

**ANALISIS KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT TANDAN
SAWIT TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KEKUATAN
IMPAK DENGAN PERENDAMAN ASAP CAIR**

Proyek Akhir

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Disusun Oleh :

SINDY MURIANA NIRM : 1041957

POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI

BANGKA BELITUNG

2022/2023

LEMBAR PENGESAHAN

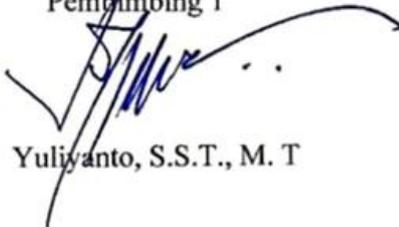
**ANALISIS KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT TANDAN SAWIT
TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KEKUATAN IMPAK DENGAN
PERENDAMAN ASAP CAIR**

Oleh :

SINDY MURIANA NIRM : 1041957

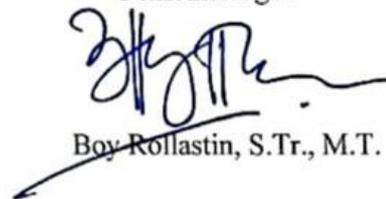
Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan
Program Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung
Menyetujui,

Pembimbing 1



Yuliyanto, S.S.T., M. T

Pembimbing 2



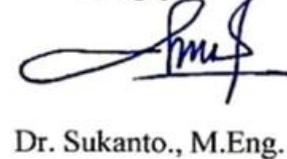
Boy Rollastin, S.Tr., M.T.

Penguji 1



Zulfitriyanto, S.S.T., M.T

Penguji 2



Dr. Sukanto., M.Eng.

Mengetahui,

Kepala Jurusan Teknik Mesin



Pristiansyah, S.S.T., M.Eng.

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertandatangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Sindy Muriana NIRM : 1041957

Dengan Judul : **Analisis Komposit Berpenguat Serat Tandan Sawit Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekuatan Impak Dengan Perendaman Asap Cair**

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerjasaya sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, saya siap menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 03 Januari 2023

Nama Mahasiswa

1. Sindy Muriana



ABSTRAK

Ditengah maraknya penggunaan logam sebagai bahan produksi di bidang Industri. Maka, perlu pengembangan inovasi terbaru yang ramah lingkungan dan ketersediaan yang berjangka panjang seperti komposit berpenguat serat alam, salah satu serat alam yang digunakan adalah serat tandan sawit. Serat tandan sawit merupakan limbah sawit yang berbentuk seperti benang dan berwarna coklat kekuningan, Serat tersebut diproses melalui perendaman yang menggunakan asap cair sebelum dibuat menjadi komposit. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi fraksi volume dan perbedaan lama perendaman serat tandan sawit menggunakan asap cair terhadap kekuatan tarik dan kekuatan impak. Proses pengujian yang dilakukan yaitu pengujian tarik dan pengujian impak dengan fraksi volume serat 15%, 20%, 25% dengan perendaman asap cair selama 1, 2, dan 3 jam. Spesimen uji tarik mengacu pada standar ASTM D-638 dan pengujian impak mengacu pada standar ISO 179. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik tertinggi yang didapatkan ialah 25.83 MPa dan nilai kekuatan impak tertinggi yaitu 156.97 kJ/m² pada fraksi volume serat 25% dengan perendaman asap cair selama 3 jam. Sedangkan nilai kekuatan tarik terendah yang didapatkan ialah 13.53 Mpa dan nilai kekuatan impak terendah yaitu 41.97 kJ/m² pada fraksi volume serat 15% dengan perendaman asap cair selama 1 jam. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada fraksi volume 25% dengan perendaman asap cair selama 3 jam, serat memiliki struktur yang lebih rapat dan lebih mengikat pada matriksnya sehingga komposit mampu menahan regangan kekuatan tarik dan beban kejutan kekuatan impak. Hasil penelitian ini juga berbanding lurus dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa asap cair berpengaruh untuk meningkatkan struktur serat.

Kata Kunci : Komposit, Serat Tandan Sawit, Asap Air, Kekuatan Tarik, Kekuatan Impak

ABSTRACT

Amid the widespread use of metal as a production material in the industrial sector. So, it is necessary to develop the latest innovations that are environmentally friendly and long-term availability such as natural fiber reinforced composites, one of the natural fibers used is palm fiber. Palm bunch fiber is palm waste that is shaped like threads and has a yellowish brown color. The fiber is processed through immersion using liquid smoke before being made into a composite. This research was conducted to determine the effect of variations in volume fraction and differences in soaking time of palm fiber bunches using liquid smoke on tensile strength and impact strength. The testing process carried out was tensile testing and impact testing with a fiber volume fraction of 15%, 20%, 25% by immersing liquid smoke for 1, 2, and 3 hours. The tensile test specimen refers to the ASTM D-638 standard and the impact test refers to the ISO 179 standard. The results of this study indicate that the highest tensile strength value obtained is 25.83 MPa and the highest impact strength value is 156.97 kJ/m² at 25% fiber volume fraction with liquid smoke immersion for 3 hours. While the lowest tensile strength value obtained was 13.53 Mpa and the lowest impact strength value was 41.97 kJ/m² at 15% fiber volume fraction by immersing liquid smoke for 1 hour. The results of this study indicate that at a volume fraction of 25% with immersion of liquid smoke for 3 hours, the fibers have a denser structure and are more binding to the matrix so that the composite is able to withstand tensile strength strain and impact strength shock loads. The results of this study are also directly proportional to previous research which showed that liquid smoke has an effect on increasing fiber structure.

Keywords: Composites, Palm Fiber, Liquid Smoke, Tensile Strength, Impact Strength

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, atas ridho-Nya saya dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Adapun judul skripsi yang saya ajukan adalah **“ANALISIS KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT TANDAN SAWIT TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KEKUATAN IMPAK DENGAN PERENDAMAN ASAP CAIR”**.

Skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan Program Diploma IV (D-IV) Jurusan Teknik Mesin dan Manufaktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Tidak dapat disangkal bahwa butuh usaha yang keras, kegigihan, dan kesabaran, dalam penyelesaian pengerjaan skripsi ini. Namun disadari karya ini tidak akan selesai tanpa orang-orang tercinta disekeliling saya yang mendukung dan membantu. Terima kasih yang sebesar-besarnya saya sampaikan kepada:

1. Sang pencipta saya yaitu Allah S.W.T yang selalu membantu hambanya dalam keadaan apapun, “*Hasbunallah Wa Ni'mal Wakil Ni'mal Maula Wani'mannasir*”.
2. Kedua orang tua tercinta penulis, Bapak Suryandi dan Ibu Suryani serta keluarga besar penulis, yang telah banyak mendukung dan mendoakan saya hingga titik ini.
3. Adik tersayang penulis, Sandika atau sering dipanggil nono yang telah memberi dukungan dan kenyamanan kepada penulis.
4. Sindy Muriana selaku penulis berterima kasih kepada diri sendiri karena telah bertahan sampai titik ini melewati berbagai cobaan dan rintangan. Penulis berharap kedepannya menjadi wanita yang lebih tangguh dan bervalue tinggi.
5. Bapak I Made Andik Setiawan, M. Eng., Ph.D, selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

6. Bapak Pristiansyah, S.S.T., M.Eng. Selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
7. Bapak Yuliyanto, S.S.T., M. T dan Bapak Boy Rollastin, S.Tr., M.T.Selaku dosen pembimbing 1 dan dosen pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan, nasehat, motivasi dan berbagai pengalaman kepada peneliti dengan penuh keikhlasan dan kesabaran.
8. Bapak Zulfitriyanto, S.S.T., M.Tdan Bapak Dr. Sukanto., M.Eng.Selaku dosen penguji 1 dan dosen penguji 2 yang telah memberikan bimbingan dan nasehat kepada peneliti dengan penuh keikhlasan dan kesabaran selama melakukan revisian makalah penelitian ini.
9. Bapak Dr.Ilham Ary Wahyudie,M.T yang telah memberikan bimbingan dalam pengolahan data dan mengajari penulis dalam analisis penelitian.
10. Segenap Dosen Teknik Mesin dan Manufaktur yang telah mendidik dan memberikan ilmu selama berkuliah di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung dan seluruh staff yang selalu sabar melayani segala administrasi selama proses peneitian ini.
11. Segenap teman seperjuangan dari Belinyu, Via Twoifia, Muhammad Asep, Deri Saputra, dan Ricky Irwansyah yang telah menemani dan memberi dukungan kepada peneliti hingga titik ini.
12. Teman- Teman terpanas saya, Kasih Nurinda dan Mirzahadistiya yang telah menemani saya kuliah dan memberi pengalaman yang luar biasa.
13. Seluruh teman-teman satu kelas dan mahasiswa Teknik Mesin Dan Manufaktur POLMAN BABEL angkatan 2019 yang telah saling mendoakan dan mendukung satu sama lain.

Penulis menyadari skripsi ini jauh dari kata sempurna, karena keterbatasan ilmu yang saya miliki. Untuk itu saya dengan kerendahan hati mengharapkan saran dan keritik yang sifatnya membangun dari semua pihak demi membangun laporan penelitian ini.

Harapan saya skripsi ini semoga dapat berguna bagi piha-pihak yang terkait, lingkungan Teknik Mesin dan Manufakut Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung serta para pembaca Pada umumnya.

Sungailiat, 03 Januari 2023



Sindy Muriana

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	ii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan	4
BAB II DASAR TEORI	5
2.1. Material Teknik	5
2.2. Komposit	5
2.2.1. Jenis-Jenis Komposit	5
2.2.2. Jenis Serat Pada Komposit	6
2.2.3. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kinerja Komposit	7
2.3. Material Penyusun Komposit	9
2.3.1. Serat	9
2.3.2. Matriks	9
2.3.3. Bahan-Bahan Tambahan	10
2.4. Serat Tandan Kelapa Sawit	10
2.5. Perendaman Asap Cair	12
2.6. Perhitungan Komposisi Serat	12
2.7. Metode <i>Hand Lay-up</i>	14
2.8. Pengujian Komposit	14
2.8.1. Pengujian Tarik	14

2.8.2. Pengujian Impak	16
2.9. Metode Desain Full Faktorial	17
2.10. Helm Berstandar SNI	19
2.11. Penelitian Terdahulu	20
BAB III METODE PELAKSANAAN	23
3.1. Skema Alur Penelitian	23
3.2. Studi Literatur	23
3.3. Penentuan Rancangan Penelitian	24
3.3.1. Menentukan Rumusan Masalah Dan Tujuan Penelitian	24
3.3.2. Menentukan Variabel Penelitian	24
3.3.3. Penentuan Tempat Penelitian	24
3.4. Tahapan Penelitian	25
3.4.1. Persiapan Alat Dan Bahan	25
3.4.2. Pengolahan Serat Tandan Sawit Dan Perendaman Dengan Asap Cair	29
3.4.3. Pembuatan Spesimen	29
3.5. Validasi Spesimen	32
3.6. Prosedur Pengujian Penelitian	33
3.6.1. Pengujian Tarik	33
3.6.2. Pengujian Impak	33
3.7. Pengolahan Data	34
3.8. Analisis Data	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1. Uji Tarik	38
4.1.1. Perhitungan Rasio Komposisi Serat	38
4.1.2. Proses Pengambilan Data	39
4.1.3. Data Pengujian	40
4.1.4. Hasil Uji Analysis Of Variance	41
4.1.5. Analisis Faktor Waktu Perendaman Serat Menggunakan Asap Cair	43
4.1.6. Analisis Faktor Fraksi Volume Serat Tandan Sawit	43
4.1.7. Analisis Faktor Interaksi Waktu Perendaman dan Fraksi Volume Serat Tandan Sawit	44

4.2. Uji Impak	46
4.2.1.Perhitungan Rasio Komposisi Serat	46
4.2.2.Proses Pengambilan Data	47
4.2.3. Data Pengujian	48
4.2.4.Hasil Uji Analysis Of Variance	49
4.2.5.Analisis Faktor Waktu Perendaman Serat Menggunakan Asap Cair ..	50
4.2.6.Analisis Faktor Fraksi Volume Serat Tandan Sawit	51
4.2.7.Analisis Faktor Interaksi Waktu Perendaman dan Fraksi Volume Serat Tandan Sawit	52
4.3. Perbandingan Dengan Penelitian Terdahulu	54
BAB V PENUTUP	56
5.1Kesimpulan	57
5.2Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	57

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi dan Sifat Kimia Tandan Kelapa Sawit [11].....	11
Tabel 2.2 Kekuatan Tarik dan Impak helm SNI.....	19
Tabel 3.1 Perhitungan Rasio Spesimen Uji Tarik Dan Uji Impak.....	31
Tabel 3.2 Data Pengujian Tarik (Mpa).....	35
Tabel 3.3 Data Pengujian Uji Impak (kj/m ²).....	35
Tabel 3.4 Level Dan Parameter Uji.....	36
Tabel 3.5 Desain Full Factorial.....	36
Tabel 3.6 Uji ANOVA.....	36
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Rasio Spesimen Uji Tarik.....	39
Tabel 4.2 Data Hasil Uji Tarik (Mpa).....	41
Tabel 4.3 ANOVA Kekuatan Tarik.....	42
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Rasio Spesimen Uji Impak.....	47
Tabel 4.5 Data Hasil Uji Impak (kj/m ²).....	49
Tabel 4.6 ANOVA Kekuatan Impak.....	50
Tabel 4.7 Perbandingan.....	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Komposit Laminat [8]	6
Gambar 2.2 Komposit Partikel [8]	6
Gambar 2.3 Komposit Serat [8]	6
Gambar 2.4 Jenis Serat Berdasarkan Penempatan [9]	7
Gambar 2.5 Tata Letak Dan Arah Serat [10]	8
Gambar 2.6 Serat Tandan Kelapa Sawit	11
Gambar 2.7 Standar Pengujian ASTM D638-01 [16]	15
Gambar 2.10 Posisi Spesimen Pada Uji Impak Metode Charpy [10]	16
Gambar 2.11 Posisi Spesimen Pada Uji Impak Metode Izod [10]	17
Gambar 3.1 Flowchart Penelitian	24
Gambar 3.2 Timbangan Digital	26
Gambar 3.3 Cetakan Uji Tarik Dan Uji Impak	26
Gambar 3.4 Plat	27
Gambar 3.5 Penggaris Dan Jangka Sorong	27
Gambar 3.6 Kikir	27
Gambar 3.7 Wadah	27
Gambar 3.8 Serat Tandan Sawit	28
Gambar 3.9 Asap Cair	28
Gambar 3.10 Resin Polyester	29
Gambar 3.11 Katalis	29
Gambar 3.12 Wax	29
Gambar 3.13 Alat Uji Tarik	30
Gambar 3.14 Alat Uji Impak	30
Gambar 3.15 Standar Pengujian ASTM D638-01	35
Gambar 3.16 Spesimen Uji Impak ISO 179-01	

Gambar 4.1 Spesimen Uji Tarik.....	39
Gambar 4.2 Proses Pengujian Tarik.....	39
Gambar 4.3 Spesimen Setelah Dilakukan Pengujian Tarik.....	40
Gambar 4.4 Kekuatan Tarik Berdasarkan Waktu Perendaman Asap Cair.....	43
Gambar 4.5 Kekuatan Tarik Berdasarkan Fraksi Volume Serat Tandan Sawit....	44
Gambar 4.6 Kekuatan Tarik Berdasarkan Interaksi Kedua Faktor.....	44
Gambar 4.7 Hasil Patahan Sampel Nilai Uji Tarik Tertinggi.....	45
Gambar 4.8 Hasil Perendaman Serat Tandan Sawit Dengan Asap Cair.....	45
Gambar 4.9 Hasil Patahan Nilai Sampel Uji Tarik Terendah.....	46
Gambar 4.10 Spesimen Uji Impak.....	47
Gambar 4.11 Proses Pengujian Impak.....	48
Gambar 4.12 Spesimen Setelah Dilakukan Pengujian Impak.....	48
Gambar 4.13 Kekuatan Impak Berdasarkan Waktu Perendaman Asap Cair.....	51
Gambar 4.14 Kekuatan Impak Berdasarkan Fraksi Volume Serat Tandan Sawit	52
Gambar 4.15 Kekuatan Impak Berdasarkan Interaksi Kedua Faktor.....	52
Gambar 4.16 Hasil Deformasi Sampel Nilai Uji Impak Tertinggi.....	53
Gambar 4.17 Hasil Perendaman Serat Tandan Sawit Dengan Asap Cair.....	53
Gambar 4.16 Hasil Deformasi Sampel Nilai Uji Impak Terendah.....	39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Daftar Riwayat Hidup.....	61
Lampiran 2 : Perhitungan Rasio Volume Matriks Dan Serat.....	63
Lampiran 3 : Perhitungan Uji Impak.....	67
Lampiran 4 : Dokumentasi Pengolahan Serat Tandan Sawit.....	95
Lampiran 5 : Dokumentasi Pembuatan Spesimen Uji.....	98
Lampiran 6: Perhitungan ANOVA.....	102
Lampiran 7 : Form Monitoring.....	110
Lampiran 8 : Form Bimbingan.....	111
Lampiran 9 : Form Revisi Laporan PA.....	112
Lampiran 10 : Bukti Publish.....	115
Lampiran 11 : Bukti Bukan Plagiarisme.....	116
Lampiran 12 : Poster.....	117

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Ditengah maraknya penggunaan material logam dalam pembuatan produk di industri, mendesak masyarakat untuk berfikir kreatif agar menciptakan inovasi bahan terbaru yang ramah lingkungan dan berjangka panjang. Mengingat ketersediaan logam akan menipis suatu kala nanti maka diperlukan bahan penggantinya. Salah satu bahan penggantinya adalah material komposit berpenguat serat alam. Material komposit berpenguat serat alam secara ilmiah memiliki sifat mekanis yang identik kuat, mudah diperoleh, lebih murah, bisa didaur ulang, dan ketersediaan bahannya berjangka panjang. Salah satu bahan komposit serat alam yang bisa digunakan untuk memenuhi kebutuhan tersebut adalah komposit berpenguat serat tandan sawit.

Pohon sawit merupakan salah satu tumbuhan yang banyak menyimpan serat alam. Menurut data dinas pertanian dan ketahanan pangan, khususnya di Kepulauan Bangka Belitung perkebunan sawit memiliki luas area 75.734,17 ha, hal ini membuat masyarakat mudah memperoleh serat tandan sawit untuk pembuatan komposit[1]. Namun, Di Kepulauan Bangka Belitung, di Kecamatan Belinyu pemanfaatan tandan sawit masih terbilang sedikit, banyak masyarakat hanya memanfaatkannya sebagai pupuk kompos bahkan disebagian masyarakat menganggapnya sebagai limbah.

Hasil survey, ada beberapa bagian sawit yang menyimpan serat alam salah satunya dibagian tandan sawit. Serat tandan sawit merupakan kumpulan serat yang terdapat dibagian dalam tandan sawit dengan bentuk seperti benang dan warnanya kuning kecoklatan. Serat ini memiliki sifat mekanik yang cukup baik, namun untuk menghasilkan sifat mekanis yang bagus pada komposit berpenguat serat tandan sawit, maka memerlukan bahan tambahan agar hasil mekanisnya lebih baik seperti melakukan perendaman pada serat tandan sawit menggunakan

asap cair. Asap cair merupakan salah satu senyawa kimia yang bersifat asam asetat. Penelitian ini menjadikan asap cair sebagai bahan pelarut yang dapat mempengaruhi sifat mekanik pada serat tandan sawit.

Mukhlis, *et al.*[2]telah melakukan penelitian dengan judul efek dari cairan *skeren chemis composisi* dan *thermal* properti dari fiber. Penelitian ini membuktikan bahwa asap cair mampu mengubah sifat fisik serat, terbukti dari hasil pengujian *elektron mikroskop Vega3 Tescan Scanning Electron Microscope* (SEM) pada tegangan 5 kV. 3 (SEM-EDS dari SF) yang menunjukkan bahwa serat sagu mengalami peningkatan pada senyawa fosfor saat direndam selama 1, 2, 3, 4, dan 5 jam. Senyawa fosfor berperan penting dalam pembentukan senyawa serat. Sedangkan unsur kalsium dan lignin mengalami terdegradasi.

Mukhlis, *et al.*[3]telah melakukan penelitian dengan judul pengaruh perlakuan sabut kelapa dengan asap cair terhadap sifat mekanik komposit. Penelitian ini menunjukkan bahwa serat yang direndam dalam asap cair dapat menjadi bahan alternatif untuk meningkatkan sifat mekanik komposit. Pengujian uji tarik menggunakan waktu perendaman 1, 2, 3 jam dan tanpa perlakuan, serat juga dikeringkan di oven pada suhu 40 °C selama 30 menit kemudian serat dipotong sepanjang 9 cm dan dibuat benda uji dengan penambahan lem dan kertas. Dari hasil uji tarik didapatkan nilai tertinggi pada perendaman serat sabut kelapa menggunakan asap cair selama 1 jam dengan nilai 79,655 Mpa. Untuk uji impak dengan variasi waktu 1, 2, 3 jam dan tanpa perlakuan, fraksi volume 2% dengan panjang serat 4 cm, dan memakai resin YUKALAC 157 98%. Dari hasil uji impak didapatkan nilai tertinggi pada perendaman uji impak didapatkan nilai tertinggi pada perendaman serat sabut kelapa menggunakan asap cair selama 3 jam dengan nilai 2,128 kJ/m².

Surata, *et al.*[4]telah melakukan penelitian dengan judul studi sifat mekanis komposit *epoxy* berpenguat serat sisal orientasi acak yang dicetak dengan teknik *hand-lay up*. Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan volume serat berpengaruh terhadap kekuatan tarik. Dibuktikan darinilai optimum tertinggi uji

tarik difraksi 25% dengan nilai sebesar 19,77 Mpa dan nilai optimum regangan di fraksi 15% , Komposit dibuat dengan teknik press *hand lay-up* yang disusun secara acak.

Gunandar, *etal.*[5] telah melakukan penelitian dengan judul analisis kekuatan tarik dan kekuatan impact bahan komposit hibrid berpenguat serbuk kayu akasia dan tandan kosong kelapa sawit. Penelitian ini menunjukkan bahwa komposit yang memiliki fraksi volume serat di atas 25% menghasilkan komposit yang getas. Dibuktikan dari hasil penelitian ini yang menunjukkan bahwa nilai terendah terdapat pada fraksi volume serat 40% : matriks 60% dengan nilai uji tarik terendah 14,66 Mpa dan uji impact 49 J/mm².

