

**ANALISIS KARAKTERISTIK *MARSHALL* DENGAN MEMANFAATKAN
LIGNIN SEBAGAI PENGANTI *FILLER* PADA CAMPURAN
ASPAL BETON**

TUGAS AKHIR



**OLEH:
NURUL ASWAD
NIM: 2022201050**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LANCANG KUNING
PEKANBARU
JULI 2024**

**ANALISIS KARAKTERISTIK *MARSHALL* DENGAN MEMANFAATKAN
LIGNIN SEBAGAI PENGANTI *FILLER* PADA CAMPURAN
ASPAL BETON**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



OLEH:
NURUL ASWAD
NIM: 2022201050

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LANCANG KUNING
PEKANBARU
JULI 2024**

HALAMAN PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri/tidak plagiat, semua sumber yang saya pakai dalam penelitian ini maupun standar nasional yang digunakan telah saya nyatakan dengan benar. Jika terdapat kesalahan atau ketidakbenaran saya bersedia untuk pembatalan gelar kesarjanaan yang telah saya peroleh.

Nama : Nurul Aswad
NIM : 2022201050
Tanggal : 06 Juli 2024



Nurul Aswad

LEMBAR PELAKSANAAN

Judul : Analisis Karakteristik *Marshall* dengan Menggunakan Lignin sebagai Pengganti *Filler* pada Campuran Aspal Beton

Nama : Nurul Aswad

NIM : 2022201050

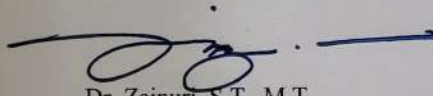
Program Studi : Teknik Sipil

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji pada tanggal Enam bulan Juli tahun Dua Ribu Dua Puluh Empat pada Semester Genap Tahun Akademik 2023/2024.

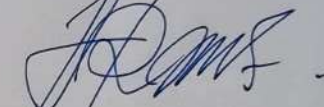
Disetujui

TIM PENGUJI

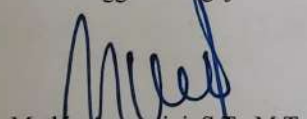
Ketua


Dr. Zainuri, S.T., M.T.
NIDN. 1025097002

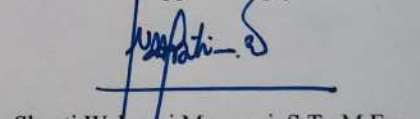
Sekretaris


Hendri Rahmat, S.T., M.T.
NIDN. 1003017304

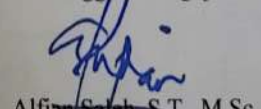
Anggota Penguji


Muthia Angraini, S.T., M.T.
NIDN. 1026038502

Anggota Penguji


Shanti Wahyuni Megasari, S.T., M.Eng.
NIDN. 1019078303

Anggota Penguji


Alfian Saich, S.T., M.Sc.
NIDN. 1019068503

LEMBAR PENGESAHAN

Judul : Analisis Karakteristik *Marshall* dengan Menggunakan Lignin sebagai Pengganti *Filler* pada Campuran Aspal Beton

Nama : Nurul Aswad

NIM : 2022201050

Program Studi : Teknik Sipil

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning, sesuai dengan Berita Acara Nomor: 1526/FT/Ad/2024

Disetujui,

Pembimbing I

Shanti Wahyuni Megasari, S.T., M.Eng.
NIDN. 1019078303

Pembimbing II

Alfian Saleh, S.T., M.Sc.
NIDN. 1019068503

Diketahui

Dekan

Dr. Zaidi, S.T., M.T.
NIK. 15 01 198

Ketua Program Studi

Fitridawati Soehardi, S.T., M.T.
NIK. 15 01 409

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Lancang Kuning, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Nurul Aswad
NIM : 2022201050
Program Studi : Teknik Sipil Srata- 1 (S1)
Fakultas : Teknik

