

**PEMANFAATAN SERBUK BATANG KAYU PUSPA
SEBAGAI PEMBUATAN PAPAN PARTIKEL UNTUK
PENGAPLIKASIAN PRODUK *FURNITURE***

PROYEK AKHIR

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



Disusun Oleh :

NOVIZAL

NIM 1042151

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG**

2023/2024

**PEMANFAATAN SERBUK BATANG KAYU PUSPA SEBAGAI
PEMBUATAN PAPAN PARTIKEL UNTUK
PENGAPLIKASIAN PRODUK *FURNITURE***

PROYEK AKHIR

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



Disusun Oleh :

NOVIZAL

NIM 1042151

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
2023/2024**

LEMBAR PENGESAHAN

PEMANFAATAN SERBUK BATANG KAYU PUSPA SEBAGAI PEMBUATAN PAPAN PARTIKEL UNTUK PENGAPLIKASIAN PRODUK *FURNITURE*

Oleh:

NOVIZAL NIM: 1042151

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

Menyetujui,

Pembimbing 1



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

Pembimbing 2



Boy Rokasari, S.Tr., M.T.

Penguji 1



Sugiyarto, S.S.T., M.T.

Penguji 2



Yuli Dharta, S.S.T., M.T.

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : NOVIZAL

NIM: 1042151

Dengan Judul : Pemanfaatan Serbuk Batang Kayu Puspa Sebagai
Pembuatan Papan Partikel Untuk Pengaplikasian Produk
Furniture

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja saya 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, 16 Agustus 2024

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

NOVIZAL



.....

ABSTRAK

Ilmu dan teknologi mengalami perkembangan pesat untuk memenuhi keinginan dan kebutuhan dalam kehidupan manusia. Perkembangan ilmu dan teknologi tersebut meliputi berbagai macam aspek kehidupan. Perkembangan teknologi juga terjadi pada material komposit yang terus diteliti hingga saat ini. Papan partikel merupakan papan buatan yang dibuat dengan cara menekan limbah industri kehutanan, perkebunan, dan pertanian bersama-sama dengan perekat organik. Bahan limbah kayu yang berkualitas rendah, seperti sisa pembuatan, serbuk gergaji, ranting kayu, pecahan serat, dan lain-lain dapat dimanfaatkan yang mungkin mengandung selulosa dan lignin. Dalam penelitian ini menggunakan metode full factorial, parameter yang digunakan yaitu mesh 10, 20, dan 30 dengan fraksi volume 60%:40%, 70%:30%, dan 80%:20% dan menggunakan temperature 90°, 100°, 110° digunakan dalam kaitannya dengan matriks polimer PVAc. Pada penelitian ini memperoleh kekuatan bending dan kekuatan impak tertinggi terdapat pada fraksi volume 60%:40% pada mesh 30 dengan pemanasan 110° selama 15 menit sebesar 1,30 MPa dan kekuatan impak 16,34 J/m² maka pada penelitian ini belum memenuhi standar SNI-03-2105-2006.

Kata Kunci: Papan partikel, komposit, serbuk kayu, puspa

ABSTRACT

Science and technology have developed rapidly to meet the desires and needs of human life. The development of science and technology covers various aspects of life. Technological developments also occur in composite materials that continue to be researched to this day. Particleboard is an artificial board made by pressing forestry, plantation, and agricultural industrial waste together with organic adhesives. Low-quality wood waste materials, such as manufacturing residues, sawdust, twigs, fiber fragments, and others can be utilized which may contain cellulose and lignin. In this study using the full factorial method, the parameters used were mesh 10, 20, and 30 with volume fractions of 60%: 40%, 70%: 30%, and 80%: 20% and using temperatures of 90°, 100°, 110° used in relation to the PVAc polymer matrix. In this study, the highest bending strength and impact strength were obtained at the volume fraction of 60%:40% at mesh 30 with heating at 110° for 15 minutes of 1.30 MPa and impact strength of 16,34 J/m², so this study has not met the SNI-03-2105-2006 standard.

Keywords: Particle board, composite, sawdust, puspa

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas nikmat sehat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan proyek akhir yang berjudul “Pemanfaatan Serbuk Batang Kayu Puspa Sebagai Pembuatan Papan Partikel Untuk Pengaplikasian Produk *Furniture*”.

Proyek akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan Program Studi D-IV Teknik Mesin dan Manufaktur (TMM) Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Dalam penyelesaian proyek akhir ini, penulis banyak mendapatkan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung seperti pengajaran, bimbingan, semangat dari orang tercinta yang membuat penulis bisa dengan sabar dan ikhlas menyelesaikan proyek akhir. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Terimakasih kepada kedua orang tua penulis Bapak Sumitro dan Ibu Yuhana yang selalu memberikan dukungan, walaupun kalian tidak sempat merasakan bangku perkuliahan namun kalian mampu mendidik penulis, memotivasi, memberikan kasih sayang, doa, dan saran hingga penulis mampu menyelesaikan proyek akhir ini.
2. Terimakasih kepada Bapak Yuliyanto, S.S.T, M.T. dan Boy Rollastin, S.Tr., M.T. selaku dosen pembimbing 1 dan dosen pembimbing 2 yang selalu memberikan dukungan, bimbingan nasehat, dan masukan kepada penulis dengan penuh kesabaran.
3. Bapak I Made Andik Setiawan M. Eng., Ph. D selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
4. Bapak Pristiansyah, S.S.T., M. Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
5. Bapak Boy Rollastin, S.Tr., M.T. selaku Ketua Prodi DIV Teknik Mesin dan Manufaktur.
6. Seluruh Dosen Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah mendidik dan memberikan ilmu yang bermanfaat selama kuliah.

7. Kepada teman-teman seperjuangan Kelas TMM B angkatan 2021
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang selalu memberi dukungan dalam penulisan ini.
9. *Last but not least. I wanna thank me for all this hard believing in me. I wanna thank me for doing all these but hard work. I wanna thank me for having no days off. I wanna thank me for never quitting. I wanna thank me for always being a giver a trying to give more than I receive. I wanna thank me for trying to do more right thn wrong. I wanna thank me for just being me all time.*

Penulis memahami skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak. Semoga Allah SWT membalas kebaikan kepada kita semua. Amin Ya Robbal Alamin.

Sungailiat, 16 Agustus 2024



NOVIZAL

DAFTAR ISI

PROYEK AKHIR	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
BAB II DASAR TEORI	4
2.1 Batang Pusa	4
2.2 Papan Partikel	5
2.3 Komposit	5
2.3.1 Penyusun Komposit	5
2.4 Polimer	5
2.5 Polivinil Asetat (PVAc)	7
2.6 Perhitungan Komposisi Serbuk	7

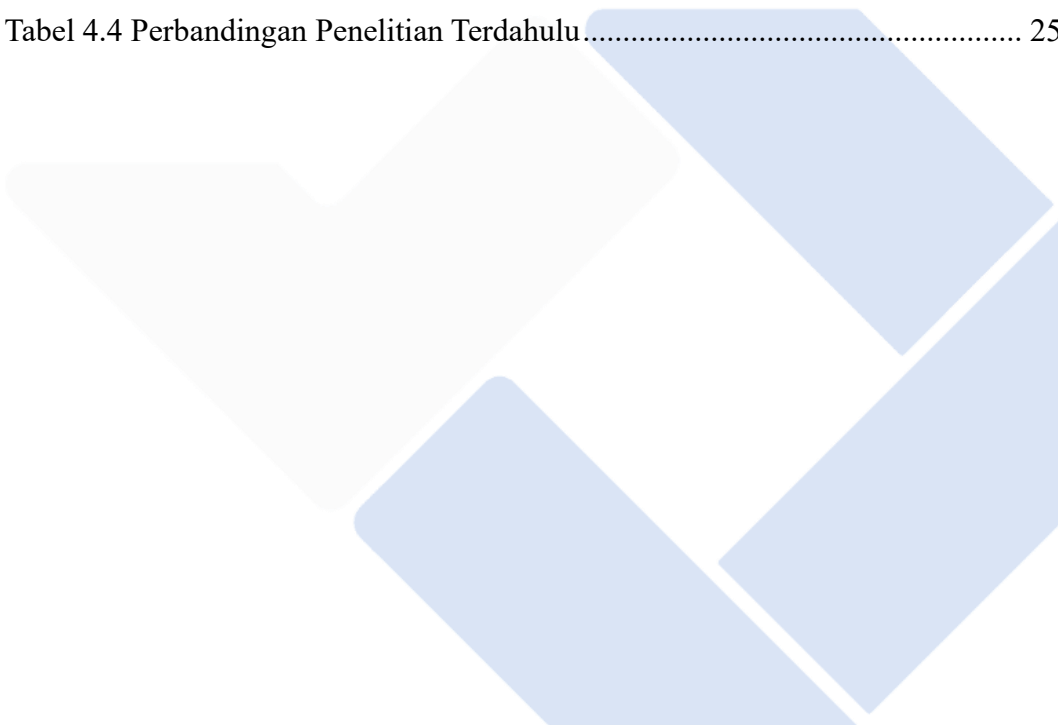
2.7 Pengujian Spesimen Papan Partikel	8
2.7.1 Pengujian Bending	8
2.7.2 Pengujian Impak	9
2.8 Metode Full Factorial Design	11
2.9 Penelitian Terdahulu	11
BAB III METODE PENELITIAN.....	13
3.1 Metode Penelitian	13
3.2 Studi Literatur	14
3.3 Perumudan Masalah Dan Tujuan	14
3.4 Rancangan Eksperimen	14
3.5 Alat Dan Bahan	14
3.6 Pembuatan Sampel	16
3.7 Sampel Spesimen	17
3.8 Analisa Dan Pengolahan Data Hasil Pengujian.....	17
3.9 Kesimpulan.....	18
BAB IV PEMBAHASAN.....	19
4.1 Uji Bending	19
4.1.1 Rasio Perhitungan Komposisi Serbuk Dan Lem	19
4.1.2 Proses Pengambilan Data.....	19
4.1.3 Data Pengujian.....	20
4.1.4 Interaksi Fraksi Volume, Temperature Dan Ukuran Mesh	22
4.2 Uji Impak.....	23
4.2.1 Perhitungan Rasio Komposisi Serbuk Dan Lem	23
4.2.2 Proses Pengambilan Data.....	23
4.2.3 Data Pengujian.....	23

4.2.4 Interaksi Fraksi Volume, Temperature Dan Ukuran Mesh	25
4.3 Perbandingan Dengan Penelitian Terdahulu.....	25
BAB V_KESIMPULAN DAN SARAN.....	27
5.1 Kesimpulan.....	27
5.2 Saran	27
DAFTAR PUSTAKA	28



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kandungan Senyawa Pohon Puspa	4
Tabel 3.1 Pengujian Bending	17
Tabel 3.2 Pengujian Impak.....	18
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Rasio Spesimen Uji Bending.....	19
Tabel 4.2 Hasil Data Pengujian Bending (MPa)	21
Tabel 4.3 Hasil Data Pengujian Impak (J/m ²).....	24
Tabel 4.4 Perbandingan Penelitian Terdahulu.....	25



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Batang Puspa.....	4
Gambar 2.2 Bentuk Polimer Rantai Lurus.....	6
Gambar 2.3 Bentuk Polimer Rantai Cabang.....	6
Gambar 2.4 Bentuk Rantai Jaringan (Network).....	6
Gambar 2.5 Reaksi Kimia Polivinil Asetat	7
Gambar 2.6 Spesimen Uji Bending Sebelum Diberi Beban	9
Gambar 2.7 Spesimen Uji Bending Sebelum Sesudah Diberi Beban.....	9
Gambar 2.8 Posisi Spesimen Uji Impak Metode Charpy	10
Gambar 2.9 Posisi Spesimen Uji Impak Metode Izod	10
Gambar 3.1 Diagram Alir.....	13
Gambar 3.2 Timbangan Digital.....	14
Gambar 3.3 Lem Kayu.....	15
Gambar 3.4 Cetakan Spesimen	15
Gambar 3.5 Jangka Sorong	15
Gambar 3.6 Wax dan Kuas.....	16
Gambar 4.1 Spesimen Uji Bending.....	20
Gambar 4.2 Hasil Spesimen Uji Bending	22
Gambar 4.3 Grafik Kekuatan Bending	22
Gambar 4.4 Hasil Spesimen Uji Impak	24
Gambar 4.5 Grafik Kekuatan Impak.....	25

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 DAFTAR RIWAYAT HIDUP	31
LAMPIRAN 2 PROSES PENGOLAHAN SERBUK KAYU PUSPA, PROSES PENCETAKAN DAN PROSES PENGUJIAN	32
LAMPIRAN 3 PERHITUNGAN KOMPOSISI SERBUK DAN LEM.....	34
LAMPIRAN 4 PERHITUNGAN UJI IMPAK	36



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ilmu dan teknologi mengalami perkembangan pesat untuk memenuhi keinginan dan kebutuhan dalam kehidupan manusia. Perkembangan ilmu dan teknologi tersebut meliputi berbagai macam aspek kehidupan. Perkembangan teknologi juga terjadi pada material komposit yang terus diteliti hingga saat ini. Komposit merupakan material yang terbuat dari kombinasi beberapa material yang memiliki karakteristik yang tidak sama dari material pembentuknya dan bersifat mekanik [1].

