

**PENGEMBANGAN PEREKAT HYBRID RESIN EPOKSI DAN
POLIVINIL ASETAT YANG DIPERKUAT DENGAN
PARTIKEL CANGKANG TELUR TERHADAP PERUBAHAN
SIFAT MEKANIS PAPAN PARTIKEL**



TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk Melengkapi Persyaratan
Dalam Menyelesaikan Program Strata – 1 (S1)
Pada Jurusan Teknik Mesin
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa**

**Disusun Oleh:
RONAL ADITYA
3331170038**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON – BANTEN**

2024

TUGAS AKHIR

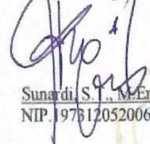
Pengembangan Perkat Hybrid Resin Epoksi dan Polivinil Asetat yang Diperkuat dengan Partikel Cangkang Telur Terhadap Perubahan Sifat Mekanis Papan Partikel

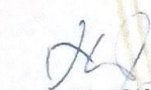
Dipersiapkan dan disusun Oleh :

Ronal Aditya
3331170038

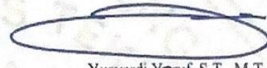
telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal, 02 Juli 2024

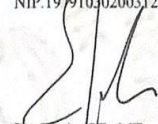
Pembimbing Utama

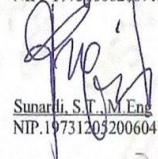

Sunardi, S.T., M.Eng.
NIP.197312052006041002

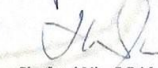

Shofiatul Ula, S.Pd.I., M.Eng.
NIP.198403132019032009

Anggota Dewan Penguji


Yusvardi Yusuf, S.T., M.T.
NIP.197910302003121001



Dr. Erwin, ST., MT.
NIP.197310062009121001


Sunardi, S.T., M.Eng.
NIP.197312052006041002


Shofiatul Ula, S.Pd.I., M.Eng.
NIP.198403132019032009

Tugas Akhir ini sudah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal, 09 Agustus 2024
Ketua Jurusan Teknik Mesin UNTIRTA


Ir. Dhimas Satria, S.T., M.Eng.
NIP.198305102012121006

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Ronal Aditya

NPM : 3331170038

Judul : Pengembangan Perekat Hybrid Resin Epoksi dan Polivinil Asetat yang Diperkuat dengan Partikel Cangkang Telur Terhadap Perubahan Sifat Mekanis Papan Partikel

Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,

MENYATAKAN

Bahwa skripsi ini hasil karya sendiri dan tidak ada duplikat dengan karya orang lain, kecuali untuk yang telah disebutkan sumbernya.

Cilegon, 08 Juli 2024



Ronal Aditya

NPM. 3331170038

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan proposal tugas akhir yang berjudul “Resin Epoksi dan PVac yang Diperkuat dengan Partikel Cangkang Telur terhadap Perubahan Sifat Mekanis Papan Partikel”. Penyusunan tugas akhir ini merupakan aplikasi dari beberapa matakuliah yang dipelajari di bangku kuliah.

Penulisan tugas akhir ini bertujuan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program Strata-1 (S1) pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam pembuatan tugas akhir ini yaitu kepada:

1. Bapak Dhimas Satria S.T., M.Eng., selaku ketua jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
2. Bapak Dr. Eng. Agung Sudrajat, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing akademik.
3. Bapak Sunardi S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan waktu dan saran serta masukannya untuk mengembangkan penelitian sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Ibu Miftahul Jannah, S.T., M.T. selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
5. Dan seluruh dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik UNTIRTA yang telah membantu penulis penimba ilmu di kampus FT UNTIRTA.
6. Orang tua penulis yang selalu mendo'akan dan memberikan dukungan moril dan materil serta kasih sayang kepada penulis
7. Teman-teman Teknik Mesin FT. UNTIRTA angkatan 2017 yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.
8. Serta semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung terkait dalam penyusunan proposal tugas akhir ini.

Sebagai manusia biasa penulis menyadari dalam penyusunan laporan ini masih banyak terdapat kesalahan, kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan agar dapat di perbaiki pada penyusunan laporan hasil dari tugas akhir. Semoga proposal ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca.

Cilegon, Desember 2023

Penulis

ABSTRAK

Papan partikel merupakan salah satu jenis produk komposit atau panel kayu yang terbuat dari partikel - partikel kayu atau bahan berlignoselulosa lainnya, yang diikat dengan perekat sintesis atau bahan pengikat lain dan dikempa dengan panas. Tujuan dari penelitian yaitu untuk menganalisa perekat hybrid resin epoksi dan PVAc yang diperkuat dengan serbuk cangkang telur dengan perbandingan tertentu terhadap perubahan sifat mekanis papan partikel, yang menggunakan bambu dan kayu sengon sebagai filler. Proses pembuatan spesimen memiliki dua tahap, yaitu proses pencampuran dan proses kompaksi. Proses pencampuran dilakukan dengan menggunakan *hand mixer* sebagai alat pengaduk setelah bahan bahan dimasukkan ke dalam wadah. Bahan yang digunakan melainkan resin, PVAc, cangkang telur, serat bambu, dan serbuk kayu sengon. Proses kompaksi dilakukan menggunakan mesin *press* dingin dengan tekanan 30 bar pada cetakan dengan dimensi 100mm x 50mm x 20mm. Fraksi *volume* yang digunakan yaitu antara serbuk cangkang telur dan PVAc dengan perbandingan meliputi, cangkang telur 30% : PVAc 25%, cangkang telur 25% : PVAc 30%, cangkang telur 20% : PVAc 35%, dan cangkang telur 15% : PVAc 40%. Hasil pengujian terbaik terjadi pada spesimen C yang menggunakan bahan cangkang telur 25% : PVAc 30% dengan nilai densitas 0,768 gr/cm³, pengembangan tebal 2,98%, pengujian bending 4,83 N/mm², dan pengujian impak 0,179 J/mm².

Kata kunci: *cangkang telur, PVAc, dan fraksi volume.*

ABSTRACT

Particle board is a type of composite product or wood panel made from wood particles or other lignocellulosic materials, which are bonded with synthetic adhesive or other binding material and pressed with heat. The aim of the research is to analyze hybrid epoxy and PVAc resin adhesives reinforced with eggshell powder in a certain ratio on changes in the mechanical particle properties of boards, which use bamboo and sengon wood as fillers. The specimen making process has two stages, namely the mixing process and the compaction process. The mixing process is carried out using a hand mixer as a mixing tool after the ingredients are put into the container. The materials used include resin, PVAc, eggshells, bamboo fiber and sengon wood dust. The compaction process is carried out using a cold press machine with a pressure of 30 bar on a mold with dimensions of 100mm x 50mm x 20mm. The volume fraction used is between eggshell powder and PVAc with comparisons including, 30% eggshell : PVAc 25%, 25% eggshell : PVAc 30%, 20% eggshell : PVAc 35%, and 15% eggshell : PVAc 40 %. The best test results occurred on specimen C which used 25% eggshell material: PVAc 30% with a density value of 0.768 gr/cm³, thickness expansion of 2.98%, bending test of 4.83 N/mm², and impact test of 0.179 J/mm².

Key Word: *eggshell, PVAc, and volume fraction.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Batasan Masalah.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Papan Partikel.....	4
2.2 Resin Epoksi.....	5
2.3 Polivinil Asetat.....	6
2.4 Polimer	8
2.5 Cangkang Telur	9
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir.....	12
3.2 Alat dan Bahan	13
3.2.1 Alat Penelitian.....	13
3.2.2 Bahan Penelitian	16
3.3 Prosedur Penelitian.....	18
3.4 Proses Pengujian.....	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Spesimen.....	22
4.2 Hasil Uji Densitas.....	23

4.3 Pengujian Pengembangan Tebal	24
4.4 Hasil Uji Bending	26
4.5 Hasil Uji Impak	27
4.6 Optimasi Multirespon.....	29
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	30
5.2 Saran	30
DAFTAR PUSTAKA	31
LAMPIRAN A DATA PERCOBAAN	34
LAMPIRAN B PERHITUNGAN HASIL PENELITIAN.....	38
LAMPIRAN C GAMBAR ALAT DAN BAHAN	39
LAMPIRAN D BLANGKO PERCOBAAN.....	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Papan Partikel.....	4
Gambar 2.2 Resin Epoksi.....	6
Gambar 2.3 <i>Polyvinyl Acetate</i>	7
Gambar 2.4 Penamoang Cangkang Telur	10
Gambar 3.1 Diagram Alir	12
Gambar 3.2 Neraca Digital	13
Gambar 3.3 Ayakan <i>Stainless Steel</i>	13
Gambar 3.4 Blender	14
Gambar 3.5 Gerinda	14
Gambar 3.6 <i>Cold Press</i>	14
Gambar 3. 7 <i>Oven</i>	15
Gambar 3.8 Cetakan Komposit.....	15
Gambar 3.9 <i>Mixer</i>	15
Gambar 3.10 Proses Pengolahan Kayu Sengon	16
Gambar 3. 11 Pengolahan Serat Bambu	17
Gambar 3.12 Proses Pengolahan Cangkang Telur.....	18
Gambar 4.1 Hasil spesimen.....	22
Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengujian Denstias	23
Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengujian Pengembangan Tebal	25
Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengujian Bending	27
Gambar 4.5 Grafik Hasil Pengujian Impak.....	28

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Fisik dan Mekanik Papan Partikel	5
Tabel 2.2 Karakteristik Resin epoksi	6
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Densitas atau Kerapatan	23
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Pengembangan Tebal.....	24
Tabel 4.3 Perhitungan Pengujian Bending.....	26
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Bending.....	26
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Impak	28
Tabel 4.6 Hasil Multiresopon Metode Pembobotan	29

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan mengenai ketersediaan bahan baku industri perkayuan mendorong penelitian tentang pemanfaatan material berlignoselulosa semakin berkembang. Beberapa jenis produk yang telah dikembangkan adalah papan serat dan papan partikel. Papan partikel merupakan salah satu jenis produk komposit atau panel kayu yang terbuat dari partikel - partikel kayu atau bahan berlignoselulosa lainnya, yang diikat dengan perekat sintetis atau bahan pengikat lain dan dikempa dengan panas (Muzata, 2015).

