



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TL 184834

PENGARUH FILLER AMPAS TEBU DAN AGREGAT TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN FISIK CORK CONCRETE MATERIAL LANTAI KERETA API

TRI WAHYUNI
NRP. 0251154000025

Dosen Pembimbing :
Ir. Moh. Farid, DEA
Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



TUGAS AKHIR - TL 184834

**PENGARUH FILLER AMPAS TEBU DAN AGREGAT
TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN FISIK CORK CONCRETE
MATERIAL LANTAI KERETA API**

**TRI WAHYUNI
NRP 0251154000025**

**Dosen Pembimbing:
Ir. Moh. Farid, DEA
Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D**

**DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
Surabaya 2019**

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



FINAL PROJECT - TL 184834

**THE EFFECT OF BAGASSE AND AGGREGATE FILLER ON
MECHANICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF CORK
CONCRETE AS TRAIN FLOOR CONSTRUCTION**

**TRI WAHYUNI
NRP 0251154000025**

**Advisor:
Ir. Moh. Farid, DEA
Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D**

**MATERIALS ENGINEERING DEPARTEMENT
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2019**

(This page is intentionally left blank)

**PENGARUH FILLER AMPAS TEBU DAN AGREGAT
TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN FISIK CORK
CONCRETE MATERIAL LANTAI KERETA API**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Material Inovatif
Program Studi S-1 Departemen Teknik Material
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

TRI WAHYUNI
NRP 0251154000025

Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Moh. Farid, DEA.....*[Signature]*.....(Pembimbing I)
2. Sigit Tri W., S.Si., M.Si., Ph.D*[Signature]*.....(Pembimbing II)



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**PENGARUH FILLER AMPAS TEBU DAN AGREGAT
TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN FISIK CORK
CONCRETE MATERIAL LANTAI KERETA API**

Nama Mahasiswa : Tri Wahyuni
NRP : 0251154000025
Departemen : Teknik Material
Dosen pembimbing : Ir. Moh. Farid, DEA
Co-pembimbing : Sigit Tri W. S.Si., M.Si., Ph.D

Abstrak

Kereta api merupakan salah satu kendaraan angkut masal yang memiliki peran penting dalam menunjang sarana transportasi darat untuk masyarakat. PT.INKA memproduksi lantai kereta api menggunakan sistem unitex. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan filler ampas tebu dan agregat pada material lantai kereta api. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar yang diperoleh dari daerah Tuban (agregat tuban) dan agregat kasar yang diperoleh dari Cilacap (agregat puskim), filler ampas tebu, agregat halus, semen portland, resin epoksi, dan hardener. Setelah melakukan pencampuran dan melalui proses curing time, selanjutnya dilakukan pengujian fisik yang meliputi uji densitas, porositas, dan water absorbability, serta pengujian mekanik yang meliputi pengujian bending dan kuat tekan. Uji XRD, uji FTIR dan uji mikrofografi dilakukan pada material uji. Dari penelitian yang dilakukan disimpulkan bahwa penambahan komposisi filler ampas tebu yang digunakan, maka sifat mekanik dan fisik yang dihasilkan juga bervariasi. Nilai optimal didapat pada material uji B pada komposisi 15%tuban 82%puskim 3%filler ampas tebu dengan nilai density 1,28 g/cm³, water absorbability 11,01%, porosity 35,82%, kuat tekan 40,79 MPa, dan kuat lentur 4,6 MPa.

Kata kunci: komposit, density, porosity, water absorbability, filler ampas tebu

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

THE EFFECT OF BAGASSE AND AGGREGATE FILLER ON MECHANICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF CORK CONCRETE AS TRAIN FLOOR CONSTRUCTION

Student Name : Tri Wahyuni
NRP : 02511540000025
Departement : Teknik Material
Advisor Lecturer : Ir. Moh. Farid, DEA
Co-advisor : Sigit Tri W. S.Si., M.Si., Ph.D

Abstrak

Train is one of the mass transport vehicles that has an important role in supporting transportation facilities for the community. During this time, PT.INKA produced the train floors using the Unitex system. The aim of this study to analyze the effect of bagasse fillers and aggregate in train floor construction. The materials used in this study were coarse aggregates from Tuban (tuban aggregate) and coarse aggregates from Cilacap (puskim aggregate), bagasse filler, fine aggregate, portland cement, epoxy resin, and hardener. After being mixed and finished the curing time, physical testing was done. The includes from physical testing were density, porosity, and water absorption. In addition, mechanical testing which includes flexural testing and compressive strength. XRD testing, FTIR and micrographic tests were also carried out on the test material. From the research, the composition of bagasse filler composition influenced the mechanical and physical properties that produced from material testing. The optimal value was obtained in B material testing that composition was 15% of tuban 82% of puskim 3% bagasse filler with a density of 1.28 g/ cm³, water absorption 11.01%, porosity 35.82%, compressive strength 40.79 MPa and 4.6 MPa flexural strength.

Keywords: *composites, density, porosity, water absorbability, bagasse filler*

(This page is intentionally left blank)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis sampaikan kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul **“Pengaruh Filler Ampas Tebu dan Agregat terhadap Sifat Mekanik dan Fisik *Cork Concrete* Material Lantai Kereta Api”**. Laporan disusun dan diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan studi di Departemen Teknik Material, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis menyelesaikan penyusunan laporan tugas akhir ini, diantaranya :

1. Allah SWT yang telah memberi kelancaran dalam proses mengerjakan Tugas Akhir hingga penyusunan laporan.
2. Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng., selaku Ketua Departemen Teknik Material FTI-ITS.
3. Sungging Pintowantoro, Ph.D, selaku dosen wali yang telah membimbing dan memberi nasihat selama perkuliahan di Departemen Teknik Material.
4. Bapak Ir. Moh. Farid, DEA., selaku pembimbing I tugas akhir yang telah membimbing, memberi saran dan arahan dalam pelaksanaan tugas akhir dan penyusunan laporan tugas akhir.
5. Bapak Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku pembimbing II tugas akhir yang telah membimbing, memberi saran dan arahan dalam pelaksanaan tugas akhir.
6. Dr. Eng. Hosta Ardhyanta S.T., M.Sc., selaku kaprodi Teknik Material FTI ITS.

Penulis menyadari laporan ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis masih memerlukan saran dan kritik yang membangun. Demikian, semoga laporan ini dapat memberikan informasi yang memadai bagi pembaca.

Surabaya, Juli 2019
Penulis

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Komposit	5
2.2 Serat Tebu	10
2.3 Agregat	12
2.4 <i>Floor Construction</i>	15
2.5 Beton	16
2.6 Beton Fiber	18
2.7 <i>Floor Hardener</i>	18
2.8 Resin <i>Epoxy</i>	19
2.9 Uji FTIR	20

2.10	Uji <i>X-Ray Diffraction</i>	21
2.11	Uji Kuat Tekan	22
2.12	Uji Bending	23
2.13	Uji Densitas	25
2.14	Uji Porositas	25
2.15	Uji <i>Water Absorbability</i>	26
2.16	Spesifikasi Teknis Pelapis Lantai Kereta Api	26
2.17	Teori Pencampuran (<i>Rule of Mixture</i>)	30
2.18	Penelitian Sebelumnya	31

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Diagram Alir.....	33
3.2	Standar Pengujian.....	34
3.3	Alat dan Bahan Penelitian	36
3.4	Variabel Penelitian	44
3.5	Prosedur Penelitian.....	45
3.6	Prosedur Pengujian Material Komposit Lantai Kereta Api dengan Sistem <i>unitex</i>	50
3.7	Desain Penelitian.....	52

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1	Analisa Proses Pembuatan.....	57
4.2	Pengujian FTIR (<i>Fourier Transform Infrared</i>)	60
4.3	Pengujian <i>X-Ray Diffraction</i> pada Agregat Tuban dan Agregat Puskim.....	64
4.4	Pengujian Mikrografi	68
4.5	Hasil Pengujian Densitas	70
4.6	Hasil Pengujian <i>Water Absorbability</i>	74

4.7	Analisa Hasil Pengujian <i>Porosity</i>	76
4.8	Analisa Hasil Pengujian Kuat Lentur.....	80
4.9	Analisa Hasil Uji Kuat Tekan	83
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan.....	87
5.2	Saran.....	88
DAFTAR PUSTAKA		89
LAMPIRAN		95
UCAPAN TERIMA KASIH		111
BIODATA PENULIS		113

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Filler Ampas Tebu	11
Gambar 2. 2	Penampang Melintang Potongan Pelapis Lantai Kereta Api	16
Gambar 2. 3	Beton Serat Usia 28 Hari	18
Gambar 2. 4	Skema Alat Spektroskopi FTIR	21
Gambar 2. 5	Difraksi Sinar-X Oleh Atom-Atom pada Bidang.....	21
Gambar 2. 6	Keruntuhan pada Pusat 1/3 Bentang (L)	23
Gambar 2. 7	Keruntuhan Diluar 1/3 Bentang (L) dan Garis Patah < 5% Bentang (L)	24
Gambar 2. 8	Keruntuhan Diluar 1/3 Bentang (L) dan Garis Patah > 5% Bentang (L)	24
Gambar 2. 9	Potongan B-B Merupakan Potongan Melintang dari Pelapis Lantai Kereta.....	29
Gambar 3. 1	Diagram Alir Penelitian	34
Gambar 3. 2	Resin Epoksi	36
Gambar 3. 3	Lateks.....	36
Gambar 3. 4	Agregat Tuban dan Agregat Puskim.....	37
Gambar 3. 5	Hardener.....	37
Gambar 3. 6	Semen Portland	38
Gambar 3. 7	Aquades.....	38
Gambar 3. 8	Filler Ampas Tebu	39
Gambar 3. 9	<i>Mixer</i>	39
Gambar 3. 10	Neraca Digital	40
Gambar 3. 11	Mesin FTIR.....	40
Gambar 3. 12	Mesin XRD	41
Gambar 3. 13	Mesin Uji Kompresi.....	42
Gambar 3. 14	Mesin Uji Bending	42
Gambar 3. 15	Oven.....	43
Gambar 3. 16	Ayakan	43
Gambar 3. 17	Gelas Ukur 1 Liter	43
Gambar 3. 18	Mikroskop Optik	44
Gambar 3. 19	Diagram Alir Pengerjaan <i>Bond Coat</i> Lantai Kereta Api.....	45

Gambar 3. 20	Diagram Alir Pengerjaan <i>Base Coat</i> Lantai Kereta Api.....	46
Gambar 3. 21	Diagram Alir Pengerjaan <i>Top Coat</i> Lantai Kereta Api.....	47
Gambar 3. 22	Diagram Alir Pengerjaan Acian Lantai Kereta Api	48
Gambar 4. 1	Penampang <i>Bond Coat</i> dan <i>Top Coat</i> pada Komposit Cork Concrete	58
Gambar 4. 2	Produk Hasil Manufaktur Material Uji Ukuran (a)16x4x4 cm dan (b)5x5x5 cm.....	60
Gambar 4. 3	Hasil FTIR Serat Ampas Tebu Tanpa Alkalisasi	61
Gambar 4. 4	Grafik FTIR Ampas Tebu dan Selulosa.....	63
Gambar 4. 5	Grafik Hasil Pengujian XRD Agregat Puskim dan Agregat Tuban	65
Gambar 4. 6	Hasil Pengujian Mikrografi.....	69
Gambar 4. 7	Grafik Hasil Pengujian <i>Density</i>	70
Gambar 4. 8	Grafik Hasil Pengujian <i>Bulk Density</i> & <i>Theoritical Density</i>	72
Gambar 4. 9	Grafik Pengujian <i>Water Absorbability</i>	74
Gambar 4. 10	Grafik Pengujian <i>Porosity</i>	77
Gambar 4. 11	Grafik Hubungan Antara <i>Porosity</i> dan <i>Water Absorbability</i>	79
Gambar 4. 12	Grafik Pengujian Kuat Lentur.....	80
Gambar 4. 13	Grafik Pengujian Kuat Tekan	83
Gambar 4. 14	Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan dan Kuat Lentur dari Tiap Variasi.....	85

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Macam-Macam Kandungan Komposisi Serat Tebu	11
Tabel 2. 2	Macam-Macam Kandungan Komposisi Kimia Serat Tebu	11
Tabel 2. 3	Sifat Mekanik Serat Ampas Tebu.....	12
Tabel 2. 4	Batas Gradasi Agregat Kasar dan Halus.....	14
Tabel 2. 5	Faktor Lingkungan Pengaruh Spesifikasi Lantai Kereta Api.....	15
Tabel 2. 6	Klasifikasi Berat Volume Beton.....	17
Tabel 2. 7	Standar Pengujian PT INKA	28
Tabel 3. 1	Jenis Pengujian dan Standar Pengujiannya.....	35
Tabel 3. 2	Daftar Variabel Pengujian	44
Tabel 3. 3	Daftar Pengujian Pada Spesimen Penelitian.....	45
Tabel 3. 4	Perhitungan Volume Spesimen Uji Pengujian Fisik.	53
Tabel 3. 5	Perhitungan Massa Spesimen Uji Fisik Tiap Komposisi Agregat A	53
Tabel 3. 6	Perhitungan Volume Spesimen Uji Mekanik	54
Tabel 3. 7	Perhitungan Massa Spesimen Uji Bending Setiap Komposisi Agregat A	55
Tabel 4. 1	Daerah Serapan Infrared Ampas Tebu	61
Tabel 4. 2	Kandungan Mineral pada Batu Marmer	67

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Macam-Macam Kandungan Komposisi Serat Tebu	11
Tabel 2. 2	Macam-Macam Kandungan Komposisi Kimia Serat Tebu	11
Tabel 2. 3	Sifat Mekanik Serat Ampas Tebu.....	12
Tabel 2. 4	Batas Gradasi Agregat Kasar dan Halus.....	14
Tabel 2. 5	Faktor Lingkungan Pengaruh Spesifikasi Lantai Kereta Api.....	15
Tabel 2. 6	Klasifikasi Berat Volume Beton.....	17
Tabel 2. 7	Standar Pengujian PT INKA	28
Tabel 3. 1	Jenis Pengujian dan Standar Pengujiannya.....	35
Tabel 3. 2	Daftar Variabel Pengujian	44
Tabel 3. 3	Daftar Pengujian Pada Spesimen Penelitian	45
Tabel 3. 4	Perhitungan Volume Spesimen Uji Pengujian Fisik.	53
Tabel 3. 5	Perhitungan Massa Spesimen Uji Fisik Tiap Komposisi Agregat A	53
Tabel 3. 6	Perhitungan Volume Spesimen Uji Mekanik	54
Tabel 3. 7	Perhitungan Massa Spesimen Uji Bending Setiap Komposisi Agregat A	55
Tabel 4. 1	Daerah Serapan Infrared Ampas Tebu	61
Tabel 4. 2	Kandungan Mineral pada Batu Marmer	67

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang sedang melakukan banyak penelitian untuk mengembangkan aplikasi teknologi yang telah ada. Saat ini, banyak industri yang sedang berkembang dari berbagai sektor, salah satunya yaitu sektor industri otomotif. Keberadaan industri tersebut sangat berpengaruh terhadap pemenuhan kebutuhan masyarakat. PT Industri Kereta Api (Persero) merupakan salah satu industri manufaktur di Indonesia yang bergerak pada perancangan kereta api dan beroperasi di kota Madiun, Jawa Tmur. Kereta api merupakan salah satu kendaraan angkut masal yang memiliki peran dan fungsi sangat penting dalam menunjang sarana transportasi darat untuk masyarakat. Dalam proses produksi kereta api, ada banyak bagian yang harus digabungkan menjadi satu kesatuan. Lantai kereta api merupakan salah satu bagian yang penting dalam proses produksi. Selama ini material lantai kereta api yang diproduksi oleh PT.INKA termasuk ke dalam jenis beton ringan dan berpori. Dalam proses produksinya, PT INKA memproduksi material lantai kereta api dengan menggunakan agregat kasar jenis puskim yang didapatkan dari Cilacap, Jawa Tengah. Namun, karena penggunaan dalam skala besar dan dalam jangka waktu yang panjang, maka agregat tersebut semakin terbatas persediaannya, sehingga diperlukan jenis agregat lain untuk memenuhi kebutuhan pembuatan material lantai kereta api tersebut. Spesifikasi yang telah ada pada perusahaan menjadi acuan dalam pemilihan material lantai kereta api. Spesifikasi tersebut sangat berpengaruh dalam pemilihan komposisi yang sesuai, sehingga dapat ditentukan beban maksimal yang dapat dikenakan pada kereta api tersebut. Selain itu, material cor pelapis lantai yang terbentuk juga diharapkan tidak rusak karena pengaruh getaran saat kereta dioperasikan hingga kecepatan tinggi. Pelapis lantai tersebut digunakan untuk semua jenis kereta penumpang.

Keterbatasan penggunaan agregat puskim menjadi kendala dalam pemenuhan pembuatan material lantai kereta api, sehingga diperlukan inovasi material pengganti, material tersebut yaitu variasi antara agregat tuban, agregat puskim, dan serat alam (filler ampas tebu). Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Novi Rahayu Wulandari pada tahun 2019 menjelaskan bahwa perbandingan komposisi variasi antara agregat puskim dan agregat tuban untuk material lantai kereta api yang memiliki nilai paling optimal yaitu dengan komposisi 85% agregat puskim 15% agregat tuban. Sehingga komposisi tersebut menjadi landasan penulis untuk melakukan penelitian lebih lanjut, yaitu menggunakan campuran filler ampas tebu (FAT). Serat ampas tebu (*bagasse*) merupakan limbah organik yang banyak dihasilkan di pabrik-pabrik pengolahan gula tebu yang ada di Indonesia dan juga dapat ditemukan pada penjual air tebu. Tebu (*Saccharum officinarum*) merupakan salah satu komoditi pertanian yang mengandung lignoselulosa. Menurut Rowell (1998) berdasarkan inventarisasi beberapa sumber *bio-based composite* keberadaan *bagasse* mencapai 75 juta ton berdasarkan berat keringnya. Selama ini pemanfaatan ampas tebu masih terbatas sebagai pakan ternak, bahan baku pembuatan pupuk, *pulp*, dan *particle board*. Saat ini para peneliti mulai memanfaatkan serat ampas tebu untuk pembuatan komposit, desain produk perlengkapan rumah, beton dan lainnya. Dari segi sifat mekanik, serat tebu memiliki modulus elastis 15-19 Gpa dan mengandung senyawa kimia SiO_2 (silika) sebesar 70,79 % yang berfungsi untuk meningkatkan kuat tekan.

Berdasarkan uraian di atas, maka dilakukan studi lebih lanjut mengenai pengaruh penambahan filler ampas tebu terhadap sifat fisik dan mekanik material lantai kereta api menggunakan campuran material agregat puskim, agregat tuban, serta filler ampas tebu (FAT) dengan sistem *unitex*.

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh penambahan filler ampas tebu dan agregat puskim untuk material lantai kereta api?
2. Bagaimana hasil pengujian fisik dan mekanik yang dilakukan pada material lantai kereta api dengan penambahan filler ampas tebu dan agregat puskim?
3. Material dengan variasi komposisi yang manakah yang memenuhi kriteria dan dapat diaplikasikan sebagai material lantai kereta api?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Resin dan Hardener yang digunakan merupakan jenis resin dan hardener dengan jenis dan komposisi yang sama.
2. Komposisi kimia dan ukuran partikel agregat diasumsikan homogen.
3. Temperatur proses pembuatan material lantai kereta api yaitu menggunakan temperatur ruang.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh penambahan filler ampas tebu dan agregat puskim untuk material lantai kereta api.
2. Menganalisis hasil pengujian yang dilakukan pada material lantai kereta api dengan penambahan filler ampas tebu dan agregat puskim.
3. Mendapatkan komposisi yang memenuhi spesifikasi lantai kereta api dan dapat diaplikasikan sebagai material lantai kereta api.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dalam penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Memberikan data hasil dari pengujian mekanik, pengujian fisik, maupun pengujian secara morfologi kepada pihak perusahaan sehingga menjadi pertimbangan dalam proses

produksi dan pemilihan bahan untuk material lantai kereta api.

2. Memberikan wawasan kepada penulis maupun pembaca tentang proses pembuatan komposit untuk aplikasi material lantai kereta api serta spesifikasi hasil pengujiannya baik pengujian fisik, pengujian mekanik, maupun pengujian secara morfologi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit

2.1.1 Pengertian Komposit

Komposit adalah bahan struktural yang terdiri dari dua atau lebih gabungan material yang digabungkan pada tingkat makroskopis dan tidak larut satu sama lain. Satu material penguat disebut filler dan penyangga beban disebut matriks. Material fase penguat dapat berbentuk serat, partikel, atau serpihan. Contoh sistem komposit termasuk beton bertulang dengan baja dan epoksi yang diperkuat dengan serat grafit, dll (Autar K.Kaw, 2006).

2.1.2 Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Mekanik Komposit

Faktor faktor yang mempengaruhi sifat mekanik material komposit di kelompokkan menjadi 3 yaitu:

a. Faktor Matriks

Matriks berfungsi untuk mengikat serat, melindungi serat dari faktor lingkungan, melindungi serat dari kerusakan, dan mendistribusikan tegangan ke serat. Meskipun matriks umumnya memiliki sifat mekanik yang lebih rendah sifat dibandingkan dengan serat, namun matriks mempengaruhi banyak sifat mekanik komposit. Properti ini termasuk modulus elastisitas, modulus geser dan kekuatan, kekuatan tekan, kekuatan geser interlaminar, koefisien ekspansi termal, ketahanan termal, dan kekuatan kelelahan.

b. Faktor Serat

- Panjang: Serat bisa panjang atau pendek. Panjang, serat kontinu mudah diorientasikan dan diproses, tetapi serat pendek tidak dapat dikontrol sepenuhnya untuk orientasi yang tepat. Serat panjang memberikan banyak manfaat daripada serat pendek.

- Orientasi: Serat yang berorientasi pada satu arah memberikan kekakuan yang sangat tinggi. Jika serat berorientasi lebih dari satu arah, seperti anyaman, akan ada kekakuan tinggi dan kekuatan dalam arah orientasi serat.
- Bentuk: Bentuk serat sangat mempengaruhi kekuatan mekanik dari komposit
- Bahan: Bahan serat secara langsung mempengaruhi mekanik kinerja komposit. Serat umumnya diharapkan memiliki moduli dan kekuatan elastis yang tinggi.

c. Faktor Selain Serat dan Matriks

- Faktor-faktor lainnya yaitu permukaan fiber-matrix. Ini menentukan seberapa baik matriks mentransfer beban ke serat. Reaksi kimia, mekanis, dan ikatan dapat terbentuk pada permukaan. Dalam beberapa kasus, terdapat lebih dari satu jenis ikatan yang terjadi.
- Ikatan kimia yang terbentuk antara permukaan serat dan matriks
- Agen kopling sering ditambahkan untuk membentuk ikatan kimia.
- Kekasaran alami atau etsa permukaan serat yang dapat membentuk ikatan mekanis antara serat dan matriks.
- Koefisien ekspansi termal dari matriks lebih tinggi dari dari serat, matriks akan menyusut secara radial lebih dari serat. Ini menyebabkan matriks menekan di sekitar serat.
- Ikatan reaksi yang terjadi ketika atom atau molekul dari serat dan matriks berdifusi satu sama lain di permukaan. Interdifusi ini sering membuat lapisan permukaan yang berbeda, yang disebut interfase dengan sifat yang berbeda dari serat atau matriks (Autar K.Kaw, 2006).

2.1.3 Jenis-Jenis Komposit

a. Komposit Serat (*Fibrous Composites*)

Secara alami serat yang panjang mempunyai kekakuan yang lebih dibanding dengan serat yang berbentuk curah (*bulk*). Serat dibagi menjadi 2 macam, antara lain serat alam (daun nanas, sabut kelapa, dan rami) dan serat buatan (*glass fibers, carbon fibers, aramid fibers*). Jenis orientasi serat antara lain *unidirectional* (pengaturan serat secara sejajar), *bidirectional* (pengaturan serat secara anyam atau woven), dan *multidirectional* (pengaturan serat secara acak atau random). Komposit yang diperkuat dengan serat dapat digolongkan menjadi dua bagian yaitu komposit serat pendek (*short fiber composite*) dan komposit serat panjang (*long fiber composite*). Serat panjang lebih kuat dibanding serat pendek. Serat panjang (*continous fiber*) lebih efisien dalam peletakannya daripada serat pendek tetapi serat pendek lebih mudah peletakannya dibanding serat panjang. Panjang serat mempengaruhi kemampuan proses dari komposit serat. Ditinjau dari teorinya, serat panjang dapat meneruskan beban maupun tegangan dari titik tegangan ke arah serat yang lain (Schwart, 1984). Tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan karena tegangan yang diberikan pada komposit pertama diterima oleh matriks dan diteruskan ke serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum. Oleh karena itu, serat harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matriks penyusun komposit (Vlack, 1995).

b. Komposit Lapis (*Laminate Composites*)

Komposit lapis merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu, dimana setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat tertentu. Macam-macam lapisan diantaranya bimetal, pelapisan logam, kaca yang dilapisi dan komposit lapis serat.

c. Komposit Partikel (*Particulate Composites*)

Komposit partikel merupakan suatu komposit dengan penguat partikel dan matrik, dimana kekuatan terdistribusi secara merata. (Ronald F. Gibson, 1994)

2.1.3 Komposisi Komposit

Pada umumnya material komposit terdiri dari dua unsur, yaitu serat (*fiber*) dan bahan pengikat serat-serat tersebut yang disebut matrik. Unsur utama komposit adalah serat. Serat ini yang menentukan karakteristik bahan kompositnya, seperti kekakuan, kekuatan serta sifat-sifat mekanik yang lain. Matriks dipilih dari bahan-bahan yang liat dan lunak. Matriks bertugas melindungi dan mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik.