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Fakultas Teknik Universitas Lancang Kuning Hak Bebas Royalti Nonesksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas tugas akhir saya yang berjudul :

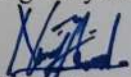
**ANALISIS KARAKTERISTIK *MARSHALL* DENGAN MEMANFAATKAN
LIGNIN SEBAGAI PENGANTI *FILLER* PADA CAMPURAN
ASPAL BETON**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Hak Bebas Royalti Non eksklusif ini Fakultas Teknik Universitas Lancang Kuning berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Pekanbaru
Pada tanggal : 06 Juli 2024

Yang menyatakan


(Nurul Aswad)

ABSTRAK

NURUL ASWAD. Analisis Karakteristik *Marshall* dengan Menggunakan Lignin sebagai Bahan Pengganti *Filler* pada Campuran Aspal Beton. Dibimbing oleh SHANTI WAHYUNI MEGASARI dan ALFIAN SALEH.

Lignin merupakan zat selulosa yang terkandung dalam tumbuhan berkayu lunak dan dapat digunakan sebagai bahan pendispersi dan penstabil pada *asphalt extender*, *dyes* dan beton. Lignin dapat dengan mudah ditemukan sehingga memiliki potensi menjadi energi yang terbarukan. Pemanfaatan lignin dari tumbuhan ini diharapkan dapat menjadi inovasi baru mengenai bahan bio yang ramah lingkungan. Tujuan penelitian adalah untuk menganalisis karakteristik *marshall* pada campuran aspal beton. Metode penelitian yang digunakan yaitu studi eksperimental di laboratorium berdasarkan pada Bina Marga 2018 Revisi II tahun 2020. Penelitian menggunakan variasi substitusi lignin sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% terhadap berat *filler*. Sebelum dilakukan pembuatan benda uji, lignin yang akan dijadikan pengganti *filler* terlebih dahulu dilakukan pengujian XRF untuk mengetahui kadar lignin yang digunakan. Pengujian *marshall* dilakukan setelah perendaman 24 jam kemudian diuji *marshall* pada suhu 60°C. Hasil penelitian diperoleh bahwa setiap substitusi 25% lignin pada campuran aspal beton cenderung meningkat pada parameter VIM dan VMA. Untuk parameter stabilitas, *flow*, MQ dan *density* cenderung mengalami penurunan dengan adanya substitusi lignin namun hasil yang didapat tetap memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 Revisi II tahun 2020. Pada parameter VFWA dan VITM tidak ada variasi yang memenuhi persyaratan. Kesimpulan penelitian bahwa lignin tidak direkomendasikan sebagai bahan pengganti *filler* pada campuran aspal beton.

Kata Kunci: AC-WC, *filler*, lignin, *marshall*

ABSTRACT

NURUL ASWAD. *Analysis of Marshall Characteristics Using Lignin as a Substitute for Filler in Asphalt Concrete Mixes*. Supervised by SHANTI WAHYUNI MEGASARI and ALFIAN SALEH.

Lignin is a cellulose substance contained in soft woody plants and can be used as a dispersing and stabilizing agent in asphalt extenders, dyes and concrete. Lignin can be easily found so it has the potential to become renewable energy. It is hoped that the use of lignin from plants can become a new innovation regarding environmentally friendly biomaterials. The aim of the research is to analyze the marshall characteristics of asphalt concrete mixtures. The research method used was an experimental study in the laboratory based on Bina Marga 2018 Revision II 2020. The research used variations in lignin substitution of 0%, 25%, 50%, 75% and 100% for filler weight. Before making the test object, the lignin that will be used as a filler replacement is first subjected to XRF testing to determine the level of lignin used. Marshall testing is carried out after soaking for 24 hours and then marshall testing at a temperature of 60°C. The research results showed that every 25% lignin substitution in the asphalt concrete mixture tended to increase the VIM and VMA parameters. For the stability parameters, flow, MQ and density tend to decrease with lignin substitution, but the results obtained still meet the 2018 Bina Marga Revision II 2020 requirements. In the VFWA and VITM parameters there are no variations that meet the requirements. The research conclusion is that lignin is not recommended as a substitute for filler in asphalt concrete mixtures.