Beberapa jenis kayu yang banyak ditanam di hutan rakyat yaitu sengon (*Falcataria moluccana*) dan jabon (*Anthocephalus cadamba*). Namun, kayu cepat tumbuh ini memiliki kekurangan yaitu tergolong pada kayu yang ringan dengan berat jenis rata-rata 0,3-0,5 gr/cm³, dengan kelas awet IV-V dan kelas kuat IV-V serta memiliki diameter yang relatif kecil (Pratiwi, 2014). Karakteristik kayu sengon dan jabon tersebut tentu perlu dipertimbangkan dalam pengolahannya.

Kebutuhan bahan baku kayu juga dapat ditopang dengan pemanfaatan bahan berlignoselulosa lain sebagai alternatif. Salah satu bahan lignoselulosa selain kayu yang dapat dimanfaatkan adalah bambu (Sulastiningsih, 2009). Selain itu, bambu digolongkan pada jenis cepat tumbuh dengan daur pendek dan dapat tumbuh di mana saja, tetapi bambu memiliki diameter yang kecil dan variabilitas kerapatan yang tinggi (Febrianto, dkk., 2017).

Salah satu faktor yang mempengaruhi papan partikel adalah perbandingan komposisi yang tepat antara perekat dan serbuk kayu. Perekat yang dapat digunakan dalam proses ini adalah *Polyvinyl Acetate* (PVAc) dan resin epoksi. PVAc ini merupakan polimer yang mempunyai sifat kerekatan yang kuat sehingga sering digunakan sebagai bahan dasar pembuatan lem, kain, kertas, dan kayu (Kim, dkk 2005). Resin epoksi merupakan salah satu perekat sintetis yang banyak digunakan untuk berbagai keperluan, termasuk untuk membuat komposit. PVAc dan resin epoksi sangat tepat digunakan sebagai matriks dalam

pembuatan komposit berbasis cangkang telur dan diharapkan memiliki sifat yang kuat. (Shedge, dkk., 2008).

Berdasarkan penjelasan di atas, penelitian ini akan membahas tentang pengembangan perekat *hybrid*. Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kekuatan dari bahan komposit yang telah dibuat. Pada penelitian ini akan dilakukan studi resin epoksi dan PVAc yang diperkuat dengan partikel cangkang telur terhadap perubahan sifat mekanis papan partikel.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, maka rumusan masalah yang didapat adalah bagaimana pengaruh perekat hybrid resin epoksi dan PVAc yang diperkuat dengan serbuk cangkang telur terhadap perubahan sifat mekanis papan partikel.

1.3 Tujuan Penelitian

Menganalisa perekat hybrid resin epoksi dan PVAc yang diperkuat dengan serbuk cangkang telur dengan perbandingan tertentu terhadap perubahan sifat mekanis papan partikel, yang menggunakan bambu dan kayu sengon sebagai *filler*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada pembaca, antara lain sebagai berikut:

1. Dapat menunjang proses pembelajaran mahasiswa di bidang ilmu material.
2. Memberikan pengetahuan tentang pengembangan material komposit bermatriks resin epoksi dan PVAc dengan serbuk cangkang telur.
3. Sebagai referensi pengembangan material komposit bermatriks non logam sesuai dengan kebutuhan di lapangan.

1.5 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah yang terdapat pada penelitian ini yaitu, sebagai berikut:

1. Penguat yang digunakan dalam bentuk serbuk non logam yaitu serbuk cangkang telur
2. Cangkang telur yang digunakan adalah cangkang telur ayam yang berwarna coklat.

3. Polimer yang digunakan dalam proses ini adalah *Polyvinyl Acetate* (PVAc) dan resin epoksi.
4. *Filler* menggunakan partikel bambu dan kayu sengon
5. Pengujian yang dilakukan adalah pengamatan stabilitas dimensi, impak, dan bending.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Papan Partikel

Papan partikel adalah material alternatif pengganti kayu yang tersusun dari butiran-butiran atau partikel dari kayu dengan atau tanpa penambahan bahan lain yang direkatkan dengan perekat tertentu dan dalam proses perekatannya diberi tekanan tertentu untuk mendapatkan kepadatan yang diinginkan. Papan partikel umumnya digunakan sebagai komponen nonstruktural seperti partisi dan mebel. Untuk mendapatkan harga material yang kompetitif, bahan penyusun papan partikel umumnya terbuat dari limbah seperti limbah cangkang kopi, sekam padi, kulit kakao, batang tebu dan lainnya. Bila digunakan bahan penyusun dari kayu umumnya digunakan partikel kayu yang berharga murah, misalnya kayu albasia, kayu randu, kayu nangka dan lain-lainnya.

Papan partikel mempunyai beberapa kelebihan dibanding kayu asalnya yaitu papan partikel bebas dari mata kayu, pecah dan retak, selain itu ukuran dan kerapatan papan partikel dapat disesuaikan dengan kebutuhan, mempunyai sifat isotropis, serta sifat dan kualitasnya dapat diatur. Kelemahan papan partikel adalah stabilitas dimensinya yang rendah. Pengembangan tebal papan partikel sekitar 10% hingga 25% dari kondisi kering ke basah melebihi pengembangan kayu utuhnya serta pengembangan liniernya sampai 0,35%. Pengembangan panjang dan tebal pada papan partikel ini sangat besar pengaruhnya terhadap pemakaian, terutama bila digunakan sebagai bahan bangunan (Haygreen dan Bowyer, 1996)



Gambar 2.1 Papan Partikel

(sumber: <https://indonesian.alibaba.com>)

Menurut Maloney (1977) terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi sifat-sifat papan partikel, faktor tersebut adalah jenis kayu, macam dan ukuran partikel, jenis dan jumlah perekat, kadar air dan distribusinya, kesejajaran partikel dan pelapisan menurut kerapatan papan, profil dan bahan tambahan. Sementara itu menurut Kollman and Wilfred. (1975), sifat fisik dan mekanik papan partikel dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu jenis kayu, tipe dan ukuran partikel, tipe dan jumlah perekat, penyebaran dan perekatan partikel, kadar air serta proses pembuatannya.

Sifat fisik dan mekanik papan partikel mengikuti Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-2105-2006. Parameter yang dianalisa yaitu, kadar air, kerapatan, pengembangan tebal (swelling), Modulus Elastisitas (MOE) atau keteguhan lentur, Modulus of Rapture (MOR) atau keteguhan patah, keteguhan cabut sekrup, dan keteguhan tarik.

Tabel 2.1 Sifat Fisik dan Mekanik Papan Partikel

No	Sifat Fisik dan Mekanik	SNI 03-2105-2206
1	Kadar Air (%)	<14
2	Kerapatan (gr/cm ³)	0,4 -0,9
3	Pengembangan Tebal (%)	Maks 12
4	Kuat Patah atau MOR (kg/cm ²)	Min 82
5	Kuat Lentur atau MOE (kg/cm ²)	Min 20.400
6	Kuat Cabut Skrup (kg)	Min 31
7	Kuat Tarik (kg/cm ²)	Min 1,5

2.2 Resin Epoksi

Resin epoksi adalah bahan kimia yang sering digunakan sebagai perekat atau pengikat dalam berbagai aplikasi industri, seperti pembuatan komposit perbaikan struktural, dan perlindungan permukaan logam. Resin epoksi terdiri dari dua komponen, yaitu resin dan pengeras, yang dicampurkan sebelum digunakan. Resin epoksi memiliki sifat mekanik yang sangat baik, tahan terhadap korosi, dan dapat diaplikasikan pada berbagai permukaan dengan menggunakan teknik yang berbeda.

Resin epoksi adalah salah satu jenis bahan yang banyak digunakan dalam industri karena sifatnya yang tahan terhadap korosi, tahan terhadap panas, dan memiliki kekuatan yang tinggi. Namun, kekurangan dari resin epoksi adalah sifatnya yang mudah pecah dan retak. Oleh karena itu, penelitian terus dilakukan untuk meningkatkan sifat mekanik dari resin epoksi.