Material komposit menggabungkan keunggulan kekuatan dan kekakuan serat dengan massa jenis matriks yang rendah. Hasilnya adalah suatu material yang ringan tetapi kuat dan kaku. Di samping itu, material komposit juga memiliki beberapa kelebihan diantaranya mampu menggantikan material logam (kekuatan tinggi), rasio antara kekuatan dan densitasnya cukup tinggi (ringan), murah (tidak memerlukan proses permesinan), proses pengerjaan sangat sederhana, dan tahan korosi (komposit non logam). Komposisi komposit tersebut terdiri dari :

a. Serat

Serat berperan sebagai penyangga kekuatan dari struktur komposit, beban yang awalnya diterima oleh matrik kemudian diteruskan ke serat oleh karena itu serat harus mempunyai kekuatan tarik dan elastisitas yang lebih tinggi daripada matrik. Serat secara umum terdiri dari dua jenis yaitu serat alam dan serat sintetis. Serat alam adalah serat yang dapat langsung diperoleh dari alam. Biasanya berupa serat yang dapat langsung diperoleh dari tumbuh-tumbuhan dan binatang. Serat ini telah banyak digunakan oleh manusia diantaranya adalah kapas, wol, sutera, pelepah pisang, sabut kelapa, ijuk, bambu, nanas dan kenaf

atau goni. Keunggulan serat alam sebagai filler komposit dibandingkan dengan serat sintetis sudah dapat diterima dan mendapat perhatian khusus dari para ahli material di dunia. Keunggulan tersebut antara lain densitas rendah, harga lebih murah, ramah lingkungan, dan tidak beracun. Serat alam memiliki kelemahan yaitu ukuran serat yang tidak seragam, kekuatan serat sangat dipengaruhi oleh usia. Serat sintetis adalah serat yang dibuat dari bahan-bahan anorganik dengan komposisi kimia tertentu. Serat sintetis mempunyai beberapa kelebihan yaitu sifat dan ukurannya yang relatif seragam, kekuatan serat dapat diupayakan sama sepanjang serat. Serat sintetis yang telah banyak digunakan antara lain serat gelas, serat karbon, kevlar, nylon, dan lain-lain. (Schwartz, 1984)

b. Matrik

Menurut Gibson (1994), bahwa matrik dalam struktur komposit dapat berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik. Matriks adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Syarat utama yang harus dimiliki oleh bahan matrik adalah bahan matrik tersebut harus dapat meneruskan beban, sehingga serat harus bisa melekat pada matrik dan kompatibel antara serat dan matrik. Umumnya matrik yang dipilih adalah matrik yang memiliki ketahanan panas yang tinggi. Matrik sebagai pengisi ruang komposit memegang peranan penting dalam mentransfer tegangan, melindungi serat dari lingkungan dan menjaga permukaan serat dari pengikisan. Matrik harus memiliki kompatibilitas yang baik dengan serat. Matrik dalam struktur komposit bisa berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik. Matrik secara umum berfungsi untuk mengikat serat menjadi satu struktur komposit. Matrik memiliki fungsi:

- 1) Mengikat serat menjadi satu kesatuan struktur.

- 2) Melindungi serat dari kerusakan akibat kondisi lingkungan.
- 3) Mentransfer dan mendistribusikan beban ke filler.
- 4) Menyumbangkan beberapa sifat seperti: kekakuan, ketangguhan, dan tahanan listrik.

Berdasarkan bahan penyusunnya matrik terbagi atas matrik organik dan non organik. Matrik organik adalah matrik yang terbuat dari bahanbahan organik. Matrik ini banyak digunakan karena proses penggunaannya menjadi komposit cepat dan mudah serta dengan biaya yang rendah. Salah satu contoh matrik organik adalah resin polyester. Sedangkan matrik inorganik adalah matrik yang terbentuk dari bahan logam yang pada umumnya memiliki berat dan kekuatan tinggi. Dalam proses pembuatan material komposit, matrik harus memiliki kemampuan meregang yang lebih tinggi dibandingkan dengan serat. Apabila tidak demikian, maka material komposit tersebut akan mengalami patah pada bagian matriknya terlebih dahulu. Akan tetapi apabila hal itu dipenuhi, maka material komposit tersebut akan patah secara alami bersamaan antara serat dan matrik.

2.2 Serat Alam

2.2.1 Tebu

Tebu (*Saccharum officinarum*) merupakan salah satu komoditi pertanian yang mengandung lignoselulosa. Menurut Rowell (1998) berdasarkan inventarisasi beberapa sumber *bio-based composite* keberadaan *bagasse* mencapai 75 juta ton berdasarkan berat keringnya. Tebu (*Saccharum officinarum*) memiliki kandungan zat ekstraktif terutama gula atau pati sehingga dapat menghambat proses perekatan. Menurut Maloney (1993) zat ekstraktif sangat berpengaruh terhadap konsumsi perekat. Selain itu bahan ekstraktif yang dapat menguap dapat menyebabkan terjadinya *blowing* atau deliminasi terhadap proses

pengempaan. Perendaman partikel merupakan perlakuan yang cukup efektif untuk mengurangi zat ekstraktif. Hal ini berhubungan dengan kadar ekstraktif yaitu dengan adanya perlakuan perendaman partikel tebu didalam air dingin akan melarutkan sebagian zat ekstraktif yang mengakibatkan daya rekatnya lebih kuat. Gambar 2.1 merupakan gambar yang menunjukkan filler ampas tebu.



Gambar 2. 1 Filler Ampas Tebu

2.2.2 Komposisi Serat Tebu

Kandungan pada komposisi yang terdapat dalam serat tebu diantaranya dijelaskan pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2 berikut ini:

Tabel 2. 1 Macam-Macam Kandungan Komposisi Serat Tebu
(Adi Nugroho, P. 2011)

No.	Nama Bahan	Jumlah (%)	Keterangan
1.	Air	67 – 75	H ₂ O
2.	Sacharosse	12 – 19	Zat Gula
3.	Zat Sabut	11 – 16	Serat
4.	Gula Reduksi	0,5 - 1,5	
5.	Amylin	0,5 - 1,5	
6.	Geleta	0,5 - 1,5	

Tabel 2. 2 Macam-Macam Kandungan Komposisi Kimia Serat Tebu (R. Srinivasan, 2010)

No.	Nama Bahan	Jumlah (%)
1.	Abu	3,82
2.	Lignin	22,09
3.	Selulosa	37,65
4.	Sari	1,81
5.	Pentosan	27,97
6.	SiO ₂	3,01

2.2.3 Sifat Mekanik Serat Ampas Tebu

Sifat mekanik dari serat alam ditentukan oleh jenis dari serat itu sendiri. Tabel 2.3 menjelaskan mengenai sifat mekanik dari masing-masing jenis serat.

Tabel 2. 3 Sifat Mekanik Serat Ampas Tebu
(Balaguru dan Shah, 1992)

Kinerja	Jenis Serat			
	Tebu	Serabut Kelapa	Bambu	Goni
Panjang Serat (mm)	**	50 – 350	**	180 – 300
Diameter serat (mm)	0,2 – 0,4	0,1 - 0,4	0,05 - 0,4	0,1 - 0,2
Spesific Gravity	1,2 – 1,3	1,12 – 1,15	1,5	1,02 – 1,04
Modulus Elastisitas (Gpa)	15,19	19 – 26	33 – 40	26 – 32
Kuat Tarik Ultimit (Mpa)	170 – 290	120 – 200	350 – 500	250 – 350
Perpanjangan Saat Jeda	**	10 – 25	**	**
Penyerapan Air	70 – 75	130 – 180	40 – 45	**

** = Data tidak tersedia

2.3 Agregat

Agregat merupakan komponen beton yang paling berperan dalam menentukan besarnya. Pada beton biasanya terdapat sekitar 60% sampai 80% volume agregat. Sifat agregat yang mempengaruhi kekuatan beton adalah tekstur permukaan, kekakuan, bentuk, kekuatan dan ketangguhan. Tekstur permukaan, bentuk mempengaruhi sifat plastis yang dimiliki. Kebutuhan air yang diperlukan sangat mempengaruhi kekuatan yang dihasilkan. Agregat juga mempengaruhi konsentrasi

tegangan dalam bahan komposit, tingkat microcracking dan retak bercabang sebelum dan selama terjadi kegagalan, efek makro dan kekasaran mikro pada antarmuka, dan jumlah area permukaan yang berikatan dengan agregat. Untuk mengetahui kekuatan beton, maka harus mempertimbangkan kekuatan dari fase pengikat, fase agregat, dan ikatan antar permukaan (Mark Alexander, 2005). Berikut merupakan jenis agregat berdasarkan batas gradasinya :

2.3.1 Agregat Halus

Agregat halus terdiri dari pasir alam, pasir buatan atau gabungan dari kedua pasir tersebut. Agregat halus yang baik dan memenuhi syarat untuk digunakan sebagai campuran dalam pembuatan beton harus mempunyai sifat-sifat sebagai berikut ini.

1. Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu.
2. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras dan bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca seperti terik matahari dan hujan.
3. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%. Yang artinya bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm apabila kadar lumpur melampaui 5% maka agregat halus harus di cuci.
4. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organik 15
5. Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton kecuali dengan petunjuk-petunjuk dari lembaga pemerikas bahan-bahan.

Penggolongan agregat halus (pasir) menurut gradasinya dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut ini.

Tabel 2. 4 Batas Gradasi Agregat Kasar dan Halus
(Mark Alexander, 2005)

Persentase		
Ukuran ayakan	Grade 1 (untuk 37,5 mm ukuran maksimal agregat)	Grade 2 (untuk 25 mm ukuran maksimal agregat)
Agregat kasar		
50mm	100	-
37,5 mm	95-100	100
25 mm	40-80	95-100
19 mm	30-55	40-80
12,5 mm	0-10	0-15
9,5 mm	0-2	0-2
Agregat halus		
2,36 mm	100	-
1,18 mm	95-100	100
600 μ m	55-80	75-95
300 μ m	20-45	45-65
150 μ m	0-10	20-40
75 μ m	0-2	0-10

2.3.2 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang semua butirannya tertinggal diatas ayakan 4,8 mm (ASTM C33,1982).

Syarat-syarat agregat kasar adalah sebagai berikut.

1. Agregat kasar harus terdiri dari butiran-butiran yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar mengandung butir-butir pipih tersebut tidak melampaui 20% dari berat agregat seluruhnya.
2. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 1% maka agregat kasar harus dicuci.

3. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang reaktif alkali.
4. Kekerasan dari butir-butir agregat kasar diperiksa dengan benjana.
5. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya.

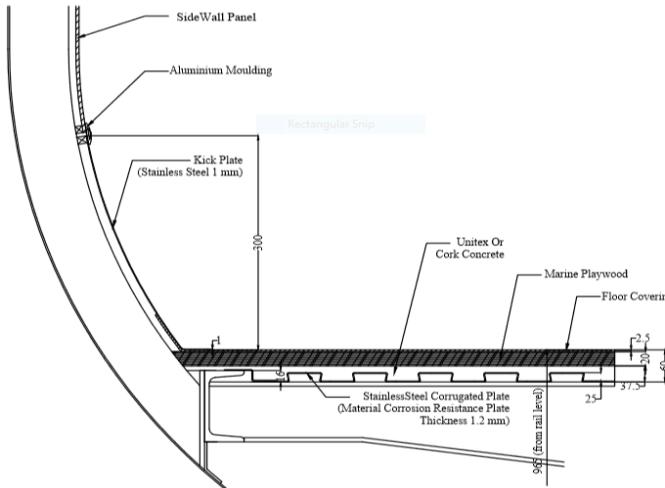
2.4 *Floor Construction*

Pelapis lantai kereta (*Floor Construction*) atau yang biasa disebut dengan *cork concrete* merupakan komponen pelapis lantai kereta yang terbuat dari campuran agregat, semen, dan cairan pengikat. Oleh karena itu material cor pelapis lantai (*mortar*) yang terbentuk oleh cairan ini tidak rusak karena pengaruh getaran saat kereta dioperasikan hingga kecepatan tinggi. Pelapis lantai digunakan untuk semua jenis kereta penumpang. Semua bahan yang digunakan harus mempunyai spesifikasi yang jelas. Spesifikasi pelapis lantai kereta ditentukan berdasarkan pertimbangan faktor lingkungan pada Tabel 2.5 dan getaran.

Tabel 2. 5 Faktor Lingkungan Pengaruh Spesifikasi Lantai Kereta Api (Manual Book PT INKA)

Faktor	Kondisi kriteria
Kondisi iklim	Tropis
Suhu maksimum (maks)	35°C
Kelembapan relatif (maks)	95%
Kecepatan (maks)	120 km/jam

Gambar 2.2 merupakan gambar dari penampang melintang potongan kereta penumpang pada potongan pelapis lantai kereta api



Gambar 2. 2 Penampang Melintang Potongan Kereta Penumpang pada Potongan Pelapis Lantai Kereta Api (Manual Book PT INKA)

2.5 Beton

Menurut (SNI 03-2834-2000), beton didefinisikan sebagai campuran antara semen Portland atau semen hidrolik yang lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan campuran tambahan membentuk massa padat.

2.5.1 Beton Serat Alam

Serat alami adalah bahan penguat yang prospektif dan penggunaannya sampai sekarang masih bersifat tradisional. Serat alam telah lama memiliki banyak manfaat, tetapi penerapan teknologi bahan untuk pemanfaatan serat alami sebagai penguat dalam beton hanya terjadi dalam beberapa tahun terakhir. Sifat-sifat khusus dari beton bertulang yang diperkuat serat dapat meningkatkan kekuatan tarik dan tekuk, ductility yang lebih besar, dan ketahanan terhadap retak yang lebih besar sehingga

meningkatkan kekuatan dan ketangguhan impak. Selain kemampuannya untuk menopang beban, beton bertulang serat alami juga dapat menjadikan umur beton lebih lama. Kekuatan beton bertulang serat alam yang berkaitan dengan kemampuan menahan beban sangat baik, misalnya pengaruh eksternal (variasi suhu dan kelembaban, korosi dll) dan kerusakan internal (kompatibilitas antara serat dan matriks semen, perubahan volumetrik dll). Degradasi serat alami yang direndam dalam semen Portland menghasilkan proses alkalisasi yang tinggi yang dapat melarutkan fase lignin dan hemi-selulosa sehingga melemahkan struktur serat (Silva dan Rodrigues, 2007). Gram dan Skarendahl (1978) adalah penulis pertama yang mempelajari ketahanan beton sisal dan serat sabut. Degradasi serat dievaluasi dengan melarutkan ke larutan alkali dan kemudian mengukur variasi kekuatan tarik. Pada kekuatan tekan dan kuat tarik komposit semen yang diperkuat serat alami, hasilnya menunjukkan bahwa kekuatan tarik komposit meningkat, peningkatan kekuatan ini adalah sekitar 53% sementara kekuatan tekan menurun karena fraksi volume serat yang meningkat. Panjang serat memiliki dampak mendalam pada sifat komposit. Selain menyatukan serat, matriks memiliki fungsi penting mentransfer beban yang diberikan ke serat. Efisiensi komposit yang diperkuat serat tergantung pada antarmuka serat-matriks dan kemampuan untuk mentransfer tegangan dari matriks ke serat (Karnani et al., 1997).

2.5.2 Klasifikasi Beton

Menurut Tjokrodimaljo (2007) klasifikasi beton menurut berat jenisnya dijelaskan seperti pada Tabel 2.6 berikut ini.

Tabel 2. 6 Klasifikasi Berat Volume Beton
(Tjokrodimaljo, 2007)

Jenis beton	Berat jenis beton (gr/cm^3)	Pemakaian
Beton sangat ringan	<1,00	Non struktur
Beton ringan	1,00-2,00	Struktur ringan
Beton normal	2,30-2,50	Struktur
Beton berat	>3,00	Perisai sinar

Berdasarkan klasifikasi dari jenis beton dari berat jenisnya, untuk berat jenis beton ringan antara $1,00 \text{ gr/cm}^3$ sampai $2,00 \text{ gr/cm}^3$. Pada umumnya beton ringan memiliki campuran yang sama dengan beton normal, hanya saja agregat kasar pada beton ringan harus dikurangi berat jenisnya.

2.6 Beton Fiber

ACI (*America Concrete Institute*) memberikan definisi pada beton serat, yaitu suatu konstruksi yang tersusun dari bahan semen, agregat halus, agregat kasar, serta sejumlah kecil serat (*fiber*). Beton serat ialah bahan komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat. Serat dalam beton itu berguna untuk mencegah adanya retak-retak sehingga menjadikan beton serat lebih daktil daripada beton biasa. Gambar 2.3 merupakan gambar yang menjelaskan mengenai beton serat pada usia 28 hari.



Gambar 2.3 Beton Serat Usia 28 Hari (Sustika Pratiwi, 2016)

2.7 Floor Hardener

Floor Hardener berasal dari kata “*Floor*” yang berarti “lantai” dan “*Hardener*” yang berarti “penguat / peneras / pengaku”. Jadi *Floor Hardener* adalah suatu bentuk material yang terdiri dari campuran semen dan material lain yang membentuk menjadi satu yang berfungsi untuk meningkatkan abrasitas dari permukaan lantai. Selain itu *Floor Hardener* juga dapat digunakan untuk menghindari permukaan lantai dari debu atau kotoran yang berterbangan karena permukaan lantai yang

menggunakan *Floor Hardener* memiliki pori-pori yang lebih kecil daripada lantai yang menggunakan cor beton biasa. *Floor Hardener* banyak diterapkan pada bangunan industri yang menampung beban yang cukup besar dan gesekan yang tinggi dari alat-alat berat. Bangunan-bangunan yang banyak menggunakan *Floor Hardener* antara lain seperti pabrik-pabrik, pergudangan, pelabuhan, tempat parkir, garasi, dan area yang membutuhkan lalu lintas ringan, menengah, dan berat.

2.8 Resin Epoxy

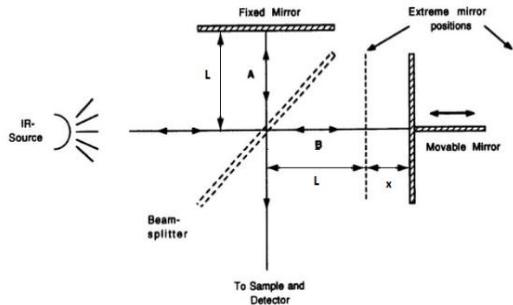
Resin *epoxy* memperlihatkan tipe khusus polyester yang di preparasi melalui reaksi polimerisasi tahap antara epoksida dan senyawa hidroksida, biasanya bisfenol. Tampak bahwasuatu diepoksida mungkin diperlukan untuk membentuk polimer, tetapi pada prakteknya epiklorohidrin paling umum dipakai karena bereaksi dengan cara suatu diepoksida. Rangkaian polimerisasinya melibatkan pembentukan ion alkoksida, adisi nukleofilik alkoksida ke karbon yang kurang terintangi dari cincin epoksida, kemudian penutupan cincin melalui substitusi internal ion klorida. Hal ini menghasilkan kembali cincin tersebut, yang memungkinkan reaksi selanjutnya dengan senyawa hidroksida untuk akhirnya memberikan suatu produk yang memiliki gugus-gugus hidroksida pendan. Dengan memakai epikloro-hirin yang berlebih, akan terbentuk suatu polieter yang memiliki gugus-gugus glisidil eter. Meskipun glisidil eter mewakili tipe prapolimer epoxy yang paling umum, struktur-struktur epoksida yang lainnya digunakan secara komersil, diantaranya yaitu glisidil amin, senyawa sikloafatik seperti vinilsilohexena dioksida dan disiklopentadiena dioksida, polimer-polimer diena yang terepoksidasi, dan minyak yang terepoksidasi. Karena reaktifnya gugus-gugus ujung, damar epoxy dapat dicangkokkan ke polimer-polimer lain. Misalnya polimer-polimer akrilat thermostet telah dipreparasi lewat reaksi damar epoxy dengan akrilat untuk membentuk ke polimer cangkok yang dapat diikatsilangkan.

Untuk beberapa aplikasi bahan pelapis, epoxy-epoxy juga direaksikan dengan cara yang serupa dengan asam-asam lemak minyak kering (*drying oil*) untuk memanfaatkan kelebihan adanya kecenderungan ikat silang radikal bebas dari asam lemak tersebut. Resin epoxy banyak dipakai untuk pengecoran, pelapisan dan perlindungan bagian-bagian listrik, campuran cat dan perekat. Resin yang sudah diawetkan mempunyai sifat-sifat daya tahan kimia dan stabilitas dimensi yang baik, sifat-sifat listrik yang baik, kuat dan daya lekat pada gelas dan logam yang baik.

2.9 Uji FTIR

Fourier transform infrared berguna untuk mengumpulkan informasi kimia dari sampel dengan resolusi spasial tinggi (umumnya $\sim 10 \mu\text{m}$). Perkembangan instrumen FTIR ini juga untuk biomedis. FT-IR adalah teknik yang menuntut dan membutuhkan pemahaman yang baik tentang prinsip-prinsip pengukuran dan analisis. Penerapan teknik ini dapat dibagi menjadi tiga fase: 1) persiapan sampel 2) pengumpulan data dan 3) analisis data. Masing-masing dari tiga langkah itu penting untuk hasil penelitian dan sumber kesalahan yang signifikan. Ahli biologi dan dokter sering tidak menyadari aspek teknis dari prinsip pengukuran atau metode analisis data. Oleh karena itu, kurangnya informasi dapat mengganggu keberhasilan penerapan teknik ini, dan potensi penuh dari teknik ini tidak tercapai. (Goran Nikolic, 2011). Bagian penting dari perangkat keras dalam spektrometer FT-IR adalah interferometer Michelson yang dimodifikasi yang ditunjukkan pada Gambar 2.4. Ini terdiri dari dua cermin bidang yang saling tegak lurus, salah satunya dapat bergerak sepanjang sumbu yang tegak lurus terhadap bidangnya. Di tengah-tengah antara cermin tetap dan bergerak adalah pembagi berkas, idealnya, memungkinkan 50% cahaya untuk melewati cermin bergerak sambil memantulkan 50% lainnya ke cermin yang diperbaiki. Sinar yang bergerak ke cermin tetap dipantulkan dan kembali ke bagian pembagi berkas, setelah

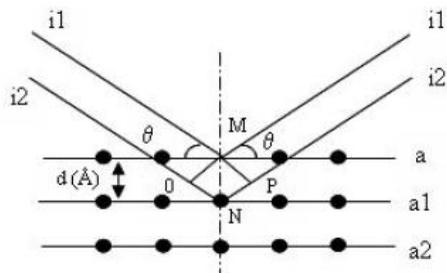
panjang jalur optik total $2L$. Hal yang sama terjadi pada balok yang ditransmisikan oleh splitter pada arah cermin yang bergerak. Cermin itu bergerak bolak-balik dengan jarak x asit ditunjukkan pada Gambar 2.4, sehingga total panjang jalur optik balok yang dipantulkan darinya adalah $2(L + x)$. (Mimoza Naseka, 2016).