Keywords: AC-WC, filler, lignin, marshall

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tugas akhir ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikannya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih pada:

1. Bapak Dr. Zainuri, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lancang Kuning Pekanbaru
2. Ibu Fitridawati Soehardi S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Lancang Kuning Pekanbaru.
3. Ibu Shanti Wahyuni Megasari S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Alfian Saleh, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan serta arahan selama penulisan tugas akhir ini hingga selesai.
4. Bapak Dr. Zainuri, S.T., M.T. selaku Ketua Penguji, Bapak Hendri Rahmat S.T., M.T. selaku Sekretaris Penguji, dan Ibu Muthia Anggraini sebagai Anggota Penguji.
5. Ibu Muthia Anggraini, S.T., M.T. selaku Kepala Laboratorium Program Studi Teknik Sipil Universitas Lancang Kuning Pekanbaru.

Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa membalas segala kebaikan kepada semua pihak yang telah membantu. Semoga tugas akhir ini membawa manfaat bagi penulis, dan pembaca untuk pengembangan ilmu pengetahuan.

Pekanbaru, 06 Juli 2024

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
TUGAS AKHIR.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
LEMBAR PELAKSANAAN.....	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
LEMBAR PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Rumusan Masalah.....	3
1.5. Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Lapis Aspal Beton.....	4
2.2. <i>Asphalt Concrete Wearing Course</i> (AC – WC).....	4
2.3. Agregat.....	5
2.3.1. Agregat kasar	5
2.3.2. Agregat halus	6
2.4. Aspal	6
2.5. Bahan pengisi (<i>filler</i>)	6
2.6. Analisa Gradasi Agregat	7
2.7. Kadar Aspal Optimum	8
2.8. Lignin.....	8

2.9.	Parameter <i>Marshall</i>	9
2.10.	Penelitian Terdahulu	11
BAB 3. METODE PENELITIAN.....		5
3.1.	Lokasi Penelitian.....	5
3.2.	Data Penelitian	14
3.2.1.	Metode Pengujian sampel	14
3.2.2.	Alat pengujian.....	14
3.2.3.	Material pengujian	16
3.2.4.	Rancangan benda uji	17
3.3.	Metode Analisis Data.....	18
3.3.1.	Pengujian material agregat.....	18
3.3.2.	Pengujian material aspal	20
3.3.3.	Pengujian <i>marshall</i>	21
3.2.	Bagan Alir Penelitian.....	23
BAB 4. PEMBAHASAN		35
4.1.	Hasil	35
4.1.1.	Hasil pemeriksaan agregat	35
4.1.2.	Hasil pemeriksaan aspal.....	27
4.1.3.	Hasil pemeriksaan kadar aspal optimum secara teoritis	29
4.1.4.	Hasil pemeriksaan lignin.....	30
4.1.5.	Hasil pengujian <i>marshall</i> untuk menentukan kadar aspal optimum	30
4.1.6.	Kadar lignin terhadap campuran aspal beton.....	35
4.1.7.	Hasil pengujian <i>marshall</i>	36
4.2.	Analisis	42
BAB 5. PENUTUP.....		48
5.1.	Kesimpulan	48
5.2.	Saran	48
DAFTAR PUSTAKA		49
LAMPIRAN		52