Berdasarkan data diatas, maka penulis akan melakukan penelitian mengenai analisis komposit berpenguat serat tandan sawit terhadap kekuatan tarik dan kekuatan impact dengan perendaman asap cair. Proses pembuatan komposit dibuat dengan fraksi volume 15%, 20%, 25% dikarenakan nilai optimum tertinggi fraksi volume serat pada 25% terbukti dari hasil penelitian Mulyo, et al. [6] dan Gunandar, et al. [5]. Jika, dibawah 15% biasanya komposit mengalami penurunan kekuatan, dikarenakan terlalu banyak bahan pengikat dibandingkan bahan penguat sehingga serat tidak bisa mengikat dengan sempurna pada matriks. Padahal bahan penguat sangat berperan penting pada komposit, karena bekerja sebagai penopang tumpukan pada komposit. Pada penelitian ini serat tandan sawit melakukan perendaman menggunakan asap cair selama 1, 2, dan 3 jam, berdasarkan penelitian M. Mukhlis, et al. [2] dan M. Mukhlis, et al. [3] menunjukkan bahwa asap cair mampu mengubah sifat fisik serat. Penelitian ini juga menggunakan metode *hand lay-up* serta serat disusun sepanjang arah cetakan. Penelitian ini diharapkan dapat diaplikasikan sebagai bahan material dalam pembuatan helm yang berstandar SNI.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh komposit serat tandan sawit dengan perendaman asap cair 100% selama 1, 2, 3 jam, fraksi volume serat 15%, 20%, 25%, dengan serat disusun sepanjang arah cetakan terhadap kekuatan tarik dan kekuatan impak ?.

1.3. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah diatas maka tujuan penelitian ini adalah Mengetahui pengaruh komposit serat tandan sawit dengan perendaman asap cair 100% selama 1, 2, 3 jam, fraksi volume serat 15%, 20%, 25%, dengan serat disusun searah cetakan terhadap kekuatan tarik dan kekuatan impak.



BAB II

DASAR TEORI

2.1. Material Teknik

Material teknik adalah material yang tercipta dari bahan murni maupun bahan konsolidasi diimplementasikan dengan sifat mekanik yang berselisih. Material teknik banyak dimanfaatkan para pakar teknik untuk memperlekaskan suatu tugas dan rekayasa keteknikan. Pada garis besar, material teknik diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Logam

Jenis material logam antara lain (*Ferrous Metal*) : Besi cor, baja karbon, baja panduan dll dan (*Non-Ferrous Metal*) : aluminium, tembaga, perunggu dll.

2. Non-Logam

Jenis material non-logam antara lain : polimer, keramik, dan komposit.

2.2. Komposit

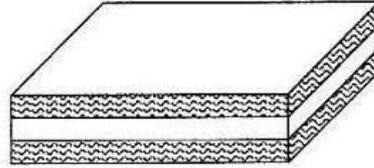
Komposit tercipta dari dua bahan atau lebih yang dikonsolidasikan, bahan-bahan tersebut tidak dapat larut satu sama lain namun saling mengikat. Salah satu bahannya difungsikan sebagai bahan penguat dan yang lainnya sebagai bahan pengikat sehingga terbentuknya komponen yang utuh [7]. Komposit terbentuk juga dari campuran resin polimer yang diperkuat dengan material serat alam, mencampurkan sifat-sifat mekanik serta wujud [8]. Material komposit memiliki keunggulan yang lebih daripada logam, karena identik memiliki kekuatan elastis yang tinggi, memiliki kekuatan leleh yang bagus, dan memiliki kekuatan dan kekakuan jenis yang lebih tinggi (modulus *Young density*) [9].

2.2.1. Jenis-Jenis Komposit

Berikut ini merupakan jenis-jenis komposit berdasarkan bahan, yaitu : [10]

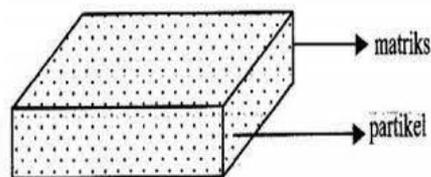
1. Komposit Laminat (*Laminated Composite*) adalah material komposit yang berlapis didukung dengan serat, di mana lapisan-lapisan tersebut melekat

satu sama lain dalam suatu matriks. Komposit laminat dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Komposit *Laminat* [8]

2. Komposit Partikel adalah kompositnya berbahan partikel berupa butiran berfungsi sebagai bahan penguat yang tersirkulasi secara merata kedalam matriksnya. Komposit partikel dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Komposit Partikel [8]

3. Komposit Serat adalah material komposit yang terdiri dari beberapa barisan dengan bahan pokoknya adalah serat. Serat berfungsi sebagai bahan penguat, sedangkan bahan pengikat yaitu matriks. Komposit Serat dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Komposit Serat [8]

2.2.2. Jenis Serat Pada Komposit

Berikut ini jenis serat pada komposit berdasarkan penempatannya, yaitu : [11]

a. *Continuous Fiber Composite* (Komposit Diperkuat Dengan Serat Kontinu)

Jenis ini menggunakan serat ukuran yang panjang dengan susunan secara lurus berkesinambungan sehingga membentuk suatu lapisan diantara matriksnya. Jenis ini sering digunakan saat pembuatan komposit serat karena cenderung mudah diarahkan, namun jenis ini memiliki kekurangan yaitu lemahnya kekuatan struktur antar lapisan yang diakibatkan oleh matriksnya.

b. *Woven Fiber Composite* (Komposit Diperkuat Dengan Serat Anyaman)

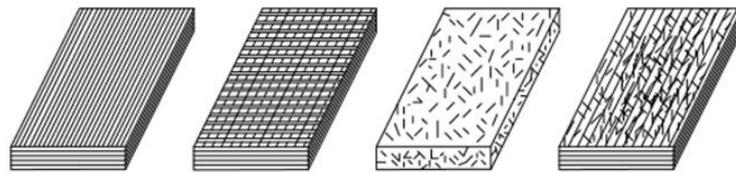
Jenis ini susunanserat memanjangnya tidak benar-benar lurus sehingga ikatan antara matriks dan serat kurang baik. Menyebabkan kekuatan komposit tidak kokoh dan kuat serta tidak efektif untuk menjadi pemisah lapisan komposit.

c. *Discontinuous Fiber Composite* (Komposit Diperkuat Serat Pendek/acak)

Komposit dengan bahan penguat serat yang dipotong pendek, cara penyusunannya ada tiga yaitu secara teratur, acak,dan miring. Jika diorientasikan dengan jenis serat ini dapat menghasilkan struktur komposit yang padat.

d. *Hybrid Fiber Composite* (Komposit Diperkuat Serat Kontinu Dan Serat Acak)

Jenis ini gabungan dari serat panjang dan serat acak berfungsi untuk meminimalisir kekurangan satu sama lain agar dapat menghasilkan komposit yang kuat.



Gambar 2.4 Jenis Serat Berdasarkan Penempatan [11]

2.2.3. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kinerja Komposit

Berikut ini faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja komposit, yaitu : [12]

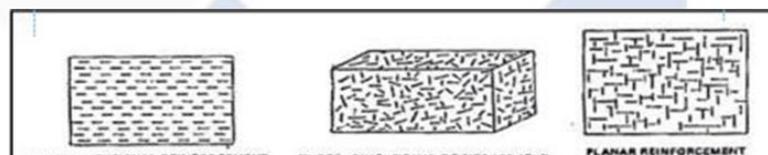
- Faktor Serat

Serat berperan sebagai bahan pengisi pada komposit yang berfungsi untuk meningkatkan sifat dan struktur pada komposit. Serat juga diharapkan dapat menjadi bahan penguat dalam matriks komposit pada saat menerima beban dan gaya.

- Letak Serat

Dalam pembuatan material komposit, tata letak dan arah serat dapat menentukan kekuatan mekanik material komposit, jika komposisi penyusunannya baik dapat meningkatkan performa pada komposit. Menurut tata letak dan arah diklasifikasikan menjadi tiga bagian, yaitu :

1. *One dimensional reinforcement*, mempunyai kekuatan dan modulus tinggi pada arah satu sumbu.
2. *Two dimensional reinforcement*, mempunyai kekuatan pada dua arah atau masing-masing arah serat.
3. *Three dimensional reinforcement*, mempunyai sifat keseragaman dalam segala arah.



Gambar 2.5 Tata Letak Dan Arah Serat [10]

- Ukuran Serat

Penentuan ukuran serat dalam perakitan material komposit sangat lah penting, karena serat mempunyai panjang dan diameter yang tidak seragam pada setiap jenisnya terutama pada serat alam. Dalam komposit ada dua jenis ukuran serat yaitu serat pendek dan serat panjang. Umumnya Serat panjang lebih efisien dalam penyusunannya karena dapat mengalirkan beban maupun gaya ke arah serat lainnya. Namun, apabila serat pendek diarahkan dengan benar dapat menghasilkan kekuatan yang lebih besar dibandingkan dengan serat panjang.

- Faktor Matriks

Matriks sangat menentukan kekuatan komposit karena matriks bekerja sebagai komponen pengikat bahan penguat serta menahan beban dan gaya yang diberikan, sehingga kekuatan yang timbul sangat bergantung pada matriks pembentuknya.

2.3. Material Penyusun Komposit

Material penyusun komposit ini terbagi menjadi dua bagian yaitu serat sebagai material penguat dan matriks sebagai material pengikatnya.

2.3.1. Serat

Serat merupakan bahan pokok dalam komposit yang bekerja sebagai penopang tumpukan, sehingga kekuatan komposit bergantung pada bahan penyusunnya. Serat juga terdiri dari dua jenis yaitu serat alam dan serat sintesis. Umumnya serat alam sering digunakan karena memperolehnya mudah yang berasal dari alam. Serat alam biasanya dipisahkan dari bagian tanaman, seperti serat tandan sawit. Penggunaan serat digunakan untuk mengisi bahan komposit dan untuk mengurangi biaya komponen. Dalam ulasan tersebut, serat yang digunakan dalam penelitian ini adalah serat tandan sawit.

2.3.2. Matriks

Matriks sebagai bahan pengikat pada komposit yang berfungsi sebagai unit struktur yang melindungi dari kerusakan eksternal dan sebagai penopang beban dan gaya yang diberikan, sehingga mampu membuat serat melekat pada matriks. Salah satu material matriks yang sering digunakan adalah polimer. Berikut jenis bahan polimer yang sering digunakan :

1. *Termoplastik*, bahan-bahan yang tergolong diantaranya *Polymide*, *Polysulfone (PS)*, *Polyetheretherketone (PEEK)*, *Polyhenylene Sulfide (PPS)*, *Polypropylene (PP)*, *Polyethylene (PE)*, dan lain-lain.
2. *Termoset* bahan-bahan yang tergolong diantaranya *epoksi*, *polyester*, *phenolic*, *plenol*, *resin amino*, *resin furan*, dan lain-lain.

Pada umumnya bahan polimer yang sering digunakan dalam pembuatan komposit adalah polimer *epoksi* dan *polyester* dalam bentuk resin. Resin *epoksi*

biasanya digunakan sebagai polimer pada serat karbon atau serat yang memiliki sifat struktur kompositnya yang lemah. Sedangkan resin *polyester* lebih dikenal populer dalam penggunaannya karena memiliki kekuatan titik leleh yang relatif rendah, mengikat antar muka yang baik pada serat, dan sering digunakan pada serat yang memiliki struktur komposit yang kuat. Namun resin *epoksi* lebih unggul dibandingkan resin *polyester* dalam segi kekuatan dan penyusutan setelah perawatan. Akan tetapi, resin *polyester* lebih sering digunakan karena harganya yang terjangkau.

2.3.3. Bahan-Bahan Tambahan

Katalis merupakan bahan pemicu yang berfungsi untuk mempercepat proses pengeringan pada komposit. Semakin banyak katalis yang ditambahkan, semakin cepat pula pengeringannya. Akan tetapi, jika pemberian katalis yang terlalu berlebihan akan menyebabkan material yang lemah ataupun panas yang berlebihan, yang akan merusak produk dan akan membuat komposit lebih getas.

Pada proses pembuatan komposit produk mudah menempel pada cetakan, jadi cetakan harus dilapisi dengan zat pelapis untuk mencegah hal ini. *Miracle gloss* salah satu jenis pelapis yang sering digunakan pada proses pembuatan komposit.

2.4. Serat Tandan Kelapa Sawit

Sisa hasil produksi dari pabrik kelapa sawit yang berbentuk padatan pada umumnya adalah tandan kelapa sawit, cangkang, dan serat buah. Bagian tandan sawit banyak menyimpan kandungan serat. Serat tandan kelapa biasanya diperoleh dari hasil sisa olahan pabrik kelapa sawit pada saat setelah proses pemerasan (*press*) dengan bentuk seratnya seperti benang dan berwarna kuning kecoklatan. Secara fisik pada bagian tandan kelapa sawit memiliki banyak kandungan seratnya dibandingkan bagian lainnya. Serat tandan kelapa sawit dapat dilihat pada gambar 2.6.[13]



Gambar 2.6 Serat Tandan Kelapa Sawit[13]

Bahan-bahan penyusun tandan kelapa sawit dalam bentuk komposisi dan sifat kimia yang terkandung

Tabel 2.1 Komposisi dan Sifat Kimia Tandan Kelapa Sawit [14]

Komponen Kimia	Komposisi (%)
<i>Lignin</i>	22,23
<i>Ekstraktif</i>	6,37
<i>Pentosan</i>	26,69
<i>Selulosa</i>	37,76
<i>Holosekulosa</i>	68,88
Abu	6,59
Kelarutan dalam :	
1% NaOH	29,96
Air dingin	13,89
Air Panas	16,17

didalamnya, Dapat dilihat pada tabel berikut :

2.5. Perendaman Asap Cair

Asap cair merupakan cairan yang berasal dari pengembunan uap dengan proses pembakaran bahan yang mengandung senyawa fenol, karbonil, dan asam[15]. Tempurung kelapa salah satu bahan baku yang sering digunakan pada pembuatan asap cair, proses pembuatannya dengan cara tempurung kelapa dibakar dalam tabung tertutup (*reaktor pirolis*) dengan suhu pemanasannya 400-650 °C. Destilat yang keluar dari reaktor pirolis ditampung dua wadah, wadah

pertama untuk fraksi berat dan wadah kedua untuk fraksi ringan. Fraksi ringan yang akan diproses karena berupa asap cair. Namun asap cair belum bisa digunakan karena masih berbentuk tar, maka perlu pemurnian dengan destilasi suhu 100-120 C, hingga diperoleh destilat asap cair berupa bening kekuningan. Kualitas asap cair dipengaruhi oleh kualitas bahan utamanya dan suhu pembakaran yang digunakan [16].

Untuk mendapatkan sifat struktur yang baik pada komposit berpenguat serat alam perlunya peningkatan ikatan antarmuka serat alam dan matriks. Sifat alami serat mudah menyatu dengan air sedangkan matriks anti dengan air, adanya perbedaan sifat tersebut dapat menurunkan kemampuan resin untuk mengikat serat. Perendaman asap cair dapat mengubah tekstur bahan serat alam. Struktur serat menjadi kasar atau rusak lalu matriks akan mengisi ruang yang rusak tersebut dan terjadinya pengikatan antarmuka serat dan matriks secara kuat [3].

2.6. Perhitungan Komposisi Serat

Mengetahui jumlah fraksi volume serat dalam material komposit merupakan merupakan elemen penting dalam analisis material komposit. Untuk mengetahui Dalam pembuatan spesimen komposit diperlukan hitungan untuk memperoleh perbandingan rasio volume serat dan matriks. Untuk menentukan berapa besar volume cetakan dan massa jenis serat pada komposit maka dilakukan perhitungan dengan persamaan berikut [5]:

- Volume Cetakan

$$V_c = P \cdot l \cdot t \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

V_c : Volume Cetakan (cm³)

P : Panjang Komposit (cm)

l : Lebar Komposit (cm)

t : Tebal Komposit (cm)

- Massa Jenis Serat

$$P = \frac{M}{V} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

P : Massa Jenis (g/cm³)

M : Massa Serat tks (gr)

V : Volume Cetakan (cm³)

Setelah perhitungan volume komposit dilakukan maka dalam perhitungan selanjutnya adalah volume fraksi serat dengan menggunakan persamaan berikut [5]:

- Volume komposit tanpa serat

$$V_{matriks} = V_C \times P_{matriks} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

$V_{matriks}$: Volume Matriks (g/mm³)

V_C : Volume Cetakan (cm³)

$P_{matriks}$: Massa Jenis Matriks (g/mm³)

- Volume komposit tanpa matriks

$$V_S = V_C \times P_{serat} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

V_S : Volume Serat (g/mm³)

V_C : Volume Cetakan (cm³)

P_{serat} : Massa Jenis Serat (g/mm³)

Jadi untuk mencari komposit dapat ditentukan dengan persamaan berikut [5]:

- Volume Komposit

$$V_{komposit} = (\% \text{ serat} \times V_{serat}) + (\% \text{ matriks} \times V_{matriks}) \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

$V_{komposit}$: Volume Komposit (gr)

V_{serat} : Volume Serat (cm³)

$V_{matriks}$: Volume Matriks (cm³)

2.7. Metode *Hand Lay-up*

Pengolahan komposit dengan cara menuangkan resin kedalam cetakan setelah itu menyusun serat ke resin yang dituangkan. Langkah berikutnya melakukan tekanan dengan rol ataupun kuas. Proses penuangan resin serta pemberian serat disesuaikan dengan perhitungan serat dan matriks. Proses penuangan resin serta penataan serta biasanya prosedur pencetakan dicoba pada temperature kamar [5], metode ini sering digunakan mudah dicetak dan volume rendah.

2.8. Pengujian Komposit

2.8.1. Pengujian Tarik

Pengujian tarik merupakan pengujian mekanis yang mengukur tegangan yang diperlukan dengan cara menarik benda uji hingga putus dan mencatat perpanjangan benda uji. Tegangan tarik suatu material adalah tegangan yang diperlukan untuk memutuskan benda uji dalam tarikan, serta perpanjangan sangat kecil pada tahap awal sebanding dengan meningkatnya gaya [5]. Hasil uji tarik bisa digunakan untuk Informasi pendukung untuk spesifikasi bahan dan untuk mengetahui perpanjangan dan kekakuan serta kekuatan benda uji . Interaksi antara tegangan dan regangan pada beban tarik didapatkan menggunakan rumus seperti berikut [5] :

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan :

σ : Tegangan tarik (MPa),

F : Gaya tarik (N),

A_0 : Luas penampang awal (mm²).

Nilai regangan tarik diperoleh dari :

$$\varepsilon = \frac{L-L_0}{L_0} \dots\dots\dots(2.7)$$

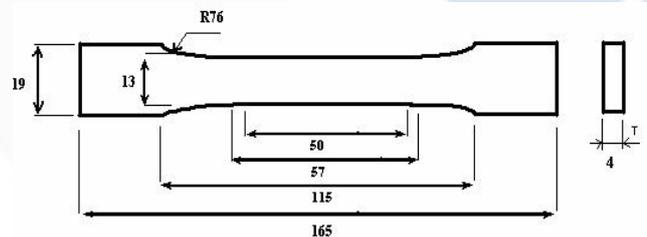
Keterangan :

ε : Regangan tarik (mm/mm),

L_0 : Panjang awal (mm),

L : Panjang akhir (mm).

Standar pengujian yang akan digunakan yaitu ASTM D638-01 dengan ukuran lebar bagian sempit 13 mm ($\pm 0,5$), panjang bagian sempit 57 mm ($\pm 0,5$), Lebar keseluruhan 19 mm ($\pm 6,4$), panjang keseluruhan 165 mm, panjang pengukur 50 mm ($\pm 0,25$), jarak antar genggaman 115 mm (± 1), radius fillet 76 mm (± 1), dan tebal spesimen (T) 4 mm [18]. Standar pengujian ASTM D638-03 dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.7 Standar Pengujian ASTM D638-01 [16]

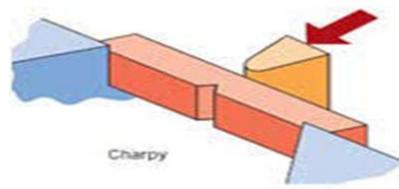
2.8.2. Pengujian Impak

Uji impak merupakan pengujian dengan menggunakan pembebanan yang cepat dimana beban tidak secara perlahan-lahan melainkan secara tiba-tiba (kejut) [5]. Pada uji impak terjadi proses penyerapan energi yang sangat besar ketika beban menghantam spesimen. Suatu material dikatakan tangguh apabila mampu menahan beban impak yang besar tanpa mengalami kerusakan atau deformasi yang besar. Secara umum metode pengujian impak terdiri dari dua jenis, yakni :

1. Metode Charpy

Metode *charpy* merupakan pengujian impak dengan posisi spesimen horizontal atau mendatar pada tumpuan serta arah berlawanan dengan arah takikan, yang tidak bertakik diberi beban impak dengan ayunan bandul (kecepatan

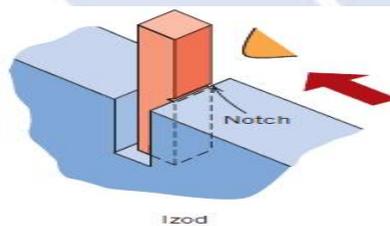
impak sekitar 16 ft/detik) dengan panjang lengan pendulum 400 mm. Pada umumnya pengujian impact dengan metode Charpy banyak digunakan di Amerika Serikat. Benda uji Charpy standar sampel ISO 179-01 mempunyai panjang keseluruhan 80 ($\pm 0,2$), Lebar keseluruhan 10 ($\pm 0,2$), dan mengandung takik V-45°, dengan jari-jari dasar 0,25 mm ($\pm 0,010$), dan kedalaman 2 mm (0,079), lebar takik bagian bawah ($\pm 0,2$), tebal 4, dan luas penampang spesimen takik panjang 8 mm, lebar 4 mm [6].



Gambar 2.7 Posisi Spesimen Pada Uji Impact Metode Charpy [10]

2. Metode Izod

Metode Izod merupakan pengujian impact dengan cara meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dan arah pembebanannya searah dengan arah takik. Metode Izod pada umumnya sering digunakan di Eropa (Inggris), pada saat ini metode ini sangat jarang digunakan, benda uji ini mempunyai penampang lintang bujur sangkar atau lingkaran yang bertakik V didekat ujung yang dijepit [5].