Gambar 2. 4 Skema Alat Spektroskopi FT-IR
(Mimoza Naseka, 2016)

2.10 Uji X-Ray Diffraction

Pada analisis struktur material berbasis bahan alam ini, digunakan alat difraktometer, yang prinsip kerjanya seperti Gambar 2.5



Gambar 2. 5 Difraksi Sinar-X Oleh Atom-Atom pada Bidang
(M.Birkholz, 2006)

Efek difraksi diamati ketika radiasi elektromagnetik menimpa pada struktur periodic dengan variasi geometris pada skala panjang gelombang radiasi. Jarak interatomik dalam kristal dan jumlah molekul ke 0,15 - 0,4 nm sesuai dengan spektrum elektromagnetik dengan panjang gelombang sinar-x memiliki energi foton antara 3 dan 8 keV. Dengan demikian, fenomena seperti interferensi konstruktif dan destruktif harus diamati ketika kristal dan struktur molekul terpapar sinar-x. Pada bagian-bagian berikut, pertama-tama, batasan geometri yang harus ditaati untuk interferensi x-ray yang harus diamati. Kedua, hasilnya dicontohkan dengan menampilkan scan $\theta / 2$, yang merupakan teknik hamburan sinar-X utama dalam analisis tipis film. Ketiga, pola pengurangan $\theta / 2\theta$ digunakan untuk menguraikan faktor-faktor yang menentukan intensitas rujukan sinar-x. Dengan demikian kami akan mengulangi banyak analogi dengan optik klasik dan sering digunakan akan dibuat dari fakta bahwa hamburan radiasi harus dilanjutkan secara koheren, yaitu informasi fase harus dipertahankan agar gangguan dapat diamati. Selain itu, tiga sistem koordinat yang terkait dengan kristal {ci}, dengan sampel atau spesimen {si} dan ke laboratorium {li} yang harus dipertimbangkan dalam pemisahan. Dua bagian instrumental (Instrumental Boxes 1 dan 2) berhubungan dengan $\theta / 2\theta$ diffractometer dan generasi sinar-x oleh tabung x-ray melengkapi bab ini. Logam satu unsur dan film tipis yang tersusun darinya akan berfungsi sebagai sistem material yang mendemonstrasikan prinsip-prinsip turunannya. Presentasi singkat dari struktur satu unsur diberikan dalam Kotak Struktur (M.Birkholz, 2006).

2.11 Uji Kuat Tekan

Menurut SNI 03-1974-1990, kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Alat yang digunakan pada pengujian

ini adalah mesin uji tekan (*Compression Test Machine*). Kuat tekan beton dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.1:

$$f_r = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana :

f_r = kuat tekan beton (MPa)

P = beban runtuh yang di terima benda uji (N)

A = luas penampang benda uji (mm²)

2.12 Uji Bending

Kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton yang diletakan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya, sampai benda uji patah dan dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas (SNI 03-4431-1997). Besarnya kuat lentur beton (*modulus of rapture*) dapat dihitung dengan menggunakan menggunakan Persamaan 2.2 berikut ini:

- Apabila keruntuhan terjadi pada bagian tengah bentang

$$f_r = \frac{3PL}{bd^2} \dots\dots\dots(2.2)$$

keterangan:

f_r = *modulus of rapture* (MPa)

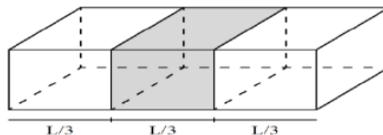
P = beban maksimum (N)

L = panjang bentang (mm)

b = lebar spesimen (mm)

d = tinggi spesimen (mm)

Gambar 2.6 merupakan gambar apabila spesimen terjadi keruntuhan pada pusat 1/3 bentang (L) :



Gambar 2. 6 Keruntuhan pada Pusat 1/3 Bentang (L) (SNI 03-4431-1997)

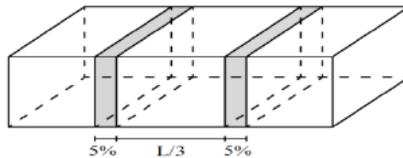
Apabila keruntuhan terjadi pada bagian tarik di luar tengah bentang maka dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.3 berikut ini:

$$f_r = \frac{3Pa}{bd^2} \dots \dots \dots (2.3)$$

keterangan:

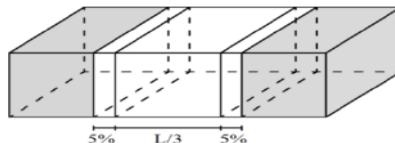
- f_r = modulus of rupture (MPa)
- P = beban maksimum (N)
- b = lebar spesimen (mm)
- d = tinggi spesimen (mm)
- a = jarak rata-rata dari garis keruntuhan dan titik perletakan terdekat diukur pada bagian tarik spesimen (mm)

Gambar 2.7 berikut merupakan gambar yang menunjukkan keruntuhan diluar 1/3 bentang (L) dan garis patah < 5% bentang (L).



Gambar 2. 7 Keruntuhan Diluar 1/3 Bentang (L) Dan Garis Patah < 5% Bentang (L) (SNI 03-4431-1997)

Untuk benda uji yang patahnya di luar 1/3 lebar pusat pada bagian tarik beton dan jarak antara titik pembebanan dan titik patah lebih dari 5% bentang, hasil pengujian tidak dipergunakan. Hasil ditunjukkan oleh Gambar 2.8 berikut ini.



Gambar 2. 8 Keruntuhan Diluar 1/3 Bentang (L) Dan Garis Patah > 5% Bentang (L) (SNI 03-4431-1997)

2.13 Uji Densitas

2.13.1 Perhitungan Densitas

Densitas merupakan ukuran kepadatan dari suatu material atau sering didefinisikan sebagai perbandingan antara massa (m) dengan volume (v). Dalam hubungannya Menurut ASTM D-2395 dapat dituliskan dengan menggunakan Persamaan 2.4 berikut:

$$\rho_{pc} = \frac{ms}{mg - mk} \times \rho_f \quad \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

ρ_{pc} adalah densitas beton (g/cm^3)

ρ_{pf} adalah densitas fluida (g/cm^3)

ms adalah massa sampel kering (g)

mg adalah massa sampel digantung dalam air (g)

mk adalah massa kawat (g)

Densitas teoritis beton dihitung dengan Persamaan 2.5 :

2.13.2 Perhitungan Densitas Teori

$$T = \frac{M}{V} \quad \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan:

T = densitas teoritis beton dalam keadaan bebas udara (kg/m^3)

M = massa total dari semua material dalam campuran (kg)

V = volume absolut total dari komponen material dalam campuran (m^3)

2.14 Uji Porositas

Porositas merupakan fraksi dari material yang total volumenya merupakan ruang kosong. Porositas terbuka dan porositas tertutup memiliki kemampuan untuk melewati udara atau cairan melalui benda tersebut dan porositas terbuka memiliki kemampuan untuk menyaring partikel yang melewati benda

tersebut. Sementara porositas tertutup cenderung lebih kecil dan terisolasi. Jumlah total dari porositas sangat berpengaruh terhadap sifat mekanik dari benda berpori (German, 1984).

Berdasarkan ASTM C 642-90, untuk mencari porositas beton dapat digunakan Persamaan 2.6 berikut ini:

$$n = \frac{C-A}{C-D} \times 100\% \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana:

- n = porositas benda uji (%)
- A = massa kering oven benda uji (g)
- C = massa beton jenuh air (g)
- D = massa beton dalam air (g)

2.15 Uji Water Absorbability

Berdasarkan ASTM C 20-93, perhitungan besarnya penyerapan air menggunakan Persamaan 2.7 berikut ini:

$$WA = \frac{mj-mk}{mk} \times 100\% \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

- mk = massa beton kering (g)
- mj = massa beton jenuh air (g)
- WA = Serapan air (%)

2.16 Spesifikasi Teknis Pelapis Lantai Kereta Api

Pelapis lantai digunakan untuk semua jenis kereta penumpang. Semua bahan yang digunakan harus mempunyai spesifikasi yang jelas. Adapun faktor yang mempengaruhi yaitu kereta dioperasikan pada kondisi lingkungan seperti yang disebutkan di bawah, maka semua bahan lantai harus tahan dalam kondisi berikut, yaitu :

- Kondisi iklim : tropis
- Temperatur maksimum : 35° C
- Kelembapan relatif maksimum : 95 %
- Maksimum kecepatan : 120 km/jam

Material cor pelapis lantai (mortar) yang terbentuk oleh cairan ini tidak rusak karena pengaruh getaran saat kereta dioperasikan. Getaran berbentuk sinusoidal dengan frekuensi antara 1 Hz – 50 Hz, amplitudo “a” yang mempunyai korelasi dengan frekuensi “f” ditunjukkan oleh persamaan :

$$a = 25/f^2 \text{ untuk } f : 1 \text{ Hz} - 10 \text{ Hz}$$

$$a = 250/f^2 \text{ untuk } f : 10 \text{ Hz} - 50 \text{ Hz}$$

2.16.1 Deskripsi

Pelapis lantai kereta merupakan campuran dari agregat, semen, dan cairan pengikat. Proses pelapisan kereta terdiri dari beberapa proses yaitu :

- Bond coat* : merupakan campuran dari resin (R) + Hardener (H).
- Base coat* : merupakan campuran dari agregat kasar (2,4 – 4,8 mm) + resin (R) + Hardener (H).
- Top coat* : merupakan campuran dari agregat halus (1,2 – 2,4 mm) + liquid A + semen.
- Acian* : untuk meratakan permukaan diperlukan lapisan acian. Lapisan acian merupakan campuran semen + liquid A.

2.16.2 Spesifikasi Teknik Bahan

- Agregat: Agregat yang digunakan harus ringan yang disusun oleh pengapuran kaolinite ($\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$) terutama mineral lempung yang dicampur *Kaolinit montmorilonite, secicite, selicide*, dan sedikit oksida besi dan oksida alkali tanah.

Densitas agregatnya sendiri sebelum dicampur adalah 1,1 – 1,2 g/cm^3 , tidak larut dalam asam dan tidak melunak sampai temperatur 1000°C.

Ukuran butiran agregat yang digunakan adalah :

- Untuk *base coat* : 2,4 – 4,8 mm
- Untuk *top coat* : 1,2 – 2,4 mm

- Semen: Semen jenis portland yang digunakan harus mampu mengikat partikel agregat sehingga memberikan ketahanan terhadap tekanan yang lebih kuat, getaran, dan penyusutan yang lebih baik.
- Cairan pengikat: Cairan pengikat yang digunakan harus mampu mengikat semua partikel dan bersifat elastis sehingga saat terkena beban ijin lantai tidak retak. Untuk itu cairan harus mempunyai sifat khusus sebagai berikut :
 - a. Adhesi yang sangat baik
 - b. Mengurangi pengerutan
 - c. Elastisitas besar
 - d. Ketahanan terhadap air sangat baik
 - e. Menambah ketahanan abrasi
 - f. Memperbaiki ketahanan terhadap bahan kimiawi
 - g. Tidak beracun

Untuk *bond coat* cairan yang digunakan resin (R) + Hardener (H). Untuk top coat + acian cairan yang digunakan adalah liquid A.

2.16.3 Spesifikasi Mekanis Pelapis Lantai Kereta

Setelah ketiga bahan (agregat, semen, dan cairan) diaplikasikan dan menjadi pelapis lantai kereta harus mempunyai sifat – sifat mekanis seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.8 sebagai berikut :

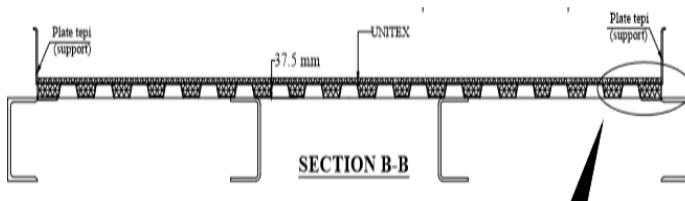
Tabel 2. 8 Standar Pengujian PT INKA

No.	Jenis Uji	Nilai
1	Kekuatan tarik minimal	36 MPa (standar uji ASTM C 190)
2	Kekuatan tekan minimal	11,2 MPa
3	Penyerapan air rata – rata	11 – 16 %
4	Kadar rongga	28 – 36 %
5	Berat jenis maksimal	1,3 g/cm ³
6	Penghantar panas rata – rata	0,18 kkal/m jam (pada temperatur 70°C)

Beberapa spesifikasi yang merupakan sifat mekanik dari material pelapis lantai kereta yaitu kekuatan tarik dan kekuatan lentur. Adapun Fungsi pengujian tarik adalah:

1. Untuk mengetahui sifat mekanis dari suatu material terhadap tarikan di mana sifat mekanis tersebut antara lain mengetahui titik luluh, titik tarik maksimum, titik putus, dan karakter bahan (ulet, getas), terutama untuk keperluan perencanaan konstruksi maupun pengerjaan logam tersebut,
2. Untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan, dan
3. Sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan

Gambar 2.9 merupakan gambar potongan B-B merupakan potongan melintang dari pelapis lantai kereta.



Gambar 2. 9 Potongan B-B Merupakan Potongan Melintang dari Pelapis Lantai Kereta (Manual Book PT. INKA)

2.16.4 Pengujian

- Pengujian berat jenis
Sebelum diaplikasikan ke kereta maka perlu dibuat sampel uji tebal 10 mm diatas plat gelombang (*keystone*) tebal 1 mm kemudian diukur berat dan volumenya untuk menentukan berat jenisnya.
- Pengujian kejut
Tidak boleh retak bila dijatuhkan bola seberat 1,8 kg minimal dari ketinggian 50 cm.
- Pengujian mekanis
Macam dan standar hasil pengujian yang harus dilakukan sebagaimana tersebut dalam subbab sebelumnya.

2.16.5 Kondisi Penyerahan

- Bahan yang dikirim harus bersih dari kerak maupun kotoran lain dan dikemas rapat sehingga tidak bocor dan aman dalam perjalanan pengiriman menuju PT. INKA maupun selama penyimpanan.
- Pihak pemasok dalam penyerahan barang harus melampirkan sertifikat/laporan hasil uji.

2.17 Teori Pencampuran (*Rule of Mixture*)

Salah satu contoh komposit berpenguat partikel beton, yang tersusun dari semen (matriks) dan pasir dan kerikil (partikulat). Partikel dapat memiliki berbagai macam geometri baik beraturan maupun tidak beraturan, tetapi dimensi tersebut harus memiliki dimensi yang hampir sama di semua arah (equiaxed). Untuk penguatan yang efektif, partikel harus kecil dan merata di seluruh matriks. Selanjutnya, fraksi volume dari dua fase mempengaruhi perilaku, sifat mekanik ditingkatkan dengan meningkatnya konten partikulat. Dua ekspresi matematika telah diformulasikan untuk ketergantungan modulus elastis pada fraksi volume fase konstituen untuk komposit dua fase yang disebut dengan teori Kombinasi-campuran atau rule of mixture. Adapun teori dan rumus ini digunakan untuk memprediksikan sifat fisik dan sifat mekanik suatu material. (Callister, 2014)

Densitas teoritis dihitung menggunakan Persamaan 2.8 berikut ini:

$$\rho_{th} = \rho_{matriks} \cdot V_{matriks} + \rho_{filler} \cdot V_{filler} \dots\dots\dots(2.8)$$

keterangan :

ρ_{th} : densitas teoritis (gram/cm³)

$\rho_{matriks}$: densitas matriks (gram/cm³)

ρ_{filler} : densitas filler (gram/cm³)

$V_{matriks}$: fraksi massa matriks (gram)

V_{filler} : fraksi massa filler (gram)

(Chasby Assidiq, 2014)

2.18 Penelitian Sebelumnya

Ilmuwan di dunia telah mengembangkan solusi dan metode pembuatan beton dengan cara yang efektif, efisien, dan biaya yang murah. Para ilmuwan telah menemukan tipe baru dari engineering yang menggabungkan sustainable engineering dan green engineering. Tujuannya adalah untuk mengurangi dampak lingkungan yang buruk dari palstik dan di samping itu juga memaksimalkan keuntungan yang memberikan dampak positif terhadap ekonomi, sosial, dan lingkungan.

Penelitian yang dilakukan oleh Novi Rahayu Wulandari pada tahun 2019 mengenai pengaruh bentuk dan agregat terhadap sifat mekanik cork concrete pelapis lantai kereta api menjelaskan bahwa campuran agregat puskim yang diberikan pada agregat tuban dapat memperbaiki sifat mekanik dan fisik dari material untuk aplikasi lantai kereta api, dimana komposisi yang paling sesuai adalah komposisi 15% agregat Tuban -85% agregat puskim.

Gerry Phillip Rompas pada tahun 2013 meneliti mengenai pengaruh pemanfaatan abu ampas tebu sebagai substitusi parsial semen dalam campuran beton ditinjau terhadap kuat tarik lentur dan modulus elastisitas. Semakin besar substitusi abu ampas tebu maka semakin rendah workability campuran beton atau atau campuran beton semakin sulit untuk dikerjakan. Secara keseluruhan dengan mempertahankan penggunaan air dalam campuran beton diperoleh prosentase optimal pada substitusi AAT 5% dari berat semen karena memberi peningkatan modulus elastisitas dan kuat tekan serta memiliki *workability* yang cukup baik dibandingkan prosentase yang lebih dari 5%.

Penelitian lain juga disebutkan oleh Tri Wahyuni dan Novi Rahayu 2018 dalam Laporan Kerja Praktek yang menganalisa pengaruh agregat terhadap sifat mekanik lantai kereta api menggunakan material agregat puskim, tuban, dan campuran puskim-tuban dengan sistem *unitex*. Berdasarkan hasil pengujian beton polimer dengan matriks polimer jenis epoksi, agregat

berbentuk pipih bersudut (angular) memiliki kekuatan tekan lebih besar daripada agregat yang berbentuk bulat (rounded). Adapun agregat angular memiliki kekuatan tekan dan kekuatan lentur berturut – turut sebesar 16,7 MPa dan 143,33 MPa, sedangkan agregat yang berbentuk bulat memiliki kekuatan tekan dan kekuatan lentur berturut – turut sebesar 8,41 MPa dan 80,27 MPa

Antônio Jorge Parga Silva pada tahun 2012 melakukan penelitian mengenai sifat properties dari ampas tebu yang digunakan pada OSB. Partikel ampas tebu dan serpihan sampel terbungkus dalam beton diamati dari serangan rayap. Matriks menawarkan perlindungan yang memadai untuk sampel ampas tebu. Partikel ampas tebu dan serpihan yang ada tidak terbungkus dalam matriks semen hancur total oleh rayap pada akhir periode pengujian.

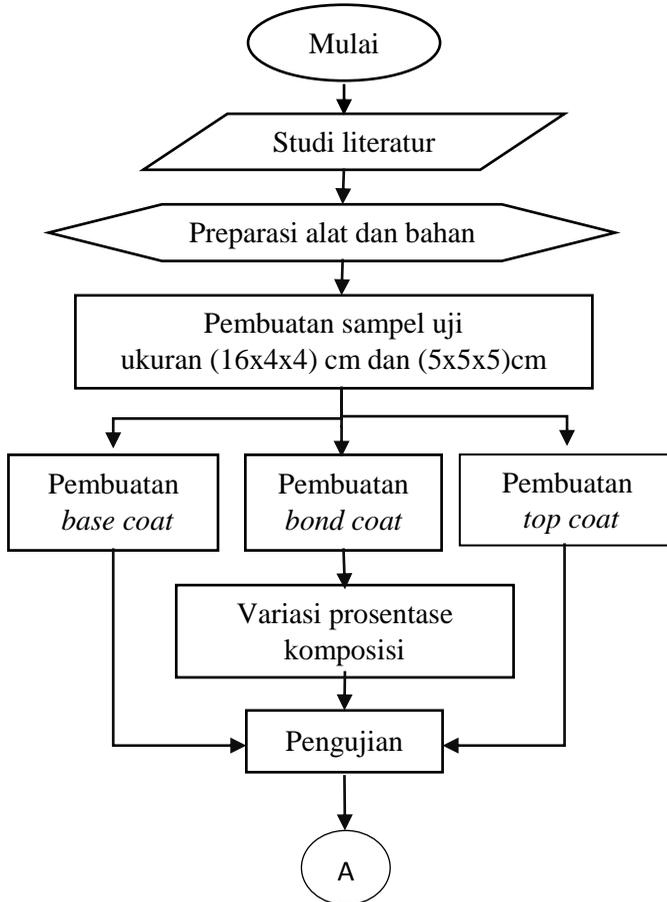
Penelitian lainnya juga dilakukan oleh Aulya Rahman, M.Farid dan Hosta Ardhyananta pada tahun 2016 mengenai pengaruh komposisi material komposit dengan matriks *polypropylene* berpenguat serat alam terhadap morfologi dan kekuatan sifat fisik menunjukkan bahwa pada komposisi serat bambu dan serat ampas tebu dengan matriks polypropylene memiliki nilai densitas semakin kecil dengan penambahan serat ampas tebu yang semakin banyak.

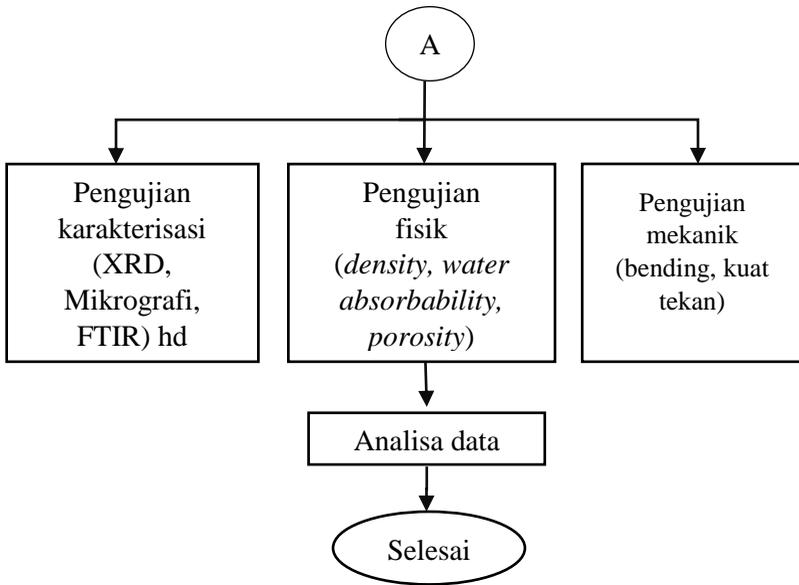
Melalui referensi penelitian-penelitian sebelumnya, penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi untuk peningkatan performa dari material *cork concrete* sebagai aplikasi pelapis lantai kereta api dengan matriks berupa polimer jenis epoksi dan agregat kasar sebagai penguat. Diharapkan melalui riset ini didapatkan solusi yang mudah, efektif, dan efisien untuk acuan dalam pertimbangan proses dan pengolahan data pengujian baik secara mekanik maupun fisik. Adapun penelitian tersebut digunakan sebagai acuan dengan pendekatan berdasarkan material yang digunakan. Penelitian ini juga dapat dijadikan referensi yang baik untuk perkembangan industri yang dapat memberikan dampak kemajuan teknologi, sosial dan ekonomi yang positif.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Alur penelitian tugas akhir dapat dilihat seperti pada Gambar 3.1





Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Standar Pengujian

Standar pengujian merupakan acuan yang digunakan selama melakukan pengujian. Standar pengujian mengacu pada dokumen tertentu yang sudah ditetapkan. Tabel 3.1 berikut merupakan jenis pengujian yang dilakukan dan standar pengujiannya.

Tabel 3. 1 Jenis Pengujian dan Standar Pengujiannya

No.	Jenis pengujian	Standar pengujian	Lokasi pengujian
1	Pengujian Kuat Tekan	SNI 03-1974-1990	Laboratorium Beton Kampus vokasi Teknik Infrastruktur Sipil, Manyar
2	Pengujian Bending	SNI 03-4431-1997	Laboratorium Beton Kampus vokasi Teknik Infrastruktur Sipil, Manyar
3	Pengujian Densitas	ASTM D-2395	Laboratorium Inovasi Material Departemen Teknik Material
4	Pengujian <i>Water Absorbability</i>	ASTM C 20-93	Laboratorium Inovasi Material Departemen Teknik Material
5	Pengujian Kadar Rongga	ASTM C 642-90	Laboratorium Inovasi Material Departemen Teknik Material
6	Pengujian Karakterisasi (FTIR)	ASTM E1252	Laboratorium Karakterisasi Material Departemen Teknik Material
7	Pengujian Karakterisasi (XRD)	-	Laboratorium Karakterisasi Material Departemen Teknik Material
8	Pengujian Mikrografi	-	Laboratorium Material Inovatif Departemen Teknik Material

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Bahan Penelitian

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah:

1. Resin Epoksi

Gambar 3.2 merupakan gambar dari resin epoksi. Resin yang digunakan untuk pembuatan *base coat* dan *bond coat* adalah resin epoksi.



Gambar 3. 2 Resin Epoksi

2. Lateks

Gambar 3.3 menunjukkan lateks yang digunakan sebagai adesif dan cairan pengikat agregat pada lapisan *bond coat*.



Gambar 3. 3 Lateks

3. Agregat

Agregat yang digunakan berupa batuan dengan ukuran diameter 2,8 – 3,4 mm. Agregat berfungsi sebagai filler

pada bond coat. Terdapat dua jenis agregat yang digunakan yaitu agregat puskim yang berasal dari Cilacap, Jawa Tengah dan agregat tuban yang berasal dari daerah Tuban, Jawa Timur. Gambar 3.4 merupakan gambar dari agregat tuban dan agregat puskim.