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Spesifikasi Agregat Kasar	5
Tabel 2.2 Spesifikasi Agregat Halus	6
Tabel 2.3 Spesifikasi Gradasi Agregat	7
Tabel 2.4 Spesifikasi Parameter <i>Marshall</i>	10
Tabel 3.1 Perancangan KAO.....	17
Tabel 3.2 Perancangan Sampel dengan substitusi filler.....	18
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Agregat Kasar	35
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Agregat Halus	26
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Analisa Saringan.....	26
Tabel 4.4 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal	28
Tabel 4.5 Pemeriksaan Penetrasi Aspal	28
Tabel 4.6 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal	29
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal	29
Tabel 4.8 Hasil Pemeriksaan Lignin	30
Tabel 4.9 Hasil Pengujian <i>Marshall</i>	32
Tabel 4.10 Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Marshall</i>	33
Tabel 4.11 Perbandingan Berat Lignin dan Abu Batu	36
Tabel 4.12 Hasil <i>Marshall</i> dengan Variasi Lignin.....	37
Tabel 4.13 Rekapitulasi Hasil <i>Marshall</i> dengan Variasi Lignin.....	37

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1 Laboratorium Teknik Sipil Universitas Lancang Kuning	5
Gambar 3.2 Laboratorium Teknik Kimia Universitas Riau.....	5
Gambar 4.1 Grafik Analisa Saringan	27
Gambar 4.2 Kadar Aspal Optimum	34
Gambar 4.3 <i>Density</i>	38
Gambar 4.4 VFWA	38
Gambar 4.5 VITM.....	39
Gambar 4.6 VMA.....	39
Gambar 4.7 Stabilitas	40
Gambar 4.8 MQ	40
Gambar 4.9 <i>Flow</i>	41
Gambar 4.10 Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Marshall</i> dengan Variasi Lignin	41

DAFTAR NOTASI

A	= Berat benda uji kering oven
Ab	= Massa piknometer dan penutup
B	= Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara
Bb	= Massa piknometer dan penutup berisi air
C	= Berat benda uji dalam air
CA	= Agregat kasar, persen agregat tertahan saringan No.8
Cb	= Massa piknometer, penutup dan benda uji
Db	= Massa piknometer, penutup, benda uji dan air
<i>Density</i>	= Densitas atau berat isi
E	= Angka korelasi volume benda uji
FA	= Agregat halus, persen agregat lolos saringan No.8 dan tertahan saringan No.200
FF	= Agregat lolos ayakan No.200
K	= Konstanta
O	= Pembacaan arloji
Pb	= Kadar aspal rencana
Q	= Kalibrasi alat <i>marshall</i>
Qm	= <i>Quotient marshall</i>
S	= Stabilitas <i>marshall</i>
Sa	= Berat jenis semu
Sd	= Berat jenis curah kering
Ss	= Berat jenis curah
Wdry	= Berat kering
Ws	= Berat kering permukaan
Ww	= Berat didalam air
a	= Persentase aspal terhadap batuan

b	=	Persentase aspal terhadap campuran
c	=	Berat kering/sebelum direndam
d	=	Berat dalam keadaan SSD
e	=	Berat dalam air
f	=	Volume (isi)
g	=	Berat isi sampel
h	=	B.J maksimum
k	=	Jumlah kandungan rongga
l	=	Rongga terhadap agregat
m	=	Rongga yang terisi aspal (VFB)
n	=	Rongga yang terisi campuran
o	=	Pembacaan arloji stabilitas
r	=	<i>Flow</i> (kelelehan plastis)
t	=	Tebal benda uji

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Berita Acara
- Lampiran 2. Lembar Asistensi
- Lampiran 3. Data Penelitian
- Lampiran 4. Dokumentasi

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Beton aspal adalah jenis perkerasan lentur yang dibuat dengan campuran agregat dan aspal secara merata pada suhu tertentu sebagai bahan pengikat. Lapisan – lapisan yang dihamparkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan merupakan bagian dari konstruksi perkerasan lentur. Fungsi dari lapisan – lapisan ini sendiri yaitu sebagai penerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan dibawahnya (Nento, S., dkk, 2021). Susunan lapisan—Lapisan permukaan (surface layer), lapis pondasi atas (base layer), lapis pondasi bawah (subbase layer), dan lapisan tanah dasar (subgrade) terdiri dari susunan lapisan ini. (Anggraini dkk, 2020).