Papan partikel merupakan salah satu produk papan komposit yang ramah lingkungan, karena bahan bakunya berasal dari berbagai limbah. Limbah-limbah yang biasa digunakan sebagai bahan baku papan partikel adalah limbah kehutanan, pertanian, perkebunan dan limbah rumah tangga (kertas dan plastik bekas). Faktor-faktor yang mempengaruhi mutu papan partikel antara lain berat jenis kayu, zat ekstraktif, jenis kayu, campuran jenis kayu, ukuran partikel, kulit kayu, jenis perekat dan pengolahannya [2]. Salah satu jenis kayu yang bisa dijadikan papan partikel adalah kayu puspa. Pohon puspa atau seruk, medang gatal (*Schima wallichii*) merupakan pohon tropis yang termasuk dalam famili *Theaceae*. Pohon ini tingginya bisa mencapai 30 hingga 40 meter dengan diameter hingga mencapai 1 meter [3].

Komposit adalah suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya baik itu sifat kimia maupun fisiknya dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut (bahan komposit) [4]. Komposit meliputi matrik dan penguat. Matrik terdiri dari matrik logam, matrik keramik, dan matrik polimer. Matrik polimer terbagi ke dalam jenis termoset dan termoplastik. Salah satu polimer jenis termoset yang apabila terjadi pengerasan namun tidak akan mencair adalah polyester. Kelebihan yang dimiliki resin polyester yaitu ringan, mudah dibentuk, penyusutan yang relatif

rendah, tahan terhadap karat dan ekonomis [1]. Salah satu perekat yang bisa menggantikan resin polyester adalah lem PVAc.

PVAc merupakan polimer yang mempunyai sifat kerekatan yang sangat kuat, jenis perekat berbentuk cair dan berwarna putih sampai kuning, tidak berwarna pada garis rekatnya. Perekat ini akan tetap kuat apabila dalam keadaan kering dan tidak diberikan tekanan yang terus menerus, serta memiliki resistensi yang rendah terhadap cuaca dan kelembaban [5].

Pada penelitian Sifat Fisik Dan Mekanik Komposit Papan Partikel Berdasarkan Variasi Ukuran Serbuk Kayu Mahoni (*Swietenia Macrophylla*) Sebagai Material Alternatif: Papan Komposit, dengan standar pengujian JIS A 5908 (2003) pada mesh 80 dapat menyerap resin dengan baik, dimana partikel berukuran kecil dapat meningkatkan densitas dan *Modulus of Rupture* (MOR). Secara keseluruhan, kerapatan dan *Modulus of Rupture* (MOR) papan komposit pada semua variasi ukuran mesh [6].

Penelitian lain yang berjudul Pengaruh Ukuran Butir, Fraksi Volume dan Penambahan Aseton terhadap Kekuatan *Flexural* Komposit Papan Partikel Serbuk Gergaji Kayu Sengon-Matrik Polyester, pada partikel mesh 10 dengan standar uji Bending ASTM D1037 maka didapatkan hasil 26,058 MPa, dan 2,883 GPa. Maka semakin kecil ukuran partikel yang digunakan dapat meningkatkan kekuatan, regangan, dan *modulus flexural* karena rekatan antara partikel dengan matrik semakin luas. Sifat *flexural* pada partikel mesh 20 dengan fraksi volume 30% berturut-turut sebesar 28,888 MPa, dan 2,878 GPa [7].

Pada uraian penelitian sebelumnya dapat disimpulkan bahwa makin kecil partikel yang digunakan untuk membuat papan partikel, maka kekuatan, regangan dan modulus lenturnya semakin tinggi, karena ikatan antara partikel dengan matrik yang semakin luas. Maka pada proyek akhir kali ini membahas tentang pemanfaatan serbuk batang kayu puspa sebagai pembuatan papan partikel untuk pengaplikasian produk *furniture*. Diharapkan pada proyek akhir ini mendapatkan

data sifat mekanik dan densitas pada papan partikel agar berguna untuk kedepannya.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh mesh, pemanasan, dan fraksi volume menggunakan serbuk kayu puspa terhadap uji bending dan uji impak?
2. Bagaimana pengaruh antara partikel dan matrik dengan fraksi volume yang berbeda?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh mesh, pemanasan, dan fraksi volume menggunakan serbuk kayu puspa terhadap uji bending dan uji impak.
2. Untuk mengetahui pengaruh antara partikel dan matrik dengan fraksi volume yang berbeda.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian sebagai berikut:

1. Serbuk kayu yang digunakan 100% serbuk batang kayu puspa.
2. Matrik penguat pada penelitian ini menggunakan polimer PVAc.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Batang Puspa

Tanaman Puspa (*Schima wallichii*) termasuk ke dalam famili *theaceae*. Pada famili ini memiliki senyawa yang khas sebagai antibakteri yaitu katekin. Tanaman Puspa telah terbukti memiliki khasiat sebagai antibakteri, hal ini berdasarkan penelitian sebelumnya pada kulit batang tanaman puspa, daun dan buah pohon puspa memiliki aktivitas antibakteri.



Gambar 2.1 Batang Puspa

Kandungan senyawa pada pohon puspa dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Kandungan Senyawa Pohon Puspa

Bagian Tanaman	Kandungan Senyawa
Daun	Flavonoid, Fenol, Alkaloid, Triterpenoid, Kuinin, Antrakuinin Tanin, saponin
Buah	Glikosida, Tanin, Flavonoid, Saponin
Kulit Tanaman	Tanin, Saponin, Steroid, Triterpenoid

senyawa yang terkandung pada tanaman puspa adalah katekin, *flavonoid*, *alkaloid*, *saponin*, *tanin*, *kuinon*, *antrakuinon*, *triterpen*, *monoterpen*, *steroid* dan *glikosida*.

Senyawa yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri penyebab jerawat golongan *flavonoid* (Katekin) [8].

2.2 Papan Partikel

Papan partikel merupakan papan buatan yang dibuat dengan cara menekan limbah industri kehutanan, perkebunan, dan pertanian bersama-sama dengan perekat organik. Bahan limbah kayu yang berkualitas rendah, seperti sisa pembubutan, serbuk gergaji, ranting kayu, pecahan serat, dan lain-lain, dapat dimanfaatkan. Bahan-bahan ini mungkin mengandung selulosa dan lignin [9].

2.3 Komposit

Komposit terdiri dari dua atau lebih komponen terkonsolidasi yang saling mengikat satu sama lain dan tidak larut di dalamnya. Untuk membuat komponen utuh, satu elemen digunakan sebagai bahan pengikat dan elemen lainnya sebagai bahan penguat. Untuk menggabungkan kualitas mekanik dan bentuk, komposit juga dibuat dari campuran resin polimer yang diikat dengan komponen serat alami. Dibandingkan dengan logam, material komposit lebih diuntungkan karena kekuatan spesifiknya yang lebih tinggi, kekakuannya, kekuatan yang kuat, dan kekuatan elastis yang tinggi [10].

2.3.1 Penyusun Komposit

Komposit terdiri dari setidaknya dua bahan berbeda yang digabungkan untuk menghasilkan bahan gabungan dengan kualitas mekanik yang lebih baik [11]. Berikut ini adalah penyusun komposit:

1. *Reinforcement* (penguat) adalah komponen utama yang berfungsi menjadi pondasi dalam menentukan besar atau kecilnya kekuatan komposit.
2. *Matriks* (penyusun) adalah komponen utama yang berfungsi sebagai pengikat serat untuk melapisi serat agar terhindar dari berbagai macam kerusakan.

2.4 Polimer

Polimer adalah molekul besar yang terdiri dari beberapa komponen molekul, yang sering disebut monomer. Kata Yunani “*poly*” (berarti banyak), “*mono*” (berarti tunggal), dan “*meros*” (berarti bagian) adalah asal mula istilah “polimer” dan “monomer.” Polimer dapat dikategorikan berdasarkan rantainya

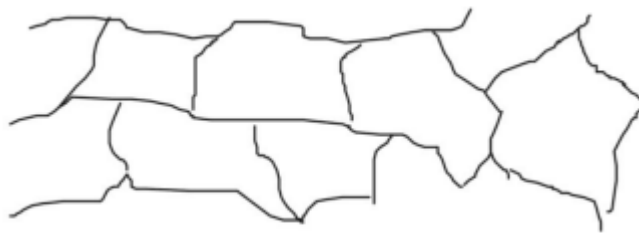
menjadi tiga jenis: jaringan polimer, juga dikenal sebagai polimer *linear*, polimer rantai bercabang, dan polimer *network* [12]. Seperti berikut ini:



Gambar 2.2 Bentuk Polimer Rantai Lurus



Gambar 2.3 Bentuk Polimer Rantai Cabang



Gambar 2.4 Bentuk Rantai Jaringan (*Network*)

Karakteristik termal polimer, serta termoplastik dan termoset, dipengaruhi oleh rantai lurus dan jaring. Salah satu jenis polimer dengan sifat termal termoplastik adalah rantai lurus tanpa percabangan, yang meleleh pada suhu tertentu dan kemudian membeku kembali ketika suhu turun. Sebaliknya, rantai atau jaring jaringan terbuat dari jenis polimer tertentu yang memiliki kualitas termoset; pada suhu tinggi, polimer ini tidak akan meleleh atau berubah bentuk. Pada umumnya polimer baik bersifat termoplastik atau termoset tetap akan rusak terdegradasi saat dipanaskan pada suhu yang tinggi sekitar 300° C. Produk polimer termoplastik dapat dikelompokkan seperti *polietilen* (PE), *polipropilen* (PP), *polistiren* (PS), *polikarbonat* (PC), *polivinil klorida* (PVC), *polivinil asetat* (PVAc), dan *polimetilmetakrilat* (PMMA) [12].

Polivinil asetat atau PVAc, adalah polimer termoplastik. Produknya meliputi PVAc, yang sering digunakan untuk merekatkan dua potong kayu atau lembaran kayu menjadi satu. Sektor tekstil juga menggunakan PVAc sebagai pelapis untuk memberikan hasil akhir yang mengkilap [12].



Perhitungan komposisi serbuk dan matrik digunakan sebagai pembagian penggunaan matrik dan filler [13].

Volume Cetakan = p.l.t.(2.1)

Vc : Volume Cetakan (cm³)
p : Panjang Komposit (mm)
l : Lebar Komposit (mm)
t : Tebal Komposit (mm)

a. Perhitungan volume serbuk:

$$V_{serbuk} = (V_{cetakan} \times \%_{serbuk}) \dots\dots\dots (2.2)$$

V_{sebuk} : Volume serbuk (cm³)
 V_C : Volume cetakan (cm³)
 $\%_{sebuk}$: Persentase serbuk (%)

b. Perhitungan volume matrik:

$$V_{matrik} = (V_{cetakan} \times \%_{matrik}) \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

V_{matrik} : Volume matrik (cm^3)

V_c : Volume cetakan (cm^3)

$\%_{matriks}$: Persentase matriks (%)

3. Perhitungan Massa Serbuk dan Matrik

a. Perhitungan massa serbuk

$$m_{serbuk} = (V_{serbuk} \times \rho_{serbuk}) \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

V_{serbuk} : Volume serbuk (cm^3)

ρ_{serbuk} : massa serbuk (g)

b. Perhitungan massa serbuk

$$m_{matrik} = (V_{matrik} \times \rho_{matrik}) \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan:

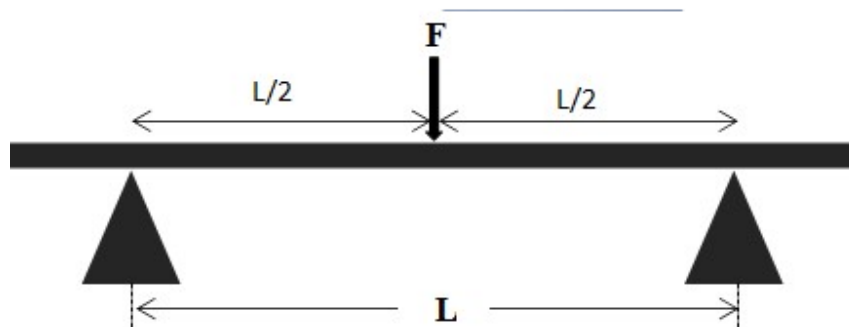
V_{matrik} : Volume matrik (cm^3)

ρ_{matrik} : massa matrik (g)

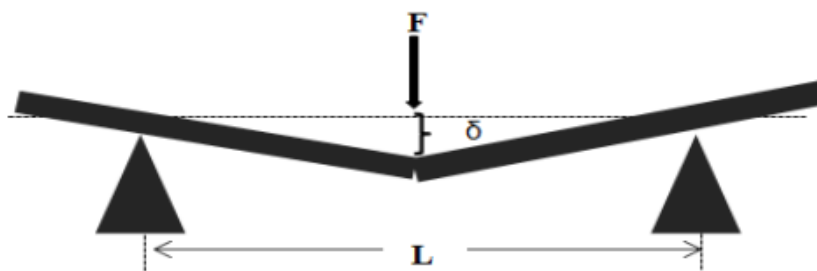
2.7 Pengujian Spesimen Papan Partikel

2.7.1 Pengujian Bending

Tujuan dari pengujian lentur adalah untuk mengevaluasi kekuatan dan fleksibilitas karakteristik mekanik material komposit. Untuk melakukan pengujian dan memperoleh nilai yang memberikan informasi tentang sifat-sifat material, beban tekan bergerak lurus diterapkan pada bagian tengah material [14]. Kekuatan lentur sangat dipengaruhi oleh pembebanan dan jenis material. Tekanan akan diberikan pada bagian atas benda uji selama pengujian tekuk, sedangkan tegangan tarik akan diberikan pada bagian bawahnya [15]. Standar ASTM D-790 dijadikan acuan untuk pengujian bending. Kekuatan bending pada papan partikel di dalam [16] standar SNI minimal sebesar 80 Kg/cm^2 (7,84 MPa). Pengujian bending dilakukan dengan sistem 3 titik.