Gambar 2.8 Posisi Spesimen Pada Uji Impact Metode Izod [10]

Menghitung energi yang diserap material dapat dihitung dengan persamaan energi potensial sebagai berikut [5] :

$$E = m \cdot g \cdot (\cos \beta - \cos \alpha) \dots \dots \dots (2.8)$$

Kekuatan impact benda uji dapat dihitung dengan persamaan :

$$HI = \frac{E}{A} \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan :

- E : Energi Sebelum Tumbukan (J)
- HI : Kekuatan Impak (J/mm²)
- A : Luas Penampang Spesimen dibawah takikan (mm²)
- m : Berat Massa Pendulum (m)
- g : Gaya Gravitasi (m/s²)
- h_1 : Jarak Pendulum Tanpa Benda Uji (°)
- $\cos a$: Sudut Pendulum Tanpa Benda Uji (°)
- $\cos b$: Sudut Pendulum Pakai Benda Uji (°)
- l : Panjang Lengan Uji Impak

2.9. Metode *Full Factorial Design*

Full factorial Design adalah suatu rancangan penelitian yang menggabungkan tiap faktor dengan cara mengalikan tingkat satu faktor dengan tingkat faktor lainnya[16].Keuntungan dari metode ini adalah hanya merangkum beberapa faktor tunggal saja, sehingga metode ini dapat menghemat waktu, alat, bahan, biaya, tenaga, dan sekaligus dapat mendeteksi keterikatan antara faktor. Selain kelebihan ada juga kelemahan dari metode ini, seperti semakin banyak faktor yang dipelajari, kombinasi perlakuan semakin meningkat dan jumlah spesimen semakin banyak[16].

Full factorial Design memiliki beberapa jenis salah satunya adalah desain faktorial 3^k yang merupakan metode yang diterapkan pada penelitian ini. Desain faktorial 3^k terdiri dari 2 faktor sebagai k menjadi pangkat dan 3 level menjadi bilangan utama. Misalnya desain eksperimen dengan dua faktor A dan B yang masing-masing terdiri atas tiga level akan ditulis sebagai desain eksperimen 3². Setelah mendapatkan rancangan eksperimen faktorial tahap selanjutnya akan membuat hipotesis atau analisis anova. Keputusan terhadap hipotesis nol (H0)

didasarkan pada nilai Ftabel, yakni selama statistik Fhitung melebihi Ftabel atau p-value kurang dari α (0,05), keputusannya adalah menolak H0. Untuk menentukan H0 yang diterima atau ditolak maka ketentuan yang harus diikuti adalah sebagai berikut[16] :

- a. Jika Fhitung > Ftabel maka H0 ditolak
- b. Jika Fhitung < Ftabel maka H0 diterima
- c. Jika signifikan atau probalitas > 0,05, maka H0 diterima
- d. Jika signifikan atau probalitas <0,05, maka H0 ditolak

Secara umum, dalam analisis anova yang dihitung sebagai berikut[16] :

1. Jumlah Kuadrat Total

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b y_{ijk}^2 - \frac{y^2}{abn} \dots\dots\dots (2.10)$$

2....Jumlah Kuadrat Mean

$$Adj MS : DF \dots\dots\dots (2.11)$$

3....Jumlah Kuadrat Faktor

$$SS_{Lama\ perendaman} = \frac{1}{bn} \sum_{i=1}^a y_i^2 - \frac{y^2}{abn} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$SS_{Fraksi\ Volume} = \frac{1}{an} \sum_{j=1}^b y_j^2 - \frac{y^2}{abn} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$SS_{AxB} = \frac{1}{n} \sum_{a=1}^a \sum_{b=1}^b y_{ij}^2 - \frac{y^2}{abn} - SS_{LP} - SS_{FV} \dots\dots\dots (2.14)$$

4....Jumlah Kuadrat Error

$$jke = jkt - jkm - jkf \dots\dots\dots (2.15)$$

5....F-Value

$$Adj MS : Error (Adj MS) \dots\dots\dots (2.16)$$

6....DF

$$Jumlah\ level - 1 \dots\dots\dots (2.17)$$

2.10. Helm Berstandar SNI

Menurut Badan Standarisasi Nasional, helm yang baik adalah helm yang telah lulus persyaratan berstandar nasional. Standar Indonesia yang berlaku adalah SNI 1181 2007 yang dikeluarkan oleh Badan Standardisasi Indonesia (BSN). SNI 1181-2007 memuat beberapa persyaratan mutu yang harus dipenuhi helmnya seperti material yang digunakan haruslah terbuat dari bahan yang kuat tetapi tidak terbuat dari logam, tahan suhu 0-55°C dan tidak sensitif terhadap radiasi ultraviolet, tahan terhadap efek bensin, minyak, bahan pembersih, dan tidak boleh berbahan iritasi serta berbahan yang mengurangi kekuatan bentur. Struktur helm harus terdiri dari cangkang keras dengan permukaan halus, lapisan penyerap guncangan dan tali dagu. Dari bagian atas helm hingga tingkat utama, yaitu tingkat horizontal yang melewati liang telinga, ketinggian helm minimal 114 mm. Pada permukaan bagian dalam cangkang dipasang peredam kejut berupa lapisan peredam kejut dengan ketebalan minimal 10 mm dan dengan jaring helm atau struktur serupa jaring helm lainnya[21]. Berikut standar helm SNI untuk uji tarik dan uji impak :

Tabel 2.2 Kekuatan Tarik dan Impak helm SNI

Kekuatan Tarik	33,93 Mpa	Mukhammad, et al. [22]
Kekuatan Impak	0,00972 J/mm ²	Mulyo, et al. [6]

2.11. Penelitian Terdahulu

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikankan pada bab 1, penelitian ini membahas tentang komposit berpenguat serat tandan sawit yang merujuk kepada pengaruh fraksi volume serat 15%, 20%, dan 25% dengan perendaman serat menggunakan asap cair selama 1, 2, 3 jam terhadap kekuatan tarik dan kekuatan impak. Maka dari itu, diperlukan rujukan penelitian terdahulu dengan pembahasan yang mirip.

Penelitian terdahulu yang mengenai tentang komposit berpenguat serat alam menggunakan perendaman asap cair masih terbilang sedikit, karena hanya dua

penelitian yang melakukan penelitian tersebut seperti penelitian Mukhlis, *et al.*[2] dengan judul efek dari cairan skeren chemis composisi dan thermal properti dari fiber dan penelitian Mukhlis, *et al.* [3] dengan judul pengaruh perlakuan sabut kelapa dengan asap cair terhadap sifat mekanik komposit.

Mukhlis, *et al.*[2]telah melakukan penelitian dengan judul efek dari cairan skeren chemis composisi dan thermal properti dari fiber. Dalam penelitian ini telah berhasil dilakukan pembuatan komposit berpenguat serat sago dengan perendaman asap cair selama 1, 2, 3, 4, dan 5 jamyang didapatkan di Kabupaten Luwu, Provinsi Sulawesi Selatan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa struktur fisik serat mengalami perubahan setelah serat direndam asap cair dibuktikan dari Hasil pengujian yang diamatai oleh elektron mikroskop Vega3 Tescan Scanning Electron Microscope (SEM) pada tegangan 5 kV. 3 (SEM-EDS dari SF). Hasil pengujian ditemukan bahwa sebelum perendaman serat menggunakan asap cair, serat tidak mengandung senyawa fosfor, tetapi setelah perlakuan P1J-P5J, fosfor meningkat masing masing- menjadi 15,45, 11,32, 9,34, 4,87, dan 19,08%. Sedangkan unsur kalsium terdegradasi dari 9,22% menjadi 0,29% setelah 1 jam perlakuan dan senyawa lignin mengalami degradasi. Dapat disimpulkan bahwa asap cair mampu mengubah struktur fisik serat sago.

Mukhlis, *et al.*[3]telah melakukan penelitian dengan judul pengaruh perlakuan sabut kelapa dengan asap cair terhadap sifat mekanik komposit. Dalam penelitian ini telah berhasil dilakukan pembuatan komposit berpenguat serat sabut kelapadengan waktu perendaman asap cair selama 1, 2, 3 jam dan tanpa perlakuan. Ada dua jenis pengujian yang dilakukan yaitu pengujian tarik dan pengujian impact, pada uji tarikserat melakukan pengeringan di oven pada suhu 40 °C selama 30 menit kemudian serat dipotong sepanjang 9 cm dan dibuat benda uji dengan penambahan lem dan kertas. Dari hasil uji tarik didapatkan nilai tertinggi pada perendaman serat sabut kelapa menggunakan asap cair selama 1 jam dengan nilai 79,655 Mpa dan nilai terendah pada perendaman asap cair 2 jam dengan nilai 48,187 Mpa. Untuk uji impact menggunakan variasi waktu perendaman 1, 2, 3 jam dan tanpa perlakuan, fraksi volume serat 2% dengan panjang serat 4 cm, dan

memakai resin YUKALAC 157 98%. Dari hasil uji impak didapatkan nilai tertinggi pada perendaman uji impak didapatkan pada perendaman selama 3 jam dengan nilai 2,128 kJ/m^2 dan nilai terendah pada perendaman selama 2 jam dengan nilai 1,085 kJ/m^2 .

Selanjutnya pembahasan penelitian yang merujuk kepada fraksi volume serat, komposit berpenguat serat tandan sawit dan perlakuan perendaman menggunakan senyawa lainnya terhadap uji tarik dan uji impak. Gunandar, *et al*[5] telah melakukan penelitian dengan judul analisis kekuatan tarik dan impak bahan komposit hibrid berpenguat serbuk kayu akasia dan tandan kosong kelapa sawit. Dalam penelitian ini telah berhasil dilakukan pembuatan komposit berpenguat serat tandan kosong kelapa sawit dan akasia dengan komposisi 60% resin + 40 % serbuk kayu akasia dan tandan kosong kelapa sawit. Dengan pembagian serat (40/0), (10/30), (20/20), (30/10), (0/40), serat dianyam dan menggunakan resin epoxy dengan pengujian tarik dan impak. Dari penelitian ini menunjukkan bahwa komposit yang memiliki fraksi volume serat diatas 25% menghasilkan komposit yang getas. Dibuktikan dari hasil penelitian ini yang menunjukkan bahwa nilai terendah terdapat pada fraksi volume serat 40% : matriks 60% dengan nilai uji tarik terendah 14,66 Mpa dan uji impak 49 J/mm^2 .

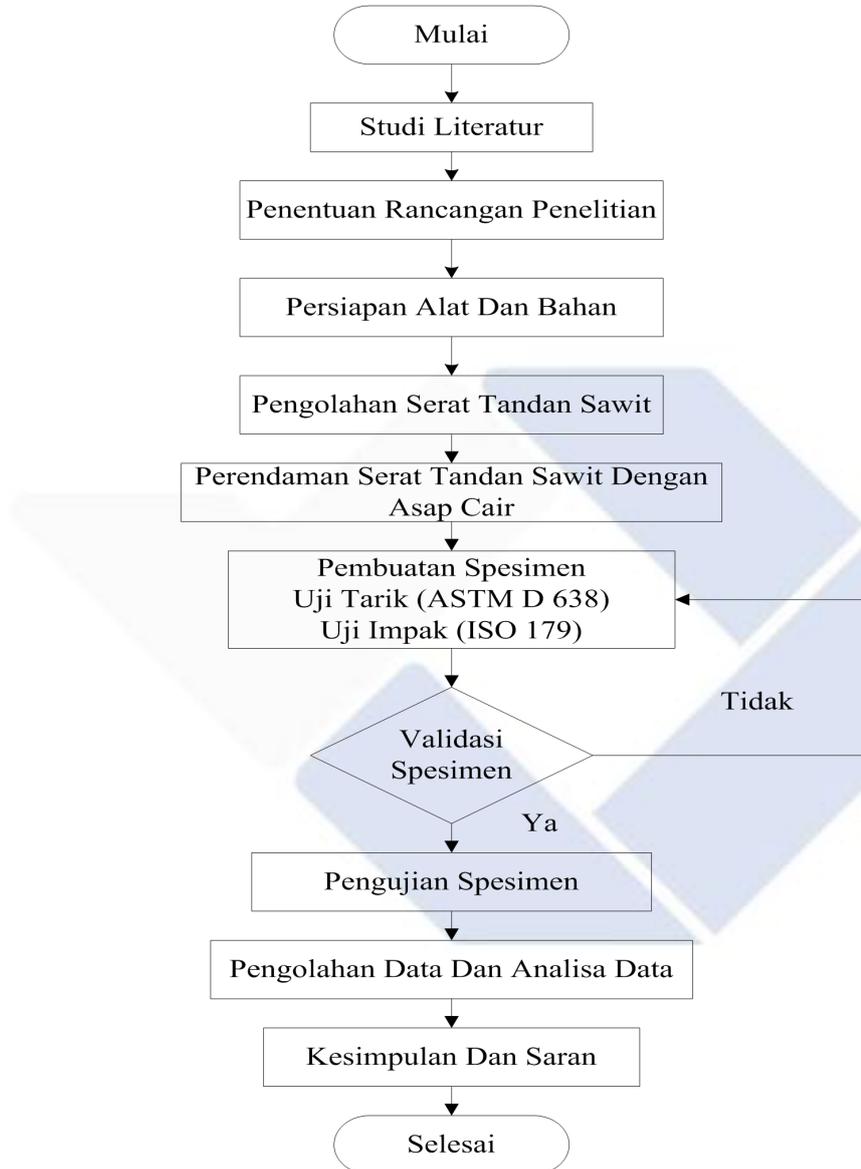
Surata, *et al*. [4] telah melakukan penelitian dengan judul studi sifat mekanis komposit epoxy berpenguat serat sisal orientasi acak yang dicetak dengan teknik hand-lay up. Dalam penelitian ini menggunakan komposit berpenguat serat sisal hasil ekstraksi dipotong dengan ukuran panjang 3 cm, direndam dalam larutan alkali 5% NaOH selama 2 jam, untuk menghilangkan kotoran dan lapisan lilin yang terdapat padanya serta memperkasar permukaan serat untuk memperkuat ikatan adhesi antara serat dengan matriks thermosetting seperti epoxy dan polyester. Serat dicuci dengan air bersih dan dikeringkan sampai beratnya konstan. Komposit dibuat dengan teknik press hand lay-up, dengan variasi fraksi volume serat 15%, 20%, dan 25% yang disusun secara acak. Komposit hasil cetakan mengalami post curing pada suhu 65 $^{\circ}\text{C}$ selama 2 jam. Spesimen uji tarik dibuat berdasarkan standar ASTM D3039, dan uji lentur mengacu pada standar ASTM

D790M. Pengujian tarik dilakukan dengan mesin uji tarik universal, dan pengujian lentur dengan metode tiga titik pembebanan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan volume serat berpengaruh terhadap kekuatan tarik dan kekuatan lentur. Dibuktikan dari nilai optimum tertinggi uji tarik difraksi volume serat 25% dengan nilai sebesar 19,77 Mpa dan nilai terendah difraksi volume serat 20% dengan nilai 14,853 Mpa. Sedangkan diuji lentur nilai tertinggi di fraksi volume serat 25% dengan nilai 45,27 Mpa dan nilai terendah difraksi volume serat 15% dengan nilai 45,27 Mpa 88,48 Mpa.



BAB III METODE PELAKSANAAN

3.1. Skema Alur Penelitian



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

3.2. Studi Literatur

Proses awal yang dilakukan penelitian ini adalah mengumpulkan data sebagai studi literatur, yang bertujuan untuk memperoleh teori atau konsep yang dapat

dijadikan sebagai landasan dalam mengidentifikasi suatu permasalahan. Pengambilan data penelitian ini juga dijadikan untuk sebagai pembandingan terhadap hasil uji yang akan dianalisis. Studi literatur tersebut dapat berupa buku, jurnal, penelitian terdahulu, internet yang relevan, dan survei lapangan.

3.3. Penentuan Rancangan Penelitian

3.3.1. Menentukan Rumusan Masalah Dan Tujuan Penelitian

Sebelum melakukan penelitian kita harus mencari permasalahan dan tujuan dalam suatu penelitian yang akan kita lakukan. Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh komposit serat tandan sawit dengan perendaman asap cair selama 1, 2, 3 jam, fraksi volume serat 15%, 20%, 25%, serat disusun sepanjang arah cetakan terhadap kekuatan tarik dan kekuatan impak. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan nilai kekuatan tarik dan impak yang optimal dari serat tandan sawit dengan fraksi volume serat 15%, 20%, 25% dengan perendaman asap cair selama 1, 2, 3.

3.3.2. Menentukan Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan untuk penelitian ini terbagi beberapa variabel yaitu :

1. Variabel Bebas

Variabel bebas yang didapatkan pada penelitian ini adalah pengaruh komposit serat tandan sawit dengan fraksi volume serat tandan sawit 15%, 20%, 25% dan perendaman serat menggunakan asap cair selama 1, 2, 3 jam.

2. Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini yaitu nilai kekuatan tarik dan impak komposit yang diperkuat serat tandan sawit.

3.3.3. Penentuan Tempat Penelitian

Pembuatan spesimen penelitian dilakukan di kost yang beralamat di Jl. Timah Raya dan di rumah yang beralamat di Belinyu. Untuk pengambilan data pada uji

tarik dan uji impak dilakukan di Laboratorium Material Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung (POLMAN BABEL).

3.4. Tahapan Penelitian

Adapun tahapan-tahapan pada penelitian ini yaitu :

3.4.1. Persiapan Alat Dan Bahan

1. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah :

a. Timbangan Digital

Timbangan digital digunakan untuk menimbang serat, resin, dan katalis, dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Timbangan Digital

b. Cetakan Uji Tarik Dan Uji Impak

Cetakan digunakan untuk mencetak spesimen komposit, pada penelitian ini menggunakan dua cetakan yaitu cetakan uji tarik D638-01 dan cetakan uji impak ISO 179-01, dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Cetakan Uji Tarik Dan Uji Impak

c. Plat Penekan

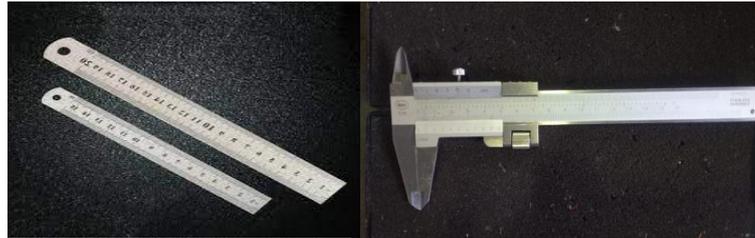
Plat terbuat dari baja digunakan untuk alat penekanan pada saat proses cetakan spesimen, dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Plat

d. Penggaris Dan Jangka Sorong

Penggaris berfungsi untuk mengukur dimensi spesimen, dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Penggaris Dan Jangka Sorong

e. Kikir

Kikir digunakan untuk membersihkan/menghaluskan spesimen dan untuk membuat takikan pada spesimen uji impak, dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Kikir

f. Wadah

Wadah digunakan sebagai tempat untuk merendam serat, membersihkan serat, dan tempat untuk serat, resin, katalis pada saat proses penimbangan, dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Wadah

g. Alat bantu lainnya : suntikan, pengaduk, gunting, pisau, kuas, dan spidol

2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Serat

Serat yang digunakan dalam proses pembuatan komposit adalah serat tandan sawit. Serat sangat penting dalam pembuatan komposit karena serat sebagai penompang kekuatan dari komposit, sehingga tinggi rendahnya kekuatan tergantung serat yang digunakan, dapat dilihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Serat Tandan Sawit

- Asap Cair

Asap Cair digunakan sebagai penghilang kotoran yang terdapat pada lapisan serat serta mengubah tekstur bahan serat alam, dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9 Asap Cair

- Resin

Resin digunakan sebagai material pengikat serat dalam pembuatan komposit, dalam penelitian ini menggunakan resin jenis polyester YUKALAC BQTN-157, dapat dilihat pada gambar 3.10.



Gambar 3.10 ResinPolyester

- *Katalis*

Katalis digunakan sebagai bahan pemicu yang berfungsi untuk mempercepat proses pengeringan pada komposit, dapat dilihat pada gambar 3.11.



Gambar 3.11 Katalis

- Wax

Wax yang digunakan adalah jenis mirror glaze berfungsi sebagai pelapis antara bidang cetakan dengan spesimen sehingga kedua bagian cetakan dan spesimen tidak saling menempel jika sudah menngeras, dapat dilihat pada gambar 3.12.



Gambar 3.12 Wax

3. Alat Pengujian

Alat yang digunakan pada proses pengujian adalah :

- Alat Uji Tarik

Dalam penelitian ini pengujian tarik komposit menggunakan mesin uji tarik Universal Testing Machining dengan merek Zwick Roell Z020, dapat dilihat pada gambar 3.13.



Gambar 3.13 Alat Uji Tarik

- **Alat Uji Impak**

Dalam penelitian ini pengujian impak komposit menggunakan mesin uji impak model charpy, dapat dilihat pada gambar 3.14.



Gambar 3. 14 Alat Uji Impak

3.4.2. Pengolahan Serat Tandan Sawit Dan Perendaman Dengan Asap Cair

Pada penelitian ini yang digunakan adalah serat tandan sawit. Untuk mendapatkan serat tandan sawit memerlukan tahapan proses, yaitu: (Gambar pengolahan serat tandan sawit dapat dilihat pada lampiran 4)

- Persiapkan tandan kelapa sawit yang telah diambil dari kebun
- Melakukan perendaman serat dengan cara direndam selama 1 hari dengan air bersih
- Setelah lunak dibelah pada bagian tandan sawit, lalu diuraikan/ dipotong sesuai panjang yang ditentukan lalu dikeringkan
- Setelah serat diuraikan dan dikeringkan, serat direndam dalam larutan asap cair 100 %, selama 1, 2, dan 3 jam
- Kemudian jemur serat tandan sawit dibawah sinar matahari hingga kering.