Salah satu upaya untuk meningkatkan kekuatan struktur perkerasan jalan yaitu dengan melakukan proses dari tahap awal pengerjaan hingga akhir sesuai dengan prosedur dan standar yang telah ditetapkan. Selain itu pemilihan material dan penggunaan campuran aspal panas juga sangat penting. Selain aspal dan agregat, *filler* merupakan salah satu komponen yang memiliki peran penting meskipun persentasinya dalam campuran relatif kecil. Presentase yang kecil tersebut bukan berarti tidak memberikan dampak pada karakteristik *marshall* yang disertakan dalam kinerja campuran aspal beton. Semen dan abu batu merupakan material yang sering digunakan sebagai *filler* pada campuran *asphalt concrete – wearing course* (AC-WC), namun karena penggunaan berkepanjangan mengakibatkan persediaannya semakin mahal. Untuk itu, diperlukan alternatif bahan lain sebagai *filler* yang mudah didapat dan persediaannya banyak, salah satunya yaitu lignin yang juga diharapkan dapat membantu meningkatkan kekuatan campuran aspal beton dalam aspek karakteristik *marshall* (Nento, S., 2021).

Lignin dapat digunakan sebagai bahan pendispersi dan penstabil pada *asphalt extender*, *dyes* dan beton (Litbang Lingkungan Hidup dan Kehutanan Makassar, 2016.). Lignin terdapat pada bagian dalam maupun luar sel tumbuhan kayu yang membuat kayu menjadi keras dan kaku sehingga dapat menahan tekanan mekanis yang besar (Pramana dkk., 2020). Kandungan lignin lebih banyak ditemukan pada kayu lunak atau *softwood* dibandingkan dengan kayu keras (Setiati, R, dkk., 2016).

Lignin dapat dengan mudah ditemukan sehingga memiliki potensi menjadi energi yang terbarukan. Pemanfaatan lignin dari tumbuhan ini diharapkan dapat menjadi inovasi baru mengenai bahan bio yang ramah lingkungan. Indonesia memiliki potensi untuk mengembangkan teknologi konversi biomassa yang ramah lingkungan, efisien, dan kompetitif karena keragaman hayatinya yang luas. (Fatriasari, W., 2022).

Sehingga diperlukan penelitian terkait penggunaan lignin sebagai substitusi *filler* pada campuran aspal beton ditinjau dari segi karakteristik *marshall*. Variasi yang digunakan untuk penelitian ini yaitu 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Nilai variasi ini didapatkan berdasarkan pada penelitian terdahulu terkait *substitusi filler* pada campuran aspal beton.

1.2. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah pada penelitian yaitu:

1. Bagaimanakah limbah lignin dari tumbuhan dapat digunakan secara optimal?.
2. Apakah lignin dapat digunakan sebagai pengganti *filler* pada campuran aspal beton AC – WC sesuai standar yang digunakan?.
3. Bagaimana karakteristik *marshall* pada setiap substitusi persentase lignin?.
4. Berapa persentase substitusi lignin yang sesuai sehingga didapat hasil uji karakteristik *marshall* yang memenuhi standar pada campuran aspal beton AC-WC?.

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian adalah karakteristik *marshall* pada campuran AC - WC dengan menggunakan variasi persentase lignin sebagai substitusi *filler*.

1.4. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian yaitu bagaimanakah karakteristik *marshall* pada campuran AC - WC dengan menggunakan variasi persentase lignin sebagai substitusi *filler*?

1.5. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi sifat Marshall pada campuran AC-WC dengan menggunakan perubahan persentase lignin sebagai pengganti filler.