Gambar 2.6 Spesimen Uji Bending Sebelum Diberi Beban



Gambar 2.7 Spesimen Uji Bending Sebelum Sesudah Diberi Beban

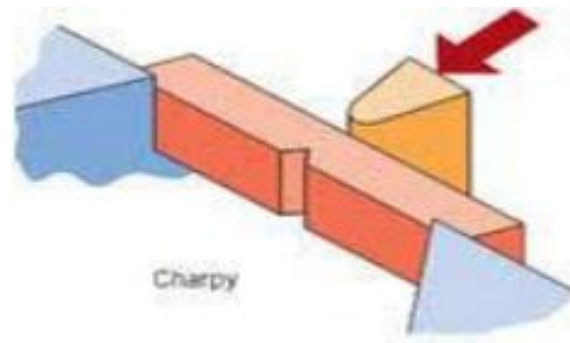
2.7.2 Pengujian Impak

Uji impak adalah sifat mekanis yang digunakan spesimen untuk menghasilkan beban cepat (kejut). Pengeluaran energi untuk uji impak sangat tinggi ketika harus menghancurkan spesimen. Apabila suatu bahan dapat dibentuk dengan beban yang besar tanpa mengalami deformasi atau kerusakan yang berarti, maka disebut tangguh. Kekuatan impak pada papan partikel di dalam [17]. Pengujian impak umumnya menggunakan jenis metode sebagai berikut:

1. Metode Charpy

Pengujian impak dengan metode Charpy dilakukan dengan cara meletakkan benda uji secara horizontal pada penyangga alat uji. Bagian tanpa takik menerima beban tumbukan dengan mengayunkan pendulum yang memiliki panjang lengan pendulum 400 mm dan kecepatan tumbukan sekitar 16 kaki per detik. Beban diterapkan berlawanan arah dengan arah takikan. Spesimen ASTM E23 Charpy memiliki radius dasar 0,25 mm, kedalaman 2 mm, dan luas penampang persegi 10

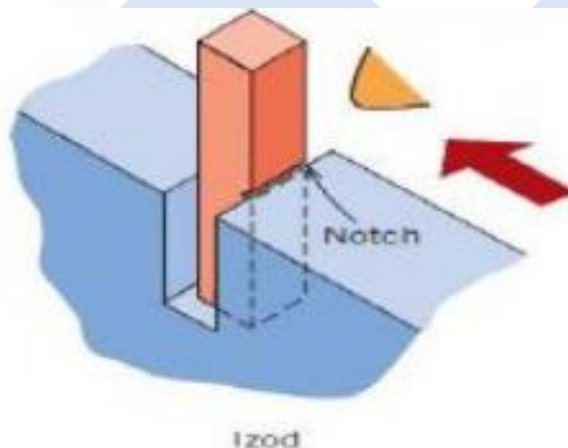
x 10 mm dan juga memiliki takik V-45° [17]. Posisi spesimen pengujian impak dengan metode Charpy bisa ditinjau sebagaimana berikut:



Gambar 2.8 Posisi Spesimen Uji Impak Metode Charpy

2. Metode Izod

Pengujian impak dengan metode Izod dilakukan dengan menempatkan benda uji secara vertikal pada suatu tumpuan dengan beban diarahkan searah takikan. Secara umum, Eropa dan Inggris pada khususnya menggunakan teknik Izod. Meskipun demikian, metode pengujian impak Izod jarang digunakan. Benda uji metode Izod mempunyai penampang persegi atau penampang melingkar berbentuk V yang berlekuk dekat ujung yang dijepit [17].



Gambar 2.9 Posisi Spesimen Uji Impak Metode Izod

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

$$M = m.g (\cos \beta - \cos \alpha) \dots \dots \dots (2.6)$$

Kekuatan impak benda uji dapat dihitung dengan persamaan:

$$HI = \frac{E}{A} \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan:

- E : Energi Sebelum Tumbukan (J)
- HI : Kekuatan Impak (J/m²)
- A : Luas Penampang Spesimen dibawah takikan (mm²)
- m : Berat Massa Pendulum (m)
- g : Gaya Gravitasi (m/s²)
- $\cos \alpha$: Sudut Pendulum Tanpa Benda Uji (°)
- $\cos \beta$: Sudut Pendulum Pakai Benda Uji (°)

2.8 Metode Full Factorial Design

Full factorial design adalah strategi penelitian yang mengalikan satu set komponen dengan komponen lainnya. Untuk menghemat waktu, uang, material, energi, dan peralatan, strategi ini hanya membahas beberapa komponen saja. Ini juga mendeteksi ketidakpastian dalam hubungan antar faktor. Faktor ini akan meningkat, dan akan ada lebih banyak contoh seiring dengan semakin banyaknya penyebab yang diteliti [13].

2.9 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini menggunakan tiga faktor yaitu fraksi volume, ukuran serbuk gergaji berdasarkan mesh, dan matriks *Polivinil Asetat* (PVAc). Untuk mengeksplorasi papan partikel yang dibuat dari serbuk gergaji dengan matriks PVAc. Latar belakang penelitian ini akan dibahas pada Bab 1. Oleh karena itu, diperlukan penelitian-penelitian sebelumnya sebagai referensi dalam penelitian ini.

Menurut [18] pengaruh komposisi serbuk terhadap sifat mekanik dan fisik komposit papan partikel yang menggunakan serbuk kayu, tempurung kelapa, dan tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan pengisi. Berdasarkan hasil pengujian, variasi 25:5 memiliki nilai daya serap air terbesar yaitu sebesar 34,47%, sedangkan komposisi 5:25 memiliki nilai daya serap air terendah sebesar 15,17%. Variasi 25:5 memiliki nilai MOE terbesar sebesar 984,93 Kg/cm², sedangkan komposisi 10:20 memiliki nilai MOE terendah sebesar 396,26 Kg/cm².

Menurut [19] papan komposit dari limbah plastik dengan serbuk kayu jabon sebagai filler. Variasi komposit yang ditentukan yaitu 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70 dengan tekanan 30 Kgf/cm². Diperoleh hasil pada pengujian daya serap air dengan nilai 20.53-133,56% dan nilai MOE sebesar 5953,93- 12645,63 Kgf/cm².

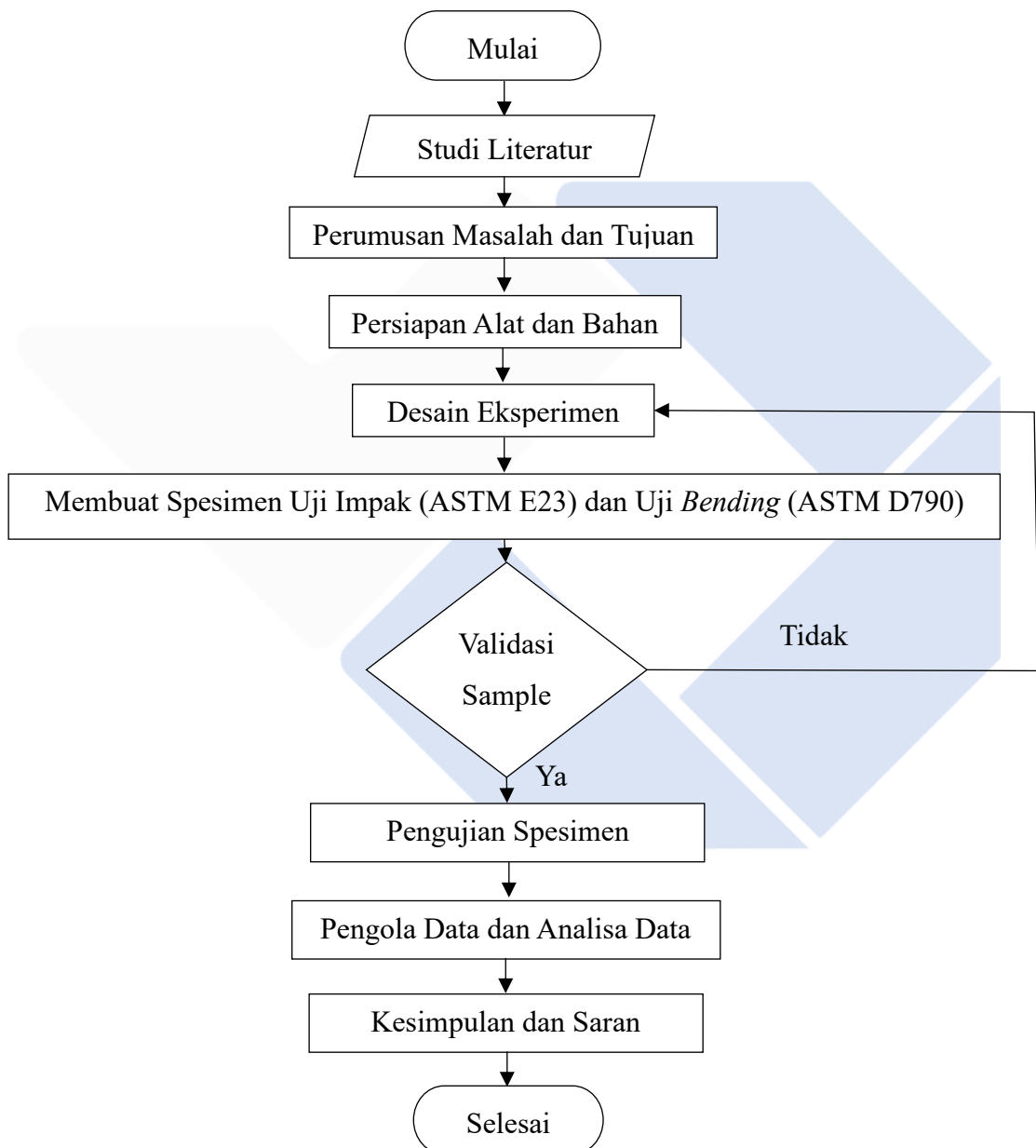
Menurut [20] pengaruh volume limbah serbuk kayu jati terhadap daya serap air pada komposit partikel dengan matrik epoksi. Fraksi volume telah ditentukan dengan variasi 30:70%, 40:60%, 50:50%, 60:40%, 70:30%. Diperoleh hasil pada pengujian daya serap air mencapai nilai paling rendah pada 0,48% pada volume 30% yang direndam selama 24 jam, dan nilai tertinggi pada variasi 70%.



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Proses penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1 di bawah ini.



Gambar 3.1 Diagram Alir

3.2 Studi Literatur

Studi literatur adalah langkah pertama dari proses penelitian, di mana sejumlah besar informasi dikumpulkan dari buku, jurnal, publikasi ilmiah, dan sumber lainnya. Memasukkan referensi untuk pencarian yang relevan terkait dengan penelitian sebelum memulai proses pencarian informasi di internet.

3.3 Perumudan Masalah Dan Tujuan

Tentukan masalah dan tujuan penelitian setelah pengumpulan data. Dengan memanfaatkan limbah serbuk kayu hasil pengolahan industri mebel, pennebangan pohon, dan kayu gergajian, penelitian ini berupaya mengetahui kekuatan lentur dan kekuatan impak dengan menganalisis interaksi antara partikel dan matriks dengan persentase volume yang bervariasi.

3.4 Rancangan Eksperimen

Dalam penelitian ini, tiga ukuran mesh yang berbeda yaitu mesh 10, 20, dan 30 dengan fraksi volume 60%:40%, 70%:30%, dan 80%:20% digunakan dalam kaitannya dengan matrik polimer PVAc. Membandingkan volume serbuk kayu dan matrik polimer PVAc dengan variabel yang dinilai ketahanan benturan dan lenturnya.

3.5 Alat Dan Bahan

Selama pembuatan sampel diperlukan serbuk kayu sebagai bahan utama, pada proses pengambilan serbuk kayu puspa dapat dilihat pada Lampiran 2. Proses penelitian ini juga memerlukan alat sebagaimana di bawah ini:

1. Timbangan Digital

Fungsi dari timbangan digital yaitu sebagai alat ukur pengukur berat *filler* dan lem.



Gambar 3.2 Timbangan Digital

2. Lem Kayu Crona WRG 222 / PVAc

Dalam penelitian ini lem digunakan sebagai matriks penguat.