3.4.3. Pembuatan Spesimen

1. Fraksi Volume Komposit

Langkah awal pembuatan spesimen untuk pengujian tarik dan impak adalah mencari perhitungan fraksi volume komposit. Dalam perhitungan

memerlukan data seperti volume cetakan tarik (9,78 cm³), volume cetakan impact (3,2 cm³), massa jenis serat tandan sawit (0.23 g/cm³), massa jenis resin polyester (1,215 g/cm³), dan massa jenis katalis (1,25 g/cm³). Perhitungan fraksi volume komposit menggunakan rumus sebagai berikut :

a. Rumus Menghitung Volume Cetakan Komposit

Volume Cetakan (cm³)

$$\bullet \dots V_C = P \cdot l \cdot t \dots \dots \dots (3.1)$$

Keterangan :

- V_C : Volume Cetakan (cm³)
- P : Panjang Komposit (cm)
- L : Lebar Komposit (cm)
- t : Tebal Komposit (cm)

b. Rumus Menghitung Massa Jenis Serat

Volume Massa Jenis Serat

$$\bullet \dots P = \frac{M}{V} \dots \dots \dots (3.2)$$

Keterangan :

- P : Massa Jenis (g/cm³)
- M : Massa Serat tks (gr)
- V : Volume Cetakan (cm³)

c. Rumus Menghitung Volume Komposit

Volume Komposit Tanpa Serat

$$\bullet \dots V_{matriks} = (V_C \times P_{matriks}) \dots \dots \dots (3.3)$$

Keterangan :

- $V_{matriks}$: Volume matriks (g/mm³)
- V_C : Volume Cetakan (cm³)
- $P_{matriks}$: Massa Jenis Matriks (g/mm³)

Volume Komposit Tanpa Matriks

$$\bullet \dots V_S = V_C \times P_{serat} \dots \dots \dots (3.4)$$

Keterangan :

V_s : Volume Serat (g/mm^3)

V_c : Volume Cetakan (cm^3)

P_{serat} : Massa Jenis Serat (g/mm^3)

Jadi untuk mencari volume komposit bisa ditentukan dengan persamaan berikut ini :

- Volume Komposit

$$V_{komposit} = (\% \text{ serat} \times V_{serat}) + (\% \text{ matriks} \times V_{matriks}) \dots (3.5)$$

Keterangan :

$V_{komposit}$: Volume Komposit (gr)

V_{serat} : Volume Serat (cm^3)

$V_{matriks}$: Volume Matriks (cm^3)

- **Tabel Hasil Perhitungan Rasio Spesimen Uji Tarik Dan Uji Impak**

Tabel 3.1 Perhitungan Rasio Spesimen Uji Tarik Dan Uji Impak

Fraksi Volume Serat (%)	Berat Serat (g)	Berat Resin (g)	Berat Katalis (g)
15			
20			
25			

2. Proses Pembuatan Spesimen Uji Komposit

Proses pembuatan uji komposit serat dari tandan sawit dengan resin jenis polyester YUKALAC BQTN-157 adalah sebagai berikut : (Gambar proses pembuatan spesimen uji dapat dilihat pada lampiran 5)

- Persiapan serat tandan sawit yang telah dibersihkan dan telah melakukan perendaman asap cair selama 1, 2, 3 jam.

- Bersihkan cetakan, lalu olesi cetakan tersebut menggunakan wax agar pada saat mau membuka hasil benda uji tidak merekat pada cetakan dan mudah melepaskannya.
- Susun serat sepanjang arah cetakan.
- Kemudian kita melakukan proses untuk membuat serat secara bertahap sesuai volume cetakan dan sesuai ukuran standar untuk proses pengujian dari uji tarik dan uji impak.
- Kemudian campurkan resin polyester YUKALAC BQTN-157, adukkan dengan katalis untuk mempercepat proses pengeringan.
- Tuangkan campuran resin polyester YUKALAC BQTN-157 sesuai takaran ke dalam cetakan, kemudian serat yang masih keluar dari cetakan dirapikan dengan sendok setelah itu tutup dengan plat baja dan ditekan agar campuran resin masuk ke dalam serat.
- Lakukan pembuatan komposit dengan fraksi volume serat dan waktu perendaman serat yang berbeda-beda, untuk mendapatkan komposisi yang tepat nantinya.
- Pengeringan dilakukan sampai benar 1-3 jam dan apabila masih belum benar-benar kering, maka proses pengeringan dapat dilakukan lebih lama untuk memastikan material memang benar-benar kering nantinya.
- Proses pengambilan komposit dari cetakan yaitu menggunakan pisau
- Spesimen komposit uji impak yang telah jadi akan melakukan proses pembuatan takik. Dengan cara dikikir hingga ukuran takikan sesuai standar metode charpy.
- Komposit siap jadi spesimen benda uji, yaitu uji tarik dan uji impak.

3.5. Validasi Spesimen

Sebelum melakukan pengujian spesimen kekuatan tarik dan impact ada baiknya untuk memeriksa spesimen yang sudah dibuat sebelum dilakukan pengujian, dilakukannya pemeriksaan ini untuk melihat bentuk dan kelayakan dari spesimen tersebut apakah spesimen tersebut sudah sesuai dengan standar

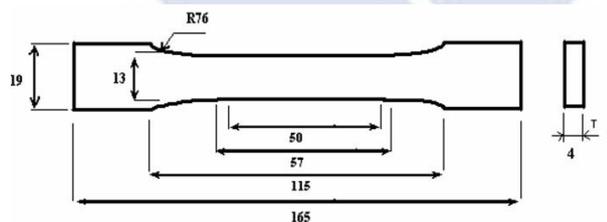
yang digunakan atau belum. (Gambar validasi spesimen uji dapat dilihat pada lampiran 5)

3.6. Prosedur Pengujian Penelitian

3.6.1. Pengujian Tarik

Proses pengujian material komposit menggunakan mesin uji tarik *universal testing machine*. Berikut ini langkah-langkah melakukan pengujian tarik :

- Menyiapkan spesimen dan alat yang akan digunakan pada proses pengujian tarik.
- Mengkalibrasi alat uji tarik yang akan digunakan.
- Menempatkan spesimen pada mesin uji tarik.
- Mengontrol alat agar spesimen yang telah ditempatkan tercekam dengan baik pada alat uji tarik.
- Memutar pengontrol kecepatan pada control panel uji tarik.
- Mengamati hasil pengukuran pada monitor control panel uji tarik.
- Spesimen uji tarik dibuat sesuai dengan standar ASTM D638 type 1 dengan panjang 165 mm, lebar 19 mm, lebar bagian dalam 13 mm, dan tebal 4 mm.
- Dimensi Spesimen Uji Tarik



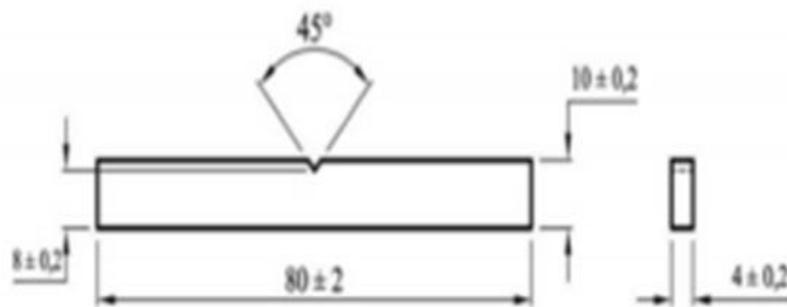
Gambar 3.15 Standar Pengujian ASTM D638-01

3.6.2. Pengujian Impak

Proses pengujian material komposit menggunakan mesin uji impak *charpy*. Berikut ini langkah-langkah melakukan pengujian impak :

- Memastikan jarum penunjuk pada posisi nol pada saat godam menggantung bebas.

- Meletakkan bahan spesimen diatas penopang, dan pastikan godam tepat memukul bagian tengah takikan
- Menaikkan godam secara perlahan-lahan sampai jarum penunjuk sudut menunjukkan sudut awal, dalam hal ini godam terkunci otomatis.
- Kemudian tekan tombol atau tuas pembebas kunci, sehingga godam tersebut mengayun kebawah dan akan mematahkan benda uji tersebut.
- Setelah uji tersebut patah, lakukan pengamatan dengan membuat data tertulis.
- Dimensi Spesimen Uji Impak (ISO 179-01) adalah Benda uji charpy mempunyai panjang 80 mm, lebar 10 mm, tebal 4 mm dan mengandung takik V- 45°, dengan jari-jari dasar 0,25 mm dan kedalaman 2 mm.



Gambar 3.16 Spesimen Uji Impak ISO 179-01

3.7. Pengolahan Data

Data hasil pengujian akan keluar setelah melakukan pengujian uji tarik dan uji impak, bentuk nilai yang di dapatkan berupa data tabel dan grafik. Pengujian ini dilakukan untuk melihat hasil dari pengujian spesimen komposit berpenguat serat tandan sawit. Berikut tabel yang digunakan dalam pengujian tarik dan pengujian impak dapat dilihat pada tabel 3.2 dan 3.3 :

Tabel 3.2 Data Pengujian Tarik (Mpa)

No	Lama Perendaman Serat (Jam)	Fraksi Volume (%)	Kekuatan Tarik (MPa)			Rata-rata MPa
			Spesimen			
			1	2	3	
1	1	15 : 85				
2	1	20 : 80				
3	1	25 : 75				
4	2	15 : 85				
5	2	20 : 80				
6	2	25 : 75				
7	3	15 : 85				
8	3	20 : 80				
9	3	25 : 75				

Tabel 3.3 Data Pengujian Uji Impak (kj/m²)

No	Lama Perendaman Serat (Jam)	Fraksi Volume (%)	Kekuatan Impak(kj/m ²)			Rata-rata (kj/m ²)
			Spesimen			
			1	2	3	
1	1	15 : 85				
2	1	20 : 80				
3	1	25 : 75				
4	2	15 : 85				
5	2	20 : 80				
6	2	25 : 75				
7	3	15 : 85				
8	3	20 : 80				
9	3	25 : 75				

3.8. Analisis Data

Analisis dilakukan dengan menggunakan metode desain eksperimen faktorial. Dalam penelitian ini, fraksi volume dan waktu perendaman serat menggunakan asap cair merupakan parameter yang diuji serta memiliki 3 level. Level antar parameter dapat dikalikan dan mendapatkan 9 kombinasi parameter dengan dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali sehingga diperoleh 27 data, jika dijumlahkan berjumlah 54 data yaitu 27 data uji tarik dan 27 uji impak. Desain faktorial dari penelitian ini didapat dari *software* minitab yang dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3.4 Level Dan Parameter Uji

Faktor	Level		
Fraksi Volume Serat (%)	15	20	25
Waktu Perendaman Serat (jam)	1	2	3

Tabel 3.5 Desain *Full Factorial*

Eksperimen	Fraksi Volume Serat (%)	Waktu Perendaman (jam)
1	15	1
2	15	2
3	15	3
4	20	1
5	20	2
6	20	3
7	25	1
8	25	2
9	25	3

Tabel 3.6 Uji ANOVA

Faktor	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Waktu perendaman asap cair					
Fraksi volume serat					
Waktu perendaman asap cair*Fraksi volume serat					
Error					
Total					

Setelah mendapatkan rancangan eksperimen faktorial tahap selanjutnya akan membuat hipotesis. Hipotesis dalam eksperimen ini adalah faktor yang berpengaruh terhadap kekuatan tarik dan kekuatan impact, dimana faktor tersebut mungkin berdiri sendiri ataupun berinteraksi dengan faktor yang lain. Hipotesis umum ini disebut sebagai hipotesis nol (H_0).

Adapun hipotesis nol dari eksperimen dalam penelitian ini adalah :

- Hipotesis Fraksi Volume Serat Tandan Sawit

H_{01} : Perbedaan fraksi volume serat tidak berpengaruh terhadap kekuatan tarik.

H_{02} : Perbedaan fraksi volume serat tidak berpengaruh terhadap kekuatan impact.

- Hipotesis Waktu Perendaman Serat Tandan Sawit Dengan Asap Cair

H_{03} : Perbedaan waktu perendaman serat menggunakan asap cair serat tidak berpengaruh terhadap kekuatan tarik.

H_{04} : Perbedaan waktu perendaman serat menggunakan asap cair tidak berpengaruh terhadap kekuatan impact.

- Hipotesis Interaksi Fraksi Volume Serat Tandan Sawit Dan Waktu Perendaman Serat Dengan Asap Cair

H_{05} : Perbedaan interaksi fraksi volume serat dan waktu perendaman serat menggunakan asap cair tidak berpengaruh terhadap kekuatan tarik.

H_{06} : Perbedaan interaksi fraksi volume serat dan waktu perendaman serat menggunakan asap cair tidak berpengaruh terhadap kekuatan impact.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini menggunakan serat tandan sawit dengan variasi volume serat, resin, katalis dan variasi waktu perendaman serat dengan asap cair. Penelitian dilakukan untuk mengetahui berpengaruh atau tidak variasi volume serat, resin, katalis, dan variasi waktu perendaman serat menggunakan asap cair terhadap kekuatan tarik dan kekuatan impak. Pengujian tarik menggunakan alat uji *Universal Testing Machining* merek *Zwick Roell Model Z20 Xforce K* dan pengujian impak menggunakan alat uji impak *GOTECH* model *GT-7045*. Data yang diperoleh akan diolah untuk mendapatkan sebuah kesimpulan tentang variasi faktor yang akan menghasilkan nilai kekuatan tarik dan kekuatan impak yang diharapkan.

4.1. Uji Tarik

4.1.1. Perhitungan Rasio Komposisi Serat

Pada proses penelitian dengan menggunakan serat tandan sawit dengan perbandingan volume serat dan matriks. Pengujian dilakukan untuk mengetahui perbedaan kekuatan serat tandan sawit dengan variasi volume serat 15%, 20%, 25% dan waktu perendaman serat menggunakan asap cair 1, 2, 3 jam. Pada penelitian ini dilakukan 3 kali replikasi. Perhitungan rasio untuk spesimen uji didapatkan dari 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, dan 2.5 dapat dilihat pada lampiran 2. Hasil perhitungan rasio spesimen uji tarik dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Rasio Spesimen Uji Tarik

Fraksi Volume Serat (%)	Berat Serat (g)	Berat Resin (g)	Berat Katalis (g)
15	0,33	10,1	0,25
20	0,44	9,50	0,23
25	0,56	8,91	0,22

4.1.2. Proses Pengambilan Data

Pada proses pengambilan data terdapat beberapa proses yang harus dilakukan secara berurutan. Proses ini diawali dengan studi pustaka, selanjutnya membuat spesimen uji tarik menggunakan resin YUKALAC polyester BQTN 157 berpenguat serat tandan sawit, fraksi volume serat 15%, 20%, 25% dan variasi waktu perendaman serat dengan asap cair selama 1, 2, 3 jam sehingga didapatkan 9 spesimen dan replikasi sebanyak 3 kali dengan jumlah spesimen 27. Spesimen uji tarik mengacu pada standar ASTM D-638 dengan ukuran panjang 165 mm, lebar 19 mm, lebar bagian dalam 13 mm, dan tebal 4 mm. Hasil cetakan spesimen uji telah diberi tanda dapat dilihat pada gambar 4.1 dan gambar 4.2.



Gambar 4.1 Spesimen Uji Tarik

Ketika semua benda uji telah dibuat dan diberi tanda, maka selanjutnya menyiapkan mesin uji tarik dan komputer yang akan digunakan, selanjutnya memasang dan mengatur titik nol pada benda uji dalam cetakan mesin uji, mengisi data material pada *Method Window* dan melakukan pengujian dengan menekan tombol *TEST* pada komputer untuk menghasilkan kekuatan tarik spesimen. Kegiatan pengujian tarik spesimen ditunjukkan pada gambar 4.2..



Gambar 4.2 Proses Pengujian Tarik

Ketika semua spesimen uji telah melakukan pengujian tarik , maka menghasilkan spesimen uji dengan kondisi telah terputus. Hasil spesimen uji yang telah di uji tarik menggunakan mesin dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Spesimen Setelah Dilakukan Uji Tarik

4.1.3. Data Pengujian

Pengujian tarik dilakukan menggunakan alat uji tarik model *Universal Testing Machining Zwick Roell Z020 Xforce K*. Dimana, nilai kekuatan tarik didapatkan secara otomatis setelah spesimen terputus. Nilai kekuatan tarik ditunjukkan pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Hasil Uji Tarik (Mpa)

No	Lama Perendaman Serat (Jam)	Fraksi Volume (%)	Kekuatan Tarik (MPa)			Rata-rata MPa
			Spesimen			
			1	2	3	
1	1	15 : 85	12,6	13,4	14,6	13,53
2	1	20 : 80	13,7	14,1	15,3	14,36
3	1	25 : 75	12,0	13,7	16,8	14,16
4	2	15 : 85	16,9	17,0	17,7	17,20
5	2	20 : 80	18,2	18,4	19,1	18,56
6	2	25 : 75	18,2	19,7	20,6	19,50
7	3	15 : 85	19,1	19,7	22,1	20,30
8	3	20 : 80	22,6	23,4	23,8	23,26
9	3	25 : 75	25,0	25,4	27,1	25,83

Dilihat dari hasil rata-rata kekuatan tarik pada tabel 4.3 adanya perbedaan nilai kekuatan, Perbedaan ini dipengaruhi spesimen uji yang menggunakan fraksi volume dan waktu perendaman dengan asap cair yang bervariasi. Perbedaan ini menyebabkan adanya nilai kekuatan tarik tertinggi dan terendah. Kekuatan tarik tertinggi terdapat pada fraksi volume serat 25% dengan waktu perendaman serat menggunakan asap cair selama 3 jam dan kekuatan terendah terdapat pada fraksi volume serat 15% dengan waktu perendaman serat menggunakan asap cair selama 1 jam.

4.1.4. Hasil Uji AnalysisOf Variance

Setelah data kekuatan tarik didapatkan, maka data tersebut akan diuji ANOVA menggunakan minitab versi 21.3 (*Minitab license*), perhitungan uji ANOVA dapat dilihat pada lampiran 6. Tabel 4.3 adalah data hasil uji ANOVA kekuatan tarik sebagai berikut :

Tabel 4.3 ANOVA Kekuatan Tarik

Faktor	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Waktu perendaman asap cair	2	373.701	186.850	123.20	0.000
Fraksi volume serat	2	36.423	18.211	12.01	0.000
Waktu perendaman asap cair*Fraksi volume serat	4	18.748	4.687	3.09	0.042
Error	18	27.300	1.517		
Total	26	456.172			

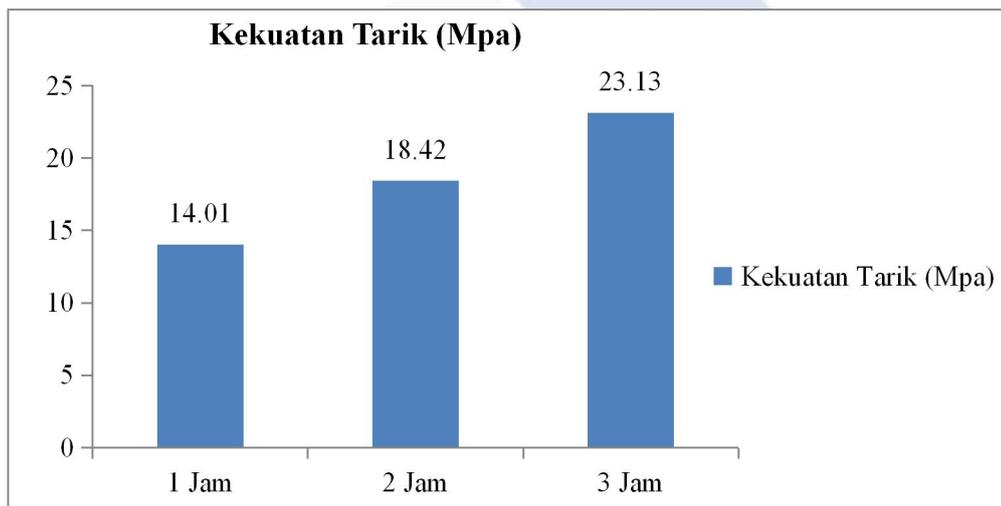
Dari tabel 4.3 menunjukkan nilai signifikansi data ANOVA kekuatan tarik yakni $F_{tabel} 0,05;2;18 = 3.55$ untuk faktor waktu perendaman dan fraksi volume serat dan $F_{tabel} 0,05;2;18 = 2.93$ untuk interaksi kedua faktor. F_{hitung} waktu perendaman asap cair = 123.20, F_{hitung} fraksi volume serat = 12.01, F_{hitung} interaksi kedua faktor = 3.09, Kedua nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ sehingga kedua nilai berada pada daerah berhasil menolak H_0 , Faktor a dan faktor b sebesar 0,000 dan interaksi sebesar 0,042 lebih kecil dari taraf nyata yang dipilih $\alpha = 0,05$.

Keputusan:

1. “Waktu perendaman asap cair” Berhasil menolak H_0 artinya bahwa waktu perendaman serat tandan sawit menggunakan asap cair berpengaruh terhadap kekuatan tarik.
2. “Fraksi volume serat” Berhasil menolak H_0 artinya bahwa fraksi volume serat tandan sawit berpengaruh terhadap kekuatan tarik.
3. “Interaksi kedua faktor” Berhasil menolak H_0 artinya bahwa interaksi kedua faktor tidak berpengaruh terhadap kekuatan tarik.

4.1.5. Analisis Faktor Waktu Perendaman Serat Menggunakan Asap Cair

Dari hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa kekuatan material komposit dipengaruhi oleh variasi waktu perendaman serat dengan asap cair. Serat mengalami perubahan struktur dan fisik pada saat direndam asap cair selama 3 jam seperti perubahan warna dari kuning kecoklatan menjadi warna cream hal ini membuktikan bahwa asap cair bekerja sebagai penghilang lapisan lignin dan sebagai perusak struktur serat dari kerusakan ini muncullah cela-cela pada struktur serat lalu cela-cela ini diisi dengan matriks menyebabkan serat lebih mengikat dengan matriks. Besarnya kekuatan tarik pada waktu perendaman serat tandan sawit menggunakan asap cair dapat dilihat pada gambar 4.4.