Gambar 2.2 Resin Epoksi

(Sumber: <https://hade.co.id/resins/epoxy-resin/>)

Resin epoksi bisa digunakan pada permukaan yang basah, sehingga sangat cocok untuk aplikasi pada komposit. Resin epoksi juga biasa digunakan sebagai perekat, pelapis, dan pengikat. Karakter resin epoksi dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.2 Karakteristik Resin epoksi

Karakteristik	Resin Epoksi	Unit
<i>Adhesion Strength</i>	140	Kgf/cm ²
<i>Tensile Strength</i>	530	Kgf/cm ²
<i>Flexural Strength</i>	950	Kgf/cm ²
<i>Compressive Strength</i>	860	Kgf/cm

2.3 Polivinil Asetat

Polivinil asetat (*Poly-vinyl acetate*, PVAc) merupakan suatu polimer termoplastik yang telah dikenal secara luas sebagai suatu bahan baku dalam industri perekat. PVAc baik yang dimodifikasi ataupun tidak, dalam bentuk larutan atau emulsi, sebagai homopolimer ataupun kopolimer, menunjukkan suatu keanekaragaman yang membuat perekat ini cocok sebagai pengikat berbagai bahan khususnya produk kayu dan turunannya. Dilaporkan bahwa

pada tahun 1977 di seluruh dunia telah diproduksi sebanyak dua juta ton, dalam bentuk emulsi disebut dengan perekat dingin (*cold glue*) yang menggantikan posisi perekat yang berasal dari binatang. Dalam kegiatan pertukangan dikenal sebagai perekat putih (White glue). Penggunaan khusus polyvinyl asetat dipakai pada pembuatan kayu lapis dan papan blok, karena perekat ini mampu meningkatkan kekuatan rekat secara ekstrim dan cepat (Pizzi, 1983)



Gambar 2.3 Polyvinyl Acetate

(Sumber: <https://www.nipponpaint-indonesia.com>)

Menurut Ruhendi dan Hadi (1997), PVAc diperoleh dari polimerisasi monomer *vinyl-acetate* dengan cara polimerisasi massa, polimerisasi larutan (monomer dilarutkan dalam pelarut yang cocok sebelum terjadi polimerisasi), ataupun polimerisasi emulsi (penambahan bahan beremulsi untuk memantapkan tetapan monomer). Perekat termoplastis ini merupakan perekat sintesis polimer tinggi yang meleleh bila dipanaskan dan mengeras kembali bila didinginkan tanpa adanya perubahan secara kimiawi. Pada tahap permulaan atau tahap awal dimulai dengan adanya radikal bebas dari peroksida seperti benzoil, lauroil, hidrogen peroksida, serta inicator lainnya, seperti pensulfat. Tingkat polimerisasi ini akan sangat berpengaruh terhadap sifat PVAc-nya, dimana berat molekul yang tinggi akan memberikan kekentalan yang lebih tinggi juga. Untuk perekat kayu biasanya digunakan PVAc dengan berat molekul sekitar 100.000 yang akan larut dalam toluena dan pelarut organik lainnya.

Perekat polyvinyl asetat mempunyai beberapa keunggulan antara lain (Kolmann, dkk., 1975; Hadi, 1987):

- a. Mudah penggunaannya

- b. Garis perekatannya baik dan bersih (tidak berwarna atau transparan)
- c. Memiliki waktu simpan yang lama
- d. Tahan terhadap serangan mikroorganisme
- e. Mempunyai kemampuan menutup celah (*gap-filling*)

Adapun kekurangan polyvinyl asetat, diantaranya:

- a. sangat sensitif terhadap air, maka penggunaannya hanya untuk interior saja
- b. Kekuatan rekatnya menurun dengan adanya panas dan air serta sifat visko elastisitasnya tidak baik, sehingga *creep* besar dan ketahanan terhadap *fatigue* rendah.

Goulding (1983) menambahkan bahwa perekat ini tidak berbahaya bagi manusia, daya rekat kuat dan tahan lama pada kayu dan produk turunan kayu lainnya sebagai bahan pengikat emulsi interior ataupun eksterior, sehingga disebut dengan cold glue yang dapat menggantikan *heated pot* perekat hewan pada pengerjaan kayu.

2.4 Polimer

Polimer adalah kombinasi dari banyak molekul yang lebih kecil. Satuan molekul yang lebih kecil ini adalah monomer, dan kombinasi monomer diubah menjadi polimer, sebuah kata yang diambil dari bahasa Yunani, yang berarti banyak anggota. Selulosa, lignin, pati, dan karet alam adalah contoh terbaik dari polimer alam. Polimer alami mulai dimodifikasi secara kimiawi menjadi banyak produk lain seperti kapas gun, karet vulkanisasi, dan seluloid. Reaksi kimia dimana polimer disintesis dari monomer disebut polimerisasi. Namun ini adalah istilah umum karena ada sejumlah mekanisme kimiawi yang terlibat dalam berbagai reaksi polimerisasi. Polimer sintetik, sebagai polimer modern, membantu meningkatkan teknologi dan ilmu terapan selama awal abad ke-20. Polimer sintetik dikembangkan melalui reaksi kimia dan diterapkan dalam konstruksi bangunan. Polimer memiliki dua jenis, yaitu polimer termoset dan termoplastik.

Polimer termoset sangat fleksibel untuk industri properti yang diinginkan seperti modulus tinggi, kekuatan, daya tahan, dan ketahanan termal dan kimia karena kepadatan ikatan silang yang tinggi (Guilleminot, dkk, 2008). Akibatnya, resin termoseting memiliki ketahanan benturan yang sangat rendah

dan tidak dapat dibentuk kembali setelah proses *curing*/polimerisasi (S. Comas., 2005). Ada beberapa termoset yang tersedia seperti poliester, resin fenol-formaldehida, resin epoksi, dan poliuretan (E. Saldivar., 2004). Selain itu, termoset digunakan untuk meningkatkan kinerja tinggi dan ketahanan benturan untuk aplikasi industri, seperti bahan bangunan dan transportasi (M. Deleglise., 2005). Berbagai jenis bahan pengisi seperti serat alam dan serat sintetik sering ditambahkan pada resin untuk membentuk bahan komposit.

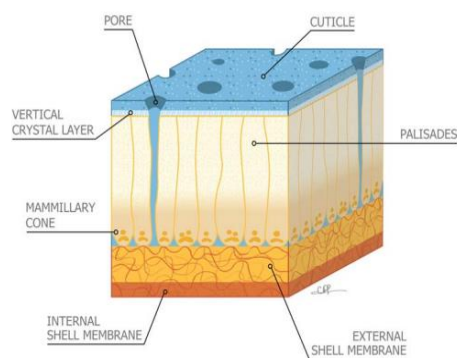
Polimer termoplastik disintesis dari tanaman dalam jumlah besar dan diubah melalui proses kimia. Beberapa termoplastik yang paling penting adalah polietilen densitas rendah dan polietilen densitas tinggi, polipropilena (PP), polivinil klorida (PVC) dan polistirena. Polimer ini dapat digunakan dalam banyak aplikasi yang memungkinkan untuk keperluan struktural seperti kawat dan utilitas tugas ringan. Polimer termoplastik juga digunakan sebagai matriks untuk serat alami dan sintetis (K. Van, 2001). Polimer termoplastik dapat meleleh pada suhu tertentu dan dapat dibentuk dan dibentuk kembali (melalui pemanasan ulang) sesuai dengan cetakannya. Pemrosesan ulang polimer termoplastik dapat kehilangan sifat fisiknya karena putusannya rantai polimer, yang terbaik adalah tidak mendaur ulang termoplastik.

2.5 Cangkang Telur

Cangkang telur merupakan komponen terluar dari telur yang memiliki fungsi memberi perlindungan untuk komponen telur yang ada di dalam, baik perlindungan secara fisik, kimia, maupun mikrobiologis (Jamila, 2014). Cangkang telur yang tidak dimanfaatkan akan menjadi salah satu limbah padat dari industri makanan. Pembuangan limbah dapat menimbulkan masalah yang dapat menimbulkan risiko terhadap kesehatan masyarakat, pencemaran sumber air dan pencemaran lingkungan (Lumlong, dkk., 2016). Manfaat limbah cangkang telur adalah untuk menggantikan sumber kalsium alami (CaCO_3 , CaO , CaOH_2), untuk melestarikan sumber daya alam dari batu dan tanah, untuk mengurangi pemanasan global, dan untuk mengembangkan berbagai produk ramah lingkungan serta dielektrik, katalis, biomaterial, sel bahan bakar, dan pengisi (Tangboriboon, dkk., 2012).

Cangkang telur unggas adalah bio-keramik berpori terbentuk pada suhu tubuh dalam lingkungan bebas sel. Pembentukannya adalah salah satu proses pengapuran tercepat yang dikenal dalam biologi. Cangkang telur ayam yang sudah jadi mengandung sekitar 6gr mineral yang diendapkan selama siklus produksi hariannya (Y Nys, dkk 1999). Cangkang telur terdiri terutama 94% dari bahan keramik kalsium karbonat CaCO_3 , konstituen lainnya adalah bahan organik, kalsium fosfat, dan magnesium karbonat (Lertcumfu, 2016). Sedangkan penyusun utama membran kulit telur adalah protein 60%, glukosamin 10%, dan asam hialuronat 5%. Sifat fisik cangkang telur sangat tergantung pada sistem kandung ayam petelur.