Gambar 3.3 Lem Kayu

3. Cetakan dan Press Cetakan

Cetakan digunakan untuk mencetak spesimen papan partikel dan press cetakan guna untuk kepadatan pada spesimen.



Gambar 3.4 Cetakan Spesimen

4. Jangka Sorong

Jangka sorong alat yang berfungsi untuk mengukur tebal, panjang dan lebar spesimen.



Gambar 3.5 Jangka Sorong

5. Wax dan Kuas

Wax berfungsi sebagai lapisan pada cetakan agar pada saat proses pencetakan, pada papan partikel tidak melekat dengan cetakan.



Gambar 3.6 Wax dan Kuas

3.6 Pembuatan Sampel

Proses pembuatan sampel dilakukan di Lab Material Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Tahap pembuatan sampel sebagai berikut:

1. Pengambilan serbuk kayu hasil penebangan pohon.
2. Kemudian serbuk kayu disaring menggunakan mesh yang telah ditentukan yaitu, ukuran mesh 10, 20, dan 30.
3. Menghitung massa serbuk dan massa matrik menggunakan persamaan 2.1 hingga 2.5 dengan hasil hitungan terdapat pada Lampiran 3.
4. Serbuk kayu dan lem dilakukan penimbangan untuk dilakukan pencampuran dengan cara diaduk secara merata. Kemudian dituangkan ke dalam cetakan dengan perbandingan fraksi volume antara matriks dan partikel 60%:40%, 70%:30%, dan 80%:20%. Setelah itu press dengan menggunakan mesin hingga ketebalan mencapai 10 mm.
5. Selanjutnya sampel spesimen dilakukan pengkondisian selama beberapa hari, kemudian dilakukan validasi sampel.
6. Sampel spsimen siap diuji bending dan uji impak.

3.7 Sampel Spesimen

Setelah selesai, sampel melanjutkan ketahap pengujian. Agar dapat menghasilkan sampel baru untuk pengujian, proses pembuatan sampel diulangi jika terdapat cacat atau kesalahan dalam proses pencetakan.

3.8 Analisa Dan Pengolahan Data Hasil Pengujian

Tujuan pengolahan data adalah untuk mengetahui pengaruh antara pemanasan, matriks dan fraksi volume partikel sebesar 60%:40%, 70%:30%, dan 80%:20%. Selain itu, analisis kekuatan impak dan kekuatan lentur juga dilakukan untuk menentukan layak atau tidaknya papan partikel ini digunakan dalam produksi *furniture*. Berikut adalah tabel dalam pengujian bending dan pengujian impak bisa dipaparkan sebagaimana pada tabel 3.1 dan 3.2 berikut:

Tabel 3.1 Pengujian Bending

No	Ukuran Mesh	Temperature ° (C)	Fraksi Volume %	Kekuatan Bending (MPa)			Rata-Rata (MPa)
				Spesimen			
				1	2	3	
1	10	90	60%:40%				
2	20	90	60%:40%				
3	30	90	60%:40%				
4	10	100	70%:30%				
5	20	100	70%:30%				
6	30	100	70%:30%				
7	10	110	80%:20%				
8	20	110	80%:20%				
9	30	110	80%:20%				

Tabel 3.2 Pengujian Impak

No	Ukuran Mesh	Temperature ° (C)	Fraksi Volume %	Kekuatan Impak (J/m ²)			Rata-Rata (J/m ²)
				Spesimen			
				1	2	3	
1	10	90	60%:40%				
2	20	90	60%:40%				
3	30	90	60%:40%				
4	10	100	70%:30%				
5	20	100	70%:30%				
6	30	100	70%:30%				
7	10	110	80%:20%				
8	20	110	80%:20%				
9	30	110	80%:20%				

3.9 Kesimpulan

Langkah terakhir dalam merumuskan jawaban terhadap masalah dan menguraikan tujuan penelitian adalah melakukan penarikan kesimpulan. Ringkasnya data penelitian ini dikumpulkan melalui pengolahan data dan analisis hasil uji impak dan uji bending. Dari hasil pengujian dapat ditentukan apakah pertikel serbuk batang puspa (seruk) dapat dimanfaatkan sebagai produk *furniture* melalui pengolahan dan analisis data.

BAB IV

PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini digunakan serbuk batang puspa (seruk) pengaruh fraksi volume, temperatur dan mesh terhadap kekuatan bending dan kekuatan impak. Uji impak dilakukan dengan menggunakan alat uji impak *GOTECH model GT-7045*, sedangkan pengujian lentur dilakukan dengan menggunakan alat uji *Zwick Roell Universal Test Machining Model Z20 Xforce K*. Setelah pengolahan data, akan dilakukan penentuan variasi elemen yang akan menghasilkan nilai kekuatan lentur dan kekuatan impak yang diantisipasi.

4.1 Uji Bending

4.1.1 Rasio Perhitungan Komposisi Serbuk Dan Lem

Metode penelitian yang digunakan adalah *full factorial* menggunakan serbuk batang puspa dengan perbandingan fraksi volume. Untuk mengetahui derajat variasi fraksi volume 60%:40%, 70%:30%, dan 80%:20% dilakukan pengujian. Tiga pengulangan penelitian dilakukan. Hasil perhitungan rasio spesimen uji bending menggunakan persamaan 2.1 hingga 2.5 mengacu pada standar ASTM D-790 dengan hasil dapat dilihat pada Tabel 4.1.

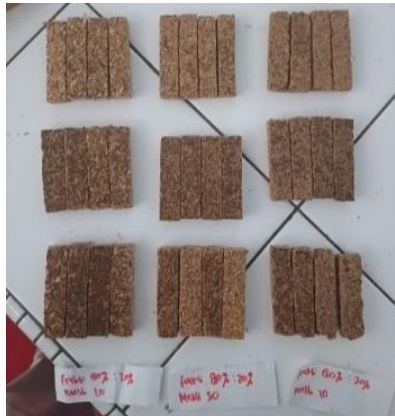
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Rasio Spesimen Uji Bending

Fraksi Volume (%)	Temperature ° (C)	Berat Serbuk (g)	Berat Lem (g)
60%:40%	90	42,43	61,52
70%:30%	100	51,33	45,38
80%:20%	110	58,42	30,24

4.1.2 Proses Pengambilan Data

Ada beberapa langkah dalam proses pengumpulan data yang perlu diselesaikan secara berurutan. Setelah dilakukan kajian literatur, dihasilkan 9 spesimen dan ulangan dengan menggunakan lem PVAc sebagai matriks penguat pada serbuk kayu puspa dengan fraksi volume 60%:40%, 70%:30%, dan 80%:20%

dengan replika 3 kali, berjumlah 27 spesimen. Benda uji lentur mempunyai dimensi panjang 115 mm, lebar 16 mm, dan tebal 10 mm, sesuai standar ASTM D-790. Hasil cetakan spesimen uji telah diberi tanda dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Spesimen Uji Bending

Ketika semua benda uji telah dibuat dan diberi tanda, maka selanjutnya menyiapkan mesin uji bending 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 bending. Kegiatan pengujian bending ditunjukkan pada Lampiran 2.

4.1.3 Data Pengujian

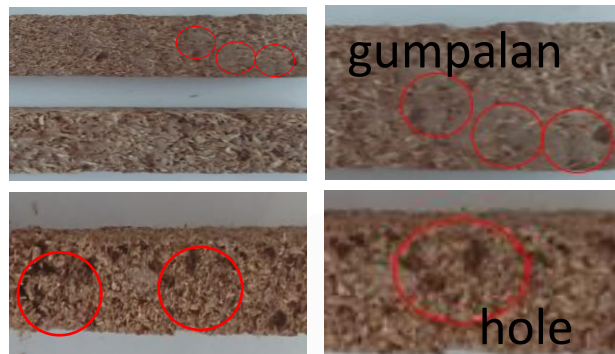
Pengujian bending dilakukan menggunakan alat uji bending model *Universal Testing Machining Zwick Roell Z020 Xforce K*. Dimana, nilai kekuatan bending didapatkan secara otomatis yang muncul pada layar monitor. Nilai kekuatan bending ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Data Pengujian Bending (MPa)

No	Ukuran Mesh	Temperature ° (C)	Fraksi Volume (%)	Kekuatan Bending (MPa)			Rata-Rata (MPa)
				Spesimen			
				1	2	3	
1	10	90	60%:40%	0,78	0,78	0,79	0,781
2	20	90	60%:40%	1,1	1,02	1,1	1,073
3	30	90	60%:40%	1,1	1,2	1,07	1,123
4	10	100	70%:30%	0,59	0,58	0,56	0,577
5	20	100	70%:30%	0,6	0,58	0,59	0,59
6	30	100	70%:30%	0,63	0,72	0,68	0,676
7	10	110	80%:20%	1,22	1,22	1,22	1,22
8	20	110	80%:20%	0,92	0,87	0,9	0,89
9	30	110	80%:20%	1,31	1,3	1,29	1,3

Terdapat variasi angka kekuatan, berdasarkan rata-rata kekuatan lentur pada Tabel 4.2. Nilai kekuatan lentur tertinggi pada fraksi volume 80%:20% dengan temperatur 110° C selama 15 menit dan menggunakan mesh 30 memperoleh hasil 1,30 MPa Hal ini berbanding lurus dengan peneliti [6] yang menunjukkan bahwa semakin besar mesh yang digunakan dapat meningkatkan kekuatan, regangan, dan *modulus flexural* karena rekatan antara partikel dengan matrik semakin luas. Sedangkan kekuatan lentur terendah pada fraksi volume 70%:30% dengan temperature 100° C selama 15 menit menggunakan mesh 10 dengan hasil 0,577 MPa. Hal ini disebabkan karena kurangnya ikatan partikel antara bahan pengikat dengan bahan penguat. Sehingga papan partikel memiliki banyak cacat, cacat ini seperti kerapuhan yang disebabkan partikel yang tidak terikat dengan matrik saat

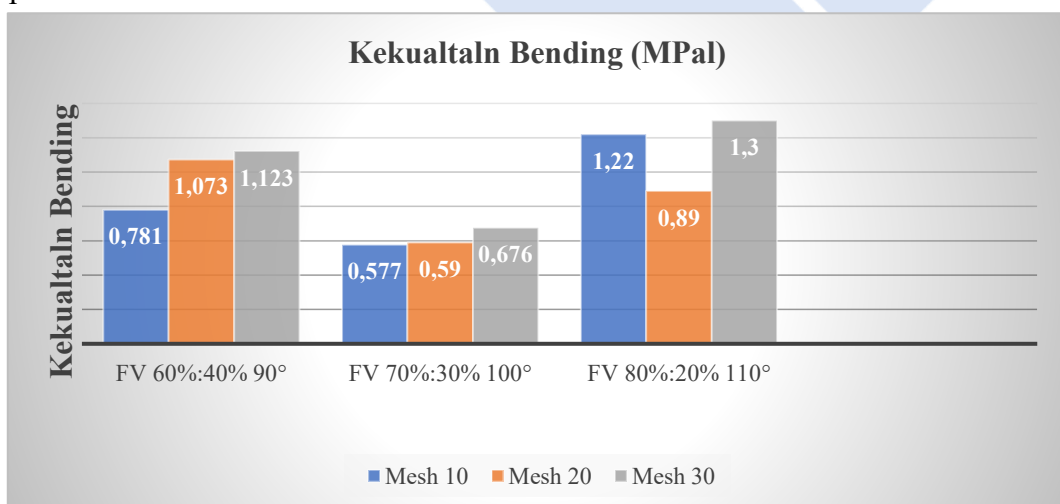
dalam proses pencampuran. Hal inilah membuat partikel tidak mampu menahan tekanan kekuatan bending karena ikatan partikel dengan matriks tidak sempurna sehingga kekuatan bending menurun. Hal ini terjadi dikarenakan ada penggumpalan dan lubang sehingga tingkat kepadatan tidak maksimal membuat material menjadi rapuh.



Gambar 4.2 Hasil Spesimen Uji Bending

4.1.4 Interaksi Fraksi Volume, Temperatur Dan Ukuran Mesh

Interaksi faktor fraksi volume yang lebih tinggi menghasilkan material dengan kekuatan yang meningkat. Tergantung pada jenis materialnya, pada pemanasan dapat mempunyai berbagai efek terhadap kekuatan bending. Karena pemanasan meningkatkan kepadatan dan kekuatan ikatan antar atom. Butiran yang lebih kecil mendistribusikan tekanan secara lebih merata dan mencegah kerusakan. Nilai keseluruhan kekuatan bending dapat dilihat pada grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik Kekuatan Bending

4.2 Uji Impak

4.2.1 Perhitungan Rasio Komposisi Serbuk Dan Lem

Pada pengujian impact terdapat juga perhitungan rasio komposisi volume serbuk puspa dan volume lem. Hal ini secara bersamaan saat mencetak spesimen uji bending yang dimana perhitungan rasio komposisi dapat dilihat pada Tabel 4.1.