Manfaat dari penelitian yaitu:

1. Bagi pihak berkompeten
Memberikan informasi apakah penggunaan lignin sebagai bahan pengganti *filler* dapat mempengaruhi karakteristik marshall pada campuran aspal beton
2. Bagi Masyarakat
Memberikan informasi kepada masyarakat mengenai pemanfaatan lignin yang terkandung pada tanaman dan menambah nilai ekonomis dari limbah tanaman yang berpotensi mengandung lignin salah satunya kelapa sawit.
3. Bagi Mahasiswa
Penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya terkait penggunaan lignin pada campuran aspal beton.

BAB 5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisa dari tujuh parameter *marshall* dengan memanfaatkan lignin sebagai pengganti *filler* pada campuran aspal beton dapat disimpulkan bahwa setiap penambahan 25% lignin pada campuran aspal beton cenderung meningkat pada parameter VITM dan VMA. Sementara itu untuk parameter stabilitas, *flow*, MQ, dan *density* cenderung mengalami penurunan namun hasil yang didapat tetap memenuhi persyaratan yang ditetapkan. Sedangkan pada parameter VFWA dan VITM tidak ada variasi yang memenuhi standar sehingga lignin tidak direkomendasikan sebagai bahan pengganti *filler* pada campuran aspal beton.

5.2. Saran

Saran yang didapat dari penelitian yaitu:

1. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk meningkatkan persentase lignin yang digunakan pada campuran aspal beton dengan berbagai variasi.
2. Perlu dilakukan pemeriksaan durabilitas untuk penggunaan lignin sebagai pengganti *filler* pada campuran aspal beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, Y. dan Malik, 2020, Analisa Kinerja Campuran AC-WC dengan Pemanfaatan Kombinasi Limbah Abu Bata dan Abu Serbuk Kayu sebagai Filler, *Jurnal Sainstek STT Pekanbaru*, Vol.8, No.2, pp.71-80, ISSN: 2460-1039.
- Ayun, Q. dan Prastyanto, A., 2021, Analisis Pengaruh Variasi Gradasi Aspal Porus Terhadap Parameter *Marshall* dan Permeabilitas, *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, Vol.19, No.1, pp.55-64, ISSN :1907-753.
- Badan Standarisasi Nasional, 2008, *SNI 1969-2008, Cara Uji Berat Jenis Agregat Kasar*, BSN, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2008, *SNI 2417-2008, Cara Uji Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles*, BSN, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2011, *SNI 2441-2011, Cara Uji Berat Jenis Aspal*, BSN, Jakarta *Standar Nasional Indonesia*.
- Badan Standarisasi Nasional, SNI 2433-2011 Cara uji titik nyala dan titik bakar pada Aspal, BSN, Jakarta.
- Bakarbessy, D. dan Pattireuw, Y.Y., 2019, Pemanfaatan Abu Bata Merah sebagai Pengganti *Filler* pada Campuran Aspal Beton (Laston), Vol.8, No.1, pp.72-85, ISSN :2302-3457.
- Fatriasari, W., 2022. *Teknologi Konversi Biomassa untuk Pengembangan Bioproduk Berbasis Selulosa dan Lignin sebagai Sumber Energi Terbarukan dan Material Berkelanjutan*, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jakarta.
- Fitri, S., Saleh, S.M. dan Isya, M., 2018, Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Kresek sebagai Substitusi Aspal Pen 60/70 terhadap Karakteristik Campuran Laston AC-BC, *Jurnal Teknik Sipil*, Vol.1, No.3, pp.737-748, ISSN :2088-9321.
- Lempang, M., 2016. Pemanfaatan Lignin sebagai Bahan Perekat Kayu, *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*, Vol.13, No.2, pp.139-150, ISSN: 2987-3541.
- Mastaram, Y. dan Kumalawati, A., 2013, Analisis Pengaruh Penggunaan Abu Batu Apung sebagai Pengganti *Filler* untuk Campuran Aspal, *Jurnal Teknik Sipil*, Vol.2, No.2, pp.191-200, ISSN: 2089-4953.
- Namira, N., Rahmaniah., dan Wahyuni, A., 2021, Identifikasi Unsur Penyusun Tanah Desa Babange Kabupaten Bantaeng Menggunakan Metode X-Ray Fluorescence (Xrf), *Jurnal Teknosains*, Vol.15, No.3, pp.280-286.