Deposisi cangkang telur terjadi dalam tiga tahap, seluruh proses berlangsung hamper 17 jam pada ras ayam yang diseleksi sebagai ayam petelur, dan merupakan fase pembentukan telur terlama. Tahap pertama berlangsung sekitar 5 jam dan sesuai dengan inisiasi mineralisasi. Kristal pertama kalsium karbonat berinti di situs agregat yang ada di permukaan membrane kulit luar. Tahap kedua adalah pertumbuhan yang cepat dari kalsium karbonat polikristalin untuk membentuk lapisan palisade selama sekitar 10 jam, dengan menghasilkan kristal yang tumbuh tegak lurus pada permukaan cangkang. Tahap terakhir adalah penghentian klasifikasi dan berlangsung sekitar 1,5 jam. Penangkapan mineralisasi terjadi dalam cairan uterus yang tetap jenuh dalam ion kalsium dan bikarbonat.



Gambar 2.4 Penamoang Cangkang Telur

(sumber: Jurnal Frontiers in Bioscience 17, 1266-1280)

Salah satu cara untuk meningkatkan sifat mekanik dari resin epoksi adalah dengan menambahkan partikel cangkang telur. Telur adalah sumber daya alam

yang melimpah dan mudah didapat, sehingga penggunaannya sebagai bahan pengisi sangat menarik untuk diteliti. Partikel cangkang telur memiliki kekuatan yang tinggi dan mudah terurai di alam, sehingga tidak merusak lingkungan.

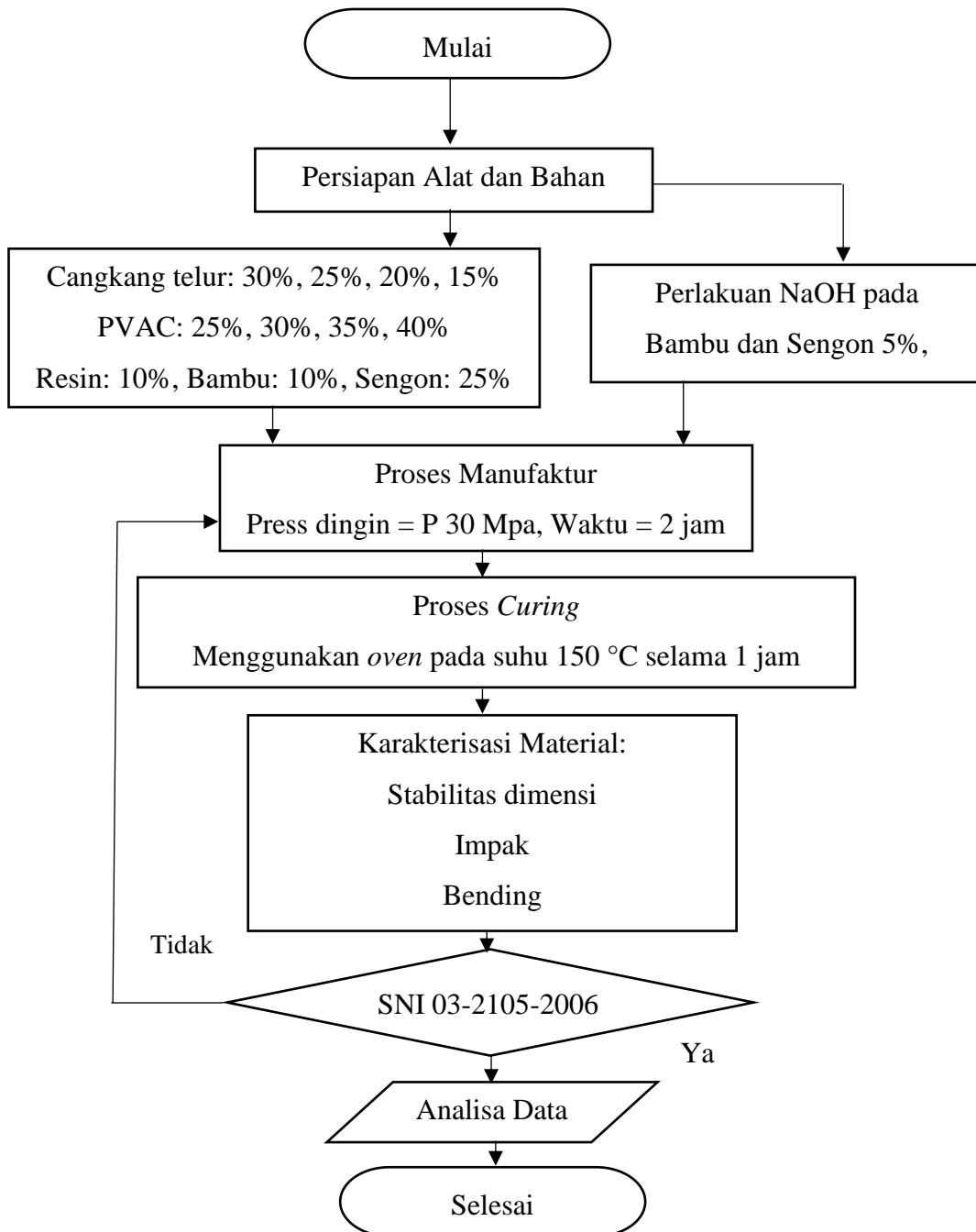
Penambahan partikel cangkang telur pada resin epoksi dapat meningkatkan kekuatan Tarik dan kekuatan lentur dari bahan tersebut. Hal ini disebabkan oleh adanya pengikatan antara partikel cangkang telur dan resin epoksi. Selain itu, partikel cangkang telur juga dapat membantu meningkatkan sifat termal dari resin epoksi.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Adapun diagram alir yang digunakan dalam penulisan laporan skripsi ini, diantara lain sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat Penelitian

Adapun peralatan yang digunakan dalam proses pembuatan specimen pada penelitian ini, sebagai berikut:

1. Timbangan Digital

Timbangan digital berfungsi untuk mengukur massa dari bahan yang digunakan. Ketelitian dari timbangan yang bermerk digipounds memiliki ketelitian 0,1 gram



Gambar 3.2 Neraca Digital

2. Ayakan *Stainless Steel*

Ayakan *stainless steel* digunakan untuk menyaring cangkang telur dan serbuk kayu yang sudah dihaluskan agar memiliki ukuran yang seragam. Ukuran dari ayakan ini yaitu 35 mesh dengan merk *Sieve*



Gambar 3.3 Ayakan *Stainless Steel*

3. Blender

Blender digunakan untuk memperkecil ukuran atau menghaluskan cangkang telur.



Gambar 3.4 Blender

4. Gerinda

Gerinda digunakan untuk membuat serbuk kayu dari kayu sengon.



Gambar 3.5 Gerinda

5. *Cold Press*

Cold Press digunakan untuk menekan sebuah bahan komposit yang telah di campur ke dalam cetakan pada tekanan tertentu.



Gambar 3.6 *Cold Press*

6. *Oven*

Oven digunakan untuk memanaskan bahan komposit pada suhu tertentu.



Gambar 3.7 *Oven*

7. Cetakan komposit

Cetakan komposit digunakan untuk mencetak semua bahan yang telah tercampur.



Gambar 3.8 Cetakan Komposit

8. *Mixer*

Mixer digunakan untuk mencampurkan atau mengaduk bahan komposit.



Gambar 3.9 *Mixer*

3.2.2 Bahan Penelitian

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain sebagai berikut:

1. Kayu Sengon

Kayu yang digunakan sebagai bahan pembuatan papan partikel ini adalah kayu sengon. Kayu sengon merupakan material kayu yang pada saat itu cukup populer di Indonesia, biasanya kayu sengon sudah terdapat di beberapa perusahaan penebangan kayu atau yang biasa disebut panglong. Kayu sengon di potong menjadi beberapa bagian agar mudah di angkut, kemudian kayu tersebut di jemur hingga kering selama 2 minggu, setelah itu diproses pengambilan serbuk kayu dengan bantuan gerinda tangan. Kayu sengon yang sudah menjadi serbuk, kemudian diayak dengan mesh berukuran 35. Serbuk kayu sengon yang lolos setelah diayak ukuran mesh 35 yang digunakan sebagai bahan penyusun.



Gambar 3.10 Proses Pengolahan Kayu Sengon

2. Serat Bambu

Serat bambu digunakan sebagai bahan pengisi matriks pada pembuatan bahan komposit. Cara pengolahannya bagian yang terdapat sekat dipotong menggunakan gergaji kayu, lalu bagian tengah diambil sebagai serat yang digunakan. Kemudian bambu diurai sehingga menjadi bentuk serat satuan. Serat yang telah terurai dipotong sepanjang 5 mm menggunakan gunting, setelah serat terpotong kemudian dilakukan perlakuan alkali untuk menghilangkan zat pengotor yang terdapat di serat dengan menggunakan larutan 5% NaOH selama 2 jam. Setelah 2 jam serat dicuci dengan menggunakan air bersih agar efek NaOH dapat direduksi dan dikeringkan dengan temperatur ruang selama 48 jam.