4.2.2 Proses Pengambilan Data

Pada proses pengambilan data terdapat beberapa proses yang harus dilakukan secara berurutan. Selanjutnya membuat spesimen uji impact menggunakan lem PVAc berpenguat serbuk batang puspa, fraksi volume yang digunakan 60%:40%, 70%:30%, 80%:20%, sehingga didapatkan 9 spesimen dan replikasi sebanyak 3 kali dengan jumlah spesimen 27. Spesimen uji impact mengacu pada standar ISO 179 dengan ukuran panjang 60 mm, lebar 10, tebal 10 mm.

Spesimen uji impact yang sudah tercetak dan diberi tanda selanjutnya menyiapkan alat uji impact (alat terkalibrasi dengan baik) dan melakukan pengujian dengan melepas pendulum untuk mendapatkan sudut akhir $\cos \beta$ dari spesimen Uji Impact 27 spesimen yang telah dicetak. Kegiatan pengujian impact spesimen ditunjukkan pada Lampiran 2.

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 yang menggunakan persamaan 2.6 dan 2.7 dengan nilai kekuatan impact dapat dilihat pada Lampiran 4. Pengujian impact mengacu pada standar ASTM E-23 kemudian data akan diolah untuk menghasilkan kesimpulan yang sesuai dengan tujuan penelitian. Berikut data hasil pengujian impact ditunjukkan pada Tabel 4.3 data hasil uji impact (J/m^2)

Tabel 4.3 Hasil Data Pengujian Impak (J/m^2)

No	Ukuran Mesh	Temperature ° (C)	Fraksi Volume %	Kekuatan Impak (J/m²)			Rata-Rata (J/m²)
				Spesimen			
				1	2	3	
1	10	90	60%:40%	141	140	140	140,3
2	20	90	60%:40%	138	139	137	138
3	30	90	60%:40%	137	137	138	137,3
4	10	100	70%:30%	141	143	143	142,3
5	20	100	70%:30%	141	141	142	141,3
6	30	100	70%:30%	140	141	141	140,7
7	10	110	80%:20%	142	142	143	142,3
8	20	110	80%:20%	142	141	142	141,3
9	30	110	80%:20%	140	140	139	139,7

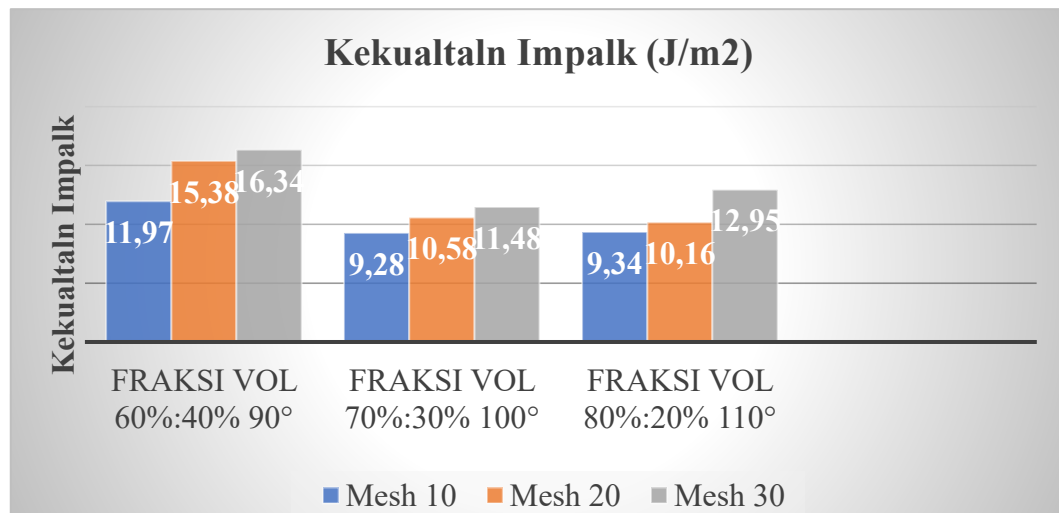
Terdapat variasi nilai kekuatan, berdasarkan hasil rata-rata kekuatan impak yang ditunjukkan pada Tabel 4.3. Nilai kekuatan impak tertinggi pada fraksi volume 60%:40% dengan ukuran mesh 30 menggunakan suhu pemanasan 110° selama 15 menit dengan nilai uji impak sebesar $16,34 \text{ J/m}^2$. karena memiliki serbuk yang lebih rapat dan lebih mengikat dengan matriksnya, sedangkan nilai terendah pada uji impak sebesar $9,28 \text{ J/m}^2$ menggunakan fraksi volume 70%:30% pada mesh 10. Hal ini disebabkan kurangnya ikatan partikel dengan matrik. Sehingga papan partikel mengalami deformasi yang cukup banyak.



Gambar 4.4 Hasil Spesimen Uji Impak

4.2.4 Interaksi Fraksi Volume, Temperature Dan Ukuran Mesh

Kekuatan impak sering kali menurun seiring dengan kenaikan suhu. Hal ini disebabkan kemungkinan bahwa peningkatan suhu akan mengurangi kekuatan matriks dan antarmuka antara partikel dan matriks. Nilai keseluruhan kekuatan impak dapat dilihat pada grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik Kekuatan Impak

4.3 Perbandingan Dengan Penelitian Terdahulu

Berdasarkan hasil data pengujian yang didapatkan, maka diperlukan pembandingan dengan penelitian terdahulu yang berfungsi untuk melihat kelebihan dan kekurangan pada penelitian ini. Berikut perbandingan penelitian saat ini dengan penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Nilai Uji	Papan Partikel		
	Penelitian ini	Arul Arliansyah, (2024)	SNI-03-2105- 2006
Kekuatan Bending (MPa)	1,3	4,03	20-35
Kekuatan Impak (J/cm²)	0,001634	-	0,5-1,0

Pada Tabel 4.4 terdapat perbedaan kekuatan, pada penelitian ini untuk kekuatan bending lebih kecil dibandingkan dengan penelitian (Arul Arliansyah, 2024), pada kekuatan bending dan impak belum memenuhi standar SNI-03-2105-2006.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Dari data yang didapatkan maka dapat disimpulkan bahwa pada fraksi volume, ukuran mesh, dan pemanasan berpengaruh terhadap kekuatan bending dan kekuatan impact. Kekuatan bending tertinggi pada fraksi volume 80%:20%, mesh 30 dengan pemanasan 110° C selama 15 menit sebesar 1,30 MPa dan kekuatan bending terendah 0,577 MPa menggunakan mesh 10 sedangkan kekuatan impact tertinggi sebesar 16,34 J/m² pada mesh 30 dan kekuatan impact terendah 9,28 J/m² menggunakan mesh 10. Maka pada pengujian ini belum memenuhi standar SNI-03-2105-2006
2. Pengaruh antara partikel dan matrik dengan fraksi volume yang berbeda berpengaruh terhadap uji bending dan uji impact. Hal ini disebabkan karena kurangnya ikatan antara partikel dengan matrik pada proses pencampuran yang tidak merata. Sehingga papan partikel memiliki banyak cacat seperti, kerapuhan yang disebabkan karena partikel dan matrik tidak terikat dengan baik pada saat proses pencampuran.

5.2 Saran

Untuk mengembangkan penelitian terkait material komposit papan partikel, penulis ingin menyampaikan beberapa saran yang dapat membantu peneliti selanjutnya dalam melakukan penelitian, yaitu:

1. Pada proses pencetakan diusahakan pencampuran antara partikel dan matrik secara merata.
2. Lebih teliti lagi dalam proses pembuatan sampel dan pengujian sampel.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aldi Subana (2024). Pemanfaatan Pelepah Salak Sebagai Komposit Untuk Papan Partikel Bermatrik Polyester, doi: <https://doi.org/10.33504/jitt.v2i1.136>.
- [2] Djoko Purwanto (2016). Sifat Fisis Dan Mekanis Papan Partikel Dari Limbah Campuran Serutan Rotan Dan Serbuk Kayu, *Jurnal Riset Industri* Vol. 10 No. 3, Desember 2016, Hal. 125-133, Balai Riset dan Standardisasi Industri Banjarbaru Jl. P. Batur Barat No.2. Banjarbaru.
- [3] Ahsan Risfathoni Almadani, Wahyu Gilang Hermawan (2023). Fenologi Perkembangan Diameter Dan Ketinggian Batang Tumbuhan Puspa (*Schima wallichii* DC. Korth) Di Wilayah Resort Wonolelo, Taman Nasional Gunung Merbabu, *Nusantara Hasana Journal*, 2 (12), 152-157.
- [4] Nurun Nayiroh (2020). Studi pengaruh variasi fraksi volume filler partikel cangkang kerang hijau terhadap sifat fisis dan mekanik komposit polimer polyester, doi: <https://ejournal.upi.edu/index.php/wafi/article/view/33564>.
- [5] Riadhi Ahyar, Anis Rakhmawati, Yudhi Arnandha (2020). Kuat Lentur Balok Komposit Dari Serat Rayung Dengan Matriks Lem Kayu Menggunakan Metode Kempa Dingin, *Jurnal Rekayasa Infrastruktur Sipil*, Vol. 2, Desember 2020, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tidar, Jl. Kapten Suparman 39 Potrobangsari, Magelang Utara, Magelang, Jawa Tengah 56116.
- [6] Rita Desiasni, Nur Azman, Fauzi Widyawati (2023). Sifat Fisik Dan Mekanik Komposit Papan Partikel Berdasarkan Variasi Ukuran Serbuk Kayu Mahoni (*Swietenia Macrophylla*) Sebagai Material Alternatif: Papan Komposit, *Jurnal TAMBORA*, 7 (2), 78-83.
- [7] Muhammad Budi Nur Rahman, Sudarisman, Eko Nugroho (2018). Pengaruh Ukuran Butir, Fraksi Volume dan Penambahan Aseton terhadap Kekuatan Flexural Komposit Papan Partikel Serbuk Gergaji Kayu Sengon-Matrik Polyester, *JMPM (Jurnal Material dan Proses Manufaktur)*, 2 (2), 110-118.

- [8] Sagita Ghaniyyah Cahyadi, Siti Hazar, Sri Peni Fitrianiingsih (2020). Kajian Aktivitas Antibakteri Famili Theaceae: Puspa (*Schima Wallichii*) (DC) Korth dan Teh (*Camellia Sinensis* L.) terhadap Bakteri Penyebab Jerawat. *Prosiding Farmasi*, 6 (2), 339-345.
- [9] Djoko Purwanto (2016). Sifat Fisis dan Mekanis Papan Semen dari Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit, *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan* Vol.8, No.2, Desember 2016: 43 -52, Balai Riset dan Standardisasi Industri Banjarbaru Jl. P. Batur Barat No.2 Banjarbaru, Kalimantan Selatan. 70711, Indonesia.
- [10] Muriana, Sindy, “Analisis Komposit Berpenguat Serat Tandan Sawit Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekuatan Impak”, *Edusaintek, Jurnal Pendidikan, Sains dan Teknologi*, Vol.10, No,1 2023.
- [11] Ahmad, R. (2022). Karakteristik Kekuatan Serat Tebu Sebagai Penguat Komposit Dengan Matrik Polyester YUKALAC 157 BQTN-EX Terhadap Uji Tarik Dan Uji Bending (Doctoral dissertation, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung).
- [12] Rochmadi Ajar Permono (2018), “Mengenal Polimer dan polimerisasi”, Yogyakarta: Gajah Mada University Press, 2018.
- [13] Arul arliansyah (2024). Pemanfaatan Limabah Serbuk Industri Mebel Untuk Komposit Serbuk Kayu Dengan Matrik Polivinil Asetat, Diploma thesis, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
- [14] Ubaidillah, A., Sujito, S., & Purwandari, E. (2019). Pengaruh Fraksi Massa terhadap Sifat Mekanik Material Komposit Binderless dari Ampas Tebu dan Serbuk Kayu Sengon. *Jurnal Sains Dasar*, 8(2), 70-74.
- [15] Beliu, H. N., Pell, Y. M., & Jasron, J. U. (2016). Analisa kekuatan tarik dan bending pada komposit widuri-polyester. *Lontar Jurnal Teknik Mesin Undana (LJTMU)*, 3(2), 11-20.

- [16] Syukur, M. (2013). Pembuatan dan Karakterisasi Papan Partikel Dari Serbuk Kalsium Karbonat (CaCO_3) dan Serat Kulit Waru (*Hibiscus Tiliaceus*) Dengan Resin Polyester (Doctoral dissertation, Universitas Sumatera Utara).
- [17] Gunandar, A. W. (2021). Analisis Kekuatan Tarik Dan Impak Bahan Komposit Hibrid Berpenguat Serbuk Kayu Akasia Dan Tandan Kosong Kelapa Sawit (Doctoral dissertation, Universitas Islam Riau).
- [18] Hidanto, Wirnu, Mora (2019). Analisis Pengaruh Komposisi Serbuk terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Komposit Papan Partikel Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit, Serbuk Kayu dan Tempurung Kelapa, Jurnal Fisika Unand, Vol.8, No.2, 2019.
- [19] Jonoko, Roni, Hasanuddin, Hasanuddin, Nurhanisa, Mega (2021). Sifat Fisis Dan Mekanis Papan Komposit dari Limbah Plastik Berpenguat Serbuk Kayu Jabon pada Variasi Fraksi Massa, Prisma Fisika, Vol 9, No.1, 2021.
- [20] Lusiani, Rina, Sunardi, Sunardi, Ardiansah, Yogie (2015). Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Papan Komposit Dengan Variasi Panjang Serat". Flywheel, Jurnal Teknik Mesin Untirta, Vol.2, No.1, 2015.