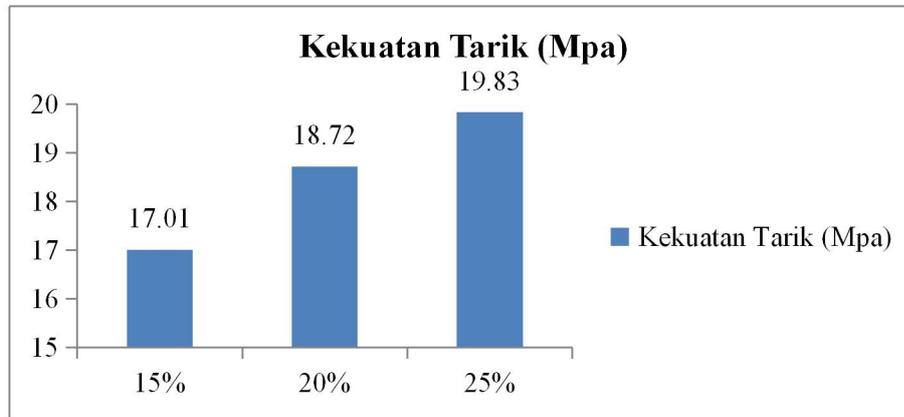


Gambar 4. 4 Kekuatan Tarik Berdasarkan Waktu Perendaman Asap Cair

4.1.6. Analisis Faktor Fraksi Serat Tandan Sawit

Dari hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa kekuatan material komposit dipengaruhi oleh presentase fraksi volume serat. Dimana pada fraksi volume 25% dirasa paling efektif saat ini karena memiliki serat yang lebih rapat dan lebih mengikat dengan matriksnya, terbukti dari hasil patahan sampel uji tarik menunjukkan bahwa serat masih mengikat pada matriks walaupun keadaannya telah patah. Hal ini lah yang membuat komposit mampu menahan regangan

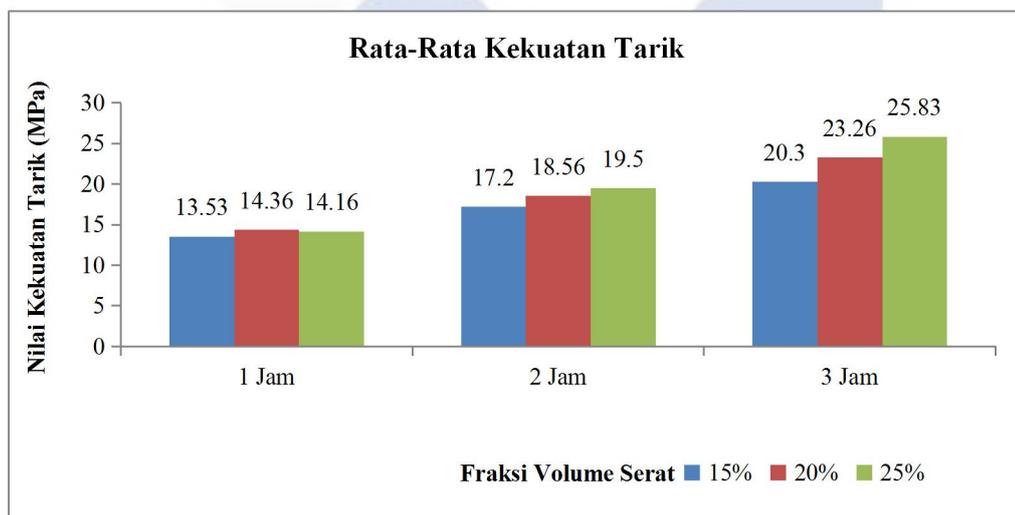
kekuatan tarik dan menghasilkan nilai kekuatan tarik yang tinggi. Besarnya kekuatan tarik pada fraksi volume serat tandan sawit dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Kekuatan Tarik Berdasarkan Fraksi Volume Serat Tandan Sawit

4.1.7. Analisis Interaksi Fraksi Volume Serat Dan Waktu Perendaman Serat Dengan Asap Cair

Nilai keseluruhan kekuatan tarik, maka dapat dilihat grafik hasil pengujian tarik yang ditunjukkan pada gambar 4.6.



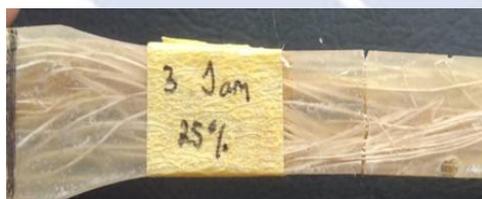
Gambar 4.6 Kekuatan Tarik Berdasarkan Interaksi Kedua Faktor

Dilihat dari grafik rata-rata kekuatan tarik pada gambar 4.6 menunjukkan bahwa terdapat nilai kekuatan tarik tertinggi dan terendah, kemungkinan yang bisa

menyebabkan turun dan naiknya kekuatan komposit tersebut adalah sebagai berikut:

- **Analisa Nilai Tertinggi Kekuatan Tarik**

Kekuatan tarik tertinggi berada pada spesimen uji yang menggunakan fraksi volume 25% : 75% dengan perendaman asap cair selama 3 jam dengan nilai uji tarik sebesar 25.83 Mpa. Dimana pada fraksi volume 25% ini paling efektif, karena memiliki serat yang lebih rapat dan lebih mengikat dengan matriksnya, terbukti dari hasil patahan sampel uji tarik yang menunjukkan bahwa serat masih mengikat pada matriks walaupun keadaannya telah patah dan komposit memiliki sedikit void cacat, hasil patahan dan kondisi cacat pada komposit (void). Serat juga mengalami perubahan struktur dan fisik pada saat direndam asap cair selama 3 jam, seperti perubahan warna dari kuning kecoklatan menjadi warna cream hal ini membuktikan bahwa asap cair bekerja sebagai penghilang lapisan lignin dan sebagai perusak struktur serat. Dari kerusakan inilah, terbentuknya cela-cela pada struktur serat, lalu cela-cela ini diisi dengan matriks sehingga terjadinya pengikatan sempurna antara serat dan matriks. Hal ini juga,berbanding lurus dengan penelitian M. Mukhlis,*et al.*[3] yang menunjukkan bahwa asap cair berpengaruh dalam meningkatkan struktur serat. Perubahan struktur pada serat, saat direndam asap cair dan hasil patahan dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4.7 Hasil Patahan Sampel Nilai Uji Tarik Tertinggi



Gambar 4.8 Hasil Perendaman Serat Tandan Sawit Dengan Asap Cair

- **Analisa Nilai Terendah Kekuatan Tarik**

Nilai kekuatan tarik terendah berada fraksi volume serat 15% : 85% dengan perendaman asap cair selama 1 jam dengan nilai kekuatan tarik 13.53 Mpa.. Hal ini disebabkan serat yang tidak rapat, dan kurangnya ikatan antara bahan pengikat dengan bahan penguat. Sehingga komposit memiliki banyak cacat(void),void berbentuk seperti rongga udara yang disebabkan adanya udara terjebak pada saat pembuatan komposit. Hal inilah membuat serat tidak mampu menahan regangan kekuatan tarik karena ikatan serat dengan matriks tidak sempurna sehingga kekuatan tarik menurun. Terbukti dari hasil patahan sampel uji tarik yang menunjukkan serat tidak mengikat pada matriks sehingga sampel mengalami putus dan patah, hasil patahan sampel nilai terendah setelah uji tarik dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4.9 Hasil Patahan Nilai Uji Tarik Terendah

4.2. Uji Impak

4.2.1. Perhitungan Rasio Komposisi Serat

Pada proses penelitian dengan menggunakan serat tandan sawit dengan perbandingan volume serat dan matriks. Pengujian dilakukan untuk mengetahui perbedaan kekuatan serat tandan sawit dengan variasi volume serat 15%, 20%, 25% dan waktu perendaman serat menggunakan asap cair 1, 2, 3 jam. Pada penelitian ini dilakukan 3 kali replikasi. Perhitungan rasio untuk spesimen uji didapatkan dari 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, dan 2.5 dapat dilihat pada lampiran 2. Hasil perhitungan rasio spesimen uji dampak dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Rasio Spesimen Uji Impak

Fraksi Volume Serat (%)	Berat Serat (g)	Berat Resin (g)	Berat Katalis (g)
15	0,11	3,30	0,08
20	0,14	3,11	0,07
25	0,18	2,91	0,07

4.2.2. Proses Pengambilan Data

Pada proses pengambilan data terdapat beberapa proses yang harus dilakukan secara berurutan. Proses ini diawali dengan studi pustaka, selanjutnya membuat spesimen uji tarik menggunakan resin polyester YUKALAC BQTN 157 berpenguat serat tandan sawit, fraksi volume serat 15%, 20%, 25% dan variasi waktu perendaman serat dengan asap cair selama 1, 2, 3 jam sehingga didapatkan 9 spesimen dan replikasi sebanyak 3 kali dengan jumlah spesimen 27. Spesimen uji impak mengacu pada standar ISO 179-01 dengan ukuran panjang 80 mm, Lebar 10, tebal 4 mm dan mengandung takik V- 45°, dengan jari-jari dasar 0,25 mm dan kedalaman 2 mm.. Hasil cetakan spesimen uji telah diberi tanda dapat dilihat pada gambar 4.10.



Gambar 4.10 Spesimen Uji Impak

Spesimen uji impak yang sudah tercetak dan diberi tanda selanjutnya menyiapkan alat uji impak (alat terkalibrasi dengan baik) dan melakukan pengujian dengan melepas pendulum untuk mendapatkan sudutakhir $\cos \beta$ dari

spesimen yang telah dicetak. Kegiatan pengujian impact spesimen ditunjukkan pada gambar 4.11.



Gambar 4.11 Proses Pengujian Impact

Ketika semua spesimen uji telah melakukan pengujian impact, maka menghasilkan spesimen uji dengan kondisi deformasi atau mengalami kerusakan. Hasil spesimen uji yang telah di uji impact menggunakan mesin dapat dilihat pada gambar 4.12.



Gambar 4.12 Spesimen Setelah Dilakukan Uji Impact

4.2.3. Data Pengujian

Pengujian impact dilakukan menggunakan alat uji impact model *GOTECH* tipe *GT-7045 Impact Tester*. Dimana sudut akhir $\cos \beta$ akan dihitung untuk menghasilkan nilai kekuatan impact dan data akan diolah untuk menghasilkan data yang dihasilkan sesuai dengan tujuan penelitian. Nilai kekuatan impact dihitung secara manual menggunakan persamaan 2.8 dan 2.9, perhitungannya dapat dilihat pada lampiran 3. Berikut data hasil pengujian impact ditunjukkan pada tabel 4.5 data hasil uji impact (kJ/m^2).

Tabel 4.5 Data Hasil Uji Impak (kJ/m²)

No	Lama Perendaman Serat (Jam)	Fraksi Volume (%)	Kekuatan Impak (kJ/m ²)			Rata-rata (kJ/m ²)
			Spesimen			
			1	2	3	
1	1	15 : 85	34,68	45,62	45,62	41,97
2	1	20 : 80	49,37	49,37	53,43	50,72
3	1	25 : 75	53,43	61,25	65,31	59,99
4	2	15 : 85	41,87	49,37	53,43	48,22
5	2	20 : 80	61,25	65,31	65,31	63,95
6	2	25 : 75	53,43	109,37	114,37	92,39
7	3	15 : 85	49,37	49,37	53,43	50,72
8	3	20 : 80	49,37	65,31	78,12	64,62
9	3	25 : 75	138,43	163,75	168,75	156,97

Dilihat dari hasil rata-rata kekuatan tarik pada tabel 4.3 adanya perbedaan nilai kekuatan, Perbedaan ini dipengaruhi spesimen uji yang menggunakan fraksi volume dan waktu perendaman dengan asap cair yang bervariasi. Perbedaan ini menyebabkan adanya nilai kekuatan tarik tertinggi dan terendah. Kekuatan tarik tertinggi terdapat pada fraksi volume serat 25% dengan waktu perendaman serat menggunakan asap cair selama 3 jam dan kekuatan terendah terdapat pada fraksi volume serat 15% dengan waktu perendaman serat menggunakan asap cair selama 1 jam.

4.2.4. Hasil Uji Analysis Of Variance

Setelah data kekuatan impact didapatkan, maka data tersebut akan diuji ANOVA menggunakan minitab versi 21.3 (*Minitab license*), perhitungan uji ANOVA dapat dilihat pada lampiran 6. Tabel 4.6. adalah data hasil uji ANOVA kekuatan impact sebagai berikut :

Tabel 4. 6 ANOVA Kekuatan Impact

Faktor	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Waktu perendaman asap cair	2	7153.2	3576.6	18.46	0.000
Fraksi volume serat	2	15609.2	7804.6	40.29	0.000
Waktu perendaman asap cair*Fraksi volume serat	4	7953.2	1988.3	10.26	0.000
Error	18	3487.2	193.7		
Total	26	34202.8			

Dari tabel 4.7 menunjukkan nilai signifikansi data ANOVA kekuatan impak yakni yakni $F_{tabel} 0,05;2;18 = 3.55$ untuk faktor waktu perendaman dan fraksi volume serat dan $F_{tabel} 0,05;2;18 = 2.93$ untuk interaksi kedua faktor. F_{hitung} fraksi volume serat = 40.29, F_{hitung} interaksi kedua faktor = 10.26, ketiga nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ sehingga ketiga nilai berada pada daerah berhasil menolak H_0 , faktor a, faktor b, dan interaksi sebesar 0,000 lebih kecil dari taraf nyata yang dipilih $\alpha = 0,05$.

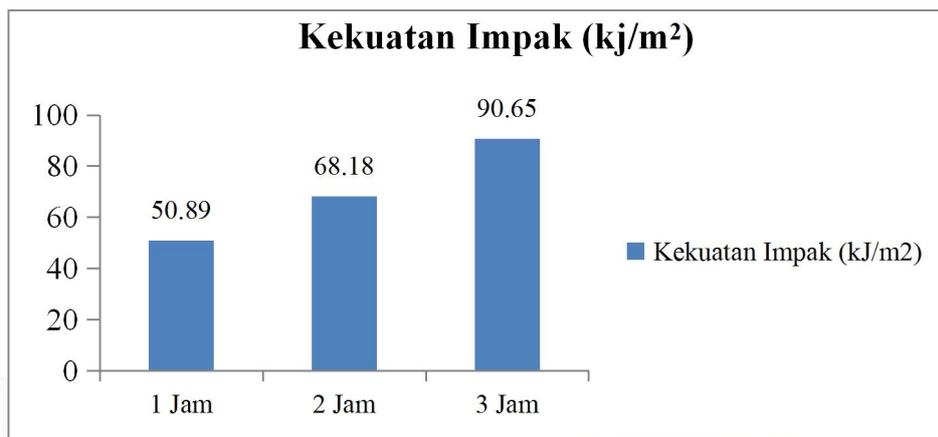
Keputusan:

1. “Waktu perendaman asap cair” Berhasil menolak H_0 artinya bahwa waktu perendaman serat tandan sawit menggunakan asap cair berpengaruh terhadap kekuatan impak.
2. “Fraksi volume serat” Berhasil menolak H_0 artinya bahwa fraksi volume serat tandan sawit berpengaruh terhadap kekuatan impak.
3. “Interaksi kedua faktor” berhasil menolak H_0 artinya bahwa interaksi kedua faktor berpengaruh terhadap kekuatan impak.

4.2.5. Analisis Faktor Waktu Perendaman Serat Menggunakan Asap Cair

Dari hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa kekuatan material komposit dipengaruhi oleh variasi waktu perendaman serat dengan asap cair. Serat mengalami perubahan struktur dan fisik pada saat direndam asap cair selama 3

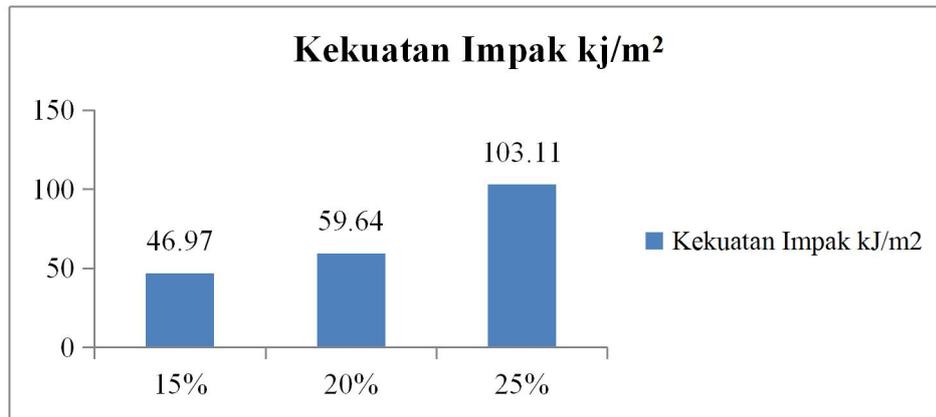
jam seperti perubahan warna dari kuning kecoklatan menjadi warna cream hal ini membuktikan bahwa asap cair bekerja sebagai penghilang lapisan lignin dan sebagai perusak struktur serat dari kerusakan ini muncullah cela-cela pada struktur serat lalu cela-cela ini diisi dengan matriks menyebabkan serat lebih mengikat dengan matriks. Besarnya kekuatan impak pada waktu perendaman serat tandan sawit menggunakan asap cair dapat dilihat pada gambar 4.13.



Gambar 4.13 Kekuatan Impak Berdasarkan Waktu Perendaman Asap Cair

4.2.6. Analisis Faktor Fraksi Serat Tandan Sawit

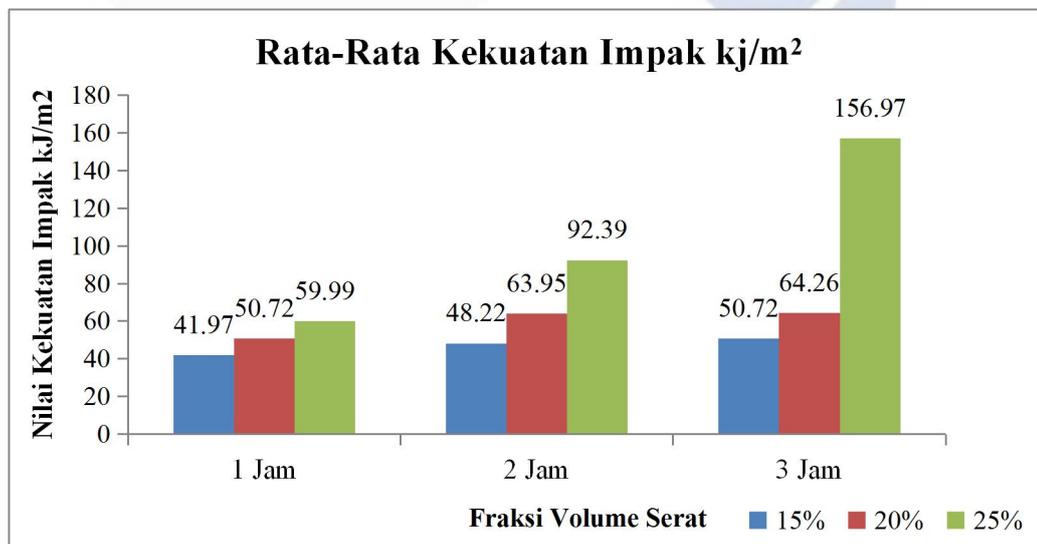
Dari hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa kekuatan material komposit dipengaruhi oleh presentase fraksi volume serat. Dimana pada fraksi volume 25% dirasa paling efektif saat ini karena memiliki serat yang lebih rapat dan lebih mengikat dengan matriksnya, terbukti dari hasil patahan sampel uji tarik menunjukkan bahwa serat masih mengikat pada matriks walaupun keadaannya telah patah. Hal ini lah yang membuat komposit mampu menahan regangan kekuatan tarik dan menghasilkan nilai kekuatan tarik yang tinggi. Besarnya kekuatan impak pada fraksi volume serat tandan sawit dapat dilihat pada gambar 4.14.



Gambar 4.14 Kekuatan Impak Berdasarkan Fraksi Volume Serat Tandan Sawit

4.2.7. Analisis Interaksi Fraksi Volume Serat Dan Waktu Perendaman Serat Dengan Asap Cair

Nilai keseluruhan kekuatan impak, maka dapat dilihat grafik hasil pengujian impak yang ditunjukkan pada gambar 4.15.