Gambar 3. 11 Pengolahan Serat Bambu

3. Cangkang Telur

Cangkang telur digunakan sebagai bahan penguat pada saat pengolahan resin dan PVAc. Cangkang telur banyak didapat dari lingkungan sekitar, baik di rumah maupun di luar. Adapun proses pengolahannya yaitu, cangkang telur di jemur dibawah sinar matahari selama 1 hari. Cangkang telur di blender dengan menggunakan blender buah hingga menjadi halus. Kemudian di ayak menggunakan mesh berukuran 35, untuk dijadikan bahan penguat.



Gambar 3.12 Proses Pengolahan Cangkang Telur

3.3 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian dalam penulisan tugas akhir dalam pembuatan papan partikel. Prosedur penelitian yang dilakukan memiliki 2 tahap, yakni pencampuran bahan (*mixing*) dan proses kompaksi.

1. Proses Pencampuran

Proses pencampuran atau *mixing* dilakukan dengan menggunakan *hand mixer* sebagai alat pengaduk dan sebuah wadah adonan. Proses pencampuran berlangsung selama 20 menit yang terdiri dari beberapa tahap:

- a. Mempersiapkan dan menimbang semua bahan yang akan digunakan sesuai dengan persentase.
- b. Resin dan hardener dicampur hingga merata dengan perbandingan 1: 0,5
- c. Setelah resin dan hardener tercampur, masukan PVAc yang sudah ditimbang, lalu mixer kembali
- d. Memindahkan campuran resin, hardener, dan PVAc ke dalam wadah adonan, lalu masukan serbuk cangkang telur kedalam campuran secara perlahan.

- e. Setelah merata, masukkan serbuk kayu sengon kedalam campuran adonan.
 - f. Terakhir, masukkan serat bambu yang sudah ditimbang.
 - g. Mixing selama 10 menit dan lakukan dengan hati - hati agar campuran bahan tidak ada yang keluar dari wadah. Campuran bahan kemudian didiamkan selama 10 menit sebelum dimasukkan ke dalam cetakan dengan tujuan untuk mencegah kebocoran saat proses kompaksi.
2. Proses Kompaksi

Proses kompaksi dilakukan di Gedung COE FT. UNTIRTA, menggunakan mesin press dingin dengan tekanan sebesar 30 bar, tekanan yang digunakan dengan variasi kompaksi 30 bar menghasilkan nilai terbaik dari tiap pengujian yang dilakukan. Pada penelitian ini proses kompaksi menggunakan metode *cold press*. Campuran bahan komposit dimasukan ke dalam cetakan dengan dimensi 100 mm x 50 mm x 20 mm, dengan cara langsung memasukkan semua bahan komposit kedalam cetakan. Cara ini menghindari terjadinya layer atau berlapisnya pada komposit. Perlakuan holding time selama 120 menit, kemudian spesimen kembali ditekan hingga keluar dari cetakan,

3.4 Proses Pengujian

Terdapat beberapa proses pengujian dalam penelitian papan partikel yang telah dibuat, diantaranya terdapat pengujian stabilitas dimensi, pengujian bending, dan pengujian impak.

1. Stabilitas Dimensi

Pembuatan papan partikel atau specimen uji stabilitas dimensi sesuai dengan standar SNI 03-2105-2006, dengan ukuran dimensi specimen panjang 50 mm, lebar 50 mm, dan tinggi 10 mm. Jumlah benda uji minimal 2 (dua) buah untuk memperoleh data yang valid. Adapun pengujian stabilitas dimensi mencakup 2 pengujian yakni mencari nilai kerapatan (*Density*) papan partikel dan pengembangan tebal papan partikel.

A. Uji Kerapatan (*Density*)

Uji nilai kerapatan dilakukan dengan menimbang massa papan, kemudian mengukur panjang, lebar, dan tinggi papan untuk mengukur

volume agar memperoleh nilai kerapatan papan partikel. Menurut standar SNI 03-2105-2006 berkisar $0,4 \text{ gr/cm}^3 - 0,9 \text{ gr/cm}^3$

B. Uji Pengembangan Tebal

Pengujian pengembangan tebal dilakukan dengan mengukur ketebalan awal, kemudian merendamnya secara horizontal dibawah permukaan air selama 24 jam. Mengukur kembali ketebalan setelah dilakukannya proses perendaman. Menurut SNI 03-2105-2006 pengembangan tebal maksimal 12%.

2. Pengujian Bending

Uji bending merupakan suatu proses pengujian merusak yang bertujuan untuk mengetahui material menahan beban lentur sebelum mengalami perubahan bentuk dari sebuah objek. Pembuatan spesimen uji bending sesuai dengan standar ASTM D790, dengan ukuran dimensi spesimen pengujian span 60 mm, panjang total 100 mm, lebar 14 mm dan ketebalan sesuai material uji. Jumlah benda uji bending minimal 3 (tiga) buah. Hal ini bertujuan agar memperoleh data yang valid. Menurut SNI 03-2105-2006 pengujian bending memiliki standar yaitu minimal $8,04 \text{ N/mm}^2$.

Adapun tahapan pengujian bending dilakukan sesuai dengan langkah berikut:

- a. Mengukur dimensi spesimen meliputi: panjang, lebar dan tebal.
- b. Pemberian label berupa nomor urut dan variasi pada setiap spesimen yang telah diukur untuk menghindari kesalahan pencatatan.
- c. Menghidupkan mesin GOTECH untuk uji bending.
- d. Pemasangan spesimen uji pada tumpuan dengan tepat dan pastikan indenter tepat di tengah-tengah kedua tumpuan.
- e. Pembebanan bending dengan kecepatan konstan.
- f. Pencatatan besarnya defleksi yang terjadi pada spesimen, setiap penambahan beban sampai terjadi kegagalan.
- g. Setelah mendapatkan data hasil pengujian dilanjutkan dengan perhitungan karakteristik kekuatan bending.

3. Pengujian Impak

Uji impak merupakan pengujian dengan menggunakan pembebanan yang dinamik seperti tumbukan pada benda atau objek. Standar yang digunakan adalah ASTM D256 yang mempunyai luas penampang melintang berupa bujur sangkar dengan panjang 80 mm, lebar 10 mm, dan ketebalan 4 mm tanpa memiliki notch dengan tahapan tahapan sebagai berikut:

- a. Menyiapkan benda uji dengan ukuran standar.
- b. Mengukur luas penampang
- c. Memasangkan bandul pada posisi skala 1 Joule.
- d. Memasangkan benda uji pada mesin uji impak Charpy.
- e. Melepaskan bandul dan mencatat energi yang diserap untuk mematahkan benda uji.
- f. Pengamatan permukaan patah benda uji dan menentukan nilai impak *charpy*.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Spesimen

Penelitian yang dilakukan adalah pembuatan papan partikel dari material komposit material komposit itu sendiri terdiri dari beberapa bahan yakni, serbuk kayu sengon, serat bambu, cangkang telur, resin epoksi, dan PVAc. Pembuatan material komposit terdapat perbedaan pada fraksi volume dari bahan PVAc dan cangkang telur. Komposit variasi yang pertama terdiri dari 30% cangkang telur, 25% PVAc, 25% kayu sengon, 10% resin, dan 10% serat bambu. Pada variasi ke dua, tiga, dan empat, bahan penyusun seperti, resin, serat bambu, dan sengon adalah tetap, sedangkan untuk bahan cangkang telur berkurang sebanyak 5% dan bahan PVAc bertambah sebanyak 5% agar keseleruhan bahan mencapai 100% pada setiap pembuatan papan partikel dari komposit. Spesimen dengan cetakan pembuatan fisis dibentuk balok dengan ukuran panjang 100 mm, lebar 50 mm, dan tinggi 20 mm. Sedangkan untuk spesimen dengan cetakan pembuatan mekanis dibentuk balok yang berukuran panjang 100 mm, lebar 50 mm, dan tinggi 60 mm. Pembuatan papan partikel dilakukan dengan mesin *cold press* dengan tekanan 30 bar. Lalu dipanaskan dengan *oven* selama 1 jam dengan temperature 150 °C.



Gambar 4.1 Hasil spesimen

Pengujian spesimen dilakukan melalui pengujian sifat fisis dan mekanik. Pengujian sifat fisis meliputi pengujian densitas atau kerapatan dan pengujian pengembangan tebal. Sedangkan pengujian sifat mekanik meliputi pengujian bending dan pengujian impak.