LAMPIRAN 1
DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama : NOVIZAL

Tempat, Tanggal Lahir : Belinyu, 27 November 2001

Jenis Kelamin : Laki-laki

Agama : Islam

Alamat : KP. Telang Dalam, Desa Gunung Muda,
Kecamatan Belinyu, Kabupaten Bangka, Kepulauan
Bangka Belitung

No Telepon/Hp : 082281871221

Email : skybrother732@gmail.com



2. Riwayat Pendidikan

SD N 23 Belinyu (2008-2014)

SMP N 5 Belinyu (2014-2017)

SMK YPN Belinyu (2017-2020)

D-IV POLMAN NEGERI BABEL (2021-2025)

3. Pendidikan Non-Formal

-

-

-

Sungailiat, 16 Agustus 2024

NOVIZAL

LAMPIRAN 2
PROSES PENGOLAHAN SERBUK KAYU PUSPA, PROSES
PENCETAKAN DAN PROSES PENGUJIAN

1. Proses Pengambilan Serbuk Kayu Puspa. Serbuk kayu puspa digunakan dalam penelitian ini merupakan dari hasil limbah penggergajian kayu, pengolahan industri mebel dan penebangan pohon.



2. Proses Penyaringan Serbuk Kayu Puspa.



3. Serbuk Yang Telah Disaring.



4. Proses Pencetakan Spesimen



5. Spesimen yang telah jadi



6. Proses pengampasan



7. Proses pengujian bending dan impak



LAMPIRAN 3

PERHITUNGAN KOMPOSISI SERBUK DAN LEM

Perhitungan Spesimen Uji Bending dan Uji Impak

Perhitungan volume spesimen uji bending dan uji Impak dengan mengukur cetakan. Kemudian dilakukan perhitungan untuk menentukan jumlah serbuk dan matriks yang akan dipakai.

Diketahui:

Panjang cetakan	= 149,8 mm
Lebar cetakan	= 99,5 mm
Tinggi awal cetakan	= 7 mm
V_{cetakan}	= 104.335 mm ³ = 104,335 cm ³
Massa jenis serbuk	= 0,7 gr/cm ³
Massa jenis matrik	= 1,45 gr/cm ³

Ditanya: volume serbuk dan volume matriks berdasarkan perbandingan?

Jawab:

1. Fraksi Volume 60%:40%

$$V_{\text{serbuk}} = V_{\text{cetakan}} \times \%_{\text{serbuk}}$$

$$V_{\text{serbuk}} = 104,335 \text{ cm}^3 \times \frac{60}{100} = 60,62 \text{ cm}^3$$

$$m_{\text{serbuk}} = (V_{\text{cetakan}} \times \rho_{\text{serbuk}})$$

$$m_{\text{serbuk}} = (60,62 \text{ cm}^3 \times 0,7 \text{ gr/cm}^3) = 42,43 \text{ gr}$$

$$V_{\text{matrik}} = V_{\text{cetakan}} \times \%_{\text{matrik}}$$

$$V_{\text{matrik}} = 104,335 \text{ cm}^3 \times \frac{40}{100} = 41,73 \text{ cm}^3$$

$$m_{\text{matrik}} = (V_{\text{matrik}} \times \rho_{\text{matrik}})$$

$$m_{\text{matrik}} = (41,73 \text{ cm}^3 \times 1,45 \text{ gr/cm}^3) = 61,52 \text{ gr}$$

2. Fraksi Volume 70%:30%

$$V_{serbuk} = V_{cetakan} \times \%_{serbuk}$$

$$V_{serbuk} = 104,335 \text{ cm}^3 \times \frac{70}{100} = 73,34 \text{ cm}^3$$

$$m_{serbuk} = (V_{cetakan} \times \rho_{serbuk})$$

$$m_{serbuk} = (73,34 \text{ cm}^3 \times 0,7 \text{ gr/cm}^3) = 51,33 \text{ gr}$$

$$V_{matrik} = V_{cetakan} \times \%_{matrik}$$

$$V_{matrik} = 104,335 \text{ cm}^3 \times \frac{30}{100} = 31,30 \text{ cm}^3$$

$$m_{matrik} = (V_{cetakan} \times \rho_{matrik})$$

$$m_{matrik} = (31,30 \text{ cm}^3 \times 1,45 \text{ gr/cm}^3) = 45,38 \text{ gr}$$

3. Fraksi Volume 80%:20%

$$V_{serbuk} = V_{cetakan} \times \%_{serbuk}$$

$$V_{serbuk} = 104,335 \text{ cm}^3 \times \frac{80}{100} = 83,46 \text{ cm}^3$$

$$m_{serbuk} = (V_{cetakan} \times \rho_{serbuk})$$

$$m_{serbuk} = (83,46 \text{ cm}^3 \times 0,7 \text{ gr/cm}^3) = 58,42 \text{ gr}$$

$$V_{matrik} = V_{cetakan} \times \%_{matrik}$$

$$V_{matrik} = 104,335 \text{ cm}^3 \times \frac{20}{100} = 20,86 \text{ cm}^3$$

$$m_{matrik} = (V_{cetakan} \times \rho_{matrik})$$

$$m_{matrik} = (20,86 \text{ cm}^3 \times 1,45 \text{ gr/cm}^3) = 30,24 \text{ gr}$$

LAMPIRAN 4

PERHITUNGAN UJI IMPAK

1. Mesh 10, 20, 30

- **Fraksi Volume 60%:40%**
- **Heat Treatment 90° C**

Keterangan:

h_1 : Jarak Pendulum Tanpa Benda Uji (°)

I : Panjang Lengan Uji Impak

$$1 \text{ Joule} = 1 \frac{\text{Kg.m}^2}{\text{s}^2}$$

a. (Sampel 1)

Diket: $I = 0,4 \text{ m}$
 $\cos \alpha = \cos 150^\circ$
 $\cos \beta = \cos 141^\circ$
 $m = 2,5 \text{ kg}$
 $g = 10 \text{ m/s}^2$
 $p = 10 \text{ mm}$
 $l = 8 \text{ mm}$

Jawab: $h_0 = I (1 - \cos \alpha)$
 $h_0 = 0,4 \text{ m} (1 - \cos 150^\circ)$
 $h_0 = 0,7464 \text{ m}$

$h_1 = I (1 - \cos \beta)$
 $h_1 = 0,4 \text{ m} (1 - \cos 141^\circ)$
 $h_1 = 0,7108 \text{ m}$

$E = m \times g (h_0 - h_1)$
 $E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (0,7464 \text{ m} - 0,7108 \text{ m})$
 $E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0355 \text{ m}$
 $E = 0,88 \text{ J}$

$A = p \times l$
 $A = 10 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$
 $A = 80 \text{ mm}^2$
 $A = 0,08 \text{ m}^2$

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{E}{A} \\
 H &= \frac{0,88 \text{ J}}{0,08 \text{ m}^2} \\
 H &= 11 \text{ J/m}^2
 \end{aligned}$$

a. (Sampel 2)

Diket: I = 0,4 m
 $\cos \alpha = \cos 150^\circ$
 $\cos \beta = \cos 140^\circ$
m = 2,5 kg
g = 10 m/s²
p = 10 mm
l = 8 mm

Jawab: $h_0 = I (1 - \cos \alpha)$
 $h_0 = 0,4 \text{ m} (1 - \cos 150^\circ)$
 $h_0 = 0,7464 \text{ m}$

$h_1 = I (1 - \cos \beta)$
 $h_1 = 0,4 \text{ m} (1 - \cos 140^\circ)$
 $h_1 = 0,7064 \text{ m}$

$E = m \times g (h_0 - h_1)$
 $E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (0,7464 \text{ m} - 0,7064 \text{ m})$
 $E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0399 \text{ m}$
 $E = 0,997 \text{ J}$

$A = p \times l$
 $A = 10 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$
 $A = 80 \text{ mm}^2$
 $A = 0,08 \text{ m}^2$

$H = \frac{E}{A}$
 $H = \frac{0,997 \text{ J}}{0,08 \text{ m}^2}$
 $H = 12,46 \text{ J/m}^2$

a. (Sampel 3)

Diket: I = 0,4 m
 $\cos \alpha = \cos 150^\circ$
 $\cos \beta = \cos 140^\circ$
m = 2,5 kg
g = 10 m/s²
p = 10 mm
l = 8 mm

$$\begin{aligned}
 \text{Jawab: } h_0 &= I (1 - \cos \alpha) \\
 h_0 &= 0,4 \text{ m } (1 - \cos 150^\circ) \\
 h_0 &= 0,7464 \text{ m} \\
 \\
 h_1 &= I (1 - \cos \beta) \\
 h_1 &= 0,4 \text{ m } (1 - \cos 140^\circ) \\
 h_1 &= 0,7064 \text{ m} \\
 \\
 E &= m \times g (h_0 - h_1) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (0,7464 \text{ m} - 0,7064 \text{ m}) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0399 \text{ m} \\
 E &= 0,997 \text{ J} \\
 \\
 A &= p \times l \\
 A &= 10 \text{ mm} \times 8 \text{ mm} \\
 A &= 80 \text{ mm}^2 \\
 A &= 0,08 \text{ m}^2 \\
 \\
 H &= \frac{E}{A} \\
 H &= \frac{0,997 \text{ J}}{0,08 \text{ m}^2} \\
 H &= 12,46 \text{ J/m}^2
 \end{aligned}$$

b. (Sampel 1)

$$\begin{aligned}
 \text{Diket: } I &= 0,4 \text{ m} \\
 \cos \alpha &= \cos 150^\circ \\
 \cos \beta &= \cos 139^\circ \\
 m &= 2,5 \text{ kg} \\
 g &= 10 \text{ m/s}^2 \\
 p &= 10 \text{ mm} \\
 l &= 8 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jawab: } h_0 &= I (1 - \cos \alpha) \\
 h_0 &= 0,4 \text{ m } (1 - \cos 150^\circ) \\
 h_0 &= 0,7464 \text{ m} \\
 \\
 h_1 &= I (1 - \cos \beta) \\
 h_1 &= 0,4 \text{ m } (1 - \cos 138^\circ) \\
 h_1 &= 0,6972 \text{ m} \\
 \\
 E &= m \times g (h_0 - h_1) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (0,7464 \text{ m} - 0,6972 \text{ m}) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0492 \text{ m} \\
 E &= 1,23 \text{ J}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= p \times l \\
 A &= 10 \text{ mm} \times 8 \text{ mm} \\
 A &= 80 \text{ mm}^2 \\
 A &= 0,08 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{E}{A} \\
 H &= \frac{1,23 \text{ J}}{0,08 \text{ m}^2} \\
 H &= 15,375 \text{ J/m}^2
 \end{aligned}$$

b. (Sampel 2)

Diket: $I = 0,4 \text{ m}$
 $\cos \alpha = \cos 150^\circ$
 $\cos \beta = \cos 141^\circ$
 $m = 2,5 \text{ kg}$
 $g = 10 \text{ m/s}^2$
 $p = 10 \text{ mm}$
 $l = 8 \text{ mm}$

Jawab: $h_0 = I (1 - \cos \alpha)$
 $h_0 = 0,4 \text{ m} (1 - \cos 150^\circ)$
 $h_0 = 0,7464 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 h_1 &= I (1 - \cos \beta) \\
 h_1 &= 0,4 \text{ m} (1 - \cos 139^\circ) \\
 h_1 &= 0,7018 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E &= m \times g (h_0 - h_1) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (0,7464 \text{ m} - 0,7018 \text{ m}) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0446 \text{ m} \\
 E &= 1,115 \text{ J}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= p \times l \\
 A &= 10 \text{ mm} \times 8 \text{ mm} \\
 A &= 80 \text{ mm}^2 \\
 A &= 0,08 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{E}{A} \\
 H &= \frac{1,115 \text{ J}}{0,08 \text{ m}^2} \\
 H &= 13,93 \text{ J/m}^2
 \end{aligned}$$

b. (Sampel 3)

Diket: $I = 0,4 \text{ m}$
 $\cos \alpha = \cos 150^\circ$
 $\cos \beta = \cos 140^\circ$
 $m = 2,5 \text{ kg}$
 $g = 10 \text{ m/s}^2$
 $p = 10 \text{ mm}$
 $l = 8 \text{ mm}$

Jawab: $h_0 = I (1 - \cos \alpha)$
 $h_0 = 0,4 (1 - \cos 150^\circ)$
 $h_0 = 0,7464 \text{ m}$

$$h_1 = I (1 - \cos \beta)$$
$$h_1 = 0,4 \text{ m} (1 - \cos 137^\circ)$$
$$h_1 = 0,6925 \text{ m}$$

$$E = m \times g (h_0 - h_1)$$
$$E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (0,7464 \text{ m} - 0,6925 \text{ m})$$
$$E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0539 \text{ m}$$
$$E = 1,347 \text{ J}$$

$$A = p \times l$$
$$A = 10 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$$
$$A = 80 \text{ mm}^2$$
$$A = 0,08 \text{ m}^2$$

$$H = \frac{E}{A}$$
$$H = \frac{1,347 \text{ J}}{0,08 \text{ m}^2}$$
$$H = 16,83 \text{ J/m}^2$$

c. (Sampel 1)