Gambar 4.15 Kekuatan impak Berdasarkan Interaksi Kedua Faktor

Dilihat dari grafik rata-rata kekuatan impak pada gambar 4.15 menunjukkan bahwa terdapat nilai kekuatan impak tertinggi dan terendah, kemungkinan yang bisa menyebabkan turun dan naiknya kekuatan komposit tersebut adalah sebagai berikut:

1. Analisa Nilai Tertinggi Kekuatan Impak

Kekuatan impact tertinggi berada pada spesimen uji yang menggunakan fraksi volume 25% : 75% dengan perendaman asap cair selama 3 jam dengan nilai uji tarik sebesar 156.97 kJ/m². Dimana pada fraksi volume 25% ini paling efektif, karena memiliki serat yang lebih rapat dan lebih mengikat dengan matriksnya, terbukti dari kondisi komposit serat tandan sawit setelah diuji impact yang hanya mengalami sedikit deformasi atau kerusakan. Jika komposit mengalami sedikit deformasi pada saat uji impact maka komposit tersebut memiliki kekuatan yang tangguh. Serat juga mengalami perubahan struktur dan fisik pada saat direndam asap cair selama 3 jam, seperti perubahan warna dari kuning kecoklatan menjadi warna cream hal ini membuktikan bahwa asap cair bekerja sebagai penghilang lapisan lignin dan sebagai perusak struktur serat. Dari kerusakan inilah, terbentuknya cela-cela pada struktur serat, lalu cela-cela ini diisi dengan matriks sehingga terjadinya pengikatan sempurna antara serat dan matriks. Hal ini juga,berbanding lurus dengan penelitian M. Mukhlis, *et al.*[3] yang menunjukkan bahwa asap cair berpengaruh dalam meningkatkan struktur serat. Hasil Deformasi setelah diuji impact dan perubahan struktur pada serat saat direndam asap cair dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4.16 Hasil Deformasi Sampel Nilai Uji Impact Tertinggi



Gambar 4.17 Hasil Perendaman Serat Tandan Dengan Asap Cair

- **Analisa Nilai Terendah Kekuatan Impak**

Nilai kekuatan impak terendah berada fraksi volume serat 15% : 85% dengan perendaman asap cair selama 1 jam dengan nilai kekuatan impak 41.97 kJ/m². Hal ini disebabkan serat yang tidak rapat, dan kurangnya ikatan antara bahan pengikat dengan bahan penguat. Sehingga komposit mengalami deformasi atau kerusakan yang cukup banyak, apabila komposit mengalami banyak deformasi setelah diuji impak maka komposit tersebut terbilang tidak tangguh dan cenderung getas. Hal inilah membuat serat tidak mampu menahan beban kejut kekuatan impak karena ikatan serat dengan matriks tidak sempurna, hasil deformasi atau kerusakan pada komposit uji impak dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4.16 Hasil Deformasi Sampel Nilai Uji Impak Terendah

4.3. Perbandingan Dengan Penelitian Terdahulu

Berdasarkan hasil data pengujian dan analisa yang didapatkan, maka diperlukan perbandingan dengan penelitian terdahulu yang berfungsi untuk melihat kelebihan dan kekurangan penelitian ini dengan penelitian terdahulu. Berikut kelebihan dan kekurangan penelitian ini dengan penelitian terdahulu :

Tabel 4.7 Perbandingan

Nilai Uji	Helm SNI		
	Penelitian ini	M.Mukhlis, <i>et al.</i> [3]	Syarat SNI
Kekuatan Tarik (Mpa)	25,83	79,65	33,93
Kekuatan Impak (J/mm ²)	0,1567	0,0108	0,0097

Dari tabel diatas, dapat dilihat bahwa nilai kekuatan tarik pada penelitian ini memiliki nilai tarik sebesar 25,83 Mpa dan kekuatan tarik pada penelitian Mukhlis, et al.[3] memiliki nilai tarik 79,65 Mpa. Maka, penelitian Mukhlis, *et al.*[3] mampu mencapai kekuatan tarik yang disyaratkan oleh SNI dalam pembuatan helm, syarat kekuatan tarik dari SNI yaitu : 33,93 Mpa. Sedangkan penelitian ini, nilai uji tariknya belum memenuhi syarat nilai tarik pada standar helm SNI. Hal ini, disebabkan oleh bahan penguat dan bahan pengikat pada penelitian Mukhlis, et al.[3] lebih banyak dibandingkan penelitian ini. Pada penelitian ini, sampel uji tariknya hanya menggunakan serat tandan sawit sebagai bahan penguat dan resin polyester YUKALAC 157 sebagai bahan pengikat. Sedangkan, pada penelitian [3] sampel uji tariknya menggunakan serat kelapa dan kertas sebagai bahan penguat dan polyester YUKALAC 157 serta lem sebagai bahan pengikat. Namun, pada penelitian ini memiliki nilai impak yang lebih tinggi dibandingkan penelitian Mukhlis, et al.[3]. Nilai kekuatan impak pada penelitian ini, memiliki nilai impak sebesar 0,1567 J/mm² dan kekuatan impak pada penelitian Mukhlis, *et al.*[3] memiliki nilai impak 0,0108 J/mm². Maka, penelitian ini mampu mencapai kekuatan impak yang disyaratkan oleh SNI dalam pembuatan helm, syarat kekuatan impak dari SNI yaitu : 0,0097 J/mm², sedangkan penelitian Mukhlis, *et al.*[3] nilai uji impaknya belum memenuhi syarat nilai impak pada standar helm SNI. Hal ini, disebabkan oleh ukuran serat dan

fraksi volume serat. Pada penelitian ini menggunakan serat panjang sedangkan penelitian Mukhlis, *et al.*[3] menggunakan serat pendek. Umumnya, serat panjang lebih efisien dalam penyusunannya karena dapat mengalirkan beban maupun gaya ke arah serat lainnya. Fraksi volume juga, sangat menentukan kinerja pada komposit apabila fraksi volume terlalu kecil maka komposit akan getas . Dikarenakan, bahan pengikat lebih besar daripada bahan penguat padahal bahan penguat sangat berperan penting dalam komposit karena berfungsi sebagai penompang tumpukkan pada komposit. Pada penelitian ini, menggunakan fraksi volume serat 25% dan pada penelitian Mukhlis, *et al.*[3], menggunakan fraksi volume serat 2%.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan data-data yang didapatkan maka disimpulkan bahwa dari beberapa variasi fraksi volume dan lama perendaman asap cair pada serat tandan sawit didapatkan nilai rata-rata kekuatan tarik dan kekuatan impak *maximum* terdapat pada fraksi volume serat 25% dan lama waktu perendaman serat tandan sawit menggunakan asap cair selama 3 jam dan nilai rata-rata kekuatan tarik dan kekuatan impak *minimum* terdapat fraksi volume serat 15% dan lama perendaman serat tandan sawit menggunakan asap cair selama 1 jam. Dari hasil pengolahan data penelitian yang didapatkan sesuai standar uji ANOVA, keputusan akhirnya menyatakan bahwa setiap faktor uji dan interaksi antar faktor memiliki pengaruh terhadap kekuatan tarik dan kekuatan impak.

5.2 Saran

Untuk pengembangan penelitian yang berkaitan dengan komposit serat tandan sawit dan asap cair, maka penulis ingin memberikan saran agar bisa membantu para peneliti selanjutnya untuk melakukan penelitiannya, yaitu :

1. Pada penelitian selanjutnya saat pengambilan serat ditanaman seperti serat tandan sawit, sebisa mungkin pengambilannya di satu pohon kelapa sawit saja agar hasilnya valid karena setiap pohon menghasilkan struktur serat yang berbeda.
2. Pada penelitian selanjutnya saat pembelian asap cair atau cairan lainnya yang digunakan untuk perendaman serat , sebisa mungkin produk larutannya menyertai kandungan senyawa agar mempermudah peneliti melakukan analisa.
3. Pada penelitian selanjutnya perlunya melakukan foto mikro atau uji *Scanning Electron Microscope*(SEM) untuk melihat struktur komposit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anwar, H. (2022). Luas Perkebunan Sawit Dikepulauan Bangka Belitung,

doi: <https://distan.babelprov.go.id/content/luas-kebun-sawit>.

- [2] Muslimin, M., Kamil, K., Budi, S. A. S., Wardana. (2019). Efek Dari Cairan Skeren Chemis Composisi Dan Thermal Properti Dari Fiber, *Jurnal Jiaotong Barat Daya*, doi : kan10.35741/issn.0258-2724.54.6.15 libk. 54.
- [3] Muslimin, M., Hardi, W., Mustofa, R. (2021). Pengaruh Perlakuan Sabut Kelapa Dengan Asap Cair Terhadap Sifat Mekanik Komposit, *Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Khairun*, doi : <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202132807010>.
- [4] I. W. Surata., I. P. Lokantara., eta P. Arimbawa., (2016). Studi Sifat Mekanis Komposit Epoxy Berpenguat Serat Sisal Orientasi Acak Yang Dicitak Dengan Teknik Hand-lay up, *Jurnal Energi dan Manufaktur Vol 9. No. 2, April 2016 (143-146)*, Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali, doi: <http://ojs.unud.ac.id/index.php/jem>.
- [5] A. W. Gunandar., (2021). Analisis Kekuatan Tarik Dan Impak Bahan Komposit Hibrid Berpenguat Serbuk Kayu Akasia Dan Tandan Kosong Kelapa Sawit, *Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Islam Riau Pekanbaru*.
- [6] B. T. Mulyo eta H. Yudiono., (2018). Analisis Kekuatan Impak Pada Komposit Serat Daun Nanas Untuk Bahan Dasar Pembuatan Helm SNI, *Jurnal Kompetensi Teknik Vol. 10, No.2*.
- [7] H. Fahmi., N. Arifin., (2014). Pengaruh Variasi Komposisi Komposit Resin Epoxy / Serat, *Jurnal Teknik Mesin Vol.4, No.2, : 84 -89*
- [8] D. H. Sirait., (2010). *Material Komposit*. Jakarta: Erlangga.
- [9] K. van Rijswijk and M.sc., (2001). Natural Fibre Composite Structures And Materials, *Lab. fac. Aerops. Eng. Delft Univ. Technol.*
- [10] R. M. Jones., (1999). *Mechanics Of Composite Materials, Second*. Francis: *taylor and francis group*.
- [11] R. F. Gibson., (2015). *Principles Of Composite Material Mechanics, Fourth*. Francis: *Taylor and Francis Group*.
- [12] Dameanto. P., (2011). Pembuatan Dan Karakterisasi Papan Partikel Komposit Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Pengikat Polietilena

Kerapatan Tinggi Hasil Daur Ulang, *Universitas Sumatra Utara Medan*.

- [13] A. Putri eta K. Wardani. Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Material Tekstil Dengan Pewarna Alam Untuk Produk Kriya, *Jurnal Tingkat Sarjana Senirupa dan Desain* No.1–10.
- [14] S. S. Darnoko, Guritno P., A. Sugiharto., (2005). Pulping of Oil Palm Empty Fruit Bunches With Surfactant In : *Oil Palm Trunk and Other Palmwood*, or. 87.
- [15] Kamulyan., (2008). Isolasi Bahan Bakar(Biofuels) dari Tar-asap cair hasil pirolisis tempurung kelapa, *UGM, FMIPA. Yogyakarta: FMIPA UGM*.
- [16] K. Fitriani, A.N. Fitrah, E. Hambali., (2017). Aplikasi Asap Cair Pada Lateks, *Jurnal PASTI* Volume IX No 1, 28 – 34.
- [17] Salahudin.X., Prabowo. T. A., Pramono. c., Widodo. S., (2020). Optimasi Kekuatan Lentur Komposit Serat Batang Kecombrang Dengan Variasi Panjang Serat, *Prosiding Seminar Nasional Riset Teknologi Terapan*.
- [18] Irfal. M. A., Rokhim. M.A., (2021). Pengaruh Arah Sudut Dan Lama Perendaman Serat Pada Larutan KOH Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekuatan Bending Komposit Dengan Matrik Epoxy.*JTM*, libk. 09 NOMOR 01, or. 135–144.
- [19] Douglas.C.Montgomery, (2017).Design And Analysis Of Experiments,*Nint Editi. Arizona*.
- [20] Osama.M.S, «Pengaruh Variasi Fraksi Volume Dan Lama Perlakuan NaOH Pada Komposit Serat Teu Dengan Matrik Polyester Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekuatan Impak», *Ripostory POLMAN BABEL*, libk. D, 2022.
- [21] A. F. H. Mukhammad eta B. Setyoko., (2014) Studi Kelayakan Mekanik Komposit Serat Rami Acak-Polyester Sebagai Bahan Helm Standar SNI, *Jurnal Traksi*,Vol. 14 No. 2, 30–42.
- [22] F. Ramadhani, P. Pascasarjana, F. Matematika, D. A. N. Ilmu, P. Alam, eta U. S. Utara., (2013). Terdiri Dari Campuran Polietilen Densitas Rendah (Ldpe) Dengan Pengisi Bentonit Alam,*Universutas Sumatra Utara, Medan*.

- [23] M. Ueda, K. Mimura, et al. T. K. Jeong., (2016). In situ observation of kink-band formation in a unidirectional carbon fiber reinforced plastic by X-ray computed tomography imaging, *Adv. Compos. Mater.*, libk. 25, zenb. 1, or. 31–43, 2016, doi: 10.1080/09243046.2014.973173.





LAMPIRAN 1
DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi



Nama : Sindy Muriana
Tempat, Tanggal Lahir : Belinyu, 10 September 2001
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Alamat : Dusun Mulakarya, Desa Gunung Muda,
Kecamatan
Belinyu, Kabupaten Bangka, Kepulauan Bangka
Belitung
No telpon/HP : 082217879617
Email : picuttt@gmail.com

2. Riwayat Pendidikan

SD N 23 Parit 4 Belinyu (2007-2013)
SMP N 2 Belinyu (2013-2016)
SMA N 1 Belinyu (2016-2019)
D-IV POLMAN NEGERI BABEL (2019-2023)

Sungailiat, 03 Januari 2023

Sindy Muriana



LAMPIRAN 2

PERHITUNGAN RASIO VOLUME MATRIKS DAN SERAT

1. Perhitungan Spesimen Uji Tarik

Diketahui : $V_{\text{Cetakan tarik}} = 9,78 \text{ cm}^3$

Massa Jenis Serat Tandan Sawit = $0,23 \text{ gr/cm}^3$

$$\text{Massa Jenis Resin} = 1,215 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Massa Jenis Katalis} = 1,25 \text{ gr/cm}^3$$

Ditanya : Volume serat, volume resin, dan volume katalis ?

Jawaba :

- 15% : 85 %

$$\begin{aligned} V_{\text{Serat}} &= V_{\text{Cetakan tarik}} \times \text{Presentase Serat} \times \text{Massa Jenis Serat} \\ &= 9,78 \text{ cm}^3 \times 15\% \times 0,23 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 0,33 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{Resin}} &= V_{\text{Cetakan tarik}} \times \text{Presentase Resin} \times \text{Massa Jenis Resin} \\ &= 9,78 \text{ cm}^3 \times 85\% \times 1,215 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 10,1 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{Katalis}} &= V_{\text{Resin}} \times \text{Presentase Katalis} \times \text{Massa Jenis Katalis} \\ &= 10,1 \text{ gr} \times 2\% \times 1,25 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 0,25 \text{ gr} \end{aligned}$$

- 20% : 80%

$$\begin{aligned} V_{\text{Serat}} &= V_{\text{Cetakan tarik}} \times \text{Presentase Serat} \times \text{Massa Jenis Serat} \\ &= 9,78 \text{ cm}^3 \times 20\% \times 0,23 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 0,44 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{Resin}} &= V_{\text{Cetakan tarik}} \times \text{Presentase Resin} \times \text{Massa Jenis Resin} \\ &= 9,78 \text{ cm}^3 \times 80\% \times 1,215 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 9,50 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{Katalis}} &= V_{\text{Resin}} \times \text{Presentase Katalis} \times \text{Massa Jenis Katalis} \\ &= 9,50 \text{ gr} \times 2\% \times 1,25 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 0,23 \text{ gr} \end{aligned}$$

- 25% : 75%

$$\begin{aligned} V_{\text{Serat}} &= V_{\text{Cetakan tarik}} \times \text{Presentase Serat} \times \text{Massa Jenis Serat} \\ &= 9,78 \text{ cm}^3 \times 25\% \times 0,23 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 0,56 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{Resin}} &= V_{\text{Cetakan tarik}} \times \text{Presentase Resin} \times \text{Massa Jenis Resin} \\
 &= 9,78 \text{ cm}^3 \times 75\% \times 1,215 \text{ gr/cm}^3 \\
 &= 8,91 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{Katalis}} &= V_{\text{Resin}} \times \text{Presentase Katalis} \times \text{Massa Jenis Katalis} \\
 &= 8,91 \text{ gr} \times 2\% \times 1,25 \text{ gr/cm}^3 \\
 &= 0,22 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Spesimen Uji Impak

Diketahui : $V_{\text{Cetakan impak}}$	= 3,2 cm ³
Massa Jenis Serat Tandan Sawit	= 0,23 gr/cm ³
Massa Jenis Resin	= 1,215 gr/cm ³
Massa Jenis Katalis	= 1,25 gr/cm ³

Ditanya : Volume serat, volume resin, dan volume katalis ?

Jawaba :

- 15% : 85 %

$$\begin{aligned}
 V_{\text{Serat}} &= V_{\text{Cetakan impak}} \times \text{Presentase Serat} \times \text{Massa Jenis Serat} \\
 &= 3,2 \text{ cm}^3 \times 15\% \times 0,23 \text{ gr/cm}^3 \\
 &= 0,11 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{Resin}} &= V_{\text{Cetakan impak}} \times \text{Presentase Resin} \times \text{Massa Jenis Resin} \\
 &= 3,2 \text{ cm}^3 \times 85\% \times 1,215 \text{ gr/cm}^3 \\
 &= 3,30 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{Katalis}} &= V_{\text{Resin}} \times \text{Presentase Katalis} \times \text{Massa Jenis Katalis} \\
 &= 3,30 \text{ gr} \times 2\% \times 1,25 \text{ gr/cm}^3 \\
 &= 0,082 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

- 20% : 80%

$$\begin{aligned}
 V_{\text{Serat}} &= V_{\text{Cetakan impak}} \times \text{Presentase Serat} \times \text{Massa Jenis Serat} \\
 &= 3,2 \text{ cm}^3 \times 20\% \times 0,23 \text{ gr/cm}^3 \\
 &= 0,14 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{Resin}} &= V_{\text{Cetakan impak}} \times \text{Presentase Resin} \times \text{Massa Jenis Resin} \\
 &= 3,2 \text{ cm}^3 \times 80\% \times 1,215 \text{ gr/cm}^3 \\
 &= 3,11 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{Katalis}} &= V_{\text{Resin}} \times \text{Presentase Katalis} \times \text{Massa Jenis Katalis} \\
 &= 3,11 \text{ gr} \times 2\% \times 1,25 \text{ gr/cm}^3 \\
 &= 0,077 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

- 25% : 75%

$$\begin{aligned}
 V_{\text{Serat}} &= V_{\text{Cetakan impak}} \times \text{Presentase Serat} \times \text{Massa Jenis Serat} \\
 &= 3,2 \text{ cm}^3 \times 25\% \times 0,23 \text{ gr/cm}^3 \\
 &= 0,18 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{Resin}} &= V_{\text{Cetakan tarik}} \times \text{Presentase Resin} \times \text{Massa Jenis Resin} \\
 &= 3,2 \text{ cm}^3 \times 75\% \times 1,215 \text{ gr/cm}^3 \\
 &= 2,91 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{Katalis}} &= V_{\text{Resin}} \times \text{Presentase Katalis} \times \text{Massa Jenis Katalis} \\
 &= 2,91 \text{ gr} \times 2\% \times 1,25 \text{ gr/cm}^3 \\
 &= 0,072 \text{ gr}
 \end{aligned}$$



LAMPIRAN 3

PERHITUNGAN UJI IMPAK

1. PERENDAMAN 1 JAM

- **Fraksi Volume 15 %**
 - a. **(Sampel 1)**

Diket : I	= 400 mm	Ditanya : h0	?
cos α	= cos 150 ⁰	h1	?
cos β	= cos 139 ⁰	E	?
m	= 2,5 kg	A	?
g	= 10 m/s ²	H	?
P	= 8		
L	= 4		

Jawab :

$$h_0 = 1(1 - \cos \alpha)$$

$$h_0 = 400 \text{ mm} (1 - \cos 150^0)$$

$$h_0 = 746,4101 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1(1 - \cos \beta)$$

$$h_1 = 400 \text{ mm} (1 - \cos 139^0)$$

$$h_1 = 701,8838 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$

$$E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (746,4101 \text{ mm} - 701,8838 \text{ mm})$$

$$E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0445 \text{ m}$$

$$E = 1,11 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$

$$E = 1,11 \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{s}^2$$

$$E = 1,11 \text{ J}$$

$$A = P \times L$$

$$A = 32 \text{ mm}^2$$

$$H = \frac{E}{A}$$

$$H = \frac{1,11 \text{ J}}{32 \text{ mm}^2}$$

$$H = 0,03468 \text{ J/mm}^2$$

$$H = 34,68 \text{ kj/m}^2$$

b. (Sampel 2)

Diket : I	= 400 mm	Ditanya : h0	?
cos α	= cos 150 ⁰	h1	?

$$\begin{array}{ll} \cos \beta &= \cos 136^{\circ} & E & ? \\ m &= 2,5 \text{ kg} & A & ? \\ g &= 10 \text{ m/s}^2 & H & ? \\ P &= 8 \\ L &= 4 \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} \text{Jawab : } h_0 &= 1(1 - \cos \alpha) \\ h_0 &= 400 \text{ mm} (1 - \cos 150^{\circ}) \\ h_0 &= 746,4101 \text{ mm} \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} h_1 &= 1(1 - \cos \beta) \\ h_1 &= 400 \text{ mm} (1 - \cos 136^{\circ}) \\ h_1 &= 687,735 \text{ mm} \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} E &= m \times g (h_0 - h_1) \\ E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (746,4101 \text{ mm} - 687,735 \text{ mm}) \\ E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0586 \text{ m} \\ E &= 1,46 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m} \\ E &= 1,46 \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{s}^2 \\ E &= 1,46 \text{ J} \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} A &= P \times L \\ A &= 32 \text{ mm}^2 \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} H &= \frac{E}{A} \\ H &= \frac{1,46 \text{ J}}{32 \text{ mm}^2} \\ H &= 0,04562 \text{ J/mm}^2 \\ H &= 45,62 \text{ kJ/m}^2 \end{array}$$

c. (Sampel 3)

$$\text{Diket : } l = 400 \text{ mm}$$

$$\text{Ditanya : } h_0 \text{ ?}$$

$\cos \alpha$	$= \cos 150^0$	h_1	$?$
$\cos \beta$	$= \cos 136^0$	E	$?$
m	$= 2,5 \text{ kg}$	A	$?$
g	$= 10 \text{ m/s}^2$	H	$?$
P	$= 8$		
L	$= 4$		

Jawab :

$$h_0 = 1(1 - \cos \beta)$$

$$h_0 = 400 \text{ mm} (1 - \cos 150^0)$$

$$h_0 = 746,4101 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1(1 - \cos \alpha)$$

$$h_1 = 400 \text{ mm} (1 - \cos 136^0)$$

$$h_1 = 687,735 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$

$$E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (746,4101 \text{ mm} - 687,735 \text{ mm})$$

$$E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0586 \text{ m}$$

$$E = 1,46 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$

$$E = 1,46 \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{s}^2$$

$$E = 1,46 \text{ J}$$

$$A = P \times L$$

$$A = 32 \text{ mm}^2$$

$$H = \frac{E}{A}$$

$$H = \frac{1,46 \text{ J}}{32 \text{ mm}^2}$$

$$H = 0,04562 \text{ J/mm}^2$$

$$H = 45,62 \text{ kj/m}^2$$

- **Fraksi Volume 20 %**
- a. **(Sampel 1)**

Diket : I	= 400 mm	Ditanya : h0	?
cos α	= cos 150 ⁰	h1	?
cos β	= cos 135 ⁰	E	?
m	= 2,5 kg	A	?
g	= 10 m/s ²	H	?
P	= 8		
L	= 4		

Jawab : h0 = 1(1 - cos α)
h0 = 400 mm (1 - cos 150⁰)
h0 = 746,4101 mm

h1 = 1(1 - cos β)
h1 = 400 mm (1 - cos 135⁰)
h1 = 682,842 mm

E = m × g (h₀ - h₁)
E = 2,5 kg × 10 m/s² × (746,4101 mm - 682,842 mm)
E = 2,5 kg × 10 m/s² × 0,0635 m
E = 1,58 kg × $\frac{m}{s^2}$ × m
E = 1,58 kg × m²/s²
E = 1,58 J

A = P × L
A = 32 mm²

H = $\frac{E}{A}$
H = $\frac{1,58 J}{32 mm^2}$
H = 0,04937 J/mm²
H = 49,37 kJ/m²

b. (Sampel 2)

Diket : I	= 400 mm	Ditanya : h0	?
cos α	= cos 150 ⁰	h1	?
cos β	= cos 135 ⁰	E	?
m	= 2,5 kg	A	?
g	= 10 m/s ²	H	?
P	= 8		
L	= 4		