Gambar 3. 4 Agregat Tuban dan Agregat Puskim

4. Hardener

Hardener digunakan pada *bond coat* dengan presentase kecil karena hardener merupakan material tambahan penguat yang sifatnya tambahan sehingga hanya digunakan dalam jumlah kecil. Gambar 3.5 merupakan gambar dari hardener.



Gambar 3. 5 Hardener

5. Semen

Semen yang digunakan yaitu semen jenis portland merk Semen Gresik yang disuplai oleh PT. Semen Gresik.

Gambar 3.6 merupakan semen portland yang digunakan untuk campuran top coat.



Gambar 3. 6 Semen Portland

(<https://www.olx.co.id/iklan/jual-semen-gresik-50-kg.html>)

6. Aquades

Gambar 3.7 merupakan aquades yang digunakan untuk perendaman sampel ketika melakukan pengujian fisik.



Gambar 3. 7 Aquades

7. Filler Ampas Tebu

Serat ampas tebu yang digunakan yaitu serbuk ampas tebu dari sisa pengolahan limbah pabrik gula dengan ukuran lolos pada saringan nomer 20 dengan perlakuan pengeringan menggunakan oven 100° celcius selama 1 jam. Ampas tebu yang digunakan pada *bond coat* dengan presentase kecil sebagai pengganti fraksi volume dari agregat B ditunjukkan pada Gambar 3.8.



Gambar 3. 8 Filler Ampas Tebu

3.3.2 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. *Mixer*

Gambar 3.9 menunjukkan *mixer* yang digunakan untuk mencampurkan semua bahan komposit terutama *bond coat*, alat ini merupakan alat milik perusahaan.



Gambar 3. 9 Mixer

2. Neraca Digital

Neraca digital yang digunakan yaitu merk Metler Toledo milik Departemen Teknik Material FTI ITS Surabaya. Neraca digunakan untuk menimbang massa ampas tebu, agregat, serta material uji. Neraca juga digunakan dalam proses pengukuran densitas material komposit. Spesifikasi alat yaitu kapasitas maksimum 220g, ketelitian 0,0001 g, berat alat 4,6 kg, dimensi weighing pan \varnothing 90 mm, dan maksimum tinggi benda 237 mm. Gambar 3.10 merupakan

gambar dari neraca digital yang digunakan untuk pengujian fisik dan penimbangan spesimen uji.



Gambar 3. 10 Neraca Digital

3. Mesin Uji FTIR

Mesin uji FTIR yang digunakan adalah Nicolet Is10 FT-IR Spectrometer milik Departemen Teknik Material FTI-ITS Surabaya. Spesifikasi mesin yaitu dapat dihubungkan dengan komputer menggunakan PC USB 2.0, kebutuhan listrik 100-240 volt, jangkauan spektrum 7800-375 cm^{-1} dengan menggunakan beam splitter KBr/Ge. Mesin uji FTIR dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3. 11 Mesin FTIR

4. Mesin Uji XRD

Pengujian *X-ray diffraction* yang dilakukan menggunakan mesin XRD milik laboratorium karakterisasi material Departemen Teknik Material ITS. Spesifikasi mesin yang

digunakan yaitu mesin *PANalytical X'Pert PRO MPD X-ray diffraction system type PW3040/60* dengan spesifikasi mesin 200 – 240 V, single phase (50 atau 60 Hz), arus maksimum 45 A, dimensi sistem (1975 mm x1132 mm x 1371 mm), berat mesin 1100 kg hingga 1250 kg dan maksimum pembebanan 3200 kN/m^2 (3,2 Mpa pada sistem pembebanan *four feet*) atau $12,8 \text{ kN/m}^2$ 12,8 pada sistem tekanan rata – rata lantai). Mesin uji XRD dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3. 12 Mesin Uji XRD

5. Mesin Uji Kompresi

Gambar 3.13 adalah mesin uji kompresi yang digunakan milik Laboratorium Beton Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Spesifikasi yang dimiliki yaitu menggunakan sistem hidraulik: Piston berdiameter 250 mm. Tekanan kerja maksimum 50.000 kPa. Pompa Hidraulik: Listrik 220 V-AC, 50-60Hz, 1000 Watt, 1 Fasa, Aksi Tunggal, kecepatan Variable, kapasitas reservoir 6.000ml. Tekanan kerja maksimum 50.000 kPa, Indikator Digital Peningkatan 0,1 kN, Transduser tekanan terhubung dengan indikator digital Pembacaan digital, resolusi tampilan LED 6-bit hasil kN. Berat sekitar 560 kg.



Gambar 3. 13 Mesin Uji Kompresi

6. Mesin Uji Bending

Gambar 3.14 adalah Mesin uji bending yang digunakan milik Laboratorium Beton Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Rentang kekuatan 0,4kN-100kN, tingkat kontrol beban 0,02kN-5kN/s. Kecepatan bending maksimal 100mm/menit. Mesin memiliki berat 700kg, sumber daya listrik 380VAC, 50Hz dan 1,5kW.



Gambar 3. 14 Mesin Uji Bending

7. Oven

Gambar 3.15 adalah oven yang digunakan untuk mengeringkan spesimen uji *absorbability* yang telah direndam air selama 24 jam.



Gambar 3. 15 Oven

8. Ayakan nomor 20

Gambar 3.16 adalah ayakan yang digunakan untuk menyaring serbuk ampas tebu yang telah diberikan perlakuan pengeringan.



Gambar 3. 16 Ayakan

9. Gelas ukur 1 liter

Gambar 3.17 merupakan gelas ukur yang digunakan sebagai wadah melakukan pengujian pada sampel untuk mengetahui tingkat penyerapan air.



Gambar 3. 17 Gelas Ukur 1 Liter

10. Mikroskop Optik

Mikroskop Optik USB yang digunakan untuk melihat stuktur morfologi permukaan material uji, perbesaran yang dapat dicapai pada mikroskop optik USB ini hingga 1000x, mikroskop optik dapat dilihat pada Gambar 3.18.



Gambar 3. 18 Mikroskop Optik

3.4 Variabel Penelitian

Penelitian yang dilakukan menggunakan filler yang terdiri dari agregat puskim, agregat tuban, dan filler ampas tebu. Tabel 3.2 merupakan daftar tabel dari variabel pengujian.

Tabel 3. 2 Daftar Variabel Pengujian

Sampel		Variasi		
		Agregat Tuban	Agregat Puskim	Filler Ampas Tebu
-		-	-	100%
Tuban	Material murni	100%	0%	0%
Puskim		0%	100%	0%
A	Material uji	15%	85%	0%
B		15%	82%	3%
C		15%	81%	4%
D		15%	80%	5%

Sedangkan untuk data pengujian pada spesimen uji ditampilkan pada Tabel 3.3 dibawah ini.

Tabel 3. 3 Daftar Pengujian pada Spesimen Penelitian

	Filler Ampas Tebu	Tuban	Puskim	A	B	C	D
Mikrografi	-	V	v	v	v	v	v
XRD	-	V	v	-	-	-	-
FTIR	v	-	-	-	-	-	-
Bending	-	V	v	v	v	v	v
Tekan	-	V	v	v	v	v	v
Densitas	-	V	v	v	v	v	v
Water Absorb	-	V	v	v	v	v	v
Porositas	-	V	v	v	v	v	v

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Persiapan Bahan

Pelaksanaan penelitian memerlukan persiapan bahan yang baik dan benar. Persiapan bahan dapat memengaruhi analisis pada produk dimana persiapan yang baik akan menghasilkan material uji sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

3.5.2 Metode Pengerjaan Ampas Tebu

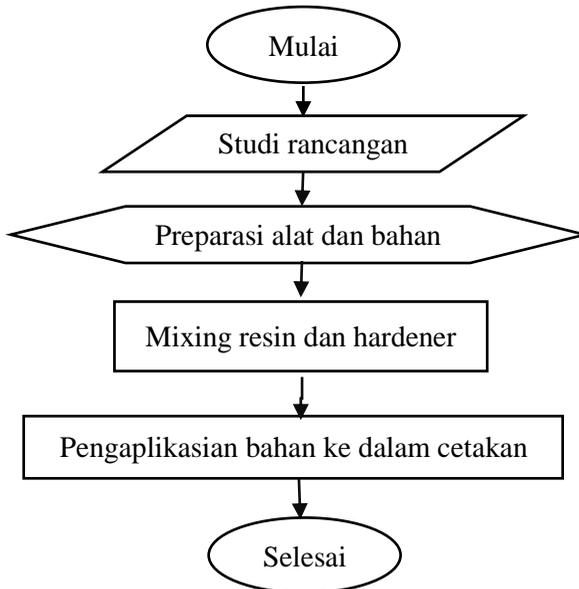
Ampas tebu yang didapat dari hasil pengolahan tebu pada pabrik gula diproses kembali melalui tahapan berikut:

- Ampas tebu dimasukkan ke dalam oven dengan temperatur sekitar 100°C selama 1 jam untuk mengurangi kadar air.
- Ampas tebu kemudian diayak menggunakan saringan No.20
- Ampas tebu yang digunakan sebagai bahan tambahan adalah ampas tebu yang lolos saringan No.20
- Ampas tebu disimpan di tempat yang kering dan kedap air.

3.5.3 Pengerjaan *Floor Construction*

- Pengerjaan *Bond Coat*

Pengerjaan *bond coat* ini dilakukan berdasarkan alur yang ditunjukkan pada Gambar 3.19 dibawah ini

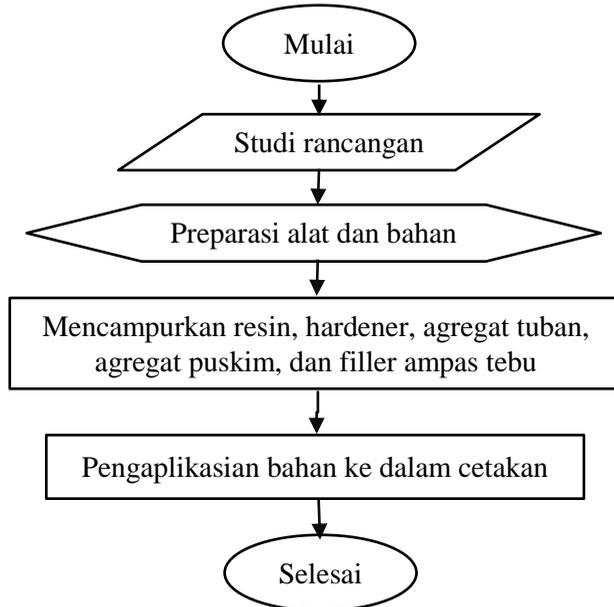


Gambar 3. 19 Diagram Alir Pengerjaan Bond Coat Lantai Kereta Api

Tahapan pengerjaan *Bond Coat* :

- Pot life* 40 - 70 minute (pada temp. 20°C)
- Mixing ratio* antara resin:hardener adalah 4 : 1 (berdasarkan berat), aduk dengan menggunakan molen.
- Mengaplikasikan segera setelah larutan *bond coat* jadi, dengan cara oleskan *bond coat* pada permukaan lantai dengan menggunakan kuas.
- Delay time*, minimal 24 jam (layer masih empuk tetapi tidak lengket di tangan).

- **Pengerjaan Base Coat (Layer I)**
Pengerjaan *base coat* ini dilakukan berdasarkan Gambar 3.20:



Gambar 3. 20 Diagram Alir Pengerjaan *Base Coat* Lantai Kereta Api

Mixing ratio yang digunakan dalam bahan penelitian antara resin dan hardener serta (agregat tuban + agregat puskim + filler ampas tebu) yaitu menggunakan perbandingan 4:1:25 berdasarkan beratnya.

- *Pot life* 40 menit

- *Dry time* 4 jam

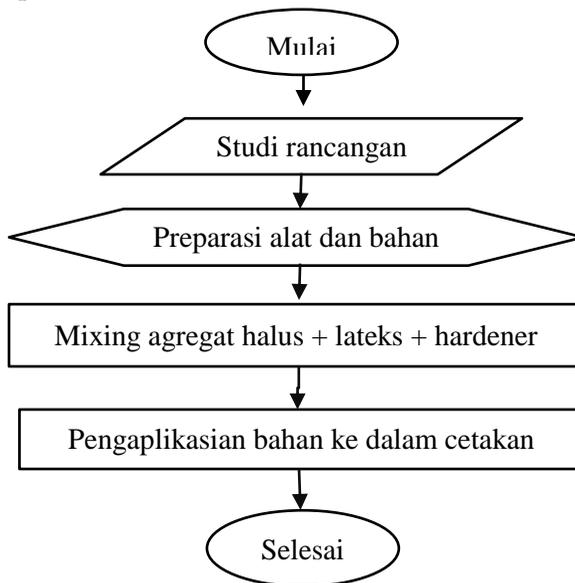
Tahapan pengerjaan *base coat* (layer I)

- a. Menyiapkan campuran *Base Coat* I sesuai *mixing ratio*.
- b. Mencampurkan Resin dan Hardener, terpisah dari mixer, aduk selama $\pm 30 - 60$ detik.

- c. Memasukkan agregat kasar A, agregat kasar B, dan filler ampas tebu ke dalam mixer.
- d. Menuangkan campuran resin dan hardener ke dalam mixer dan aduk hingga rata / homogen.
- e. Menuangkan dan meratakan selevel dengan plat tepi kiri dan kanan menggunakan tapping plate.

- **Pengerjaan *Top Coat***

Pengerjaan *top coat* ini dilakukan berdasarkan alur yang ditunjukkan pada Gambar 3.21 dibawah ini



Gambar 3. 21 Diagram Alir Pengerjaan Top Coat Lantai Kereta Api

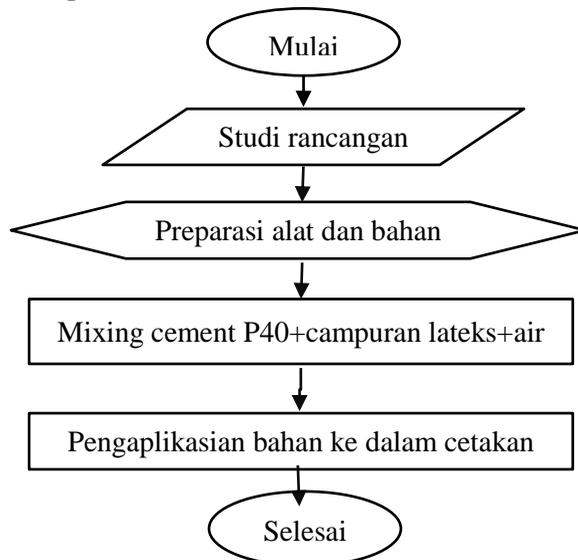
Mixing ratio yang digunakan dalam bahan penelitian antara semen dan agregat halus serta (lateks + air) yaitu menggunakan perbandingan 33,33 : 71,94 : 30 (dalam liter). Ukuran agregat halus yang digunakan yaitu \emptyset 1,2 - 2,4 mm.

Tahapan pengerjaan *top coat* :

- Top coat dilakukan setelah unitex kasar agak mongering.
- Siapkan agregat halus, resin dan hardener untuk campuran *top coat*.
- Langkah pencampurannya sama dengan pencampuran pada agregat kasar dalam pengadukan *top coat* harus benar – benar bagus karena dalam pengadukan yang kurang bagus akan berpengaruh pada hasil pengaplikasian pada lantai.

• **Pengerjaan Acian**

Pengerjaan acian bertujuan untuk meratakan permukaan *top coat*, pengerjaan acian dilakukan berdasarkan alur yang ditunjukkan pada Gambar 3.22 dibawah ini:



Gambar 3. 22 Diagram Alir Pengerjaan Acian Lantai Kereta Api

Tahapan pengerjaan acian :

- Menyiapkan campuran acian dengan komposisi semen Portland, campuran lateks, dan air dengan perbandingan 1,13 : 0,68 : 0,04 berdasarkan beratnya.
- Memasukkan ke dalam molen dan aduk hingga homogen.

- c. Menuangkan campuran acian di atas *top coat* dan membiarkan selama 15 menit untuk mengisi celah-celah *top coat*.
- d. Meratakan menggunakan lepan setelah 15 menit.
- e. Melakukan *touch up* ulang setelah 4 jam (warna berubah menjadi putih), atau disentuh menggunakan jari tidak membekas.

3.6 Proses Pengujian Material Komposit Lantai Kereta dengan Sistem *Unitex*

3.6.1 Bahan yang digunakan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Spesimen Agregat tuban ukuran 5x5x5 cm dan 16x4x4 cm masing-masing 3 buah.
2. Spesimen Agregat puskim 5x5x5 cm dan 16x4x4 cm masing-masing 3 buah.
3. Spesimen Agregat tuban-agregat puskim-filler ampas tebu 5x5x5 cm dan 16x4x4 cm masing-masing 3 buah untuk masing-masing variasi komposisi.
4. Aquades 5 liter.

3.6.2 Alat yang digunakan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Benang 1 roll
2. Oven
3. Baskom besar
4. Neraca digital
5. Gelas ukur 1000 mL
6. Spidol
7. Alat uji bending
8. Alat uji kuat tekan

3.6.3 Langkah Kerja

Dalam mengerjakan penelitian ini sesuai dengan langkah kerja sebagai berikut:

- **Uji XRD**

1. Menyiapkan agregat tuban dan agregat puskim
2. Menggerus menggunakan mortar hingga halus
3. Menyaring secara manual agregat yang sudah halus
4. Melakukan preparasi sampel uji XRD
5. Melakukan pengujian XRD
6. Mencatat hasil pengujian

- **Uji FTIR**

1. Menyiapkan serbuk ampas tebu yang telah kering
2. Melakukan preparasi sampel uji FTIR
3. Melakukan pengujian FTIR
4. Mencatat hasil pengujian

- **Uji Mikrografi**

1. Menyiapkan sampel uji yang telah kering setelah proses pencetakan
2. Menyiapkan alat pengujian (mikroskop optik)
3. Melakukan pengujian
4. Menyimpan hasil pengujian

- **Uji *Water Absorbability***

1. Mencelupkan material ke dalam bak berisi aquades hingga tercelup seluruh permukaan selama 24 jam.
2. Meniriskan material hasil pencelupan hingga air tidak menetes.
3. Menimbang massa material setelah ditiriskan.
4. Mengoven material selama 24 jam dengan temperatur 50° C.
5. Menimbang massa material setelah di oven.
6. Mencatat hasil pengujian.

- **Uji *Density***

1. Menyiapkan akuades ke dalam gelas kimia ukuran 1 liter.
 2. Menimbang massa material sebelum dicelupkan ke dalam gelas kimia 1 liter berisi aquades.
 3. Meletakkan gelas kimia ke dalam neraca digital dan mengatur neraca digital agar posisi gelas menunjukkan angka 0.
-

4. Mencelupkan material ke dalam gelas kimia sambil melihat massanya (posisi benda tidak boleh menyentuh gelas dari sisi manapun,serta harus tercelup semuanya).
5. Mencatat massa yang tercelup.
 - **Uji Porosity**
 1. Dihitung dari nilai densitas dan *water absorbability*.
 - **Uji Bending**
 1. Menyiapkan spesimen untuk uji bending (berukuran 16x4x4 cm).
 2. Mengatur alat uji bending.
 3. Melihat hasil yang tertera pada alat pengujian kemudian mencatatnya.
 - **Uji Kuat Tekan**
 1. Menyiapkan spesimen untuk uji kuat tekan (5x5x5 cm).
 2. Mengatur alat uji kuat tekan.
 3. Melihat hasil yang tertera pada alat pengujian kemudian mencatatnya.

3.8 Desain Penelitian

3.8.1 Perhitungan *Rule of Mixture* (ROM)

• Perhitungan Massa Komposit Untuk Pengujian Fisik

Diketahui ukuran spesimen Pengujian fisik:

Panjang(p)	= 50 mm
Lebar (l)	= 50 mm
Tebal (t)	= 50 mm
Tebal <i>top coat</i>	= 12,5 mm
Tebal <i>bond coat</i>	= 37,5 mm

Persamaan 3.1 merupakan persamaan untuk menghitung volume dari material uji :

$$\text{Volume} = p \times l \times t \dots \dots \dots (3.1)$$

Berikut merupakan data dari volume masing-masing bagian pada komposit cork concrete material lantai kereta api:

Dimensi atas (top coat)	Dimensi bawah (base coat)
Panjang: 50 mm	Panjang: 50 mm

Lebar : 50 mm Lebar : 50 mm
Tinggi : 12,5 mm Tinggi : 37,5 mm
Volume : 31250 mm² Volume : 93750 mm²

Tabel 3.4 merupakan tabel perhitungan volume spesimen uji yang dilakukan pada pengujian fisik.

Tabel 3. 4 Perhitungan Volume Spesimen Uji Pengujian Fisik

Volume total	125 cm ³
Volume top coat	31,25 cm ³
Volume bond coat	93,75 cm ³
ρ epoxy	1,3 g/cm ³
ρ hardener	0,97 g/cm ³
ρ lateks	0,97 g/cm ³
ρ semen	1,25 g/cm ³
ρ agregat tuban	2 g/cm ³
ρ agregat puskim	1,39 g/cm ³
ρ FAT	0,201 g/cm ³

Sedangkan Tabel 3.5 merupakan tabel perhitungan dari massa spesimen uji yang dilakukan pada pengujian fisik pada tiap komposisi

Tabel 3. 5 Perhitungan Massa Spesimen Uji Fisik Tiap Komposisi (dalam gram)

Komposisi	Tuban	Puskim	A	B	C	D
Semen (gram)	6,79	6,79	6,79	6,79	6,79	6,79
Agregat halus (gram)	13,59	13,59	13,59	13,59	13,59	13,59
FAT (gram)	0,00	0,00	0,00	1,95	3,13	3,91
Agregat Tuban (gram)	78,13	0,00	11,72	11,72	11,72	11,72
Agregat Puskim (gram)	0,00	78,13	66,41	66,41	66,41	66,41
Lateks (gram)	4,08	4,08	4,08	4,08	4,08	4,08
Resin (gram)	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50
Hardener (gram)	3,13	3,13	3,13	3,13	3,13	3,13
Air (gram)	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22

• **Perhitungan Massa Komposit untuk Pengujian Mekanik**

Diketahui ukuran spesimen Pengujian mekanik:

Panjang(p) = 160 mm

Lebar (l) = 40 mm

Tebal (t) = 40 mm

Tebal *top coat* = 12,5 mm

Tebal *bond coat* = 27,5 mm

Persamaan 3.2 merupakan persamaan untuk menghitung volume dari material uji :

$$\text{Volume} = p \times l \times t \dots\dots\dots(3.2)$$

Dimensi atas (top coat)

Panjang: 160 mm

Lebar : 40 mm

Tinggi : 12,5 mm

Volume : 31250 mm³

Dimensi bawah (base coat)

Panjang: 160 mm

Lebar : 40 mm

Tinggi : 37,5 mm

Volume : 176000 mm³

Tabel 3.6 merupakan tabel yang menunjukkan perhitungan volume spesimen uji pada pengujian mekanik.