Diket: $I = 0,4 \text{ m}$
 $\cos \alpha = \cos 150^\circ$
 $\cos \beta = \cos 140^\circ$
 $m = 2,5 \text{ kg}$
 $g = 10 \text{ m/s}^2$
 $p = 10 \text{ mm}$
 $l = 8 \text{ mm}$

Jawab: $h_0 = I (1 - \cos \alpha)$
 $h_0 = 0,4 (1 - \cos 150^\circ)$
 $h_0 = 0,7464 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 h_1 &= I (1 - \cos \beta) \\
 h_1 &= 0,4 \text{ m} (1 - \cos 137^\circ) \\
 h_1 &= 0,6925 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E &= m \times g (h_0 - h_1) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (0,7464 \text{ m} - 0,6925 \text{ m}) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0539 \text{ m} \\
 E &= 1,347 \text{ J}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= p \times l \\
 A &= 10 \text{ mm} \times 8 \text{ mm} \\
 A &= 80 \text{ mm}^2 \\
 A &= 0,08 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{E}{A} \\
 H &= \frac{1,347 \text{ J}}{0,08 \text{ m}^2} \\
 H &= 16,83 \text{ J/m}^2
 \end{aligned}$$

c. (Sampel 2)

Diket: $I = 0,4 \text{ m}$
 $\cos \alpha = \cos 150^\circ$
 $\cos \beta = \cos 140^\circ$
 $m = 2,5 \text{ kg}$
 $g = 10 \text{ m/s}^2$
 $p = 10 \text{ mm}$
 $l = 8 \text{ mm}$

Jawab: $h_0 = I (1 - \cos \alpha)$
 $h_0 = 0,4 (1 - \cos 150^\circ)$
 $h_0 = 0,7464 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 h_1 &= I (1 - \cos \beta) \\
 h_1 &= 0,4 \text{ m} (1 - \cos 137^\circ) \\
 h_1 &= 0,6925 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E &= m \times g (h_0 - h_1) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (0,7464 \text{ m} - 0,6925 \text{ m}) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0539 \text{ m} \\
 E &= 1,347 \text{ J}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= p \times l \\
 A &= 10 \text{ mm} \times 8 \text{ mm} \\
 A &= 80 \text{ mm}^2 \\
 A &= 0,08 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{E}{A} \\
 H &= \frac{1,347 \text{ J}}{0,08 \text{ m}^2} \\
 H &= 16,83 \text{ J/m}^2
 \end{aligned}$$

c. (Sampel 3)

Diket: I = 0,4 m
 $\cos \alpha = \cos 150^\circ$
 $\cos \beta = \cos 139^\circ$
m = 2,5 kg
g = 10 m/s²
p = 10 mm
l = 8 mm

Jawab: $h_0 = I (1 - \cos \alpha)$
 $h_0 = 0,4 \text{ m} (1 - \cos 150^\circ)$
 $h_0 = 0,7464 \text{ m}$

$h_1 = I (1 - \cos \beta)$
 $h_1 = 0,4 \text{ m} (1 - \cos 138^\circ)$
 $h_1 = 0,6972 \text{ m}$

$E = m \times g (h_0 - h_1)$
 $E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (0,7464 \text{ m} - 0,6972 \text{ m})$
 $E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0492 \text{ m}$
 $E = 1,23 \text{ J}$

$A = p \times l$
 $A = 10 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$
 $A = 80 \text{ mm}^2$
 $A = 0,08 \text{ m}^2$

$H = \frac{E}{A}$
 $H = \frac{1,23 \text{ J}}{0,08 \text{ m}^2}$
 $H = 15,375 \text{ J/m}^2$

2. Mesh 10, 20, 30

- Fraksi Volume 70%:30%
- Temperatur 100° C

a. (Sampel 1)

Diket: $I = 0,4 \text{ m}$
 $\cos \alpha = \cos 150^\circ$
 $\cos \beta = \cos 141^\circ$
 $m = 2,5 \text{ kg}$
 $g = 10 \text{ m/s}^2$
 $p = 10 \text{ mm}$
 $l = 8 \text{ mm}$

Jawab: $h_0 = I (1 - \cos \alpha)$
 $h_0 = 0,4 \text{ m} (1 - \cos 150^\circ)$
 $h_0 = 0,7464 \text{ m}$

$$\begin{aligned} h_1 &= I (1 - \cos \beta) \\ h_1 &= 0,4 \text{ m} (1 - \cos 141^\circ) \\ h_1 &= 0,7108 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E &= m \times g (h_0 - h_1) \\ E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (0,7464 \text{ m} - 0,7108 \text{ m}) \\ E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0355 \text{ m} \\ E &= 0,88 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= p \times l \\ A &= 10 \text{ mm} \times 8 \text{ mm} \\ A &= 80 \text{ mm}^2 \\ A &= 0,08 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H &= \frac{E}{A} \\ H &= \frac{0,88 \text{ J}}{0,08 \text{ m}^2} \\ H &= 11 \text{ J/m}^2 \end{aligned}$$

a. (Sampel 2)

Diket: $I = 0,4 \text{ m}$
 $\cos \alpha = \cos 150^\circ$
 $\cos \beta = \cos 141^\circ$
 $m = 2,5 \text{ kg}$
 $g = 10 \text{ m/s}^2$
 $p = 10 \text{ mm}$
 $l = 8 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 \text{Jawab: } h_0 &= I (1 - \cos \alpha) \\
 h_0 &= 0,4 \text{ m} (1 - \cos 150^\circ) \\
 h_0 &= 0,7464 \text{ m} \\
 \\
 h_1 &= I (1 - \cos \beta) \\
 h_1 &= 0,4 \text{ m} (1 - \cos 143^\circ) \\
 h_1 &= 0,7194 \text{ m} \\
 \\
 E &= m \times g (h_0 - h_1) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (0,7464 \text{ m} - 0,7194 \text{ m}) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,027 \text{ m} \\
 E &= 0,675 \text{ J} \\
 \\
 A &= p \times l \\
 A &= 10 \text{ mm} \times 8 \text{ mm} \\
 A &= 80 \text{ mm}^2 \\
 A &= 0,08 \text{ m}^2 \\
 \\
 H &= \frac{E}{A} \\
 H &= \frac{0,675 \text{ J}}{0,08 \text{ m}^2} \\
 H &= 16,875 \text{ J/m}^2
 \end{aligned}$$

a. (Sampel 3)

$$\begin{aligned}
 \text{Diket: } I &= 0,4 \text{ m} \\
 \cos \alpha &= \cos 150^\circ \\
 \cos \beta &= \cos 141^\circ \\
 m &= 2,5 \text{ kg} \\
 g &= 10 \text{ m/s}^2 \\
 p &= 10 \text{ mm} \\
 l &= 8 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jawab: } h_0 &= I (1 - \cos \alpha) \\
 h_0 &= 0,4 \text{ m} (1 - \cos 150^\circ) \\
 h_0 &= 0,7464 \text{ m} \\
 \\
 h_1 &= I (1 - \cos \beta) \\
 h_1 &= 0,4 \text{ m} (1 - \cos 143^\circ) \\
 h_1 &= 0,7194 \text{ m} \\
 \\
 E &= m \times g (h_0 - h_1) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (0,7464 \text{ m} - 0,7194 \text{ m}) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,027 \text{ m} \\
 E &= 0,675 \text{ J}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= p \times l \\
 A &= 10 \text{ mm} \times 8 \text{ mm} \\
 A &= 80 \text{ mm}^2 \\
 A &= 0,08 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{E}{A} \\
 H &= \frac{0,675 \text{ J}}{0,08 \text{ m}^2} \\
 H &= 8,43 \text{ J/m}^2
 \end{aligned}$$

b. (Sampel 1)

Diket: $I = 0,4 \text{ m}$
 $\cos \alpha = \cos 150^\circ$
 $\cos \beta = \cos 141^\circ$
 $m = 2,5 \text{ kg}$
 $g = 10 \text{ m/s}^2$
 $p = 10 \text{ mm}$
 $l = 8 \text{ mm}$

Jawab: $h_0 = I (1 - \cos \alpha)$
 $h_0 = 0,4 \text{ m} (1 - \cos 150^\circ)$
 $h_0 = 0,7464 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 h_1 &= I (1 - \cos \beta) \\
 h_1 &= 0,4 \text{ m} (1 - \cos 141^\circ) \\
 h_1 &= 0,7108 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E &= m \times g (h_0 - h_1) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (0,7464 \text{ m} - 0,7108 \text{ m}) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0355 \text{ m} \\
 E &= 0,88 \text{ J}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= p \times l \\
 A &= 10 \text{ mm} \times 8 \text{ mm} \\
 A &= 80 \text{ mm}^2 \\
 A &= 0,08 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{E}{A} \\
 H &= \frac{0,88 \text{ J}}{0,08 \text{ m}^2} \\
 H &= 11 \text{ J/m}^2
 \end{aligned}$$

b. (Sampel 2)

Diket: $I = 0,4 \text{ m}$
 $\cos \alpha = \cos 150^\circ$
 $\cos \beta = \cos 141^\circ$
 $m = 2,5 \text{ kg}$
 $g = 10 \text{ m/s}^2$
 $p = 10 \text{ mm}$
 $l = 8 \text{ mm}$

Jawab: $h_0 = I (1 - \cos \alpha)$
 $h_0 = 0,4 \text{ m} (1 - \cos 150^\circ)$
 $h_0 = 0,7464 \text{ m}$

$$\begin{aligned} h_1 &= I (1 - \cos \beta) \\ h_1 &= 0,4 \text{ m} (1 - \cos 141^\circ) \\ h_1 &= 0,7108 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E &= m \times g (h_0 - h_1) \\ E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (0,7464 \text{ m} - 0,7108 \text{ m}) \\ E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0355 \text{ m} \\ E &= 0,88 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= p \times l \\ A &= 10 \text{ mm} \times 8 \text{ mm} \\ A &= 80 \text{ mm}^2 \\ A &= 0,08 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H &= \frac{E}{A} \\ H &= \frac{0,88 \text{ J}}{0,08 \text{ m}^2} \\ H &= 11 \text{ J/m}^2 \end{aligned}$$

b. (Sampel 3)

Diket: $I = 0,4 \text{ m}$
 $\cos \alpha = \cos 150^\circ$
 $\cos \beta = \cos 141^\circ$
 $m = 2,5 \text{ kg}$
 $g = 10 \text{ m/s}^2$
 $p = 10 \text{ mm}$
 $l = 8 \text{ mm}$

Jawab: $h_0 = I (1 - \cos \alpha)$
 $h_0 = 0,4 \text{ m} (1 - \cos 150^\circ)$
 $h_0 = 0,7464 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 h_1 &= I (1 - \cos \beta) \\
 h_1 &= 0,4 \text{ m} (1 - \cos 142^\circ) \\
 h_1 &= 0,7152 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E &= m \times g (h_0 - h_1) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (0,7464 \text{ m} - 0,7152 \text{ m}) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0312 \text{ m} \\
 E &= 0,78 \text{ J}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= p \times l \\
 A &= 10 \text{ mm} \times 8 \text{ mm} \\
 A &= 80 \text{ mm}^2 \\
 A &= 0,08 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{E}{A} \\
 H &= \frac{0,78 \text{ J}}{0,08 \text{ m}^2} \\
 H &= 9,75 \text{ J/m}^2
 \end{aligned}$$

c. (Sampel 1)

Diket: $I = 0,4 \text{ m}$
 $\cos \alpha = \cos 150^\circ$
 $\cos \beta = \cos 140^\circ$
 $m = 2,5 \text{ kg}$
 $g = 10 \text{ m/s}^2$
 $p = 10 \text{ mm}$
 $l = 8 \text{ mm}$

Jawab: $h_0 = I (1 - \cos \alpha)$
 $h_0 = 0,4 \text{ m} (1 - \cos 150^\circ)$
 $h_0 = 0,7464 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 h_1 &= I (1 - \cos \beta) \\
 h_1 &= 0,4 \text{ m} (1 - \cos 140^\circ) \\
 h_1 &= 0,7064 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E &= m \times g (h_0 - h_1) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (0,7464 \text{ m} - 0,7064 \text{ m}) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0399 \text{ m} \\
 E &= 0,997 \text{ J}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= p \times l \\
 A &= 10 \text{ mm} \times 8 \text{ mm} \\
 A &= 80 \text{ mm}^2 \\
 A &= 0,08 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{E}{A} \\
 H &= \frac{0,997 \text{ J}}{0,08 \text{ m}^2} \\
 H &= 24,93 \text{ J/m}^2
 \end{aligned}$$

c. (Sampel 2)

Diket: I = 0,4 m
 $\cos \alpha = \cos 150^\circ$
 $\cos \beta = \cos 141^\circ$
m = 2,5 kg
g = 10 m/s²
p = 10 mm
l = 8 mm