Jawab : h0 = 1(1 - cos α)
h0 = 400 mm (1 - cos 150⁰)
h0 = 746,4101 mm

h1 = 1(1 - cos β)
h1 = 400 mm (1 - cos 135⁰)
h1 = 682,842 mm

E = m × g (h₀ - h₁)
E = 2,5 kg × 10 m/s² × (746,4101 mm - 682,842 mm)
E = 2,5 kg × 10 m/s² × 0,0635 m
E = 1,58 kg × $\frac{m}{s^2}$ × m
E = 1,58 kg × m²/s²
E = 1,58 J

A = P × L
A = 32 mm²

H = $\frac{E}{A}$
H = $\frac{1,58 J}{32 mm^2}$
H = 0,04937 J/mm²
H = 49,37 kJ/m²

c. (Sampel 3)

Diket : I	= 400 mm	Ditanya : h0	?
cos α	= cos 150 ⁰	h1	?
cos β	= cos 134 ⁰	E	?
m	= 2,5 kg	A	?
g	= 10 m/s ²	H	?
P	= 8		
L	= 4		

Jawab :

$$h_0 = 1(1 - \cos \beta)$$
$$h_0 = 400 \text{ mm} (1 - \cos 150^0)$$
$$h_0 = 746,4101 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1(1 - \cos \alpha)$$
$$h_1 = 400 \text{ mm} (1 - \cos 134^0)$$
$$h_1 = 677,863 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$
$$E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (746,4101 \text{ mm} - 677,863 \text{ mm})$$
$$E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0685 \text{ m}$$
$$E = 1,71 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$
$$E = 1,71 \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{s}^2$$
$$E = 1,71 \text{ J}$$

$$A = P \times L$$
$$A = 32 \text{ mm}^2$$

$$H = \frac{E}{A}$$
$$H = \frac{1,71 \text{ J}}{32 \text{ mm}^2}$$
$$H = 0,04562 \text{ J/mm}^2$$
$$H = 45,62 \text{ kj/m}^2$$

- **Fraksi Volume 25 %**

a. (Sampel 1)

Diket : I	= 400 mm	Ditanya : h0	?
cos α	= cos 150 ⁰	h1	?
cos β	= cos 134 ⁰	E	?
m	= 2,5 kg	A	?
g	= 10 m/s ²	H	?
P	= 8		
L	= 4		

Jawab :

$$h_0 = 1(1 - \cos \alpha)$$

$$h_0 = 400 \text{ mm} (1 - \cos 150^0)$$

$$h_0 = 746,4101 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1(1 - \cos \beta)$$

$$h_1 = 400 \text{ mm} (1 - \cos 134^0)$$

$$h_1 = 677,863 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$

$$E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (746,4101 \text{ mm} - 677,863 \text{ mm})$$

$$E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0685 \text{ m}$$

$$E = 1,71 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$

$$E = 1,71 \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{s}^2$$

$$E = 1,71 \text{ J}$$

$$A = P \times L$$

$$A = 32 \text{ mm}^2$$

$$H = \frac{E}{A}$$

$$H = \frac{1,71 \text{ J}}{32 \text{ mm}^2}$$

$$H = 0,04562 \text{ J/mm}^2$$

$$H = 45,62 \text{ kj/m}^2$$

b. (Sampel 2)

Diket : I	= 400 mm	Ditanya : h0	?
$\cos \alpha$	= $\cos 150^\circ$	h1	?
$\cos \beta$	= $\cos 132^\circ$	E	?
m	= 2,5 kg	A	?
g	= 10 m/s ²	H	?
P	= 8		
L	= 4		

Jawab :

$$h_0 = 1(1 - \cos \alpha)$$
$$h_0 = 400 \text{ mm} (1 - \cos 150^\circ)$$
$$h_0 = 746,4101 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1(1 - \cos \beta)$$
$$h_1 = 400 \text{ mm} (1 - \cos 132^\circ)$$
$$h_1 = 667,652 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$
$$E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (746,4101 \text{ mm} - 667,652 \text{ mm})$$
$$E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0787 \text{ m}$$
$$E = 1,96 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$
$$E = 1,96 \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{s}^2$$
$$E = 1,96 \text{ J}$$

$$A = P \times L$$
$$A = 32 \text{ mm}^2$$

$$H = \frac{E}{A}$$
$$H = \frac{1,96 \text{ J}}{32 \text{ mm}^2}$$
$$H = 0,06125 \text{ J/mm}^2$$
$$H = 61,25 \text{ kj/m}^2$$

c. (Sampel 3)

Diket : I	= 400 mm	Ditanya : h0	?
cos α	= cos 150 ⁰	h1	?
cos β	= cos 131 ⁰	E	?
m	= 2,5 kg	A	?
g	= 10 m/s ²	H	?
P	= 8		
L	= 4		

Jawab :

$$h_0 = 1(1 - \cos \alpha)$$
$$h_0 = 400 \text{ mm} (1 - \cos 150^0)$$
$$h_0 = 746,4101 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1(1 - \cos \beta)$$
$$h_1 = 400 \text{ mm} (1 - \cos 131^0)$$
$$h_1 = 662,423 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$
$$E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (746,4101 \text{ mm} - 662,423 \text{ mm})$$
$$E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0839 \text{ m}$$
$$E = 2,09 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$
$$E = 2,09 \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{s}^2$$
$$E = 2,09 \text{ J}$$

$$A = P \times L$$
$$A = 32 \text{ mm}^2$$

$$H = \frac{E}{A}$$
$$H = \frac{2,09 \text{ J}}{32 \text{ mm}^2}$$
$$H = 0,06531 \text{ J/mm}^2$$
$$H = 65,31 \text{ kj/m}^2$$

2. PERENDAMAN 2 JAM

- **Fraksi Volume 15 %**

a. (Sampel 1)

Diket : I	= 400 mm	Ditanya : h0	?
$\cos \alpha$	= $\cos 150^0$	h1	?
$\cos \beta$	= $\cos 137^0$	E	?
m	= 2,5 kg	A	?
g	= 10 m/s ²	H	?
P	= 8		
L	= 4		

Jawab : h0 = 1(1 - $\cos \alpha$)
h0 = 400 mm (1 - $\cos 150^0$)
h0 = 746,4101 mm

h1 = 1(1 - $\cos \beta$)
h1 = 400 mm (1 - $\cos 137^0$)
h1 = 692,541 mm

E = m × g (h₀ - h₁)
E = 2,5 kg × 10 m/s² × (746,4101 mm - 692,541 mm)
E = 2,5 kg × 10 m/s² × 0,0538 m
E = 1,34 kg × $\frac{m}{s^2}$ × m
E = 1,34 kg × m²/s²
E = 1,34 J

A = P × L
A = 32 mm²

H = $\frac{E}{A}$
H = $\frac{1,34 J}{32 mm^2}$
H = 0,04187 J/mm²

$$H = 41,87 \text{ kJ/m}^2$$

b. (Sampel 2)

Diket : I	= 400 mm	Ditanya : h0	?
cos α	= cos 150 ⁰	h1	?
cos β	= cos 135 ⁰	E	?
m	= 2,5 kg	A	?
g	= 10 m/s ²	H	?
P	= 8		
L	= 4		

Jawab :

$$h_0 = 1(1 - \cos \alpha)$$

$$h_0 = 400 \text{ mm} (1 - \cos 150^0)$$

$$h_0 = 746,4101 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1(1 - \cos \beta)$$

$$h_1 = 400 \text{ mm} (1 - \cos 135^0)$$

$$h_1 = 682,842 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$

$$E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (746,4101 \text{ mm} - 682,842 \text{ mm})$$

$$E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0635 \text{ m}$$

$$E = 1,58 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$

$$E = 1,58 \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{s}^2$$

$$E = 1,58 \text{ J}$$

$$A = P \times L$$

$$A = 32 \text{ mm}^2$$

$$H = \frac{E}{A}$$

$$H = \frac{1,58 \text{ J}}{32 \text{ mm}^2}$$

$$H = 0,04937 \text{ J/mm}^2$$

$$H = 49,37 \text{ kJ/m}^2$$

c. (Sampel 3)

Diket : I	= 400 mm	Ditanya : h0	?
cos α	= cos 150 ⁰	h1	?
cos β	= cos 134 ⁰	E	?
m	= 2,5 kg	A	?
g	= 10 m/s ²	H	?
P	= 8		
L	= 4		

Jawab :

$$h_0 = 1(1 - \cos \alpha)$$
$$h_0 = 400 \text{ mm} (1 - \cos 150^0)$$
$$h_0 = 746,4101 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1(1 - \cos \beta)$$
$$h_1 = 400 \text{ mm} (1 - \cos 134^0)$$
$$h_1 = 677,863 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$
$$E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (746,4101 \text{ mm} - 677,863 \text{ mm})$$
$$E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0685 \text{ m}$$
$$E = 1,71 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$
$$E = 1,71 \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{s}^2$$
$$E = 1,71 \text{ J}$$

$$A = P \times L$$
$$A = 32 \text{ mm}^2$$

$$H = \frac{E}{A}$$
$$H = \frac{1,71 \text{ J}}{32 \text{ mm}^2}$$
$$H = 0,04562 \text{ J/mm}^2$$
$$H = 45,62 \text{ kj/m}^2$$

- **Fraksi Volume 20 %**

a. (Sampel 1)

Diket : I	= 400 mm	Ditanya : h0	?
cos α	= cos 150 ⁰	h1	?
cos β	= cos 132 ⁰	E	?
m	= 2,5 kg	A	?
g	= 10 m/s ²	H	?
P	= 8		
L	= 4		

Jawab :

$$h_0 = 1(1 - \cos \alpha)$$

$$h_0 = 400 \text{ mm} (1 - \cos 150^0)$$

$$h_0 = 746,4101 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1(1 - \cos \beta)$$

$$h_1 = 400 \text{ mm} (1 - \cos 132^0)$$

$$h_1 = 667,652 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$

$$E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (746,4101 \text{ mm} - 667,652 \text{ mm})$$

$$E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0787 \text{ m}$$

$$E = 1,96 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$

$$E = 1,96 \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{s}^2$$

$$E = 1,96 \text{ J}$$

$$A = P \times L$$

$$A = 32 \text{ mm}^2$$

$$H = \frac{E}{A}$$

$$H = \frac{1,96 \text{ J}}{32 \text{ mm}^2}$$

$$H = 0,06125 \text{ J/mm}^2$$

$$H = 61,25 \text{ kJ/m}^2$$

b. (Sampel 2)

Diket : I	= 400 mm	Ditanya : h0	?
cos α	= cos 150 ⁰	h1	?
cos β	= cos 131 ⁰	E	?
m	= 2,5 kg	A	?
g	= 10 m/s ²	H	?
P	= 8		
L	= 4		

Jawab :

$$h_0 = 1(1 - \cos \alpha)$$

$$h_0 = 400 \text{ mm} (1 - \cos 150^0)$$

$$h_0 = 746,4101 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1(1 - \cos \beta)$$

$$h_1 = 400 \text{ mm} (1 - \cos 131^0)$$

$$h_1 = 662,423 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$

$$E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (746,4101 \text{ mm} - 662,423 \text{ mm})$$

$$E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0839 \text{ m}$$

$$E = 2,09 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$

$$E = 2,09 \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{s}^2$$

$$E = 2,09 \text{ J}$$

$$A = P \times L$$

$$A = 32 \text{ mm}^2$$

$$H = \frac{E}{A}$$

$$H = \frac{2,09 \text{ J}}{32 \text{ mm}^2}$$

$$H = 0,06531 \text{ J/mm}^2$$

$$H = 65,31 \text{ kJ/m}^2$$

c. (Sampel 3)

Diket : I	= 400 mm	Ditanya : h0	?
cos α	= cos 150 ⁰	h1	?
cos β	= cos 131 ⁰	E	?
m	= 2,5 kg	A	?
g	= 10 m/s ²	H	?
P	= 8		
L	= 4		

Jawab :

$$h_0 = 1(1 - \cos \alpha)$$

$$h_0 = 400 \text{ mm} (1 - \cos 150^0)$$

$$h_0 = 746,4101 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1(1 - \cos \beta)$$

$$h_1 = 400 \text{ mm} (1 - \cos 131^0)$$

$$h_1 = 662,423 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$

$$E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (746,4101 \text{ mm} - 662,423 \text{ mm})$$

$$E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0839 \text{ m}$$

$$E = 2,09 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$

$$E = 2,09 \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{s}^2$$

$$E = 2,09 \text{ J}$$

$$A = P \times L$$

$$A = 32 \text{ mm}^2$$

$$H = \frac{E}{A}$$

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{2,09 J}{32 \text{ mm}^2} \\
 H &= 0,06531 \text{ J/mm}^2 \\
 H &= 65,31 \text{ kJ/m}^2
 \end{aligned}$$

• **Fraksi Volume 25 %**

a. (Sampel 1)

Diket : I	= 400 mm	Ditanya : h0	?
cos α	= cos 150 ⁰	h1	?
cos β	= cos 134 ⁰	E	?
m	= 2,5 kg	A	?
g	= 10 m/s ²	H	?
P	= 8		
L	= 4		

Jawab :

$$\begin{aligned}
 h_0 &= 1(1 - \cos \alpha) \\
 h_0 &= 400 \text{ mm} (1 - \cos 150^0) \\
 h_0 &= 746,4101 \text{ mm} \\
 \\
 h_1 &= 1(1 - \cos \beta) \\
 h_1 &= 400 \text{ mm} (1 - \cos 134^0) \\
 h_1 &= 677,863 \text{ mm} \\
 \\
 E &= m \times g (h_0 - h_1) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (746,4101 \text{ mm} - 677,863 \text{ mm}) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0685 \text{ m} \\
 E &= 1,71 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m} \\
 E &= 1,71 \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{s}^2 \\
 E &= 1,71 \text{ J} \\
 \\
 A &= P \times L \\
 A &= 32 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{E}{A} \\
 H &= \frac{1,71 J}{32 \text{ mm}^2} \\
 H &= 0,04562 \text{ J/mm}^2 \\
 H &= 45,62 \text{ kJ/m}^2
 \end{aligned}$$

b. (Sampel 2)

Diket : I	= 400 mm	Ditanya : h0	?
cos α	= cos 150 ⁰	h1	?
cos β	= cos 121 ⁰	E	?
m	= 2,5 kg	A	?
g	= 10 m/s ²	H	?
P	= 8		
L	= 4		

Jawab :

$$\begin{aligned}
 h_0 &= 1(1 - \cos \alpha) \\
 h_0 &= 400 \text{ mm} (1 - \cos 150^0) \\
 h_0 &= 746,4101 \text{ mm} \\
 \\
 h_1 &= 1(1 - \cos \beta) \\
 h_1 &= 400 \text{ mm} (1 - \cos 121^0) \\
 h_1 &= 606,015 \text{ mm} \\
 \\
 E &= m \times g (h_0 - h_1) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (746,4101 \text{ mm} - 606,015 \text{ mm}) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,1403 \text{ m} \\
 E &= 3,50 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m} \\
 E &= 3,50 \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{s}^2 \\
 E &= 3,50 \text{ J} \\
 \\
 A &= P \times L \\
 A &= 32 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{E}{A} \\
 H &= \frac{3,50 J}{32 \text{ mm}^2} \\
 H &= 0,10937 \text{ J/mm}^2 \\
 H &= 109,37 \text{ kJ/m}^2
 \end{aligned}$$

c. (Sampel 3)

Diket : I	= 400 mm	Ditanya : h0	?
cos α	= cos 150 ⁰	h1	?
cos β	= cos 120 ⁰	E	?
m	= 2,5 kg	A	?
g	= 10 m/s ²	H	?
P	= 8		
L	= 4		

Jawab :

$$\begin{aligned}
 h_0 &= 1(1 - \cos \alpha) \\
 h_0 &= 400 \text{ mm} (1 - \cos 150^0) \\
 h_0 &= 746,4101 \text{ mm} \\
 \\
 h_1 &= 1(1 - \cos \beta) \\
 h_1 &= 400 \text{ mm} (1 - \cos 120^0) \\
 h_1 &= 600 \text{ mm} \\
 \\
 E &= m \times g (h_0 - h_1) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (746,4101 \text{ mm} - 600 \text{ mm}) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,1464 \text{ m} \\
 E &= 3,66 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m} \\
 E &= 3,66 \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{s}^2 \\
 E &= 3,66 \text{ J} \\
 \\
 A &= P \times L \\
 A &= 32 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{E}{A} \\
 H &= \frac{3,66 J}{32 \text{ mm}^2} \\
 H &= 0,11437 J/\text{mm}^2 \\
 H &= 114,37 \text{ kJ}/\text{m}^2
 \end{aligned}$$

3. PERENDAMAN 3 JAM

- Fraksi Volume 15 %
- a. (Sampel 1)

Diket : I	= 400 mm	Ditanya : h0	?
cos α	= cos 150 ⁰	h1	?
cos β	= cos 135 ⁰	E	?
m	= 2,5 kg	A	?
g	= 10 m/s ²	H	?
P	= 8		
L	= 4		

Jawab :

$$\begin{aligned}
 h_0 &= 1(1 - \cos \alpha) \\
 h_0 &= 400 \text{ mm} (1 - \cos 150^0) \\
 h_0 &= 746,4101 \text{ mm} \\
 \\
 h_1 &= 1(1 - \cos \beta) \\
 h_1 &= 400 \text{ mm} (1 - \cos 135^0) \\
 h_1 &= 682,842 \text{ mm} \\
 \\
 E &= m \times g (h_0 - h_1) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m}/\text{s}^2 \times (746,4101 \text{ mm} - 682,842 \text{ mm}) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m}/\text{s}^2 \times 0,0635 \text{ m} \\
 E &= 1,58 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m} \\
 E &= 1,58 \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{s}^2
 \end{aligned}$$

$$E = 1,58 \text{ J}$$

$$A = P \times L$$

$$A = 32 \text{ mm}^2$$

$$H = \frac{E}{A}$$

$$H = \frac{1,58 \text{ J}}{32 \text{ mm}^2}$$

$$H = 0,04937 \text{ J/mm}^2$$

$$H = 49,37 \text{ kJ/m}^2$$

b. (Sampel 2)

Diket : I = 400 mm

$$\cos \alpha = \cos 150^\circ$$

$$\cos \beta = \cos 135^\circ$$

$$m = 2,5 \text{ kg}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$P = 8$$

$$L = 4$$

Ditanya : h0 ?

h1 ?

E ?

A ?

H ?

Jawab : h0 = 1(1 - cos α)

$$h0 = 400 \text{ mm} (1 - \cos 150^\circ)$$

$$h0 = 746,4101 \text{ mm}$$

$$h1 = 1(1 - \cos \beta)$$

$$h1 = 400 \text{ mm} (1 - \cos 135^\circ)$$

$$h1 = 682,842 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$

$$E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (746,4101 \text{ mm} - 682,842 \text{ mm})$$

$$E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0635 \text{ m}$$

$$E = 1,58 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$

$$E = 1,58 \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{s}^2$$

$$E = 1,58 \text{ J}$$

$$\begin{aligned}
 A &= P \times L \\
 A &= 32 \text{ mm}^2 \\
 H &= \frac{E}{A} \\
 H &= \frac{1,58 \text{ J}}{32 \text{ mm}^2} \\
 H &= 0,04937 \text{ J/mm}^2 \\
 H &= 49,37 \text{ kj/m}^2
 \end{aligned}$$

c. (Sampel 3)

Diket : I	= 400 mm	Ditanya : h0	?
cos α	= cos 150 ⁰	h1	?
cos β	= cos 134 ⁰	E	?
m	= 2,5 kg	A	?
g	= 10 m/s ²	H	?
P	= 8		
L	= 4		

Jawab :

$$\begin{aligned}
 h_0 &= 1(1 - \cos \alpha) \\
 h_0 &= 400 \text{ mm} (1 - \cos 150^0) \\
 h_0 &= 746,4101 \text{ mm} \\
 h_1 &= 1(1 - \cos \beta) \\
 h_1 &= 400 \text{ mm} (1 - \cos 134^0) \\
 h_1 &= 677,863 \text{ mm} \\
 E &= m \times g (h_0 - h_1) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (746,4101 \text{ mm} - 677,863 \text{ mm}) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0685 \text{ m} \\
 E &= 1,71 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m} \\
 E &= 1,71 \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{s}^2 \\
 E &= 1,71 \text{ J}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= P \times L \\
 A &= 32 \text{ mm}^2 \\
 \\
 H &= \frac{E}{A} \\
 H &= \frac{1,71 \text{ J}}{32 \text{ mm}^2} \\
 H &= 0,04562 \text{ J/mm}^2 \\
 H &= 45,62 \text{ kJ/m}^2
 \end{aligned}$$

- **Fraksi Volume 20 %**
- a. **(Sampel 1)**

Diket : I	= 400 mm	Ditanya : h0	?
cos α	= cos 150 ⁰	h1	?
cos β	= cos 135 ⁰	E	?
m	= 2,5 kg	A	?
g	= 10 m/s ²	H	?
P	= 8		
L	= 4		

Jawab :

$$\begin{aligned}
 h_0 &= 1(1 - \cos \alpha) \\
 h_0 &= 400 \text{ mm} (1 - \cos 150^0) \\
 h_0 &= 746,4101 \text{ mm} \\
 \\
 h_1 &= 1(1 - \cos \beta) \\
 h_1 &= 400 \text{ mm} (1 - \cos 135^0) \\
 h_1 &= 682,842 \text{ mm} \\
 \\
 E &= m \times g (h_0 - h_1) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (746,4101 \text{ mm} - 682,842 \text{ mm}) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0635 \text{ m} \\
 E &= 1,58 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}
 \end{aligned}$$

$$E = 1,58 \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{s}^2$$

$$E = 1,58 \text{ J}$$

$$A = P \times L$$

$$A = 32 \text{ mm}^2$$

$$H = \frac{E}{A}$$

$$H = \frac{1,58 \text{ J}}{32 \text{ mm}^2}$$

$$H = 0,04937 \text{ J/mm}^2$$

$$H = 49,37 \text{ kj/m}^2$$

b. (Sampel 2)

Diket : I	= 400 mm	Ditanya : h0	?
cos α	= cos 150 ⁰	h1	?
cos β	= cos 131 ⁰	E	?
m	= 2,5 kg	A	?
g	= 10 m/s ²	H	?
P	= 8		
L	= 4		