Tabel 3. 6 Perhitungan Volume Spesimen Uji Mekanik

Volume total	256 cm ³
Volume top coat	31,25 cm ³
Volume bond coat	176 cm ³
ρ epoxy	1,3 g/cm ³
ρ hardener	0,97 g/cm ³
ρ lateks	0,97 g/cm ³
ρ semen	1,25 g/cm ³
ρ agregat tuban	2 g/cm ³
ρ agregat puskim	1,39 g/cm ³
ρ filler ampas tebu	0,201 g/cm ³

Tabel 3.7 merupakan tabel yang menunjukkan Perhitungan Massa Spesimen Uji Bending Tiap Komposisi (dalam gram)

Tabel 3. 7 Perhitungan Massa Spesimen Uji Bending Tiap Komposisi (dalam gram)

Komposisi	Tu ban	Pus kim	A	B	C	D
Semen (gram)	6,79	6,79	6,79	6,79	6,79	6,79
Agregat halus (gram)	13, 59	13,59	13,59	13, 59	13, 59	13, 59
Filler ampas tebu (gram)	0,00	0,00	0,00	3,67	5,87	7,33
Agregat tuban (gram)	146, 67	0,00	22,00	22, 00	22, 00	22, 00
Agregat puskim (gram)	0,00	146,67	124, 67	121, 00	118, 80	117, 33
Lateks (gram)	4,08	4,08	4,08	4,08	4,08	4,08
Resin (gram)	23, 47	23,47	23,47	23, 47	23, 47	23, 47
Hardener (gram)	5,87	5,87	5,87	5,87	5,87	5,87
Air (gram)	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

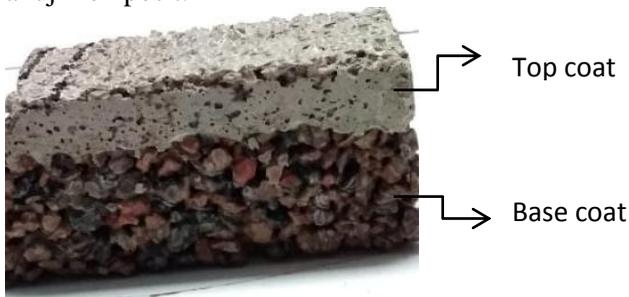
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Proses Pembuatan

Proses pembuatan komposit semen pelapis lantai kereta api (*cork concrete*) dilakukan dengan menggunakan metode pengecoran (*casting*). Komposit dibentuk menjadi material uji berbentuk kubus dengan ukuran 5x5x5 cm dan balok dengan ukuran 16x4x4 cm. Cetakan material uji yang digunakan terbuat dari material *hard vinyl* berbentuk plat yang dipotong sesuai ukuran material uji. Campuran yang digunakan antara lain resin dan hardener dengan perbandingan berturut – turut 4:1 berfungsi sebagai matriks, sedangkan agregat kasar yang berdiameter 2,4 - 4,8 mm serta filler ampas tebu (FAT) berfungsi sebagai penguat. Terdapat dua jenis agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini. Secara fisik, agregat tuban berwarna kemerahan serta memiliki ciri lain yaitu lebih pipih daripada agregat puskim, sedangkan agregat puskim yaitu agregat puskim berwarna hitam, berbentuk pipih, namun berukuran lebih besar dari agregat tuban. *Liquid resin epoxy* berwarna putih dan *liquid hardener* berwarna kuning kecoklatan. Selanjutnya melakukan penimbangan dan pencampuran material agregat tuban dan agregat puskim serta filler ampas tebu dengan beberapa variasi diantaranya yaitu 100%A 0%B 0%FAT (material murni tuban), 0%A 100%B 0%FAT (material murni puskim), pada material murni tuban merupakan material baru yang digunakan oleh PT INKA sebagai pengganti material murni puskim untuk material lantai kereta api. pada penelitian ini, material uji yang digunakan ada empat variasi komposisi, diantaranya yaitu 15%A 85%B 0%FAT (material uji A), 15%A 82%B 3%FAT (material uji B), 15%A 81%B 4%FAT (material uji C), dan 15%A 80%B 5%FAT (material uji D). Untuk setiap material uji terdapat 3 sampel, masing - masing 3 sampel berukuran 5x5x5 cm dan 3 sampel berukuran 16x4x4 cm.

Proses selanjutnya adalah melakukan penyampuran liquid resin dan hardener terpisah dari mixer, aduk selama kurang lebih

30 – 60 detik. Kemudian memasukkan agregat tuban, agregat puskim, serta filler ampas tebu ke dalam mixer dan menuangkan campuran resin dan hardener, lalu mengaduknya hingga merata. Menuangkan campuran agregat tuban, agregat puskim, filler ampas tebu, resin dan hardener ke dalam cetakan hingga setinggi 37,5 mm. Lapisan ini merupakan *base coat* dan harus dibiarkan selama 4 jam sampai kondisinya mengering. Untuk penambahan lapisan *top coat* setebal 12,5 mm dapat dilakukan setelah *base coat* mengering. Adapun *top coat* terbuat dari pencampuran agregat halus (berdiameter 1,2 – 2,4 mm) dan hardener serta lateks. Gambar 4.1 merupakan gambar yang menunjukkan material uji komposit.



Gambar 4.1 Penampang *Base Coat* dan *Top Coat* pada Komposit *Cork Concrete*

Setelah pembuatan material untuk *base coat* dan *top coat* selesai, maka untuk proses *finishing* memerlukan pembuatan acian. Pembuatan acian bertujuan untuk meratakan permukaan *top coat* agar mudah untuk dilakukan pengujian. Acian merupakan campuran yang terbuat dari cement portland, campuran lateks, dan air. Beton yang telah dibuat harus ditunggu sampai umur 28 hari. Hal ini bertujuan agar sifat material uji mengering secara homogen, sehingga sifat mekanik yang dihasilkan akan lebih maksimal. Setelah material uji yang dicetak berumur 3 hari dan kering, maka sampel dapat dikeluarkan dari cetakan. Setelah itu material dibiarkan hingga 28 hari lalu melakukan beberapa

pengujian untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik material tersebut. Pengujian yang dilakukan antara lain adalah pengujian XRD untuk mengetahui kandungan senyawa yang ada dalam agregat tuban maupun agregat puskim, sehingga dapat diidentifikasi sifat-sifat dari material uji tersebut, pengujian FTIR untuk mengetahui gugus fungsi dan ikatan kimia dari filler ampas tebu yang dilakukan tanpa alkalisasi. Selanjutnya pengujian mikrofografi bertujuan untuk mengetahui morfologi material murni A, material murni B, dan material uji A sampai F, pengujian densitas, porositas, *water absorbability* bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dari material uji. Sedangkan pengujian kuat tekan dan kuat lentur dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik dari material uji. Gambar 4.2 merupakan sampel yang digunakan sebagai material uji untuk melakukan pengujian. Sampel berukuran 16x4x4 cm digunakan untuk pengujian bending, sedangkan sampel berukuran 5x5x5 cm digunakan untuk pengujian porositas, *water absorbability*, densitas, dan kuat tekan.



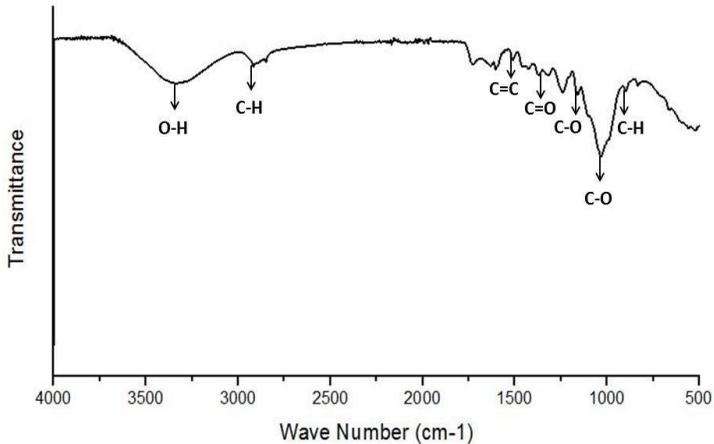


Gambar 4. 2 Produk Hasil Manufaktur Material Uji (a) Ukuran 16x4x4 cm dan (b) Ukuran 5x5x5 cm

Dari analisa proses diketahui bahwa apabila diamati secara visual, material uji yang memiliki dominan filler ampas tebu adalah material uji D dengan variasi 15%A 80%B 5%FAT, sehingga menjadi pertimbangan dari beberapa parameter yang akan di bahas pada sub bab selanjutnya.

4.2 Pengujian FTIR (*Fourier Transform Infrared*)

Ampas tebu merupakan salah satu limbah padat pabrik gula. Ampas tebu jumlahnya berlimpah di Indonesia. Ampas tebu merupakan limbah padat dari pengolahan industri gula tebu yang volumenya mencapai 30-40% dari tebu giling. Ampas tebu memiliki kandungan selulosa sebesar 52,7%, hemiselulosa 20,0%, dan lignin 24,2% (Samsuri *et al.*, 2007). Untuk mengetahui gugus fungsi dan ikatan kimia pada filler ampas tebu maka dilakukan pengujian FTIR. Serat dipreparasi dan diuji untuk menentukan *peak* dari filler ampas tebu dan dilakukan analisis agar dapat diidentifikasi gugus fungsi serat tersebut. Hasil pengujian FTIR serat tebu dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Hasil FTIR Serat Ampas Tebu Tanpa Alkalisasi

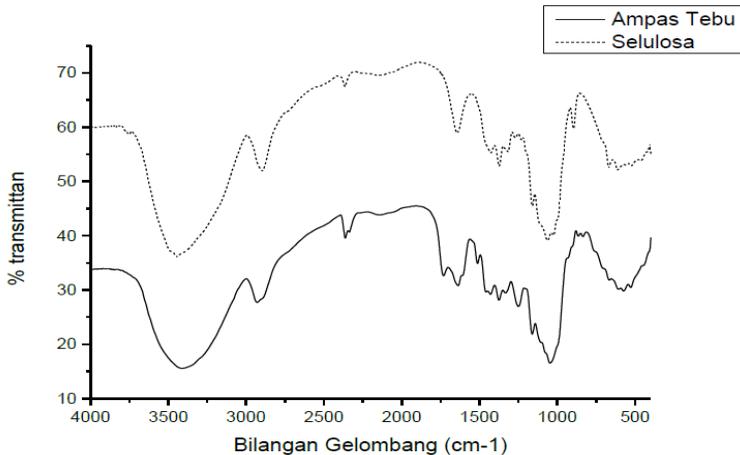
Tabel 4.1 memberikan keterangan mengenai daerah serapan infrared ampas tebu dari grafik FTIR pada Gambar 4.3.

Tabel 4. 1 Daerah Serapan Infrared Ampas Tebu

No	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi dan ikatan kimia	Komponen penyusun dari
1	3341,15	Ikatan hidrogen (O-H)	Selulosa
2	2916,88	C-H (Alkana)	Selulosa
3	1729,2	Aldehyde/ keton/ asam karboksilat/ ester	Asam karboksilat
4	1513,44	C=C (cincin aromatik)	Lignin
5	1425,31	C=O (alkuna)	Asam karboksilat
6	1240,17	C-O(alkohol/ eter/ asam karboksilat/ ester)	Asam karboksilat
7	1031,94	C-O (alkohol/ eter/ asam karboksilat/ ester)	Asam karboksilat
8	897,84	C-H (alkena)	Selulosa

Uji FTIR pada serat tebu tanpa perlakuan alkalisasi untuk mengetahui ikatan kimia yang terkandung dalam serat tersebut. Pada ampas tebu terdapat gugus fungsi O-H ikatan hidrogen dan ikatan C-H yang berasal dari selulosa, serta ikatan C=C yang berasal dari cincin aromatik lignin. Ikatan C=O mengidentifikasi adanya gugus karboksilat ataupun karbonil yang terdapat pada cincin aromatik, merupakan gugus yang identik pada ampas tebu (Saelee dkk, 2014). Berdasarkan grafik FTIR yang ditunjukkan pada Gambar 4.3, Puncak serapan $3341,15 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan regangan ikatan hidrogen (O-H) yang merupakan komponen penyusun dari selulosa, kemudian puncak serapan pada $2916,88 \text{ cm}^{-1}$ terjadi deformasi C-H. Untuk puncak serapan pada gelombang $1729,20 \text{ cm}^{-1}$ terdapat gugus fungsi aldehid/ keton/ asam karboksilat/ ester yang merupakan komponen penyusun dari asam karboksilat. Pada puncak serapan $1513,44 \text{ cm}^{-1}$ terdapat gugus fungsi C=C yang merupakan cincin aromatik pada penyusun lignin, lalu untuk puncak serapan pada $1425,31 \text{ cm}^{-1}$ terdapat gugus fungsi yang menunjukkan keton C=O. Regangan pada C-O terjadi pada puncak serapan $1240,17 \text{ cm}^{-1}$ serta puncak $1031,94 \text{ cm}^{-1}$. Pada puncak serapan $897,84 \text{ cm}^{-1}$ telah terjadi deformasi C-H dalam selulosa. Ampas tebu yang dilakukan tanpa perlakuan menyebabkan peningkatan absorbansi dan luas area dan lebar puncak pada bilangan gelombang $3341,15 \text{ cm}^{-1}$ yang berkaitan dengan regangan dari gugus O-H. Hal ini mengindikasikan pelemahan ikatan intra dan intermolekul pada gugus O-H dan menurunnya kristalinitas (Goshadrou et al., 2011).

Penelitian mengenai struktur dan gugus fungsi pada ampas tebu sebelumnya telah dilakukan oleh Winda Trisna Wulandari pada tahun 2018, dan dijabarkan pada grafik dalam Gambar 4.4. Adanya peak pada lignin, selulosa, maupun hemiselulosa merupakan ciri khusus pada ampas tebu.



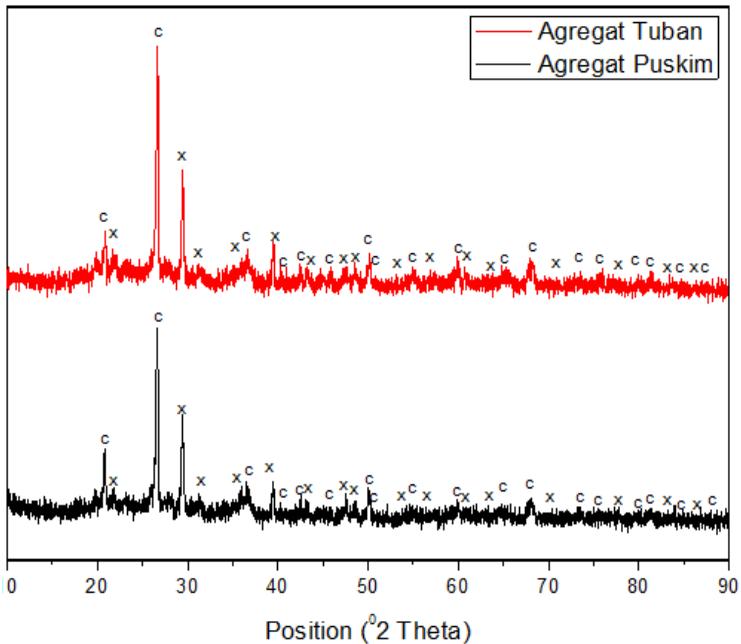
Gambar 4. 4 Grafik FTIR Ampas Tebu dan Selulosa
(Winda Trisna, 2018)

Hemiselulosa merupakan polisakarida non selulosa yang pokok, terdapat dalam serat dengan berat molekul 4000–15.000. Hemiselulosa merupakan polisakarida lain yang terdapat dalam serat dan tergolong senyawa organik. Hemiselulosa terdapat di dinding sel bersamaan dengan selulosa, terutama di daerah amorf dan juga dalam lamella tengah. Molekul hemiselulosa mudah menyerap air, bersifat plastis dan mempunyai permukaan kontak antar molekul yang lebih luas. Sedangkan lignin merupakan polimer alami dan tergolong ke dalam senyawa rekalsitran karena tahan terhadap degradasi atau tidak terdegradasi dengan cepat di lingkungan. Molekul lignin adalah senyawa polimer organik kompleks yang terdapat pada dinding sel tumbuhan dan berfungsi memberikan kekuatan pada tanaman. Lignin tersusun dari 3 jenis senyawa fenilpropanoid, yaitu alkohol kumaril, alkohol koniferil dan alkohol sinapil. Ketiganya tersusun secara random membentuk polimer lignin yang amorfus (tidak beraturan). Ketidakteraturan struktur lignin ini menyebabkan proses

degradasi menjadi sangat kompleks. Selulosa termasuk homopolimer linier dengan monomer berupa D-anhidroglukosa yang saling berkaitan dengan ikatan β -1,4 glikosidik. Rumus empiris selulosa adalah $(C_6H_{10}O_5)_n$ dengan n adalah jumlah satuan glukosa yang berikatan dan berarti juga derajat polimerisasi selulosa. Selulosa murni memiliki derajat polimerisasi sekitar 14.000, namun dengan pemurnian biasanya akan berkurang menjadi sekitar 2.500.

4.3 Pengujian *X-Ray Diffraction* pada Agregat Tuban dan Agregat Puskim

Hasil uji difraksi sinar-X bahan alam agregat puskim maupun agregat tuban yang diuji di Laboratorium Karakterisasi Material Teknik Material ITS Surabaya pada tanggal 4 April 2019 terlihat seperti pada Gambar 4.5. Uji difraksi sinar X dilakukan pada sudut $(10,0084^0-89,9764^0)$ dimaksudkan sebagai uji awal untuk identifikasi keberadaan / kandungan bahan oksida yang diharapkan. Dalam hal ini, kandungan oksida yang diharapkan yaitu *Silicon Oxyde* (SiO_2) dan *Calcite* ($CaCO_3$). Senyawa tersebut merupakan bahan dasar sebagai penelitian selanjutnya. Data difraksi sinar-x dari pasir diambil seperti tampak pada Gambar 4.5. Agregat yang akan diuji dihaluskan dengan cara manual menggunakan mortar, kemudian disaring dengan saringan nomor 20 dan diambil agregat halus yang lolos pada saringan tersebut, lalu melakukan preparasi sampel dan melakukan uji XRD. Hasil analisis kualitatif data difraksi sinar-X dari sampel uji bahan alam (agregat tuban dan agregat puskim) diatas dilakukan dengan menggunakan aplikasi *Hi-ScorPlus*. Tujuan dari analisis ini adalah untuk melakukan identifikasi senyawa oksida yang terkandung didalam agregat secara kualitatif, kemudian diketahui hubungan antara keberadaan senyawa dengan sifat mekanik dari material uji tersebut.



Gambar 4.5 Grafik Hasil Pengujian XRD pada Agregat Puskim dan Agregat Tuban

Keterangan tanda pada Gambar 4.5:

X : kandungan senyawa SiO_2

C : Kandungan senyawa CaCO_3

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Katili, J.A pada tahun 2007, terdapat banyak bahan oksida yang terkandung di dalam bahan galian tambang, diantaranya, seperti pasir kuarsa dengan kandungan dominan senyawa oksida *quartz* (SiO_2), *clay* yaitu jenis batuan lempung dominan tersusun dari mineral kaolinit, sebagai sumber alumina (Al_2O_3), kemudian batu gamping yang memiliki kandungan oksida paling dominan yaitu *calcite* (CaCO_3), *trass* merupakan mineral produk vulkanik berbutir halus dengan kandungan oksida silika (SiO_2) yang

mengalami pelapukan hingga derajat tertentu. Kemudian *dolomit*, dolomit merupakan mineral sejenis batuan gamping yang sebagian senyawa kalsiumnya diganti magnesium $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$.

a. Agregat Puskim : diambil di daerah Cilacap Jawa Tengah

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, material puskim menunjukkan bahwa senyawa oksida yang menyusun batuan secara dominan adalah *Silicon oxyde* (SiO_2) hal ini dapat dilihat pada hasil XRD sampel dari bahan alam agregat puskim. Agregat tersebut memiliki *score* 67, sedangkan penyusun yang lain yaitu *calsite* (CaCO_3) dengan *score* 50. Senyawa oksida SiO_2 yang diduga terdapat pada sampel batuan diatas mempunyai spesifikasi yang sesuai dengan data JCPDS No.00-046-1045, sedangkan untuk senyawa oksida CaCO_3 memiliki spesifikasi sesuai dengan data JCPDS No.96-901-6707. Puncak intensitas relatif tertinggi puskim pada sudut $20,8059^0$ - $26,5940^0$ dengan fase kristal *Silicone oxyde* (SiO_2), sedangkan puncak intensitas relatif untuk fase *Calsite* (CaCO_3) yaitu pada sudut $29,4276^0$.

b. Agregat Tuban : diambil di daerah Tuban Jawa Timur

Senyawa oksida SiO_2 yang diduga terdapat pada sampel agregat tuban memiliki *score* 67, hal ini sesuai dengan spesifikasi pada data JCPDS No.00-033-1161, sedangkan untuk senyawa oksida CaCO_3 memiliki *score* 40 yang sesuai dengan spesifikasi pada data JCPDS No.96-901-6707. Puncak intensitas relatif tertinggi agregat puskim yaitu pada sudut $26,6983^0$ dengan fase kristal *Silicone oxyde* (SiO_2), sedangkan puncak intensitas relatif untuk fase *Calsite* (CaCO_3) yaitu pada sudut $29,4845^0$. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, material tuban menunjukkan senyawa oksida yang menyusun batuan secara dominan adalah *Silicon oxyde* (SiO_2) hal ini dapat dilihat pada hasil XRD sampel dari bahan alam agregat tuban. Penelitian yang sama juga dilakukan oleh Lindawati dkk pada tahun 2018 mengenai kandungan mineral pada batu marmer Gunung Kerambil. Penelitian ini menjelaskan bahwa pada dasarnya difraksi sinar-X (XRD) digunakan untuk

mendeteksi mineral dan struktur kristal yang terkandung dalam material. Fase mineral yang teridentifikasi pada tiga puncak tertinggi pola difraksi adalah silika (SiO_2) dan kalsit (CaCO_3) yang ditunjukkan pada Tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 4. 2 Kandungan Mineral pada Batu Marmer Gunung Kerambil (Munasir, 2012)

2θ (°)	d (Å)	Intensity	Mineral
26.5997	3.34844	1283	Silika
29.5029	3.02522	5059	Kalsit
30.0897	2.96754	159	Kalsit
39.5125	2.27886	251	Kalsit
42.7738	2.11236	162	Kalsit
43.2611	2.08968	286	Kalsit
47.5998	1.90884	503	Kalsit
48.6015	1.87181	333	Kalsit

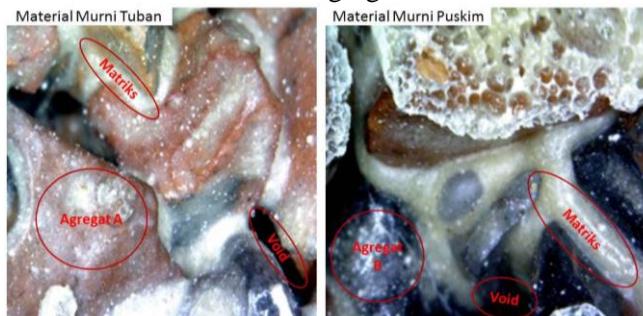
Untuk penelitian lainnya mengenai SiO_2 juga dilakukan oleh Munasir dkk pada tahun 2012 mengenai uji XRD dan XRF pada bahan mineral (batuan dan pasir) sebagai sumber material cerdas (CaCO_3 dan SiO_2). Telah dilakukan uji XRD dan XRF pada sampel batuan yang diambil dari daerah Tulungagung, onik dari pulau Bawean-Gresik, dan pasir dari Tuban dan Sumenep. Untuk sampel pasir (Tuban dan Sumenep) menunjukkan kandungan oksida quartz (SiO_2) dengan kemurnian yang tinggi (65,9 -76,8 %). Dalam hal ini, score yang dimiliki memiliki nilai hampir sama dengan score yang dimiliki oleh kandungan SiO_2 pada sampel agregat tuban maupun puskim.

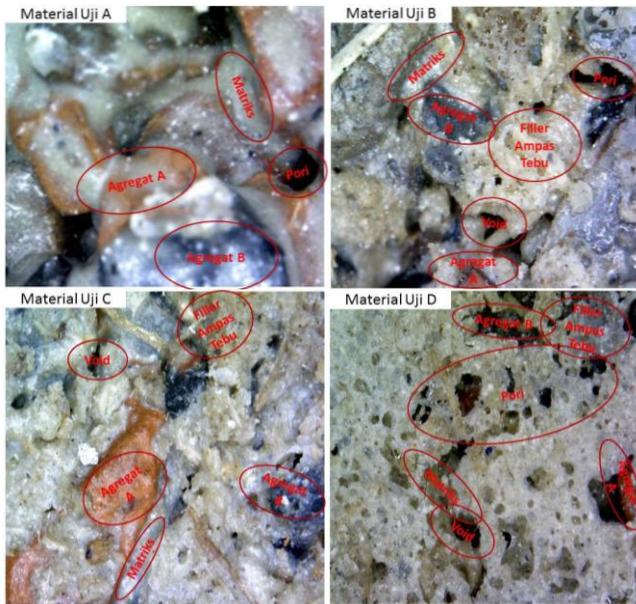
Senyawa kandungan CaCO_3 dan SiO_2 sangat berpengaruh pada nilai kuat tekan, semakin tinggi kandungan SiO_2 maka kekuatan yang dikandung dalam material tersebut akan semakin tinggi. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Nadia pada tahun 2011 yang menjelaskan bahwa semakin tinggi kandungan SiO_2 dalam pasir, didapatkan nilai kuat tekan beton lebih tinggi daripada kuat tekan beton pada campuran beton

dengan pasir kandungan silikanya yang lebih rendah. Selain itu penelitian serupa juga dilakukan oleh Mohammad Balapour pada tahun 2018 menjelaskan bahwa penambahan nano silika ke beton berkontribusi pada peningkatan kekuatan tekan karena produksi CS-H Gel dan densifikasi mikrostruktur. Kekuatan tarik dan lentur mengikuti tren kompresi. hal ini sesuai dengan penambahan Nano silika ke campuran beton. Ikatan yang baik antara agregat dan matriks dapat dipertimbangkan untuk peningkatan kuat lentur dan tarik. Penambahan nano silika menunjukkan adanya ikatan yang bagus antara matriks dengan bahan lainnya, seperti serat dan nanoclay.