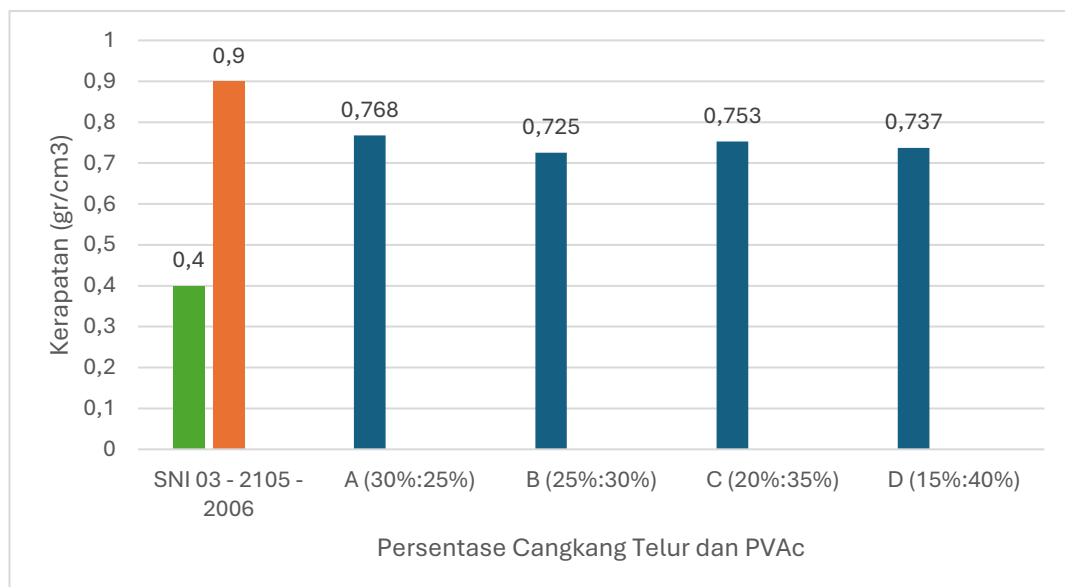
4.2 Hasil Uji Densitas

Densitas merupakan perbandingan massa (gr) dengan volume bahan (cm^3). Bahan komposit yang dipengaruhi dengan variasi cangkang telur sebagai bahan penguat, dan PVAc sebagai bahan matriks polimer dapat berpengaruh pada densitasnya. Pengujian densitas dilakukan dengan mengukur panjang, lebar, dan tebal dari spesimen, kemudian mengukur massa papan. Menurut standar SNI 03-2105-2006 nilai densitas berada diantara $0,4 \text{ gr/cm}^3$ sampai $0,9 \text{ gr/cm}^3$. Hasil pengujian kerapatan ditunjukkan pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Densitas atau Kerapatan

Spesimen Uji (CT : PVAc)	Massa (gr)	Volume (cm)	Kerapatan (gr/cm^3)
A (30% : 25%)	9,9	12,88	0,768
B (25% : 30%)	9,4	12,96	0,725
C (20% : 35%)	9,03	11,98	0,753
D (15% : 40%)	8,07	10,94	0,737
SNI 03 – 2105 – 2006			0,4 – 0,9

Berdasarkan hasil pengujian densitas, menunjukkan nilai kerapatan berkisar antara $0,725 \text{ gr/cm}^3$ – $0,768 \text{ gr/cm}^3$. Berikut grafik hasil pengujian densitas dari papan partikel komposit.



Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengujian Densitas

Pada grafik pengujian densitas atau kerapatan, menunjukkan papan partikel spesimen A memiliki nilai kerapatan tertinggi yaitu $0,768 \text{ gr/cm}^3$, sedangkan untuk spesimen B memiliki nilai terendah yaitu $0,725 \text{ gr/cm}^3$. Spesimen A memiliki nilai kerapatan terbesar karena massa yang ditimbang besar yaitu 9,9 gram, sedangkan spesimen B memiliki volume yang besar yaitu 12,96 gram. Jadi, pada saat hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa semakin besar massa maka semakin tinggi nilai kerapatannya, sedangkan semakin besar volume maka semakin rendah nilai kerapatannya.

Fraksi volume pada cangkang telur dan PVAc dapat berpengaruh pada massa dari suatu spesimen uji. Semakin tinggi persentase bahan dari serbuk cangkang telur yang digunakan, maka semakin besar pula massa yang ditimbulkan, begitupun sebaliknya semakin sedikit serbuk cangkang telur yang digunakan maka semakin kecil massa yang ditimbulkan. Dari keempat variasi komposit papan partikel terhadap perbandingan fraksi volume cangkang telur dan PVAc telah memenuhi standar kerapatan atau densitas, yakni menurut SNI 03 – 2105 – 2006 memiliki nilai kerapatan yang berada diantara $0,4 \text{ gr/cm}^3$ – $0,9 \text{ gr/cm}^3$.

4.3 Pengujian Pengembangan Tebal

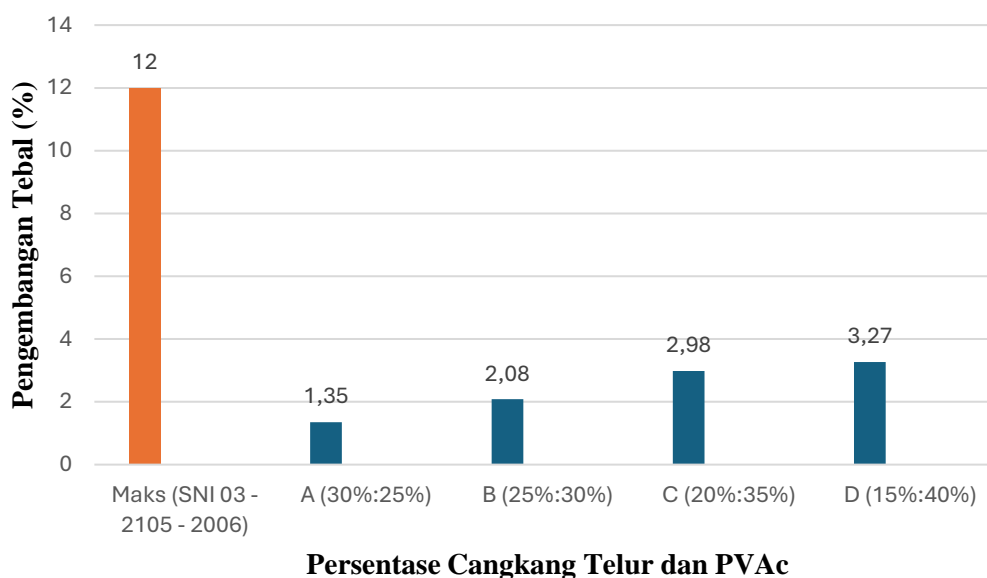
Pengujian pengembangan tebal dilakukan dengan mengukur ketebalan awal pada spesimen sebelum dilakukan perendaman ke dalam air yang diletakkan selama 24 jam dengan posisi horizontal. Setelah itu tebal spesimen diukur kembali menggunakan alat ukur berupa penggaris untuk mengetahui pengembangan tebal spesimen tersebut. Untuk standar SNI 03-2105-2006 nilai pengembangan tebal maksimal 12%. Hasil pengujian pengembangan tebal dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Pengembangan Tebal

Spesimen Uji (CT : PVAC)	t1 (cm)	t2 (cm)	Pengembangan Tebal (%)
A (30% : 25%)	1,48	1,5	1,35
B (25% : 30%)	1,44	1,47	2,08
C (20% : 35%)	1,34	1,38	2,98

Spesimen Uji (CT : PVAc)	t1 (cm)	t2 (cm)	Pengembangan Tebal (%)
D (15% : 40%)	1,22	1,26	3,27
SNI 03 – 2105 – 2006			Max 12

Berdasarkan tabel hasil pengujian pengembangan tebal diperoleh persentase nilai antara 1,35% - 3,27%. Berikut grafik hasil pengujian pengembangan tebal papan partikel komposit.



Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengujian Pengembangan Tebal

Pada grafik pengujian pengembangan tebal menunjukkan spesimen A memiliki nilai pengembangan tebal terendah yaitu 1,35%, sedangkan untuk spesimen D memiliki nilai pengembangan tebal tertinggi dengan persentase 3,27%.

Pengembangan tebal berhubungan dengan bahan penyusun papan partikel dan penyerapan air ke spesimen. Semakin besar penggunaan serbuk cangkang telur dan semakin kecil persentase PVAc yang digunakan maka spesimen uji akan semakin tebal dan daya serap air ke spesimen semakin kecil sehingga pengembangan tebal yang terjadi persentasenya kecil. Sedangkan semakin kecil penggunaan serbuk cangkang telur dan semakin besar penggunaan PVAc, maka spesimen uji akan semakin tipis dan daya serap air ke spesimen semakin besar sehingga pengembangan tebal yang terjadi persentasenya besar. Dari

keempat spesimen uji telah memenuhi standar SNI 03 – 2105 – 2006 dengan nilai pengembangan tebal yaitu maksimal 12%.

4.4 Hasil Uji Bending

Pengujian bending dilakukan dengan standar ASTM D790 dengan metode *threepoint bending*. Benda uji berukuran panjang 100 mm, lebar 15 mm, dan tebal 6 mm diberi pembebanan pada bagian tengah dengan kedua sisi diberi penyangga oleh alat uji bending. Hasil pengujian bending dapat dilihat pada tabel berikut.