Jawab : h0 = 1(1 - cos α)

$$h0 = 400 \text{ mm} (1 - \cos 150^0)$$

$$h0 = 746,4101 \text{ mm}$$

$$h1 = 1(1 - \cos \beta)$$

$$h1 = 400 \text{ mm} (1 - \cos 131^0)$$

$$h1 = 662,423 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$

$$E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (746,4101 \text{ mm} - 662,423 \text{ mm})$$

$$E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0839 \text{ m}$$

$$E = 2,09 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m}$$

$$E = 2,09 \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{s}^2$$

$$E = 2,09 \text{ J}$$

$$A = P \times L$$

$$A = 32 \text{ mm}^2$$

$$H = \frac{E}{A}$$

$$H = \frac{2,09 \text{ J}}{32 \text{ mm}^2}$$

$$H = 0,06531 \text{ J/mm}^2$$

$$H = 65,31 \text{ kj/m}^2$$

c. (Sampel 3)

Diket : I	= 400 mm	Ditanya : h0	?
cos α	= cos 150 ⁰	h1	?
cos β	= cos 128 ⁰	E	?
m	= 2,5 kg	A	?
g	= 10 m/s ²	H	?
P	= 8		
L	= 4		

Jawab :

$$h_0 = 1(1 - \cos \alpha)$$

$$h_0 = 400 \text{ mm} (1 - \cos 150^0)$$

$$h_0 = 746,4101 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1(1 - \cos \beta)$$

$$h_1 = 400 \text{ mm} (1 - \cos 128^0)$$

$$h_1 = 646,264 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$

$$E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (746,4101 \text{ mm} - 646,246 \text{ mm})$$

$$E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,1001 \text{ m}$$

$$E = 2,50 \text{ kg} \times \frac{m}{s^2} \times m$$

$$E = 2,50 \text{ kg} \times m^2/s^2$$

$$E = 2,50 \text{ J}$$

$$A = P \times L$$

$$A = 32 \text{ mm}^2$$

$$H = \frac{E}{A}$$

$$H = \frac{2,50 \text{ J}}{32 \text{ mm}^2}$$

$$H = 0,07812 \text{ J/mm}^2$$

$$H = 78,12 \text{ kj/m}^2$$

• **Fraksi Volume 25 %**

a. (Sampel 1)

Diket : I	= 400 mm	Ditanya : h0	?
cos α	= cos 150 ⁰	h1	?
cos β	= cos 115 ⁰	E	?
m	= 2,5 kg	A	?
g	= 10 m/s ²	H	?
P	= 8		
L	= 4		

Jawab : h0 = 1(1 - cos α)

$$h0 = 400 \text{ mm} (1 - \cos 150^0)$$

$$h0 = 746,4101 \text{ mm}$$

$$h1 = 1(1 - \cos \beta)$$

$$h1 = 400 \text{ mm} (1 - \cos 115^0)$$

$$h1 = 569,047 \text{ mm}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$

$$\begin{aligned}
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (746,4101 \text{ mm} - 569,047 \text{ mm}) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,1773 \text{ m} \\
 E &= 4,43 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m} \\
 E &= 4,43 \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{s}^2 \\
 E &= 4,43 \text{ J}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= P \times L \\
 A &= 32 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{E}{A} \\
 H &= \frac{4,43 \text{ J}}{32 \text{ mm}^2} \\
 H &= 0,13843 \text{ J/mm}^2 \\
 H &= 138,43 \text{ kj/m}^2
 \end{aligned}$$

b. (Sampel 2)

Diket : I	= 400 mm	Ditanya : h0	?
cos α	= cos 150 ⁰	h1	?
cos β	= cos 110 ⁰	E	?
m	= 2,5 kg	A	?
g	= 10 m/s ²	H	?
P	= 8		
L	= 4		

$$\begin{aligned}
 \text{Jawab : } h_0 &= 1(1 - \cos \alpha) \\
 h_0 &= 400 \text{ mm} (1 - \cos 150^0) \\
 h_0 &= 746,4101 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h_1 &= 1(1 - \cos \beta) \\
 h_1 &= 400 \text{ mm} (1 - \cos 110^0) \\
 h_1 &= 536,808 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$

$$\begin{aligned}
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (746,4101 \text{ mm} - 536,808 \text{ mm}) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,2096 \text{ m} \\
 E &= 5,24 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m} \\
 E &= 5,24 \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{s}^2 \\
 E &= 5,24 \text{ J}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= P \times L \\
 A &= 32 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{E}{A} \\
 H &= \frac{5,24 \text{ J}}{32 \text{ mm}^2} \\
 H &= 0,16375 \text{ J/mm}^2 \\
 H &= 163,75 \text{ kj/m}^2
 \end{aligned}$$

c. (Sampel 3)

Diket : I	= 400 mm	Ditanya : h0	?
cos α	= cos 150 ⁰	h1	?
cos β	= cos 109 ⁰	E	?
m	= 2,5 kg	A	?
g	= 10 m/s ²	H	?
P	= 8		
L	= 4		

Jawab :

$$\begin{aligned}
 h0 &= 1(1 - \cos \alpha) \\
 h0 &= 400 \text{ mm} (1 - \cos 150^0) \\
 h0 &= 746,4101 \text{ mm} \\
 \\ \\
 h1 &= 1(1 - \cos \beta) \\
 h1 &= 400 \text{ mm} (1 - \cos 109^0) \\
 h1 &= 530,227 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E &= m \times g (h_0 - h_1) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (746,4101 \text{ mm} - 530,227 \text{ mm}) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,2161 \text{ m} \\
 E &= 5,40 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times \text{m} \\
 E &= 5,40 \text{ kg} \times \text{m}^2/\text{s}^2 \\
 E &= 5,40 \text{ J}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= P \times L \\
 A &= 32 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{E}{A} \\
 H &= \frac{5,40 \text{ J}}{32 \text{ mm}^2} \\
 H &= 0,16875 \text{ J/mm}^2 \\
 H &= 168,75 \text{ kj/m}^2
 \end{aligned}$$





LAMPIRAN 4

DOKUMENTASI PENGOLAHAN SERAT TANDAN SAWIT

“Dokumentasi Pengolahan Serat Tandan Sawit”

1. Survei lapangan dan pengambilan tandan sawit diperkebunan bapak Suryandi di Desa Gunung Muda, Kecamatan Belinyu.



2. Merendam tandan sawit dengan air selama 1 hari.



3. Setelah lunak tandan sawit dibelah dan di uraikan serat tandan sawitnya.



4. Kemudian serat tandan sawit yang telah dipisahkan tersebut dimasukkan ke dalam wadah yang telah disediakan.



5. Merendam serat tandan sawit menggunakan asap cair sesuai waktu yang ditentukan.



ditentukan.



6. Jemur serat tandan sawit dibawah sinar matahari hingga kering.





LAMPIRAN 5

DOKUMENTASI PEMBUATAN SPESIMEN UJI

“Dokumentasi Pembuatan Spesimen Uji”

1. Menimbang berat serat tandan sawit



2. Menimbang berat resin



3. Menimbang berat katalis



4. Mengoleskan wax pada cetakan



5. Menyusun serat pada cetakan



6. Menuangkan campuran resin dan katalis pada cetakan, tunggu spesimen hingga kering atau dijemur dibawah sinar matahari.



7. Setelah kering lakukan validasi ukuran spesimen sesuai standar







LAMPIRAN 6

PERHITUNGAN ANOVA

“PERHITUNGAN ANOVA”

Pada tahap pengolahan data dilakukan uji ANOVA, pengujian ANOVA menggunakan excel dan validasinya memakai minitab. Dalam penelitian ini ada 2 faktor dan 1 interaksi sehingga ada 3 hipotesis yang harus dirumuskan, yaitu uji hipotesis untuk mengetahui pengaruh fraksi volume serat tandan sawit, waktu perendaman serat tandan sawit menggunakan asap cair, dan pengaruh interaksi antara fraksi volume serat tandan sawit dan waktu perendaman serat tandan sawit

menggunakan asap cair terhadap kekuatan tarik dan kekuatan impak. Keputusan terhadap hipotesis nol (H_0) didasarkan pada nilai F_{tabel} , yakni selama statistik F_{hitung} melebihi F_{tabel} atau p-value kurang dari α , keputusannya adalah menolak H_0 [20]. Dalam penelitian ini hipotesis yang akan diuji adalah :

1. Fraksi Volume Serat

H_{01} : Perbedaan fraksi volume serat tandan sawit tidak berpengaruh terhadap kekuatan tarik.

H_{11} : Perbedaan fraksi volume serat tandan sawit berpengaruh terhadap kekuatan tarik.

H_{02} : Perbedaan fraksi volume serat tandan sawit tidak berpengaruh terhadap kekuatan impak.

H_{12} : Perbedaan fraksi volume serat tandan sawit berpengaruh terhadap kekuatan impak.

2. Waktu Perendaman Dengan Asap Cair

H_{01} : Perbedaan waktu perendaman serat tandan sawit menggunakan asap cair tidak berpengaruh terhadap kekuatan tarik.

H_{11} : Perbedaan waktu perendaman serat tandan sawit menggunakan asap cair berpengaruh terhadap kekuatan tarik.

H_{02} : Perbedaan waktu perendaman serat tandan sawit menggunakan asap cair tidak berpengaruh terhadap kekuatan impak.

H_{12} : Perbedaan waktu perendaman serat tandan sawit menggunakan asap cair berpengaruh terhadap kekuatan impak.

3. Interaksi Fraksi Volume Dan Waktu Perendaman Serat Dengan Asap Cair

H_{01} : Perbedaan interaksi fraksi volume serat dan waktu perendaman serat menggunakan asap cair tidak berpengaruh terhadap kekuatan tarik.

H_{11} : Perbedaan interaksi fraksi volume serat dan waktu perendaman serat menggunakan asap cair berpengaruh terhadap kekuatan tarik.

H_{02} : Perbedaan interaksi fraksi volume serat dan waktu perendaman serat

menggunakan asap cair tidak berpengaruh terhadap kekuatan impact.

H_{12} : Perbedaan interaksi fraksi volume serat dan waktu perendaman serat menggunakan asap cair berpengaruh terhadap kekuatan impact.

❖ Perhitungan ANOVA mengacu pada rumus 2.10, 2.11, 2.12, dan 2.13 dan memakai excel

1. ANOVA Uji Tarik

❖ y

Lama Perendaman Asap Cair (Jam)	Fraksi Volume Serat (%)		
	15%	20%	25%
1	12.6	13.7	12
	13.4	14.1	13.7
	14.6	15.3	16.8
2	16.9	18.2	18.2
	17	18.4	19.7
	17.7	19.1	20.6
3	19.1	22.6	25
	19.7	23.4	25.4
	22.1	23.8	27.1
	y	500.2	
	y²	250200	
	y²/abn	9266.67	

❖ $\sum y^2_{ijk}$

Fraksi Volume Serat %			
15%	20%	25%	
158.76	187.69	144	
179.56	198.81	187.69	
213.16	234.09	282.24	
285.61	331.24	331.24	
289	338.56	388.09	
313.29	364.81	424.36	
364.81	510.76	625	
388.09	547.56	645.16	
488.41	566.44	734.41	
	$\sum y^2_{ijk}$	9722.84	

❖ $\sum y^2_i$ dan $\sum y^2_j$

Lama Perendaman Asap Cair (Jam)	Fraksi Volume Serat %			$\sum y^2_i$	
	15%	20%	25%		
1	12.6	13.7	12	126.2	15926.4
	13.4	14.1	13.7		
	14.6	15.3	16.8		
2	16.9	18.2	18.2	165.8	27489.6
	17	18.4	19.7		
	17.7	19.1	20.6		
3	19.1	22.6	25	208.2	43347.2
	19.7	23.4	25.4		
	22.1	23.8	27.1		
$\sum y^2_j$	153.1	168.6	178.5	86763.3	
	23439.6	28426	31862.3		
			83727.8		

❖ $\sum y^2_{ij}$

Lama Perendaman Asap Cair (Jam)	Fraksi Volume Serat %			$\sum y^2_{ij}$		
	15%	20%	25%			
1	12.6	13.7	12	40.6	43.1	42.5
	13.4	14.1	13.7			
	14.6	15.3	16.8			
2	16.9	18.2	18.2	51.6	55.7	58.5
	17	18.4	19.7			
	17.7	19.1	20.6			
3	19.1	22.6	25	60.9	69.8	77.5
	19.7	23.4	25.4			
	22.1	23.8	27.1			
				1648.36	1857.61	1806.25
				2662.56	3102.49	3422.25
				3708.81	4872.04	6006.25
				29086.6		
				9695.54		

Diketahui

a (Lama Perendaman)	3
b (Fraksi Volume Serat)	3
n	3
y^2/abn	9266.67
$\sum y^2_{ij}$	9722.84
$\sum y^2_i$	86763.3
$\sum y^2_j$	83727.8
y	500.2
y^2	250200
1/bn	0.11111
1/an	0.11111
SST	456.17
SSLP	373.697
SSFV	36.4189
SS a×b	18.7563

- ❖ $SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b y^2_{ijk} - \frac{y^2}{abn} = 9722.84 - 9266.67 = 456.1719$
- ❖ $SS_{LP} = \frac{1}{bn} \sum_{i=1}^a y^2_i - \frac{y^2}{abn} = 0.1111 \times 86763.32 - 9266.67 = 373.697$
- ❖ $SS_{FV} = \frac{1}{an} \sum_{j=1}^b y^2_j - \frac{y^2}{abn} = 0.1111 \times 83727.82 - 9266.67 = 36.4189$
- ❖ $SS_{AxB} = \frac{1}{n} \sum_{a=1}^a \sum_{b=1}^b y^2_{ij} - \frac{y^2}{abn} - SS_{LP} - SS_{FV} = 9695.54 - 9266.668 - 373.70 - 36.42 = 18.7563$

2. ANOVA Uji Impak

❖ y

Lama Perendaman Asap Cair (Jam)	Fraksi Volume Serat (%)		
	15%	20%	25%
1	34.68	49.37	53.43
	45.62	49.37	61.25
	45.62	53.43	65.31
2	41.87	61.25	53.43
	49.37	65.31	109.37

	53.43	65.31	114.37	
3	49.37	49.37	138.43	
	49.37	65.31	163.75	
	53.43	78.12	168.75	
		y	1887.69	
		y²	3563374	
		y²/abn	131977	

❖ $\sum y^2_{ijk}$

Fraksi Volume Serat %		
15%	20%	25%
1202.7	2437.4	2854.76
2081.18	2437.4	3751.56
2081.18	2854.76	4265.4
1753.1	3751.56	2854.76
2437.4	4265.4	11961.8
2854.76	4265.4	13080.5
2437.4	2437.4	19162.9
2437.4	4265.4	26814.1
2854.76	6102.73	28476.6
	$\sum y^2_{ijk}$	166180

❖ $\sum y^2_{2i}$ dan $\sum y^2_{2j}$

Lama Perendaman Asap Cair (Jam)	Fraksi Volume Serat %			$\sum y^2_{2i}$	
	15%	20%	25%		
1	34.68	49.37	53.43	458.08	209837
	45.62	49.37	61.25		
	45.62	53.43	65.31		
2	41.87	61.25	53.43	613.71	376640
	49.37	65.31	109.37		
	53.43	65.31	114.37		
3	49.37	49.37	138.43	815.9	665693
	49.37	65.31	163.75		
	53.43	78.12	168.75		
$\sum y^2_{2j}$	422.76	536.84	928.09		1252170
	178726	288197	861351		1328274

$$\diamond \sum y^2_{ij}$$

Lama Perendaman Asap Cair (Jam)	Fraksi Volume Serat %			$\sum y^2_{ij}$		
	15%	20%	25%			
1	34.68	49.37	53.43	125.92	152.17	179.99
	45.62	49.37	61.25			
	45.62	53.43	65.31			
2	41.87	61.25	53.43	144.67	191.87	277.17
	49.37	65.31	109.37			
	53.43	65.31	114.37			
3	49.37	49.37	138.43	152.17	192.8	470.93
	49.37	65.31	163.75			
	53.43	78.12	168.75			
				15855.8	23155.7	32396.4
				20929.4	36814.1	76823.2
				23155.7	37171.8	221775
				488077		
				162692		

Diketahui	
a (Lama Perendaman)	3
b (Fraksi Volume Serat)	3
n	3
y^2/abn	131977
$\sum y^2_{ijk}$	166180
$\sum y^2_i$	1252170
$\sum y^2_j$	1328274
y	1887.69
y^2	3563374
1/bn	0.11111
1/an	0.11111
SST	34203
SSLP	7153
SSFV	15609
SS a×b	7953.63

$$\diamond SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b y^2_{ijk} - \frac{y^2}{abn} = 166180 - 131977 = \mathbf{34202.8}$$

$$\diamond SS_{LP} = \frac{1}{bn} \sum_{i=1}^a y^2_i - \frac{y^2}{abn} = 0.111 \times 1252170 - 9266.67 = \mathbf{7153.2}$$

$$\diamond SS_{FV} = \frac{1}{an} \sum_{j=1}^b y_j^2 - \frac{y^2}{abn} = 0.111 \times 1328274 - 9266.67 = \mathbf{15609.2}$$

$$SS_{AxB} = \frac{1}{n} \sum_{a=1}^a \sum_{b=1}^b y_{ij}^2 - \frac{y^2}{abn} - SS_{LP} - SS_{FV} = 162692 - 131977 - 7153.2 - 7804.6 = \mathbf{7953.2}$$



Lampiran 7

Form Monitoring Proyek Akhir

FORM-PPR-3- 6: Form Monitoring Proyek Akhir

	<p style="text-align: center;">FORM MONITORING PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK <u>2022</u> / <u>2023</u></p>
<p style="text-align: center;">JUDUL</p>	<p style="text-align: center;">Analisis Komposit Berpenguat Serat Tandan Sawit Terhadap Kekuatan Tensk dan Kekuatan Impak Dengan Perantara Asap Cair</p>
<p style="text-align: center;">Nama Mahasiswa</p>	<p>1. <u>Sindy Muriona</u> /NIM: <u>1041957</u> 2. _____ /NIM: _____ 3. _____ /NIM: _____ 4. _____ /NIM: _____</p>



Lampiran 8

Form Bimbingan Proyek Akhir

FORM-PPR-3- 4: Bimbingan Proyek Akhir

	FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2022 / 2023
JUDUL	Analisis Komposit Berpenguat Serat Tendon Sawit Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekuatan Impak Dengan Perendaman Asap Cair.
Nama Mahasiswa	Sindy Marlana NIM: 1041957
Nama Pembimbing	1. Yulianto, S.S.T.M.T. 2. Bay Rollostin, S.Tr. N.T. 3.



Lampiran 9

Form Revisi Laporan Proyek Akhir (Penguji 1)

FORM-PPR-3- 8: Form Revisi Laporan Akhir

	FORM REVISI LAPORAN AKHIR TAHUN AKADEMIK 2022 / 2023	
JUDUL :	ANALISIS KOMPOSIT BER PENCAMPUR TERAS PANDAN SANGAT TERHADAP LOKASI, KAPUK DAN KEKUTRA IMPAK DENGAN PEREMOKAN KEAP CUK	
Nama Mahasiswa :	1. SANDY NURMALIA	NIM: 1041957
	2. _____	NIM: _____
	3. _____	NIM: _____



Form Revisi Laporan Proyek Akhir (Penguji 2)

FORM-PPR-3- 8: Form Revisi Laporan Akhir

	FORM REVISI LAPORAN AKHIR TAHUN AKADEMIK/...../.....	
JUDUL :	<i>Analisis komposit berpenkuat serat tambahan serat tehotap, kekuatan tarik dan ketahanan impact dengan penguatan serat cair</i>	
Nama Mahasiswa :	1. <i>Sandy Kusiana</i>	NIM: <i>1041957</i>
	2. _____	NIM: _____
	3. _____	NIM: _____
	4. _____	NIM: _____
	5. _____	NIM: _____
Bagian yang direvisi		Halaman
<i>(1) pada bab 4 terakhir kompos dibuat analisis</i>		



Form Revisi Laporan Proyek Akhir (Penguji 3/ Pembimbing 1)

FORM-PPR-3- 8: Form Revisi Laporan Akhir

	FORM REVISI LAPORAN AKHIR TAHUN AKADEMIK <u>2008/2009</u>	
JUDUL :	Analisis Komposit berpenguat Serat fondan Savit Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekuatan Impak Dug perancangan Asup Per 1	
Nama Mahasiswa :	1. <u>Stacy nuriana</u> NIM: <u>1041057</u>	
	2. _____ NIM: _____	
	3. _____ NIM: _____	
	4. _____ NIM: _____	
	5. _____ NIM: _____	
Bagian yang direvisi		Halaman



Lampiran 10

Bukti Publish



JURNAL EDUSAINTEK (e-ISSN: 2655-3392)

STKIP PGRI SITUBONDO

e-mail: journalstkipgrisitubondo@gmail.com

website <http://journalstkipgrisitubondo.ac.id/index.php/EDUSAINTEK>



LETTER OF ACCEPTANCE (LoA)

No: 061/EDUSAINTEK/XI/2022

Dengan ini, Pengelola **Jurnal Pendidikan, Sains dan Teknologi (EDUSAINTEK)**

memberitahukan bahwa naskah Anda dengan identitas:

Judul : **ANALISIS KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT TANDAN SAWIT TEHADAP KEKUATAN TARIK DAN KEKUATAN IMPAK DENGAN PERENDAMAN ASAP CAIR**

Penulis : **Sindy Muriana**

Afiliasi : Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Indonesia

Email : picutt@gmail.com

telah memenuhi kriteria publikasi di **Jurnal EDUSAINTEK (Pendidikan, Sains dan Teknologi)** dan dapat kami terima sebagai bahan naskah untuk Penerbitan Jurnal pada Vol 10 No. 1 Tahun 2023.

Demikian surat ini disampaikan, atas partisipasi dan kerja samanya, kami ucapkan terima kasih.

Situbondo, 24 November 2022



Lampiran 11

Bukti Bukan Plagiarisme





Lampiran 12

Poster

 **PROYEK AKHIR**
Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung Tahun 2022/2023

Analisis Komposit Berpenguat Serat Tandan Sawit Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekuatan Impak Dengan Perendaman Asap Cair



Sindy Muriana
Pebimbing 1 : Yuliyanto, S.S.T., M. T
Pebimbing 2 : Boy Rollastin, S.Tr., M.T.

Data Dan Grafik Hasil Uji Tarik Dan Uji Impak

Latar Belakang

Lama Perendaman Serat (Jam)	Fraksi Volume (%)	Kekuatan Tarik (MPa)			Rata-rata MPa
		Spesimen			
		1	2	3	

No Perendaman Serat	Lama Perendaman Serat	Fraksi Volume (%)	Kekuatan Impak (kJ/m ²)			Rata-rata MPa
			Spesimen			
			1	2	3	

Dikalangan masyarakat