4.4 Analisa Hasil Pengujian Mikrografi

Pengamatan secara visual dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik. Daerah yang diamati merupakan daerah patahan material uji yang berupa serpihan. Pada Gambar 4.6 dapat dilihat daerah – daerah yang merupakan agregat tuban, agregat puskim, filler ampas tebu, matriks, void, rongga dan pori. Pada daerah tersebut terdapat perbedaan warna yaitu warna oren menunjukkan agregat tuban yang berbentuk pipih, sedangkan daerah yang berwarna hitam keabu-abuan merupakan agregat puskim yang berukuran lebih kecil dari agregat tuban.





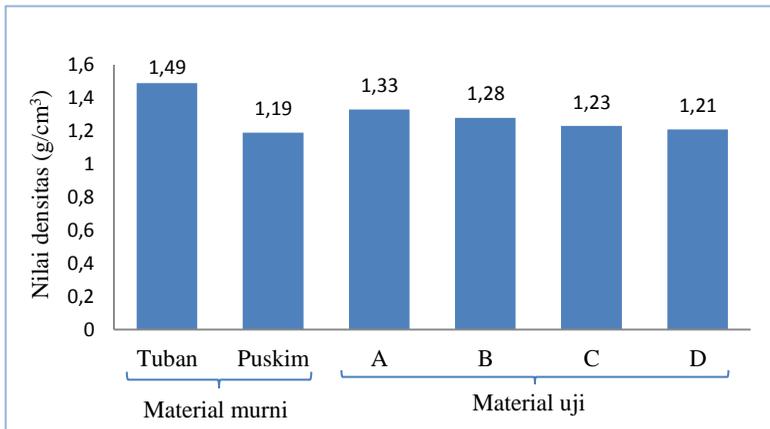
Gambar 4. 6 Hasil Pengujian Mikrografi Perbesaran 250x

Pada masing - masing gambar pengamatan pada tiap komposisi melalui mikroskop tersebut tampak bahwa agregat tuban, agregat puskim, dan filler ampas tebu rata-rata terdistribusi secara merata. Pada komposisi tertentu terdapat void yang terjadi karena ikatan yang tidak sempurna antara matriks dengan agregat, agregat dengan agregat, agregat dengan filler ampas tebu, maupun filler ampas tebu dengan matriks. Sehingga tampak jelas ketika dilihat dengan mikroskop optik menggunakan perbesaran 250x. Terdapat void hampir pada semua sampel, namun void terbanyak terjadi pada material uji B dengan komposisi 15%A 82%B 3%FAT dan pada sampel C dengan komposisi 15%A 81%B 4%FAT. Faktor lain yang mempengaruhi keberadaan pori ini adalah proses manufaktur komposit yang kurang sempurna saat proses pencetakan sehingga gelembung udara terperangkap dan membentuk pori di dalam komposit tersebut. Selain itu, hasil

mikrografi juga memperlihatkan bervariasinya distribusi partikel filler ampas tebu pada komposit yang terbentuk. Persebaran partikel filler ampas tebu yang tidak merata ini diakibatkan karena adanya perbedaan didalam sifat polaritas antara partikel filler ampas tebu dan matriks akibat pengaruh temperatur proses sehingga partikel filler ampas tebu cenderung menggumpal. Hal ini menyebabkan terbentuknya ruang (*spaces*) disepanjang partikel, dan partikel menjadi terbuka. Hal ini menunjukkan rendahnya ikatan, kompatibilitas dan kontak antara partikel filler ampas tebu dan matriks terutama antara matriks resin epoksi dengan filler ampas tebu. persebaran yang tidak merata tersebut akan mempengaruhi sifat fisik dan mekanik dari material uji lantai kereta api yang dihasilkan.

4.5 Analisa Hasil Pengujian *Density*

Nilai densitas dihitung berdasarkan rumus 2.4. Pengujian densitas dilakukan dengan cara menghitung massa dan volume dari masing-masing material uji untuk mengetahui massa jenis dari masing-masing material uji. Sehingga didapat nilai densitas yang ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 4.7.



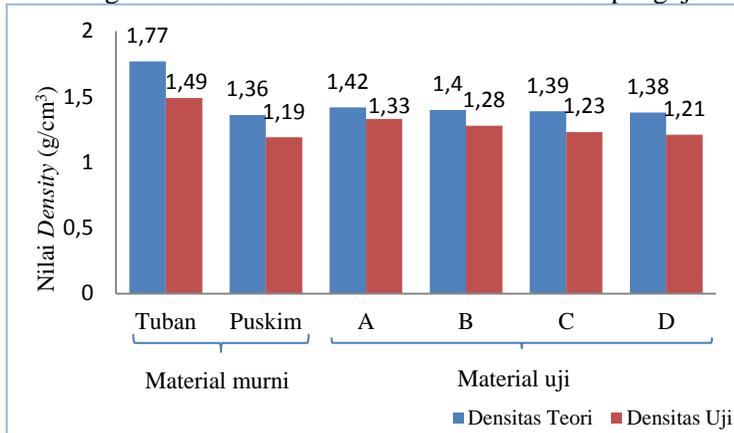
Gambar 4. 7 Grafik Hasil Pengujian *Density*

Dari grafik yang tercantum, dapat diketahui bahwa nilai densitas terendah pada material uji berdasarkan hasil pengujian sebesar $1,21 \text{ gr/cm}^3$ pada material uji D, dan nilai tertinggi sebesar $1,33 \text{ gr/cm}^3$ pada material uji A. Dari data tersebut terdapat penurunan nilai densitas secara linier pada material uji A hingga D. Adapun nilai penurunannya yaitu dari $1,33 \text{ gr/cm}^3$ pada material uji A; $1,28 \text{ gr/cm}^3$ pada material uji B; $1,23 \text{ gr/cm}^3$ pada material uji C; dan $1,21 \text{ gr/cm}^3$ pada material uji D. Sampel A merupakan material dengan komposisi agregat tuban murni, sedangkan sampel B merupakan material dengan komposisi agregat puskim murni. Secara teori, nilai densitas pada agregat tuban lebih besar dibandingkan dengan agregat puskim.

Pada material uji B, C, dan D mengalami penurunan nilai densitas kembali secara linier, hal ini terjadi karena pada material uji B, C, dan D diberikan fraksi filler ampas tebu masing-masing sebesar 3%, 4%, dan 5% sehingga berpengaruh pada penurunan nilai densitasnya. Dari grafik yang didapat dari nilai densitas hasil pengujian berbentuk linier. Pada grafik tersebut terjadi penurunan *trend* sehingga dapat disimpulkan semakin tinggi fraksi filler ampas tebu yang diberikan pada komposit, maka nilai densitasnya semakin rendah. Hal ini karena filler ampas tebu memiliki nilai densitas yang sangat rendah pula, sehingga ketika digunakan sebagai campuran filler dalam komposit beton, sangat berpengaruh terhadap penurunan nilai densitas. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Wenni Fitri pada tahun 2018 yang menyatakan bahwa penelitian yang dilakukannya mengenai pengaruh persentase serbuk ampas tebu terhadap sifat fisik dan mekanik papan semen partikel menunjukkan bahwa nilai densitas yang dihasilkan pada penelitian yang dilakukannya untuk papan semen partikel dengan variasi serbuk ampas tebu 0% hingga 10% mengalami penurunan nilai densitas. Hal ini disebabkan karena adanya faktor butir sampel, pori dan komposisi bahan itu sendiri sehingga mengakibatkan penurunan densitas papan semen partikel. Densitas terendah pada sampel tersebut terdapat pada persentase penambahan serbuk ampas tebu sebesar

10%. Penelitian serupa juga dilakukan oleh Fernando Toro dkk pada tahun 2010 mengenai komposit semen yang diperkuat dengan serat ampas tebu yang telah dipanaskan sebelumnya pada temperatur 200⁰ celcius. Komposit memiliki nilai densitas lebih kecil pada penambahan 3% serat ampas tebu, dibandingkan penambahan 1,5% ampas tebu. semakin banyak serat yang digunakan pada komposit, semakin rendah kepadatannya.

Gambar 4.8 merupakan grafik yang menjelaskan mengenai perbandingan antara densitas teori dan densitas hasil pengujian.



Gambar 4. 8 Grafik Hasil Pengujian *Bulk Density vs Theoritical Density*

Grafik yang disajikan memiliki nilai trend yang sama, namun pada densitas uji memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan densitas secara teori. Semakin tinggi fraksi volume filler ampas tebu yang digunakan akan mempengaruhi penurunan nilai densitasnya. Secara umum trend grafik pada Gambar 4.8 memiliki nilai penurunan yang linier, baik perhitungan yang dihasilkan secara teori maupun percobaan. Faktor porositas dan void yang ada pada sampel penelitian juga mempengaruhi nilai densitas yang dihasilkan. Sebagaimana diketahui bersama bahwa nilai densitas dari filler ampas tebu adalah 0,201 g/cm³, densitas

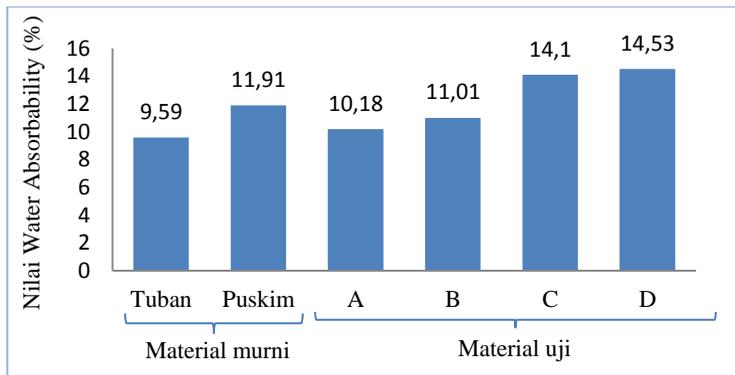
agregat tuban adalah $2,01 \text{ g/cm}^3$, dan agregat puskim sebesar $1,39 \text{ g/cm}^3$, menurunnya nilai densitas sampel sesuai dengan bertambahnya fraksi volume dari filler ampas tebu yang memiliki densitas lebih kecil dibandingkan dengan dua bahan lainnya. Dalam pengertian lainnya, nilai densitas merupakan ukuran indeks kristalinitas dimana polimer dengan nilai densitas yang lebih besar akan memiliki nilai indeks kristalinitas yang semakin tinggi sehingga akan mempengaruhi sifat dari produk yang dihasilkan. Hal yang sama juga didukung oleh pendapat Surdia dan Saito (1985) yang menyatakan bahwa apabila suatu polimer mempunyai bagian kristal yang lebih tinggi dibandingkan bagian amorfnya maka nilai densitasnya lebih tinggi. Densitas komposit tertinggi pada material uji dimiliki oleh material uji A dengan komposisi 85%A 15%B 0%FAT dengan nilai $1,33 \text{ g/cm}^3$, Sedangkan densitas komposit terendah dimiliki oleh material uji D dengan komposisi 15%A 80%B 5% FAT dengan nilai $1,19 \text{ g/cm}^3$.

Berdasarkan pengamatan morfologi material uji lantai kereta api pada karakterisasi mikrografi yang dilakukan menggunakan mikroskop optik, dapat dilihat bahwa material uji D memiliki *void* yang lebih banyak dibandingkan dengan material uji B maupun C. Ikatan yang terbentuk antara filler ampas tebu, agregat, dan resin epoksi pada sampel B, C maupun D terjadi penyebaran partikel yang kurang merata. Sehingga menimbulkan jumlah *void* yang semakin banyak. Jumlah *void* yang banyak akan mengakibatkan jumlah gas dalam *void* akan bertambah. Gas ini mempunyai kekuatan mekanik yang dapat menurunkan sifat mekanik dan fisik dari komposit yang dihasilkan. Nilai densitas sampel juga berkaitan dengan banyak sedikitnya *void* dan porositas didalamnya. Material yang lebih padat (densitasnya tinggi) umumnya memberikan kekuatan yang lebih tinggi dan lebih sedikit jumlah *void* dan porositas didalamnya. Hal ini yang menyebabkan nilai densitas uji memiliki nilai lebih rendah daripada densitas teori. Selain itu, faktor proses manufaktur yang kurang sempurna juga mempengaruhi perbedaan nilai densitas

teori dan densitas uji yang dihasilkan. Hal ini juga berkaitan dengan porositas yang dihasilkan, dari penjelasan tersebut dapat dijelaskan bahwa porositas semakin besar dengan bertambahnya fraksi volume filler ampas tebu. Berdasarkan hasil pengujian densitas, material uji yang memenuhi acuan untuk material lantai kereta api oleh PT INKA yaitu pada material uji B, C, dan D. Acuan yang digunakan memiliki nilai densitas sebesar $1,3 \text{ g/cm}^3$.

4.6 Analisa Hasil Pengujian *Water Absorbability*

Pengujian fisik ini ditujukan untuk mengetahui kemampuan serap air dari komposit yang terbentuk. Nilai *water absorbability* dihitung berdasarkan rumus 2.4. dan disajikan dalam grafik pada Gambar 4.9.



Gambar 4. 9 Grafik Pengujian *Water Absorbability*

Berdasarkan data dari gambar tersebut, nilai *water absorbability* pada material uji A hingga D naik secara fluktuatif dengan bertambahnya fraksi filler ampas tebu. Nilai *water absorbability* terendah dimiliki oleh material uji A dengan komposisi 15%A 85%B 0%FAT dengan nilai 10,18%. Sedangkan nilai *water absorbability* terbesar yaitu pada material uji D dengan komposisi 15%A 80%B 5%FAT dengan nilai sebesar

14,53%. Diantara 3 bahan utama yang dipakai yaitu agregat tuban, agregat puskim, filler ampas tebu (FAT) yang digunakan sebagai filler. Sifat penyerapan air ini dipengaruhi oleh filler ampas tebu yang bersifat hidrofilik. Sehingga ketika proses manufaktur komposit kurang baik dan menyisakan sebagian filler ampas tebu yang tidak tertutupi oleh matriks, akan sangat berpengaruh terhadap sifat serap airnya. Sedangkan resin epoksi sebagai matriks adalah hidrofobik dan tidak berpengaruh signifikan terhadap *water absorbability*. Penambahan bahan adhesif bonding untuk impregnasi serat merupakan satu faktor penting yang mempengaruhi kekuatan *fiber reinforced composite*, dimana matriks resin berkontak rapat dengan serat. Bahan bonding yang digunakan harus memiliki sifat hidrofobik dan hidrofilik. Sifat dari matriks resin komposit ialah hidrofobik, dimana nantinya akan berikatan dengan bahan bonding yang juga memiliki sifat hidrofobik. Sedangkan sifat hidrofilik dari bahan bonding akan berikatan dengan serat yang memiliki sifat hidrofilik sehingga akan membentuk ikatan yang kuat (Mozartha, 2010).

Hal ini dikuatkan melalui hasil pengujian mikrografi pada Gambar 4.6 yang menunjukkan bahwa semakin tinggi filler ampas tebu yang terkandung, maka void yang terbentuk akan semakin banyak. Hal ini karena ikatan yang terbentuk antara agregat, resin, dan filler ampas tebu tidak terjadi secara optimal. Hal ini dapat dilihat pada material uji B hingga D pada Gambar 4.9. Adsorben polar biasa disebut juga adsorben hidrofilik. Jenis adsorben yang termasuk ke dalam kelompok ini adalah silika gel, alumina aktif, dan zeolit. Sementara adsorben non polar biasa disebut juga adsorben hidrofobik. Jenis adsorben yang termasuk ke dalam kelompok ini adalah polimer dan karbon aktif (Saragih, 2007). Sifat hidrofilik dari serat ampas tebu tersebut memberikan efek negatif dan menghambat dispersi partikel serat dan penguatan yang buruk diantara serbuk dan polimer yang digunakan. Serbuk kayu bersifat polar sedangkan polimer bersifat non polar. Sifat yang bertentangan ini menyebabkan interaksi *interface* antara filler ampas tebu dan polimer kurang baik

sehingga sifat mekanik dan fisik dari komposit akan terpengaruh termasuk didalamnya adalah sifat serapan airnya (Karmakar, 2007).

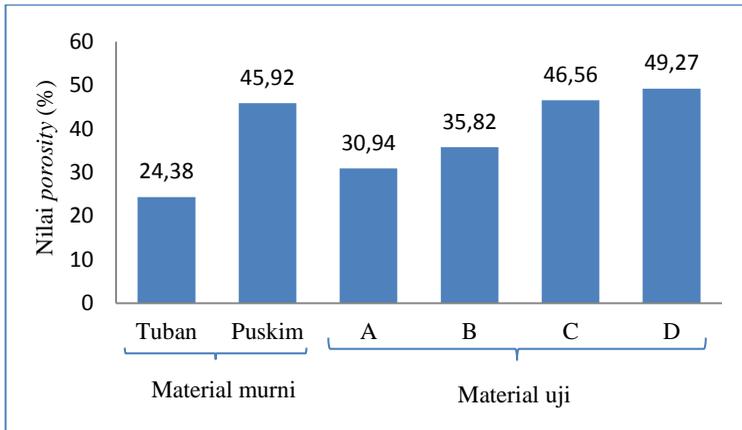
Faktor lain yang turut mempengaruhi nilai *water absorbability* dari sampel adalah porositas yang di hasilkan. Material dengan densitas yang besar akan memiliki tingkat porositas yang lebih kecil dibandingkan material dengan densitas yang kecil. Besarnya porositas dalam material yang terbentuk akan menyebabkan % absorbability terhadap air juga meningkat. Selain itu, proses manufaktur komposit juga turut mempengaruhi nilai *water absorbability* dari material uji. Ketidak sempurnaan dalam proses manufaktur misalnya ketika melakukan mixing bahan kurang tercampur secara merata antara filler dan matriks, sehingga mengakibatkan *surface* dari material uji kurang baik. Akibatnya ketika material uji tersebut dilakukan perendaman dalam air, filler ampas tebu tersebut akan berperan sebagai agen penyerap air. Ketidak sempurna ini dapat dilihat pada hasil mikrofografi pada Gambar 4.6.

Berdasarkan hasil pengujian *water absorbability*, nilai serapan air dari komposisi pada material uji A memiliki nilai 10,18%, nilai ini lebih rendah dibandingkan nilai serapan air dari spesifikasi yang ditetapkan oleh PT INKA yaitu sebesar 11-16%. Untuk material uji B, C dan D telah memenuhi spesifikasi dari PT INKA yang memiliki nilai berturut-turut sebesar 11,01%, 14,10%, dan 14,53%.

4.7 Analisa Hasil Pengujian Porosity

Pengujian fisik ini ditujukan untuk mengetahui kemampuan serap air dari komposit yang terbentuk. Nilai porositas dihitung berdasarkan rumus 2.4. dan disajikan dalam grafik pada Gambar 4.10 di bawah ini. Berdasarkan data dari gambar di bawah ini, nilai porositas terbesar dimiliki oleh material uji dengan komposisi 15%A 80%B 5%FAT dengan nilai 49,27%. Nilai porositas dari material uji A ke D naik secara fluktuatif dengan bertambahnya fraksi filler ampas tebu. Nilai *porosity* terendah

dimiliki oleh material uji A dengan komposisi 15%A 85%B 0%FAT dengan nilai 30,94%.



Gambar 4. 10 Grafik Pengujian *Porosity*

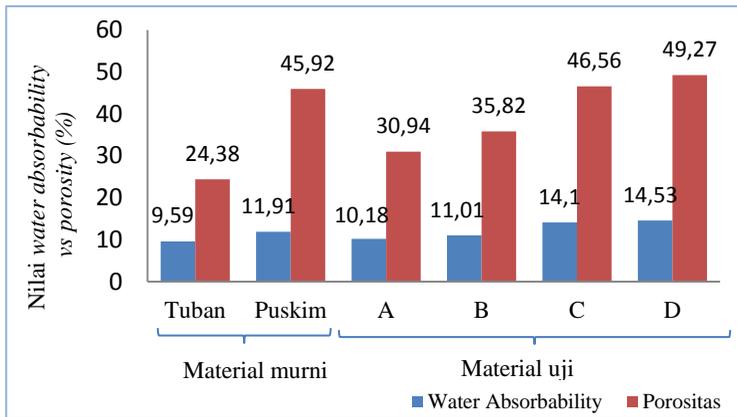
Diantara tiga bahan utama yang digunakan sebagai filler yaitu agregat tuban, agregat puskim, dan filler ampas tebu (FAT). Sifat *porosity* ini dipengaruhi oleh filler ampas tebu yang bersifat hidrofilik, maupun ikatan yang terjadi antara agregat tuban dengan agregat puskim serta filler ampas tebu tersebut. Sehingga ketika proses manufaktur komposit kurang baik dan menyisakan sebagian filler ampas tebu yang tidak tertutupi oleh matriks, akan sangat berpengaruh terhadap sifat *porosity* material uji tersebut. Berdasarkan hasil pengujian *porosity*, nilai porositas dari spesifikasi yang ditetapkan oleh PT INKA yaitu sebesar 28-36%. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa untuk material uji A dan B telah memenuhi spesifikasi dari PT INKA yang memiliki nilai berturut-turut sebesar 30,94% dan 35,82%.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Darmono pada tahun 2011 mengenai pengaruh penambahan serat ampas tebu terhadap kualitas eternit menjelaskan bahwa penggunaan serat ampas tebu sangat mempengaruhi resapan air eternit. Serapan air pada penelitian hal ini disebabkan karena serat tabu masih

mengandung gabus yaitu senyawa yang dapat menyerap air. Serat ampas tebu merupakan serat yang kuat, dengan jaringan parenkim yang lembut, yang memiliki tingkat *higroskopis* yang tinggi, dan mampu meningkatkan kuat tarik dengan menahan gaya tarik tanpa retakan-retakan. Serat ampas tebu juga merupakan serat yang memiliki kadar penyerapan air yang cukup tinggi yang dapat digunakan dalam campuran beton. Penggunaan serat ampas tebu dapat mengurangi lendutan, meningkatkan kuat impact serta mengurangi penyusutan / *shrinkage* (Danoeprawiro, 1999). Penelitian serupa juga dilakukan oleh Fernando Toro dkk pada tahun 2010 mengenai komposit semen yang diperkuat dengan serat ampas tebu yang telah dipanaskan sebelumnya pada temperatur 200^o celcius. Hasilnya menunjukkan bahwa nilai porositas yang dihasilkan lebih kecil pada penambahan 1,5% serat ampas tebu, dibandingkan penambahan 3% ampas tebu. Hal ini dapat diprediksi karena kerapatan matriks lebih rendah dari serat. Ada serat yang tidak terhubung secara baik, sehingga menimbulkan pori-pori pada komposit. Porositas matriks (spesimen terkontrol) berkurang dengan penambahan serat. Nilai porositas meningkat seiring dengan penambahan serbuk ampas tebu hal ini diakibatkan karena penambahan ampas tebu menyebabkan banyaknya rongga udara atau *void* pada material uji. Semakin kecil nilai densitas maka daya serap air semakin tinggi. Dengan demikian dapat dikatakan nilai porositas berbanding terbalik dengan nilai densitas. Dari gambar grafik dapat dilihat bahwa daya serap air untuk beton dengan filler ampas tebu meningkat secara *trendline*. Hal ini dikarenakan volume filler ampas tebu yang ditambahkan sudah terlalu banyak, sehingga agregat tuban, agregat puskim, dan matriks pada beton tidak lagi mengikat satu sama lain. Hal ini dapat ditinjau secara mikrofafi pada Gambar 4.6, berdasarkan gambar tersebut menjelaskan bahwa semakin tinggi fraksi filler ampas tebu yang digunakan, pori dan void yang terbentuk semakin banyak, hal ini juga terlihat pada material uji D dan E terdapat banyak serat yang terlihat sehingga penyerapan air yang terbentuk semakin besar,

sedangkan pada permukaan material uji F terlihat lebih padat namun banyak pori yang terbentuk.

Berdasarkan spesifikasi yang digunakan oleh PT INKA, nilai porositas yang digunakan untuk material lantai kereta api yaitu sebesar 28-36%, sehingga dapat disimpulkan bahwa pada material uji A dan B termasuk ke dalam spesifikasi lantai kereta api PT INKA.