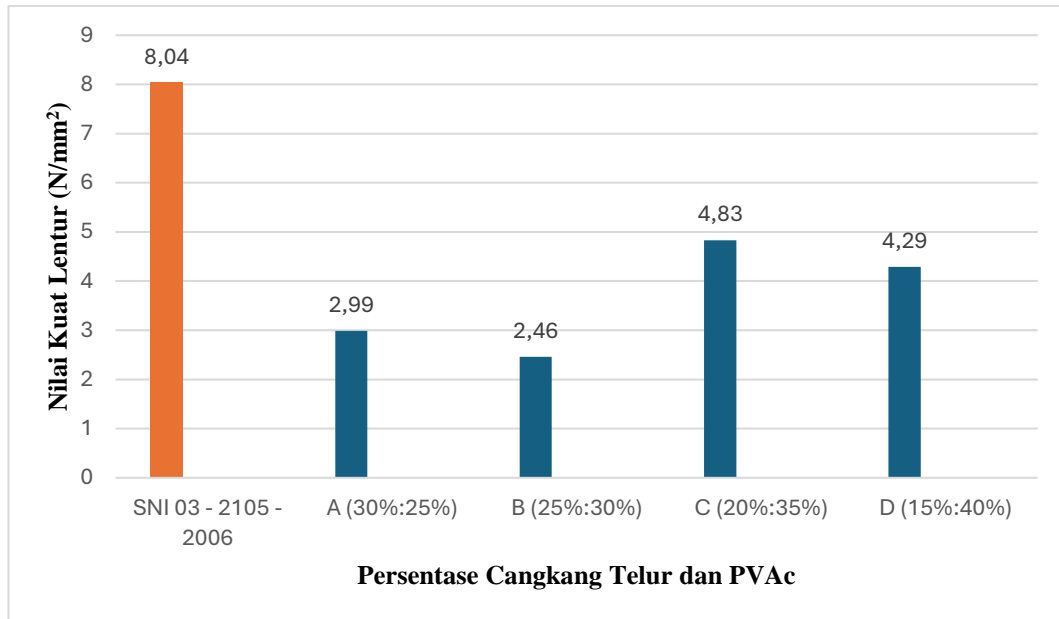
Tabel 4.3 Perhitungan Pengujian Bending

Spesimen	Pembebanan (N)	Jarak Penampang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)
A	22,575	80	16,92	7,31
B	20,08	80	17,05	7,58
C	26,84	80	17,06	6,25
D	30,54	80	16,87	7,11

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Bending

Spesimen Uji	Fraksi Volume (%)	Kuat Lentur (N/mm ²)
A	30 : 25	2,99
B	25 : 30	2,46
C	20 : 35	4,83
D	15 : 40	4,29
SNI 03 – 2105 – 2006		8,04

Berdasarkan tabel hasil pengujian bending diperoleh nilai kuat lentur antara 2,46 N/mm² – 4,83 N/mm². Berikut grafik hasil pengujian pengembangan tebal papan partikel komposit.



Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengujian Bending

Berdasarkan data hasil pengujian bending yaitu uji kuat lentur diperoleh nilai tertinggi yaitu spesimen C dengan kuat lentur $4,83 \text{ N/mm}^2$ dengan komposisi bahan cangkang telur 20% dan PVAc 35%, sedangkan nilai terendah terdapat pada spesimen B dengan kuat lentur $2,46 \text{ N/mm}^2$ dengan komposisi bahan cangkang telur 25% dan PVAc 30%. Rendah atau tinggi nya nilai kuat lentur berpengaruh pada pembebanan bending dan juga tebal spesimen. Spesimen B menunjukkan nilai terendah karena pembebanan yang diberikan sebesar 20,08 N dan tebal spesimen uji 7,58 mm, sedangkan spesimen C menunjukkan nilai tertinggi karena pembebanan yang diberikan sebesar 26,84 N dan tebal spesimen uji sangat kecil yaitu 6,25 mm. Spesimen B dan C mengalami penurunan kuat lentur yang disebabkan oleh pendistribusian yang kurang merata dikarenakan *human error* atau ketika melakukan *cold press* tekanan turun sehingga tebal spesimen uji tidak maksimal seperti yang diharapkan. Dari keempat spesimen tidak memenuhi standar yang dipersyaratkan SNI 03 – 2105 – 2006 yaitu minimal $8,04 \text{ N/mm}^2$.

4.5 Hasil Uji Impak

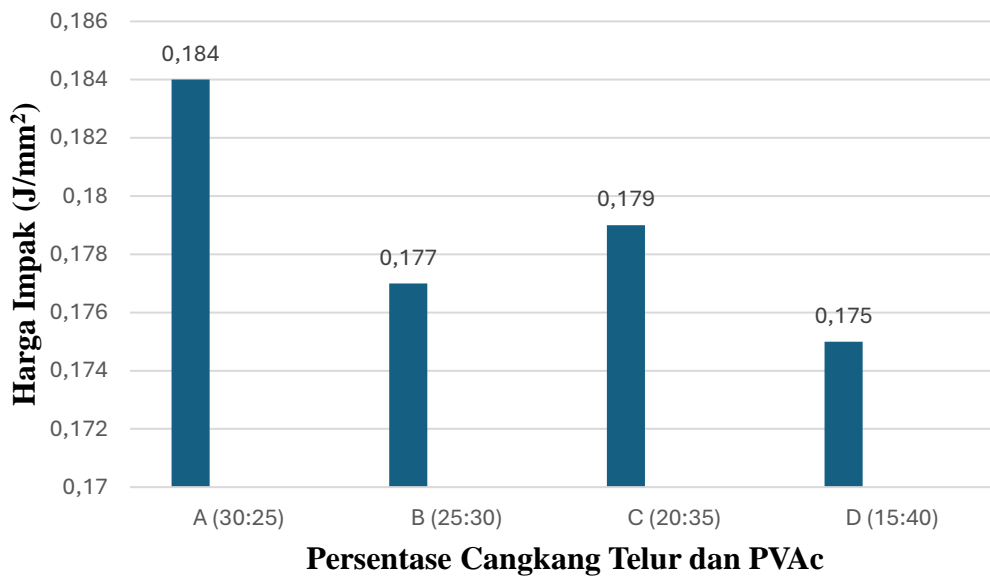
Pengujian impak dilakukan dengan menggunakan metode charpy dengan standar ASTM D256. Benda uji berukuran panjang 64 mm, lebar 12,7 mm, dan tebal 3,2 atau 6,4 mm diletakkan dengan posisi horizontal lalu diberikan

benturan dengan menggunakan pendulum. Data hasil dari pengujian impact dapat dilihat pada tabel.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Impact

Spesimen	Kerja Patah (J)	Luas Penampang (mm ²)	Nilai Impact (J/mm ²)
A	791,04	145,5	0,184
B	819,15	145	0,177
C	808,92	144,6	0,179
D	832,05	145,5	0,175

Berdasarkan tabel hasil pengujian impact diperoleh nilai harga impact antara 0,175 J/mm² – 0,184 J/mm². Berikut grafik hasil pengujian pengembangan tebal papan partikel komposit.



Gambar 4.5 Grafik Hasil Pengujian Impact

Berdasarkan data hasil pengujian impact dapat dilihat pengaruh fraksi volume antara cangkang telur dan PVAc. Hasil pengujian diperoleh nilai tertinggi pada spesimen A yang memiliki harga impact 0,184 J/mm², sedangkan yang terkecil berada pada spesimen D dengan harga impact 0,175 J/mm². Dari data yang diperoleh dapat diketahui bahwa semakin besar persentase cangkang telur dan semakin besarnya lagi persentase PVAc akan mempengaruhi harga

impak dari bahan komposit yang telah di uji. Maka dari itu spesimen A lebih besar harga impaknya karena memiliki persentase cangkang telur yang lebih besar dan PVAc yang sedikit, begitupun sebaliknya spesimen D memiliki harga dampak yang rendah karena persentase cangkang telur yang lebih sedikit dan PVAc yang lebih banyak.

4.6 Optimasi Multirespon

Optimasi multirespon merupakan respon yang melibatkan lebih dari satu respon untuk mendapatkan respon optimal dalam mencapai hasil yang diinginkan. Optimasi multi respon ini bertujuan untuk mencari kombinasi hasil yang baik dengan cara multi respon diubah menjadi respon tunggal dengan metode yang digunakan yaitu metode pembobotan. *Splitting in Multiple Area* 59 metode pembobotan akan mengubah nilai menjadi satu dari beberapa banyak nya nilai hasil pengujian. Proses optimasi merupakan proses yang dilakukan untuk mendapatkan setting taraf faktor percobaan yang menghasilkan respon optimal. Adapun optimasi multi respon pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.6 Hasil Multirespon Metode Pembobotan

Spesimen	D	WD	UB	WUB	UI	WUI	PT	1/PT	WPT	MRPI
A	0,77	0,26	2,99	0,21	0,18	0,26	1,35	0,74	0,14	1,05
B	0,73	0,24	2,46	0,17	0,18	0,25	2,08	0,48	0,21	1,08
C	0,75	0,25	4,83	0,33	0,18	0,25	2,98	0,34	0,31	2,75
D	0,74	0,25	4,29	0,29	0,18	0,24	3,27	0,31	0,34	2,59
Total	2,98	1,00	14,57	1,00	0,72	1,00	9,68	1,86	1,00	7,48

Keterangan:

D = Densitas

PT = Pengembangan Tebal

UB = Uji Bending

UI = Uji Impak

W = Respon Tertimbang

MRPI = *Multi Response Performance Index*

Berdasarkan data hasil perhitungan, dapat diketahui bahwa nilai optimum pada penelitian ini didapatkan pada spesimen C yang merupakan fraksi volume dari cangkang telur 20% dan PVAc 35% yaitu memiliki nilai MRPI 2,75.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan adalah pengaruh perekat hybrid resin epoksi dan pvac yang diperkuat dengan serbuk cangkang telur terhadap perubahan sifat mekanis, diantara beberapa pengujian seperti pengujian densitas, pengujian pengembangan tebal, pengujian bending dan pengujian impak. Nilai dari pengujian densitas yang tertinggi adalah spesimen A dengan kerapatan $0,768 \text{ gr/cm}^3$ dikarenakan semakin banyak persentase cangkang telur maka nilai kerapatan semakin tinggi. Nilai dari pengujian pengembangan tebal yang tertinggi adalah spesimen D dengan persentase pengembangan tebal 3,27% dikarenakan pengaruh dari persentase cangkang telur yang semakin sedikit sehingga daya serap air yang ditimbulkan semakin banyak. Nilai dari pengujian tertinggi pada spesimen C dengan nilai kuat lentur $4,83 \text{ N/mm}^2$ dikarenakan semakin banyak PVAc maka semakin tinggi nilai kuat lentur nya, ini dipengaruhi oleh sifat viskositas dari PVAc. Sedangkan pengujian impak memiliki nilai tertinggi pada spesimen A dengan kuat impak $0,184 \text{ J/mm}^2$ dikarenakan semakin banyak cangkang telur maka semakin tinggi nilai impak nya, ini dipengaruhi oleh sifat getas dari cangkang telur.