Jawab: $h_0 = I (1 - \cos \alpha)$
 $h_0 = 0,4 \text{ m} (1 - \cos 150^\circ)$
 $h_0 = 0,7464 \text{ m}$

$h_1 = I (1 - \cos \beta)$
 $h_1 = 0,4 \text{ m} (1 - \cos 141^\circ)$
 $h_1 = 0,7108 \text{ m}$

$E = m \times g (h_0 - h_1)$
 $E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (0,7464 \text{ m} - 0,7108 \text{ m})$
 $E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0355 \text{ m}$
 $E = 0,88 \text{ J}$

$A = p \times l$
 $A = 10 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$
 $A = 80 \text{ mm}^2$
 $A = 0,08 \text{ m}^2$

$H = \frac{E}{A}$
 $H = \frac{0,88 \text{ J}}{0,08 \text{ m}^2}$
 $H = 11 \text{ J/m}^2$

c. (Sampel 3)

Diket: I = 0,4 m
 $\cos \alpha = \cos 150^\circ$
 $\cos \beta = \cos 141^\circ$
m = 2,5 kg
g = 10 m/s²
p = 10 mm
l = 8 mm

Jawab: $h_0 = I (1 - \cos \alpha)$
 $h_0 = 0,4 \text{ m} (1 - \cos 150^\circ)$
 $h_0 = 0,7464 \text{ m}$

$h_1 = I (1 - \cos \beta)$
 $h_1 = 0,4 \text{ m} (1 - \cos 141^\circ)$
 $h_1 = 0,7108 \text{ m}$

$E = m \times g (h_0 - h_1)$
 $E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (0,7464 \text{ m} - 0,7108 \text{ m})$
 $E = 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0355 \text{ m}$
 $E = 0,88 \text{ J}$

$A = p \times l$
 $A = 10 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$
 $A = 80 \text{ mm}^2$
 $A = 0,08 \text{ m}^2$

$H = \frac{E}{A}$
 $H = \frac{0,88 \text{ J}}{0,08 \text{ m}^2}$
 $H = 11 \text{ J/m}^2$

3. Mesh 10, 20, 30

- **Fraksi Volume 80%:20%**
- **Temperatur 110° C**

a. (Sampel 1)

Diket: $I = 0,4 \text{ m}$
 $\cos \alpha = \cos 150^\circ$
 $\cos \beta = \cos 141^\circ$
 $m = 2,5 \text{ kg}$
 $g = 10 \text{ m/s}^2$
 $p = 10 \text{ mm}$
 $l = 8 \text{ mm}$

Jawab: $h_0 = I (1 - \cos \alpha)$
 $h_0 = 0,4 \text{ m} (1 - \cos 150^\circ)$
 $h_0 = 0,7464 \text{ m}$

$h_1 = I (1 - \cos \beta)$
 $h_1 = 0,4 \text{ m} (1 - \cos 142^\circ)$

$$h_1 = 0,7152 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} E &= m \times g (h_0 - h_1) \\ E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (0,7464 \text{ m} - 0,7152 \text{ m}) \\ E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0312 \text{ m} \\ E &= 0,78 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= p \times l \\ A &= 10 \text{ mm} \times 8 \text{ mm} \\ A &= 80 \text{ mm}^2 \\ A &= 0,08 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H &= \frac{E}{A} \\ H &= \frac{0,78 \text{ J}}{0,08 \text{ m}^2} \\ H &= 9,75 \text{ J/m}^2 \end{aligned}$$

a. (Sampel 2)

$$\begin{aligned} \text{Diket: } I &= 0,4 \text{ m} \\ \cos \alpha &= \cos 150^\circ \\ \cos \beta &= \cos 141^\circ \\ m &= 2,5 \text{ kg} \\ g &= 10 \text{ m/s}^2 \\ p &= 10 \text{ mm} \\ l &= 8 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jawab: } h_0 &= I (1 - \cos \alpha) \\ h_0 &= 0,4 \text{ m} (1 - \cos 150^\circ) \\ h_0 &= 0,7464 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_1 &= I (1 - \cos \beta) \\ h_1 &= 0,4 \text{ m} (1 - \cos 142^\circ) \\ h_1 &= 0,7152 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E &= m \times g (h_0 - h_1) \\ E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (0,7464 \text{ m} - 0,7152 \text{ m}) \\ E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0312 \text{ m} \\ E &= 0,78 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= p \times l \\ A &= 10 \text{ mm} \times 8 \text{ mm} \\ A &= 80 \text{ mm}^2 \\ A &= 0,08 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

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

$$H = \frac{0,78 J}{0,08 m^2}$$

$$H = 9,75 J/m^2$$

a. (Sampel 3)

Diket: I = 0,4 m
 $\cos \alpha = \cos 150^\circ$
 $\cos \beta = \cos 141^\circ$
m = 2,5 kg
g = 10 m/s²
p = 10 mm
l = 8 mm

Jawab: $h_0 = I (1 - \cos \alpha)$
 $h_0 = 0,4 m (1 - \cos 150^\circ)$
 $h_0 = 0,7464 m$

$h_1 = I (1 - \cos \beta)$
 $h_1 = 0,4 m (1 - \cos 143^\circ)$
 $h_1 = 0,7194 m$

$E = m \times g (h_0 - h_1)$
 $E = 2,5 kg \times 10 m/s^2 \times (0,7464 m - 0,7194 m)$
 $E = 2,5 kg \times 10 m/s^2 \times 0,027 m$
 $E = 0,675 J$

$A = p \times l$
 $A = 10 mm \times 8 mm$
 $A = 80 mm^2$
 $A = 0,08 m^2$

$H = \frac{E}{A}$
 $H = \frac{0,675 J}{0,08 m^2}$
 $H = 8,43 J/m^2$

b. (Sampel 1)

Diket: I = 0,4 m
 $\cos \alpha = \cos 150^\circ$
 $\cos \beta = \cos 141^\circ$
m = 2,5 kg
g = 10 m/s²
p = 10 mm
l = 8 mm

$$\begin{aligned}
 \text{Jawab: } h_0 &= I (1 - \cos \alpha) \\
 h_0 &= 0,4 \text{ m } (1 - \cos 150^\circ) \\
 h_0 &= 0,7464 \text{ m} \\
 \\
 h_1 &= I (1 - \cos \beta) \\
 h_1 &= 0,4 \text{ m } (1 - \cos 142^\circ) \\
 h_1 &= 0,7152 \text{ m} \\
 \\
 E &= m \times g (h_0 - h_1) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (0,7464 \text{ m} - 0,7152 \text{ m}) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0312 \text{ m} \\
 E &= 0,78 \text{ J} \\
 \\
 A &= p \times l \\
 A &= 10 \text{ mm} \times 8 \text{ mm} \\
 A &= 80 \text{ mm}^2 \\
 A &= 0,08 \text{ m}^2 \\
 \\
 H &= \frac{E}{A} \\
 H &= \frac{0,78 \text{ J}}{0,08 \text{ m}^2} \\
 H &= 9,75 \text{ J/m}^2
 \end{aligned}$$

b. (Sampel 2)

$$\begin{aligned}
 \text{Diket: } I &= 0,4 \text{ m} \\
 \cos \alpha &= \cos 150^\circ \\
 \cos \beta &= \cos 141^\circ \\
 m &= 2,5 \text{ kg} \\
 g &= 10 \text{ m/s}^2 \\
 p &= 10 \text{ mm} \\
 l &= 8 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jawab: } h_0 &= I (1 - \cos \alpha) \\
 h_0 &= 0,4 \text{ m } (1 - \cos 150^\circ) \\
 h_0 &= 0,7464 \text{ m} \\
 \\
 h_1 &= I (1 - \cos \beta) \\
 h_1 &= 0,4 \text{ m } (1 - \cos 141^\circ) \\
 h_1 &= 0,7108 \text{ m} \\
 \\
 E &= m \times g (h_0 - h_1) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (0,7464 \text{ m} - 0,7108 \text{ m}) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0355 \text{ m} \\
 E &= 0,88 \text{ J} \\
 \\
 A &= p \times l
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= 10 \text{ mm} \times 8 \text{ mm} \\ A &= 80 \text{ mm}^2 \\ A &= 0,08 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H &= \frac{E}{A} \\ H &= \frac{0,88 \text{ J}}{0,08 \text{ m}^2} \\ H &= 11 \text{ J/m}^2 \end{aligned}$$

b. (Sampel 3)

Diket: $I = 0,4 \text{ m}$
 $\cos \alpha = \cos 150^\circ$
 $\cos \beta = \cos 141^\circ$
 $m = 2,5 \text{ kg}$
 $g = 10 \text{ m/s}^2$
 $p = 10 \text{ mm}$
 $l = 8 \text{ mm}$

Jawab: $h_0 = I (1 - \cos \alpha)$
 $h_0 = 0,4 \text{ m} (1 - \cos 150^\circ)$
 $h_0 = 0,7464 \text{ m}$

$$\begin{aligned} h_1 &= I (1 - \cos \beta) \\ h_1 &= 0,4 \text{ m} (1 - \cos 142^\circ) \\ h_1 &= 0,7152 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E &= m \times g (h_0 - h_1) \\ E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (0,7464 \text{ m} - 0,7152 \text{ m}) \\ E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0312 \text{ m} \\ E &= 0,78 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= p \times l \\ A &= 10 \text{ mm} \times 8 \text{ mm} \\ A &= 80 \text{ mm}^2 \\ A &= 0,08 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H &= \frac{E}{A} \\ H &= \frac{0,78 \text{ J}}{0,08 \text{ m}^2} \\ H &= 9,75 \text{ J/m}^2 \end{aligned}$$

c. (Sampel 1)

Diket: $I = 0,4 \text{ m}$
 $\cos \alpha = \cos 150^\circ$
 $\cos \beta = \cos 140^\circ$
 $m = 2,5 \text{ kg}$
 $g = 10 \text{ m/s}^2$
 $p = 10 \text{ mm}$
 $l = 8 \text{ mm}$

Jawab: $h_0 = I (1 - \cos \alpha)$
 $h_0 = 0,4 \text{ m} (1 - \cos 150^\circ)$
 $h_0 = 0,7464 \text{ m}$

$$\begin{aligned} h_1 &= I (1 - \cos \beta) \\ h_1 &= 0,4 \text{ m} (1 - \cos 140^\circ) \\ h_1 &= 0,7064 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E &= m \times g (h_0 - h_1) \\ E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (0,7464 \text{ m} - 0,7064 \text{ m}) \\ E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0399 \text{ m} \\ E &= 0,997 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= p \times l \\ A &= 10 \text{ mm} \times 8 \text{ mm} \\ A &= 80 \text{ mm}^2 \\ A &= 0,08 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H &= \frac{E}{A} \\ H &= \frac{0,997 \text{ J}}{0,08 \text{ m}^2} \\ H &= 12,46 \text{ J/m}^2 \end{aligned}$$

c. (Sampel 2)

Diket: $I = 0,4 \text{ m}$
 $\cos \alpha = \cos 150^\circ$
 $\cos \beta = \cos 140^\circ$
 $m = 2,5 \text{ kg}$
 $g = 10 \text{ m/s}^2$
 $p = 10 \text{ mm}$
 $l = 8 \text{ mm}$

Jawab: $h_0 = I (1 - \cos \alpha)$
 $h_0 = 0,4 \text{ m} (1 - \cos 150^\circ)$
 $h_0 = 0,7464 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 h_1 &= I (1 - \cos \beta) \\
 h_1 &= 0,4 \text{ m} (1 - \cos 140^\circ) \\
 h_1 &= 0,7064 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E &= m \times g (h_0 - h_1) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (0,7464 \text{ m} - 0,7064 \text{ m}) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0399 \text{ m} \\
 E &= 0,997 \text{ J}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= p \times l \\
 A &= 10 \text{ mm} \times 8 \text{ mm} \\
 A &= 80 \text{ mm}^2 \\
 A &= 0,08 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{E}{A} \\
 H &= \frac{0,997 \text{ J}}{0,08 \text{ m}^2} \\
 H &= 12,46 \text{ J/m}^2
 \end{aligned}$$

c. (Sampel 3)

Diket: I = 0,4 m
 $\cos \alpha = \cos 150^\circ$
 $\cos \beta = \cos 141^\circ$
m = 2,5 kg
g = 10 m/s²
p = 10 mm
l = 8 mm

Jawab: $h_0 = I (1 - \cos \alpha)$
 $h_0 = 0,4 \text{ m} (1 - \cos 150^\circ)$
 $h_0 = 0,7464 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 h_1 &= I (1 - \cos \beta) \\
 h_1 &= 0,4 \text{ m} (1 - \cos 139^\circ) \\
 h_1 &= 0,7018 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E &= m \times g (h_0 - h_1) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times (0,7464 \text{ m} - 0,7018 \text{ m}) \\
 E &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \times 0,0446 \text{ m} \\
 E &= 1,115 \text{ J}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= p \times l \\
 A &= 10 \text{ mm} \times 8 \text{ mm} \\
 A &= 80 \text{ mm}^2 \\
 A &= 0,08 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{E}{A} \\
 H &= \frac{1,115 \text{ J}}{0,08 \text{ m}^2} \\
 H &= 13,93 \text{ J/m}^2
 \end{aligned}$$