Gambar 4. 1 Grafik Hubungan Antara *Water Absorbability* vs *Porosity*

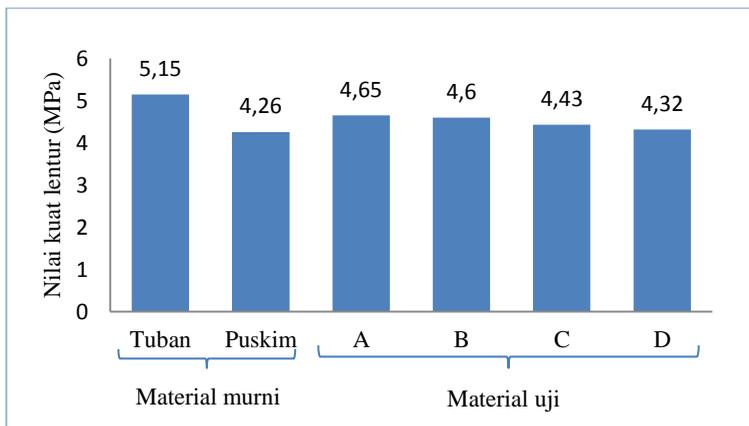
Grafik pada Gambar 4.11 menunjukkan hubungan antara Porositas dan *water absorbability*. Berdasarkan grafik tersebut antara *water absorbability* dan *porosity* memiliki *trend* grafik yang sama. Nilai maksimum terjadi pada material uji D, sedangkan nilai terendah pada material uji A. Keduanya mengalami kenaikan nilai pada material uji A hingga D. Pada material uji D dengan komposisi 15% A 80%B 5%FAT memiliki nilai porositas maupun *water absorbability* yang tinggi, hal ini disebabkan karena adanya rongga yang cukup banyak pada material tersebut.

Berdasarkan hasil tersebut, maka pengamatan mikrofografi yang ditunjukkan pada Gambar 4.6 berfungsi untuk mengetahui

kondisi permukaan dari material uji, filler ampas tebu berguna untuk mengisi celah-celah kosong antara agregat dengan agregat yang lain, dengan tidak adanya filler ampas tebu tersebut sebagai pengisi, maka rongga yang terbentuk akan semakin besar. Rongga ini terbentuk akibat dari proses manufaktur yang kurang sempurna, sehingga resin epoksi yang mengisi celah kosong antar agregat kurang maksimal. Sehingga masih banyak rongga yang terbentuk.

4.8 Analisa Hasil Pengujian Kuat Lentur

Pengujian kuat lentur yang dilakukan bertujuan untuk menunjukkan kekakuan dari suatu material ketika dibengkokkan. Uji bending dilakukan di Laboratorium Beton Teknik Infrastruktur Sipil kampus ITS Surabaya. Dari pengujian kekuatan lentur yang telah dilakukan, diperoleh data yang ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 4.12. Adapun nilai tersebut didapatkan dari proses penghitungan besar pembebanan yang didapatkan dari mesin uji lalu dihitung menggunakan perhitungan pada persamaan 2.1. Berdasarkan grafik pada Gambar 4.12, ketika fraksi dari filler ampas tebu bertambah maka *flexural stress* dari material uji yang dihasilkan akan berkurang.



Gambar 4. 12 Grafik Pengujian Kuat Lentur

Nilai *flexural stress* material uji terendah dimiliki oleh material uji D dengan komposisi 15%A 80%B 5%FAT dengan nilai sebesar 4,32 MPa, sedangkan *flexural stress* tertinggi dimiliki oleh material uji dengan komposisi 15%A 80%B 0%FAT pada material uji A dengan nilai sebesar 4,65 MPa. Pada beberapa komposisi diperoleh nilai *flexural stress* yang menurun secara linier. Penurunan nilai *flexural stress* ini diakibatkan adanya *void* / rongga pada material uji uji tersebut. Penurunan tersebut diantaranya dari material uji A hingga D. Nilai dari material uji uji tersebut berturut-turut 4,65 Mpa, 4,60 MPa, 4,43 MPa, 4,32 MPa. Selain itu, hal ini juga disebabkan karena material uji uji tersebut merupakan jenis dari beton berpori. Beton berpori mampu menghasilkan ruang kosong sebagai rongga udara sebesar 15% hingga 25% dari total keseluruhan volumenya serta memiliki nilai slump yang sangat kecil atau bahkan mendekati nol. Komposisi yang digunakan untuk beton berpori tidak jauh berbeda seperti beton normal, perbedaan yang ada adalah dalam pembuatan beton berpori tidak atau sedikit sekali digunakan agregat halus pada campuran betonnya, dikarenakan beton berpori yang terbentuk memiliki rongga-rongga untuk permeabilitas air, sehingga faktor air semen memiliki peranan yang sangat penting, dengan tujuan agar rongga-rongga yang ada pada beton nantinya tidak tertutup oleh pasta semen pada saat mengeras. Selain itu juga bertujuan untuk mengikat agregat agar tidak mudah terlepas. Tidak digunakannya agregat halus dalam campuran beton berpori menyebabkan terciptanya volume pori-pori yang tinggi yang berakibat berkurangnya kepadatan dari beton serta berkurangnya jumlah luasan yang perlu di selimuti oleh pasta semen, Sehingga kuat tekan beton berpori menjadi lebih rendah dari beton konvensional (Hanta dan Makmur, 2015).

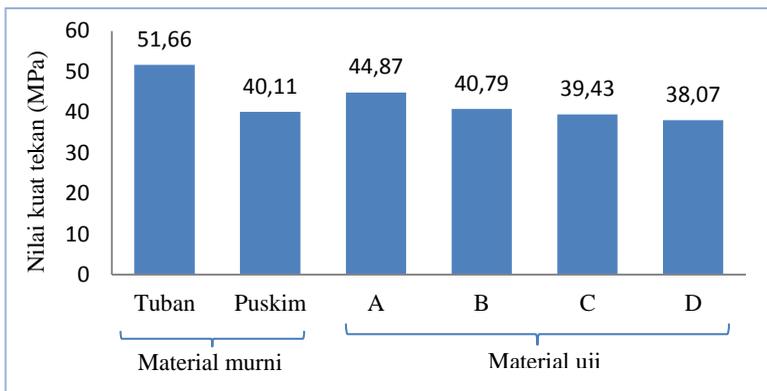
Sebagaimana dapat diamati pada hasil karakterisasi mikrofografi pada *void* atau rongga yang terdapat pada material uji akan menyebabkan *initial crack*, sebab terjadi konsentrasi tegangan saat komposit diberi pembebanan/gaya. Hal tersebut tentu mengakibatkan nilai kekuatan mekanik dari komposit akan

menurun. Matriks pada material komposit berfungsi untuk mendistribusikan beban pada serat-serat penguat. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Gaylord (1974) bahwa adanya cacat seperti *void* dan retak pada matriks akan mempengaruhi fungsi matriks sebagai pendistribusi beban, misalnya terjadi pada konsentrasi tegangan disekitar cacat yang dapat menurunkan sifat mekanik dari material komposit.

Berdasarkan pengujian yang dilakukan oleh Wenni Fitri pada tahun 2018 mengenai pengaruh persentase serbuk ampas tebu terhadap sifat fisik dan mekanik papan semen partikel. Nilai kuat lentur yang dihasilkan pada penelitian ini menggunakan serbuk ampas tebu sebesar 5% hingga 10%. Semakin besar penambahan serbuk ampas tebu maka nilai kuat lentur yang dihasilkan akan semakin kecil. Nilai kuat lentur yang dihasilkan sebanding dengan nilai densitas. Semakin tinggi kuat patah papan semen maka semakin tinggi juga densitas papan semennya. Penambahan ampas tebu yang menyebabkan semakin rendahnya nilai kuat lentur papan semen hal ini diakibatkan karena kandungan dari ampas tebu yang mengandung gabus yang tidak memiliki kekuatan serta kekutan serbuk ampas tebu dalam menahan beban yang kurang baik. Sehingga semakin banyak persentase serbuk ampas tebu yang digunakan menyebabkan menurunnya nilai kuat lentur papan semen partikel. Penelitian serupa juga dilakukan oleh JML Reis pada tahun 2005 mengenai Fraktur dan karakterisasi sifat lentur yang dialami oleh beton polimer yang diperkuat serat alam. penelitian ini menjelaskan bahwa kekuatan lentur beton menurun bila diperkuat dengan ampas tebu dan serat pisang, serat yang ditambahkan membuat komposit polimer memiliki nilai kuat lentur yang lemah. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, nilai kuat lentur untuk material A hingga D mayoritas mengalami penurunan secara linier siring dengan bertambahnya filler ampas tebu, nilai kuat lentur untuk masing-masing material yaitu sebesar 4,65 MPa, 4,60 MPa, 4,43 MPa, dan 4,32 MPa.

4.9 Analisa Hasil Uji Kuat Tekan

Pengujian kompresi (kuat tekan) bertujuan untuk memperoleh nilai kuat tekan dari material uji uji rantai kereta api yang dihasilkan. Kuat tekan ini menyebabkan benda uji hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu. Dari hasil pengujian kuat tekan yang dilakukan didapatkan beberapa nilai yang diperoleh grafik yang dihasilkan pada Gambar 4.13.



Gambar 4. 2 Grafik Pengujian Kuat Tekan

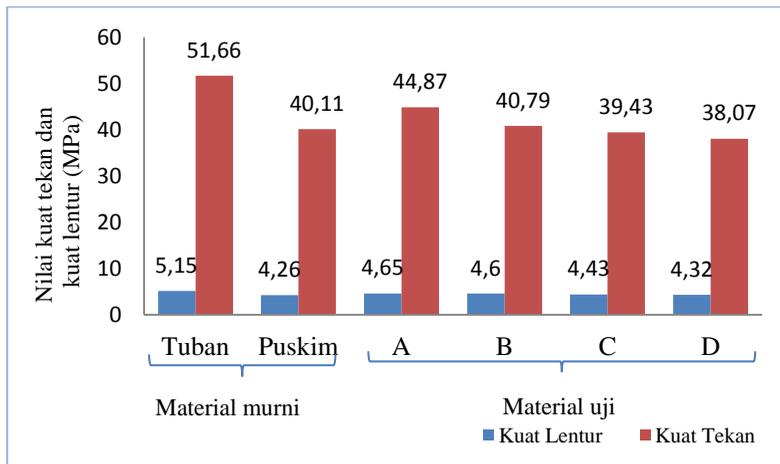
Berdasarkan pada gambar diatas, nilai kuat tekan *material rantai kereta api* secara *trendline* mengalami penurunan. Nilai kuat tekan berkurang secara *trendline* siring dengan bertambahnya filler ampas tebu yang ditambahkan. Nilai kuat tekan maksimum didapat pada komposisi 15%A 85%B 0%FAT dengan nilai 44,87 Mpa. Sedangkan nilai kuat tekan paling rendah didapatkan pada komposisi 15%A 80%B 5%FAT dengan nilai sebesar 38,07 MPa.

Besarnya kuat tekan dari material rantai kereta api yang terbentuk berhubungan dengan densitas dan porositas pada material tersebut. Seperti halnya pada pengujian *flexural stress*, keberadaan rongga/*void* pada komposit akan mempengaruhi sifat mekanik komposit ketika dikenai beban/gaya. Adanya rongga yang terjadi akan berpengaruh terhadap menurunnya kekuatan

kompresi pada komposit (Mozartha, 2010). Keberadaan *void* dan persebaran serbuk kayu jati ini dapat di amati pada hasil karakterisasi mikrografi pada Gambar 4.6. material uji dengan komposisi 5% ampas tebu lebih banyak pori yang terbentuk dibandingkan material uji yang lain. Pada material uji dengan 5% filler ampas tebu memiliki permukaan yang lebih padat, namun terdapat pori yang berukuran kecil yang cukup banyak. Dilihat dari densitas material uji tersebut, memiliki nilai densitas paling kecil dibandingkan dengan material uji pada penambahan 3% FAT dan 4% FAT, sehingga ketika diberikan beban penekanan akan mudah rapuh. Bagian dari komposit yang berongga tersebut menjadi tempat konsentrasi tegangan dan menjadi titik inisiasi/awal retak, sehingga kekuatan tekannya menjadi turun. Material yang lebih padat (densitasnya tinggi) umumnya memberikan kekuatan yang lebih tinggi dan lebih sedikit jumlah *void* didalamnya, begitu juga sebaliknya. Penyampaian ini dibuktikan dengan hasil pengujian kuat tekan yang cenderung menurun seiring dengan meningkatnya fraksi volume dari filler ampas tebu yang diberikan. Densitas material lantai kereta api yang semakin kecil dan porositas yang semakin tinggi merupakan akibat dari kenaikan fraksi volume filler ampas tebu yang dapat memberikan perambatan tegangan yang kurang baik saat material tersebut dikenai pembebanan.

Berdasarkan pengujian yang dilakukan oleh Wenni Fitri pada tahun 2018 mengenai pengaruh persentase serbuk ampas tebu terhadap sifat fisik dan mekanik papan semen partikel. Nilai kuat tekan papan semen yang dihasilkan dengan penambahan serbuk ampas tebu 5% sampai dengan 10% mengalami penurunan seiring bertambahnya penambahan serbuk ampas tebu yang digunakan. Peningkatan kuat tekan papan semen partikel pada penambahan serbuk ampas tebu 5% diduga karena adanya ikatan yang baik antara matriks (semen dan pasir) dan filler (ampas tebu) pada papan semen partikel sehingga menyebabkan nilai kuat tekan pada papan semen partikel bertambah. Penambahan serbuk ampas tebu yang sedang yaitu sebesar 5% akan mudah bercampur

dengan semen dan pasir sehingga mengakibatkan kuatnya ikatan semen dengan *filler*. Sebaliknya terlalu besar dan sedikit penambahan serbuk ampas tebu akan menyebabkan kekuatan papan semen rendah karna ikatan semen dengan *filler* tidak begitu kuat. Nilai kuat tekan untuk material uji A hingga D mayoritas mengalami penurunan, nilai kuat tekan untuk masing-masing material yaitu sebesar 44,87 MPa, 40,79 MPa, 39,43 MPa, dan 38,07 MPa. Kuat tekan yang dihasilkan untuk semua material rantai kereta api dari material uji A sampai D telah memenuhi spesifikasi nilai kuat tekan PT INKA yaitu minimal sebesar 11,2 MPA. Gambar 4.14 merupakan grafik yang menunjukkan hubungan antara kuat tekan dan kuat lentur pada material uji rantai kereta api.



Gambar 4. 3 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan dan Kuat Lentur dari Tiap Variasi

Berdasarkan grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.14 menunjukkan bahwa antara kuat tekan dan kuat lentur memiliki hubungan yang linier. Pada umumnya, semakin banyak filler ampas tebu yang digunakan, maka kuat lentur maupun kuat tekan

memiliki nilai *trend* grafik yang turun secara linier. Hal ini dapat dilihat pada material uji A hingga D. Pada material uji A hingga D memiliki komposisi berturut-turut sebesar 15%A 85%B 0%FAT, 15%A 82%B 3%FAT, 15%A 81%B 4%FAT, 15%A 80%B 5%FAT .

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa data dan pembahasan pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Penambahan filler ampas tebu akan menurunkan nilai densitas, kuat tekan, dan kuat lentur. Sedangkan untuk nilai porositas dan *water absorbability* semakin bertambah seiring bertambahnya filler ampas tebu yang ditambahkan ke dalam komposit beton.
2. Penambahan filler ampas tebu akan mengakibatkan:
 - a. Menurunnya nilai densitas dari komposit *cork concrete*. Densitas terendah dari variasi komposisi material uji adalah sebesar $1,21 \text{ gr/cm}^3$ pada komposisi 15%tuban 80%puskim 5% filler ampas tebu, dan tertinggi sebesar $1,33 \text{ gr/cm}^3$ pada komposisi 15%tuban 85%puskim 0%filler ampas tebu.
 - b. Meningkatnya nilai *water absorbability* dari komposit *cork concrete*. *Water absorbability* terendah dari variasi komposisi material uji adalah sebesar 10,18% pada komposisi 15%tuban 85%puskim 0% filler ampas tebu dan tertinggi sebesar 14,53% pada komposisi 15%tuban 80%puskim 5% filler ampas tebu.
 - c. Meningkatnya nilai *porosity* dari komposit *cork concrete*. *Porosity* terendah dari variasi komposisi material uji adalah sebesar 30,94% pada komposisi 15%tuban 85%puskim 0% filler ampas tebu dan tertinggi sebesar 49,27% pada komposisi 15%tuban 80%puskim 5% filler ampas tebu.
 - d. Menurunnya nilai kuat lentur dari komposit *cork concrete*. Nilai kuat lentur terendah dari variasi komposisi material uji adalah sebesar 4,32 MPa pada komposisi 15%tuban 80%puskim 5% filler ampas tebu

- dan tertinggi sebesar 4,65 MPa pada komposisi 15%tuban 85%puskim 0% filler ampas tebu.
- e. Menurunnya nilai kuat tekan dari komposit *cork concrete*. Nilai kuat tekan terendah dari variasi komposisi material uji adalah sebesar 38,07 MPa pada komposisi 15%tuban 80%puskim 5% filler ampas tebu dan tertinggi sebesar 44,87 MPa pada komposisi 15%tuban 85%puskim 0% filler ampas tebu.
3. Semua variasi komposisi material uji komposit *cork concrete* komponen pelapis lantai kereta api yang memiliki sifat fisik dan mekanik sesuai dengan standar spesifikasi PT. INKA adalah komposit dengan komposisi 15%tuban 82%puskim 3% filler ampas tebu (sampel uji B).

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan saran untuk penelitian selanjutnya adalah :

1. Dilakukan alkalisasi filler ampas tebu sebelum melakukan penelitian, agar filler ampas tebu yang dicampurkan dapat terikat lebih baik dengan matriks pada komposit *cork concrete*.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi Nugroho,(2011). **Analisa Sifat Mekanik Komposit Serat Tebu Dengan Matrik Resin Epoxy**. Tegal: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal.
- Alexander, M. (2005). **Aggregates in Concrete**. New York: Taylor and Francis.
- A. Kamarkar, J. M. Modak, M. Chanda, S.S. Chauhan, **Mechanical Properties of Wood–fiber Reinforced Polypropylene Composites: Effect of a Novel Compatibilizer with Isocyanate Functional Group**, Journal Composite.
- A. Rahman., M.Farid., H.Ardhyananta. 2016. **Pengaruh Komposisi Material Komposit dengan Matriks Polypropylene Berpenguat Serat Alam Terhadap Morfologi dan Kekuatan Sifat Fisik**. Skripsi Teknik Material Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Antônio Jorge Parga Silva. **Properties Of Sugar Cane Baggase To Use In OSB**. Journal Material Engineering. 2012. PP 50-56
- Birkholz, M. (2006). **Thin Film Analysis by X-RayScattering**. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH.
- Fitri, W. (2018). **Pengaruh Persentase Serbuk Ampas Tebu terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Papan Semen Partikel**. Jurnal Fisika.
- Callister, William D. Dan David G. Rethwisch. 2014. **Material Science And Engineering An Introduction 9th Edition**. New York: Mc Graw Hill Book.
- Darmono, Sukarman. **Pengaruh Penambahan Serat Ampas Tebu Giling Manual dan Giling Pabrik Terhadap Kualitas Eternit**.Jurnal Inersia. Jurusan Pendidikan Teknik Sipil Dan Perencanaan Ft Uny. Vol. Vii No. 1. 2011.

-
- Danoeprawiro. 1999. **Peran Beton Fiber Dalam Pembangunan Prasarana dan Sarana Kimbangwil**. Seminar Nasional Beton Fiber: Konsep, Aplikasi, dan Permasalahannya. Malang : Universitas Brawijaya.
- Gaylord, M.W. 1974. **Reinforced Plastics: Theory and Practice**. Boston: Cahners Books
- German. R.M.. 1984. **Powder Metallurgi Science and Metal Powerfederation**. New Jersey : Pricenton.
- Gerry. 2013. **Pengaruh Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Sebagai Substitusi Parsial Semen Dalam Campuran Beton Ditinjau Terhadap Kuat Tarik Lentur Dan Modulus Elastisitas**. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi.
- Gibson, Ronald F. 1994. **Principles Of Composite Material Mechanics**. New York: Mcgraw-Hill. Inc.
- Goshadou A, et al. 2011. **Improvement of sweet sorghum bagasse hydrolysis by alkali and acidic pretreatment**. Wood renewable energy congress. 374-380, 8-13 may 2011, Linkoping sweden.
- Goshadrou, A., K.Karimi, and M.J. Taherzadeh. 2011. **Improvement of sweet sorghum bagasse hydrolysis by alkali and acidic pretreatment**. InProceedings of Wood Renewable Energy Congress – Sweden 8-13 May 2011. 374-380.
- Gram HE, Skarendahl A (1978). “A Sisal Reinforced Concrete: **Study No. 1 Material**,” Report No. 7822, Swedish Cement and Concrete Research Institute Stockholm pp. 1-15.
- Hanta. Lius, Makmur.Amelia. 2015. **Studi Eksperimental Pengaruh Bentuk Agregat Terhadap Nilai Porositas Dalam Campuran Beton Berpori Pada Aplikasi Jalur**
-

-
- Pejalan Kaki.** The 18th FSTPT International Symposium, Unila, Bandar Lampung.
- Reis, J. M. L. 2005. **Fracture and Flexural Characterization of Natural Fiber-Reinforced Polymer Concrete.** Universidade Federal Fluminense, Brasil. journal construction and material building.
- K.Kaw, A. (2006). **Mechanics of Composite Materials Second Edition.** New York: Taylor and Francis.
- Karnani R, Krishnan M, Narayan R (1997). **Biofiber-Reinforced Polypropylene Composites.** Polym.Eng. Sci. 37(2):476-483.
- Katili. J. A. DR.2007. **Geologi.** Jakarta : Dep. Urusan Research Nasional.
- Maloney, T.M.. 1993. **Modern Particle Board And Dry Process Fiberboard Manufacturing.** USA : Miller Freeman Publication, Inc
- Nadia. (2011). **Pengaruh Kadar Silika Pada Agregat Halus Campuran Beton.** Jurnal Konstruksia.
- Mozharta, M., Herda, E., dan Soufyan, A. 2010. **Pemilihan Resin Komposit dan Fiber untuk Meningkatkan Kekuatan Fleksural Fiber Reinforced Composite (FRC),** J. PDGI.
- Naseska, M. (2006). **In Fourier Transform Infrared Spectroscopy.** Ljubljana: University of Ljubljana.
- Nikolic, G. (2011). **Fourier Transform-New Analytical Approaches and FTIR.** China: Intech.
- P.N Balaguru. 1992. **Fiber Rainforced Cement Composites.** New York: Mcgraw Hill.
- Project Inspections PT. Industri Kereta Api (Persero). **Spesifikasi Teknis Pelapis Lantai Kereta.**Madiun.
- Rowell, RM. 1998. **The State Of Art And Future Development of Bio-Based Composite Science And Technology Toward The 21stcentury.** Procceding Of The Fourth
-

-
- Pacific Rim-Bio-Based Composites Symposium 2-5 November 1998. Bogor: Jurusan Teknologi Hasil Hutan IPB.
- Saelee, K., Yingkamhaeng, N., Nimchua, T., dan Sukyai, P. (2014). "Extraction and Characterization of Cellulose from Sugarcane Bagasse by Using Environmental Friendly Method". **The 26th Annual Meeting of the Thai Society for Biotechnology and International Conference**, Thailand, 26-29 November 2014. Didedit oleh Borneo Satria Pratama : Universitas Brawijaya Malang.
- Samsuri, M, dkk. 2007. **Pemanfaatan Selulosa Bagas untuk Produksi Ethanol Melalui Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak dengan Enzim Xylanase**. Depok. Universitas Indonesia.
- Saragih, Deli Natalia. 2007. **Pembuatan dan Karakterisasi Genteng Beton yang Dibuat dari Pulp Serat Daun Nenas-Semen Portland Pozolan**. Medan: Program Studi Fisika. fakulats MIPA. Universitas Sumatera Utara.
- Schwartz, M.M.. 1984. **Composite Materials Handbook**. New York : Mc Graw-Hill Book Co.
- Srinivasan, R. 2010. **Experimental Study On Bagasse Ash In Concrete**. India: International Journal For Service Learning In Engineering.
- Silva, A. J. (2012). **Properties of Sugar Cane Bagasse to Use in OSB**. Journal of Material Engineering.
- Silva J, Rodrigues D (2007). **Compressive Strength Of Low Resistance Concrete Manufactured With Sisal Fiber**. 51° Brazilian Congress of Ceramics, Salvador, Brazil.
- Surdia, T. 1995. **Pengetahuan Bahan Teknik**. Jakarta: Pradnya Paramita.
-