- Nento, S., Abdul Djau, R., Bumulo, dan N., Dayanti, W., 2021, Analisis Karakteristik *Marshall* Campuran Ac-Wc menggunakan *Filler* Abu Batu Zeolit, *Jurnal Teknik Sipil*, Vol.4, No.2, pp.67-75, ISSN :2614-4638.
- Pramana, A., Cahyanto, M.N., Adhianata, H. dan Zalfiatri, Y., 2020, Karakteristik Fisik Lignin pada Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit PT. Tunggal Perkasa Plantations Provinsi Riau menggunakan Metode Organosolv, *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, Vol.2, No.1, pp.43-49, ISSN: 2549-3892.
- Ridwan, F.S., dan Nadia, 2017, Analisis Pengaruh Pemanfaatan Abu Sekam sebagai *Filler* pada Campuran Aspal Beton, *Jurnal Konstruksia*, Vol.8, No.2, pp.1-8, ISSN :2443 – 308.
- Setiati, R., Wahyuningrum, D., Siregar, S. dan Marhaendrajana, T., 2016, Optimasi Pemisahan Lignin Ampas Tebu dengan Menggunakan Natrium Hidroksida, *Jurnal Penelitian dan Pengabdian*, Vol.4 No.2 pp.257-264, ISSN: 1693-699
- Shobib, A., Silva, T., Pramudono, B., Rokhati, N., Kasmiyatun, M., Luhur, J. P., dan Duwur, B., 2023, Analisis Komposisi Selulosa, Hemiselulosa, dan Lignin dalam Berbagai Jenis Kayu: Metode Chesson-Datta, *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, Vol.8, No.4, pp.309-314, ISSN :2541-5891
- Sidi, M. P., Wedyantadji, B., dan Erfan, M., 2020, Pengaruh Penggunaan Limbah Beton sebagai Pengganti Agregat dalam Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC), *Jurnal GELAGAR* Vol.2, No.1, pp.36-45, ISSN: 2722-7588
- Sokanandi, A., Pari, G., dan Setiawan, D., 2014. Komponen Kimia Sepuluh Jenis Kayu Kurang Dikenal: Kemungkinan Penggunaan Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol (*Chemical Component of Ten Planted Less Known Wood Species: Possibility as Bioethanol Raw Materials*), *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* Vol.32, No.3, pp: 209–220, ISSN: 0216-4329
- Susanto, H.A., 2020, Pengaruh Penggunaan *Filler* Pasir Besi dan Semen dalam Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC), *Jurnal Nasional*, Vol.21, No.1, pp.37-46, ISSN: 3241-654.
- Syukuriah, Saudi, A.I., dan Isdyanto, A., 2023. Penggunaan Batok Kelapa dan Pasir Pantai terhadap Karakteristik Campuran Aspal, *Jurnal Teknik Sipil* Vol.5, No.1, pp.27-33, ISSN: 2623-0135
- Tripoli, B., dan Kesuma, H., 2020, Analisis Karakteristik Campuran Aspal Beton menggunakan Kombinasi Semen dengan Cangkang Lokan dan Sabut Kelapa sebagai *Filler*, *Jurnal Teknik Sipil*, Vol.9, No.1, pp.1-9, ISSN: 2088-932
- Venisia B, Mecky, E. dan Palenewen, S.N., 2019, Pengaruh Modulus Kehalusan Agregat terhadap Penentuan Kadar Aspal pada Campuran Jenis AC-WC. *Jurnal Sipil Statik*, Vol.7, No.4, pp.481-490, ISSN :2337-6732.