-
- Toro, Fernando dkk. 2010. **Sugar Cane Bagasse Fibres Reinforced Cement Composites: Thermal considerations.** colombia : Université des Antilles et de la Guyane.
- Vlack, L. H.. 1995. **Ilmu dan Teknologi Bahan.** Jakarta : Erlangga.
- Wahyuni, Tri, dkk. 2018. **Pengaruh Agregat Terhadap Sifat Mekanik Lantai Kereta Api Menggunakan Material Agregat Puskim, Tuban, Dan Campuran Puskim-Tuban dengan Sistem Unitex.** Laporan Kerja Praktik. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Wenni Fitri, Mora (2018). **Pengaruh Persentase Serbuk Ampas Tebu terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Papan Semen Partikel.** Jurnal Fisika. Jurusan Fisika Universitas Andalas Padang. Pp 2302-8491.
- Wulandari, Novi Rahayu. 2019. **Pengaruh Bentuk dan Komposisi Agregat Terhadap Sifat Mekanik Cork Concrete Pelapis Lantai Kereta Api.** Skripsi Teknik Material Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Wulandari, W. T. (2018). **Selulosa Dari Ampas Tebu Sebagai Adsorben Pada Minyak Bekas Penggorengan.** Jurnal Riset Kimia.
-

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN A PERHITUNGAN

Rule of Mixture (Teori Pencampuran)

Spesimen Uji Tekan

Dimensi :

panjang = 50 mm

Lebar = 50 mm

Tinggi = 50 mm

Volume top coat = 12,5 mm x 50 mm x 50 mm

Volume bond coat = 37,5 mm x 50 mm x 50 mm

Material	Rasio
Resin	1
Hardener	4
Filler (Filler Ampas tebu, agregat A, agregat B)	25

Perhitungan volume

Semen = 6,79 mm³

Agregat Halus = 13,59mm³

Lateks = 4,08 mm³

Hardener = 3,13 mm³

Air = 0,22 mm³

Sampel	Agregat tuban (%)	Agregat puskim (%)	Filler Ampas Tebu (%)	Vol agregat tuban (mm ³)	Vol Agregat puskim (mm ³)	Vol filler ampas tebu (mm ³)
Tuban	100	-	-	78,13	0	0
Puskim	-	100	-	0	78,12	0
A	15	85	-	11,72	66,41	0
B	15	82	3	11,72	64,06	2,35
C	15	81	4	11,72	63,28	3,13
D	15	80	5	11,72	62,50	3,91

Perhitungan Massa

Semen = 10,19 gram

Agregat Halus = 18,89 gram

Lateks = 3,97 gram

Hardener = 3,03 gram

Resin = 16,25 gram

Air = 0,22 gram

Sampel	Agregat tuban (%)	Agregat pus kim (%)	Filler Ampas Tebu (%)	Massa agregat tuban (gram)	Massa agregat puskim (gram)	Massa filler ampas tebu (gram)
Tuban	100	-	-	157,03	0	0
Puskim	-	100	-	0	108,59	0
A	15	85	-	23,55	92,30	0
B	15	82	3	23,55	89,05	0,49
C	15	81	4	23,55	87,96	0,66
D	15	80	5	23,55	86,88	0,82

Spesimen Uji Lentur

Dimensi :

panjang = 160 mm

Lebar = 40 mm

Tinggi = 40 mm

Volume top coat = 12,5 mm x 40 mm x 160 mm

Volume bond coat = 27,5 mm x 40 mm x 160 mm

Material	Rasio
Resin	1
Hardener	4
Filler (Filler Ampas tebu, agregat A, agregat B)	25

Perhitungan volume

Semen = 17,39 mm³

Agregat Halus = 34,78 mm³

Lateks = 10,44 mm³

Hardener = 5,87 mm³

Resin = 23,47 mm³

Air = 0,22 mm³

Sampel	agregat tuban (%)	agregat puskim (%)	Filler Ampas Tebu (%)	Vol agregat tuban (mm ³)	Vol agregat puskim (mm ³)	Vol filler ampas tebu (mm ³)
Tuban	100	-	-	146,67	0	0
Puskim	-	100	-	0	146,67	0
A	15	85	-	22,00	124,67	0
B	15	82	3	22,00	120,27	4,40
C	15	81	4	22,00	118,80	5,87
D	15	80	5	22,00	117,33	7,33

Perhitungan Massa

Semen = 11,59 gr

Agregat Halus = 48,70 gr

Lateks = 10,15 gr

Hardener = 5,69 gr

Resin = 30,51 gr

Air = 0,22 gr

Sampel	agregat tuban (%)	agregat puskim (%)	Filler Ampas Tebu (%)	Massa agregat tuban (gram)	Massa agregat puskim (gram)	Massa filler ampas tebu (gram)
Tuban	100	-	-	294,80	0	0
Puskim	-	100	-	0	203,87	0
A	15	85	-	44,22	173,29	0

B	15	82	3	44,22	167,17	0,93
C	15	81	4	44,22	165,13	1,23
D	15	80	5	44,22	163,09	1,54

Densitas teoritis

$$\rho_{th} = \rho_{\text{matriks}} \cdot V_{\text{matriks}} + \rho_{\text{filler}} \cdot V_{\text{filler}}$$

keterangan :

ρ_{th} : densitas teoritis (gram/cm³)

ρ_{matriks} : densitas matriks (gram/cm³)

ρ_{filler} : densitas filler (gram/cm³)

V_{matriks} : fraksi massa matriks (gram)

V_{filler} : fraksi massa filler (gram)

• Tabel Perhitungan Sifat Fisik

Tabel Perhitungan Densitas

Sampel		Massa Basah (gram)	Massa kering (gram)	Massa gantung (gram)	ρ (gram/cm ³)	ρ rata-rata (gram/cm ³)
Tuban	1	165,48	149,74	99,54	1,50	1,49
	2	163,46	148,67	98,48	1,54	
	3	164,57	147,78	101,24	1,51	
Puskim	1	208,98	181,53	154,98	1,17	1,19
	2	207,76	182,67	154,89	1,18	
	3	207,89	186,01	152,39	1,22	
A	1	165,47	144,78	109,87	1,31	1,33
	2	162,75	144,56	108,57	1,33	
	3	160,67	149,65	110,65	1,35	
B	1	156,74	137,94	106,5	1,29	1,28
	2	153,00	136,78	107,43	1,27	
	3	155,52	139,28	108,36	1,28	
C	1	165,78	140,55	114,78	1,22	1,23
	2	163,48	142,87	112,5	1,27	
	3	164,58	140,78	116,76	1,20	

D	1	154,89	133,60	111,26	1,20	1,21
	2	156,89	134,67	110,33	1,22	
	3	156,82	132,24	108,90	1,21	

$$\rho = \frac{M}{V}$$

Dimana:

ρ = Densitas (gram/cm³)

m = Massa sampel (gram)

v = Volume sampel (cm³)

Tabel Perhitungan *Water Absorbability*

Sampel		Massa Basah (gram)	Massa kering (gram)	Massa gan tung (gram)	Water absorb Ability (%)	WA rata-rata (%)
Tuban	1	165,48	149,74	99,54	10,51	9,59
	2	163,46	148,67	98,48	7,27	
	3	164,57	147,78	101,24	7,07	
Puskim	1	208,98	181,53	154,98	19,41	11,91
	2	207,76	182,67	154,89	17,09	
	3	207,89	186,01	152,39	15,52	
A	1	165,47	144,78	109,87	14,29	10,18
	2	162,75	144,56	108,57	12,58	
	3	160,67	149,65	110,65	7,36	
B	1	156,74	137,94	106,5	13,63	11,01
	2	153,00	136,78	107,43	11,86	
	3	155,52	139,28	108,36	11,66	
C	1	165,78	140,55	114,78	17,95	14,10
	2	163,48	142,87	112,5	14,43	
	3	164,58	140,78	116,76	16,91	
D	1	154,89	133,60	111,26	15,94	14,53
	2	156,89	134,67	110,33	16,50	
	3	156,82	132,24	108,90	18,59	

$$WA = \frac{B - A}{A} \times 100\%$$

Dimana:

WA = Daya Serap Air (Water Absorbtion) (%)

A = Massa awal sampel sebelum perendaman (gram)

B = Massa sampel setelah perendaman (gram)

Tabel Perhitungan Porositas

Sampel		Massa Basah (gram)	Massa kering (gram)	Massa gantung (gram)	Porosity (%)	Porosity rata-rata (%)
Tuban	1	165,48	149,74	99,54	23,87	24,38
	2	163,46	148,67	98,48	17,05	
	3	164,57	147,78	101,24	17,16	
Puskim	1	208,98	181,53	154,98	57,02	45,92
	2	207,76	182,67	154,89	52,92	
	3	207,89	186,01	152,39	46,19	
A	1	165,47	144,78	109,87	37,21	30,94
	2	162,75	144,56	108,57	33,57	
	3	160,67	149,65	110,65	22,03	
B	1	156,74	137,94	106,5	37,43	35,82
	2	153,00	136,78	107,43	35,59	
	3	155,52	139,28	108,36	34,43	
C	1	165,78	140,55	114,78	49,47	46,56
	2	163,48	142,87	112,5	40,43	
	3	164,58	140,78	116,76	49,77	
D	1	154,89	133,60	111,26	48,79	49,27
	2	156,89	134,67	110,33	47,72	
	3	156,82	132,24	108,90	51,29	

$$n = \frac{C - A}{C - D} \times 100\%$$

Dimana:

n = porositas benda uji (%)

A = berat kering oven benda uji (kg)

C = berat beton jenuh air setelah perendaman (kg)

D = berat beton dalam air (kg)

Perhitungan Kuat Lentur

Sampel		Load (N)	<i>Flexural Strength</i> (Mpa)	Rata-rata
Tuban	1	150	4,98	5,15
	2	160	5,32	
	3	155	5,15	
Puskim	1	120	3,99	4,26
	2	130	4,32	
	3	135	4,49	
A	1	140	4,65	4,65
	2	140	4,65	
	3	140	4,65	
B	1	140	4,65	4,60
	2	145	4,82	
	3	130	4,32	
C	1	140	4,65	4,43
	2	130	4,32	
	3	130	4,32	
D	1	120	3,99	4,32
	2	140	4,65	
	3	130	4,32	

$$\sigma = \frac{3PL}{bd^2}$$

Dimana:

σ = Kuat Lentur (MPa)

P = Beban Maksimum (N)

L = Panjang bentang (mm) = 100 mm

b = Lebar benda uji (mm) = 40 mm

d = Tinggi benda uji (mm) = 40 mm

Tabel Perhitungan Kuat Tekan

Sampel		Beban (kg)	Load (kgf)	Compressive Strength (MPa)	Rata-rata (MPa)
Tuban	1	1300	13000	53,02	51,66
	2	1300	13000	53,02	
	3	1200	12000	48,95	
Puskim	1	1050	10500	36,71	40,11
	2	1000	10000	28,55	
	3	900	9000	36,71	
A	1	1200	12000	48,95	44,87
	2	1000	10000	40,79	
	3	1100	11000	44,87	
B	1	1100	11000	44,87	40,79
	2	900	9000	36,71	
	3	1000	10000	40,79	
C	1	900	9000	36,71	39,43
	2	1100	11000	44,87	
	3	900	9000	36,71	
D	1	900	9000	36,71	38,07
	2	900	9000	36,71	
	3	1000	10000	40,79	

$$fr = \frac{P}{A}$$

Dimana:

P = kuat tekan (MPa)

fr = beban tekan (N)

A = luas penampang (mm²) = 25 cm²

LAMPIRAN B

Tabel Data Pengujian Densitas

Sampel	agregat tuban (%)	agregat puskim (%)	Filler Ampas Tebu (%)	Densitas (gram/cm ³)
Tuban	100	-	-	1,49
Puskim	-	100	-	1,19
A	15	85	-	1,33
B	15	82	3	1,28
C	15	81	4	1,23
D	15	80	5	1,21

Tabel Data Pengujian Water Absorbtion dan Porositas

Sampel	agregat tuban (%)	agregat puskim (%)	Filler Ampas Tebu (%)	Water Absorbti on (%)	Porosi tas (%)
Tuban	100	-	-	9,59	24,38
Puskim	-	100	-	11,91	45,92
A	15	85	-	10,18	30,94
B	15	82	3	11,01	35,82
C	15	81	4	14,01	46,56
D	15	80	5	14,53	49,27

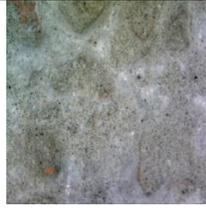
Tabel Data Pengujian Flexural Strength

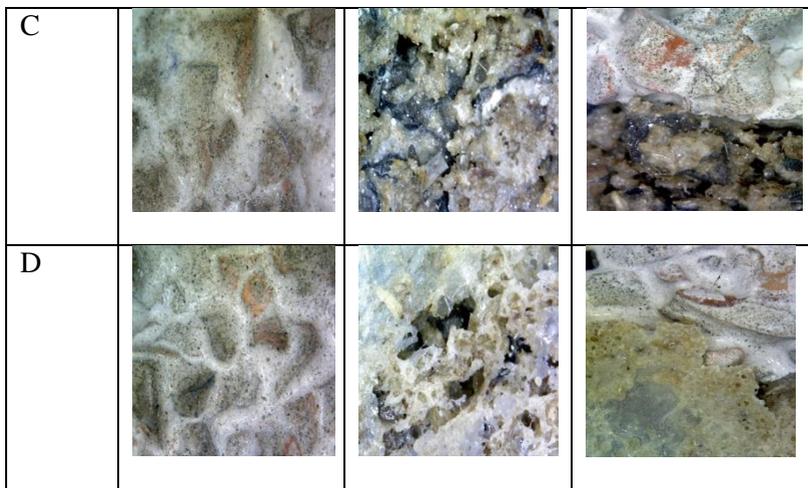
Sampel	agregat tuban (%)	agregat puskim (%)	Filler Ampas Tebu (%)	Flexural Strength (MPa)
Tuban	100	-	-	5,15
Puskim	-	100	-	4,26
A	15	85	-	4,65
B	15	82	3	4,60
C	15	81	4	4,43
D	15	80	5	4,32

Tabel Data Pengujian Compressive Strength

Sampel	agregat tuban (%)	agregat puskim (%)	Filler Ampas Tebu (%)	Compressive Strength (MPa)
Tuban	100	-	-	51,66
Puskim	-	100	-	40,11
A	15	85	-	44,87
B	15	82	3	40,79
C	15	81	4	39,43
D	15	80	5	38,07

LAMPIRAN C
GAMBAR HASIL PENGUJIAN MIKROGRAFI

Sam pel	Top Coat	Bond Coat	Sambungan antara Top coat dan bond coat
Tuban			
Pus kim			
A			
B			



Keterangan:

Sampel Tuban : 100% Tuban - 0% Puskim - 0% Filler Ampas Tebu

Sampel Puskim : 0% Tuban - 100% Puskim - 0% Filler Ampas Tebu

Sampel A : 15% Tuban - 85% Puskim - 0% Filler Ampas Tebu

Sampel B : 15% Tuban - 82% Puskim - 3% Filler Ampas Tebu

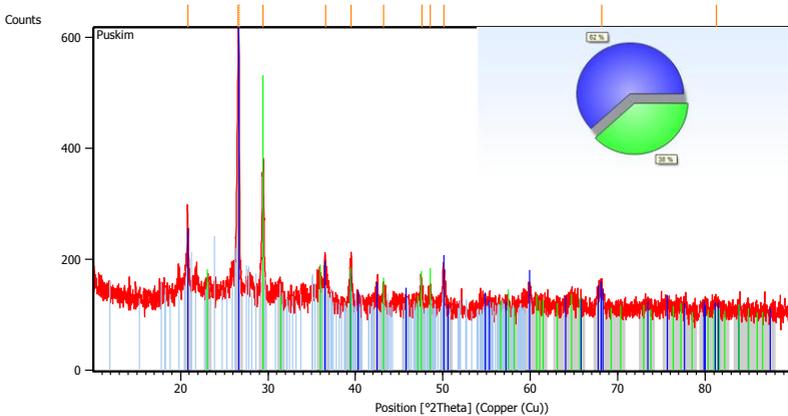
Sampel C : 15% Tuban - 81% Puskim - 4% Filler Ampas Tebu

Sampel D : 15% Tuban - 80% Puskim - 5% Filler Ampas Tebu

LAMPIRAN D

GAMBAR HASIL PENGUJIAN XRD

Main Graphics of Puskim



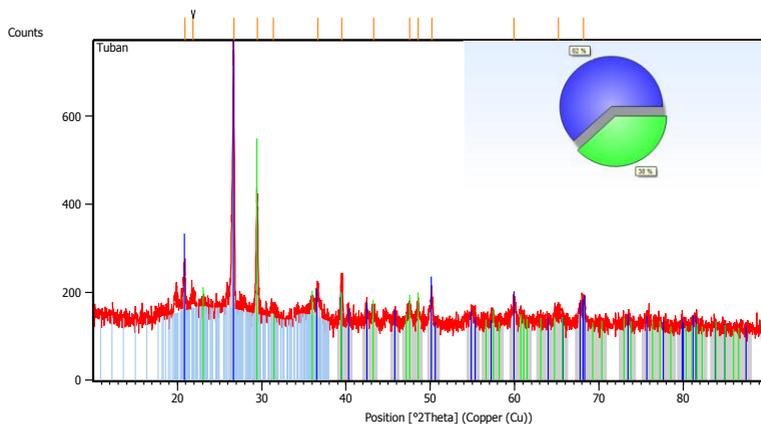
Peak List

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
20,8059	143,57	0,1338	4,26947	30,90
26,5940	464,70	0,1836	3,34914	100,00
26,6945	394,90	0,1020	3,34506	84,98
29,4276	232,54	0,2448	3,03278	50,04
36,6267	50,50	0,4896	2,45151	10,87
39,4966	80,59	0,2448	2,27974	17,34
43,2460	29,04	0,4896	2,09038	6,25
47,6053	42,60	0,2448	1,90863	9,17
48,5380	27,02	0,4896	1,87411	5,81
50,1071	64,94	0,3264	1,81904	13,97
68,1575	40,34	0,9792	1,37472	8,68
81,3213	15,53	0,9792	1,18221	3,34

Pattern List of Puskim

Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [$^{\circ}2\theta$.]	Scale Factor	Chemical Formula
*	00-046-1045	67	Silicon Oxide	0,000	0,952	Si O ₂
*	96-901-6707	50	Calcite	0,000	0,511	CaCO ₃

Main Graphics of Tuban Peak List



Pos. [$^{\circ}2\theta$.]	Height [cts]	FWHM Left [$^{\circ}2\theta$.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
20,8686	96,22	0,2007	4,25678	17,62
21,8337	31,61	0,4015	4,07077	5,79
26,6983	546,03	0,1338	3,33906	100,00
29,4845	264,49	0,2007	3,02956	48,44

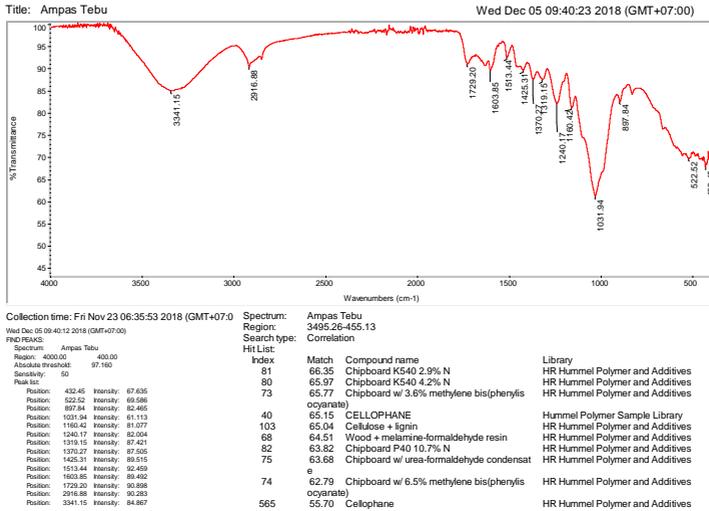
31,3819	19,70	0,8029	2,85059	3,61
36,6933	57,32	0,4015	2,44925	10,50
39,5294	83,88	0,2676	2,27981	15,36
43,2605	32,25	0,4015	2,09144	5,91
47,5434	41,47	0,5353	1,91255	7,60
48,5555	39,83	0,4015	1,87503	7,29
50,1813	69,38	0,2676	1,81803	12,71
59,9560	42,61	0,4015	1,54290	7,80
65,1775	18,74	0,8029	1,43136	3,43
68,2107	54,62	0,8029	1,37492	10,00

Pattern List of Tuban

Visi ble	Ref. Code	Sco re	Com pound Name	Displace ment [°2Th.]	Scale Factor	Chemi cal Formula
*	00-033- 1161	67	Silicon Oxide	0,000	0,933	Si O ₂
*	96-901- 6707	40	Calcite	0,000	0,469	CaCO ₃

LAMPIRAN E

GAMBAR PENGUJIAN FTIR AMPAS TEBU



UCAPAN TERIMA KASIH

Selama proses pengerjaan tugas akhir ini, penulis banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak dan Ibu beserta keluarga tercinta yang telah menjadi sumber motivasi dan penyemangat dalam pengerjaan tugas akhir hingga pembuatan laporan ini, serta telah mendukung secara moril maupun materil, dan doa yang selalu dipanjatkan demi kesehatan, keselamatan, dan kelancaran dalam mengerjakan Laporan Tugas Akhir.
2. Pak Alit, Pak Tarmui, dan Mas Wahyu Pradana yang telah membimbing dan memberi arahan dari penyusunan hingga selesai pengerjaan tugas akhir.
3. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Material FTI-ITS yang melancarkan Tugas Akhir penulis baik secara langsung maupun tidak langsung.
4. Mas Rohman Sidik yang telah membantu secara moril dan materil serta memberikan semangat untuk penulis dalam penyelesaian tugas akhir.
5. Teman-teman dari LDJ Ash Haabul Kahfi dan Sosmas HMMT yang telah memberikan banyak pengalaman berharga dan pembelajaran dalam berorganisasi.
6. Teman-teman *Black Dragon* (Erwin, Ula, Made, Audi, Musthofa, Yossa, Mbak Wulan) yang selalu berbagi motivasi dan bantuan selama pengerjaan Tugas Akhir serta menjadi teman ketika ada masalah saat asistensi Tugas Akhir.
7. Seluruh mahasiswa Teknik Material serta keluarga MT17 yang telah menemani dan memberikan banyak pengalaman berharga selama jenjang perkuliahan ini.
8. Sahabat-sahabat dari “Alumni staff JMMI angkatan 2015” yang telah memberikan tempat bagi penulis untuk

- mencurahkan keluh kesan serta memberikan semangat dalam pengerjaan Tugas Akhir.
9. Keluarga kontrakan E47B yang telah memberikan semangat dan dorongan penulis untuk segera menyelesaikan tugas akhir.
 10. Nikmah, Alifah, Uz, Asmaul, Imas, Muzayana, Azifa, dan Ana yang telah memberikan semangat dan menjadi tempat mengeluh penulis ketika mengerjakan tugas akhir.
 11. Retno, Novi, Muhyat, Bakhtiar, Putro, Fahmi, dan Bisma yang telah menjadi tempat untuk sharing dan membantu ketika mengerjakan tugas akhir.
 12. Seluruh pihak yang belum bisa dituliskan satu per satu oleh penulis. Terimakasih atas dukungan dan bantuan yang telah diberikan.

Akhir kata, semoga penelitian ini dapat bermanfaat dan berguna bagi semua yang membutuhkan.

Surabaya, Juli 2019
Penulis

Tri Wahyuni
NRP 0251154000025

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Tri Wahyuni. Dilahirkan di Nganjuk pada tanggal 26 November 1996 dari pasangan Dasar dan Sudarni. Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis pernah menempuh pendidikan formal di SDN Mungkung 1 Loceret Nganjuk, SMP Negeri 2 Nganjuk, dan SMA Negeri 1 Nganjuk. Penulis merupakan mahasiswa aktif Departemen Teknik Material FTI-ITS tahun masuk 2015. Selama menjalankan pendidikan di kampus ITS Surabaya, penulis berpartisipasi aktif dalam organisasi di Lembaga Dakwah Jurusan Ash-Haabul Kahfi Teknik Material FTI-ITS Sebagai ketua kemuslimahan kepengurusan 2017/2018, dan Sekretaris Departemen Sosial Masyarakat Himpunan Mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi (HMMT) FTI ITS Kepengurusan 2017/2018. Selain itu, penulis juga aktif di Unit Kegiatan Mahasiswa Pramuka sebagai Bendahara kepengurusan 2016/2017. Untuk menunjang skill leadership, penulis juga berpartisipasi aktif sebagai asisten laboratorium Kimia Analitik tahun 2017-2018. Dalam mengembangkan minat dan bakat penulis mengembangkan kemampuan tersebut dalam bidang karya tulis ilmiah. Dengan mengikuti lomba Physic Summit Paper Competition yang diadakan oleh Departemen Fisika ITS dan berhasil sebagai finalis. Adapun penulis pernah menjalani Kerja Praktek di PT. Industri Kereta Api (Persero), Madiun Jawa Timur pada tahun 2018.

Email : wahyunitri512@gmail.com

HP : 085735143727

(Halaman ini sengaja dikosongkan)