5.2 Saran

Adapun saran yang harus dimasukkan dalam penelitian ini, adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini pada dasarnya menggunakan mesin *cold press*, maka dari itu harus berhati-hati dalam pengerjaan spesimen, seperti dalam proses *mixing* adonan, pemerataan bahan yang dimasukkan dalam cetakan, dan tekanan yang dihasilkan dari mesin *cold press* juga harus stabil.
2. menambahkan pengujian lainnya untuk penelitian selanjutnya dengan standar yang telah ditentukan yakni, SNI 03 – 2105 – 2006.

DAFTAR PUSTAKA

- Kim, S., & Kim, H. J. (2005): Effect of Addition of Polyvinyl Acetate to Melamine-Formaldehyde Resin on The Adhesion and Formaldehyde Emission in Engineered Flooring, *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 25, 456 – 461.
- Shedge, M.T., Patel, C.H., Tadkod, S.K., & Murthy, G.D. (2008) : Polyvinyl Acetate Resin as a Binder Effecting Mechanical and Combustion Properties of Combustible Cartridge Case Formulations, *Defence Science Journal*, 58, 390 – 397.
- Guilleminot, S. Comas-Cardona, D. Kondo, C. Binetruy, P. Krawczak, Pemodelan multiskala dari inti busa yang diperkuat komposit dari struktur sandwich 3D, *Compos. Sains. Technol.* 68 (2008) 1777-1786. Tersedia dari: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compscitech.2008.02.005>.
- S. Comas-Cardona, P. Groenenboom, C. Binetruy, P. Krawczak, Metode FE-SPH campuran generik untuk mengatasi kopling hidro-mekanis dalam proses pencetakan komposit cair, *Compos. Bagian A Appl. Sains. Manuf* 36 (2005) 1004-1010.
- E. Saldívar-Guerra, E. Vivaldo-Lima, *Handbook of polymer synthesis, characterization, and processing*, 2013. Tersedia dari: <http://dx.doi.org/10.1002/9781118480793..>
- M. Deléglise, C. Binétry, P. Krawczak, Solusi untuk mengisi masalah prediksi waktu untuk injeksi yang didorong tekanan konstan di RTM, *Compos. Bagian A Appl. Sains. Manuf.* 36 (2005) 339-344. Tersedia dari: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesa.2004.07.001>.
- K. Van De Velde, P. Kiekens, Polimer termoplastik: ikhtisar beberapa sifat dan konsekuensinya dalam komposit yang diperkuat serat rami, *Polim. Tes.* 20 (2001) 885-893, [http://dx.doi.org/10.1016/S0142-9418\(01\)00017-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0142-9418(01)00017-4).
- Pizzi, A. 1983. *Wood Adhesive, Chemistry and Technology*. Marcell Dekker, Inc. New York
- Kollmann, F. P. P, E. W. Kuenzi, A. J. Stamm. 1975. *Principles of Wood Science and Technology. Vol. II. Wood based Materials*. SpringerVerlag. New York
- Goulding, T.M. 1983. *Acetate Wood Adhesive*. Marcel Dekker, Inc. New York

- Y Nys, MT Hincke, JL Arias, JM Garcia-Ruiz, S Solomon: Mineralisasi Cangkang Telur. *Poult Avian Biol Rev* 10, 143-166 (1999)
- Lertcumfu N, Jaita P, Manotham S, Jarupoom P, Eitssayeam S, Pengpat K, Rujijanagul G. Sifat komposit keramik kalsium fosfat yang berasal dari bahan alam. *Keramik Internasional*. 2016;42: 10638-10644
- Jamila. (2014). Modul Mata Kuliah Teknologi Pengolahan Limbah dan Sisa Hasil Ternak.
- Lumlong, S., Wanapan, S., Khamsri, B., & Pungpo, P. (2016). Effect of Eggshell as a Filler on Rubber Composite Properties. The 8th Thailand-Japan International Academic Conference 2016, 1–7.
- Tangboriboon, N., Kunanuruksapong, R., Sirivat, A., Kunanuruksapong, R., & Sirivat, A. (2012). Preparation and properties of calcium oxide from eggshells via calcination. *Materials Science- Poland*, 30(4), 313–322. <https://doi.org/10.2478/s13536-012-0055-7>
- Haygreen, J.G., dan Bowyer, J.L., 1996, Hasil Hutan dan Ilmu Kayu: Suatu Pengantar. Sujipto, A.H, penerjemah; Yogyakarta: Gajah Mada University Press. Terjemahan dari : Forest Product and Wood Science: An Introduction
- Muzata, M.A. 2015. Pembuatan Particle Board dari Ampas Tebu (*Saccharum officinarum*) Berbasis Perak Limbah Plastik Polipropilena dan Polistirena, Laporan Akhir. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Priadi T dan Pratiwi GA. 2014. Sifat Keawetan Alami dan Pengawetan Kayu Mangium, Manii dan Sengon secara Rendaman Dingin dan Rendaman Panas Dingin. *JITKT*. 12 (2): 118-126.
- Sulastiningsih IM, Novitasari, Turoso A. 2009. Pengaruh kadar perekat terhadap sifat papan partikel bambu. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan.
- Febrianto F, Sumardi I, Hidayat W, Maulana S. 2017. Papan untai bambu berarah: material unggul untuk komponen bangunan struktur. Bogor: IPB Press.
- Maloney, T. M. (1997). *Modern Particle Board and Dry Process Fiberboard Manufacturing*. USA: Miller Freeman Publ.
- Kollman., F. F. P., and Wilfred, A Jr. C. (1975). *Principles of Wood Science and Technology – 1 – Solid Wood*, Allea and Union Publisher.

LAMPIRAN A

DATA PERCOBAAN

A. Perhitungan volume cetakan uji mekanis

$$\text{Diketahui: Panjang (p)} = 10\text{cm}$$

$$\text{Lebar (l)} = 5\text{cm}$$

$$\text{Tinggi (t)} = 1\text{cm}$$

Ditanya: Volume>

$$\begin{aligned}\text{Jawab: } V_{\text{mekanis}} &= p \times l \times t \\ &= 10\text{cm} \times 5\text{cm} \times 1\text{cm} \\ &= 50 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

B. Perhitungan volume cetakan uji fisis

$$\text{Diketahui: Panjang (p)} = 10\text{cm}$$

$$\text{Lebar (l)} = 5\text{cm}$$

$$\text{Tinggi (t)} = 2\text{cm}$$

Ditanya: Volume?

$$\begin{aligned}\text{Jawab: } V_{\text{fisis}} &= p \times l \times t \\ &= 10\text{cm} \times 5\text{cm} \times 2\text{cm} \\ &= 100 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

C. Perhitungan Rule of Mixture (RM)

Diketahui massa jenis masing – masing bahan (ρ):

$$\text{Serbuk Kayu} = 0,33 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Serat bambu} = 0,7 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Resin} = 1,18 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Cangkang Telur} = 1,03 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{PVAc} = 1,07 \text{ gr/cm}^3$$

Ditanya: Rule of Mixture (RM)?

Jawab:

$$\text{a. } RM_{\text{mekanis}} = V\% \times V_{\text{mekanis}} \times \rho$$

$$1. \text{ Resin } 10\% = 10\% \times 50 \text{ cm}^3 \times 1,18 \text{ gr/cm}^3 = 5,9 \text{ gr}$$

$$2. \text{ Serbuk kayu } 25\% = 25\% \times 50 \text{ cm}^3 \times 0,33 \text{ gr/cm}^3 = 4,125 \text{ gr}$$

$$3. \text{ Serat bambu } 10\% = 10\% \times 50 \text{ cm}^3 \times 0,7 \text{ gr/cm}^3 = 3,5 \text{ gr}$$

$$4. \text{ Cangkang telur } 30\% = 30\% \times 50 \text{ cm}^3 \times 1,03 \text{ gr/cm}^3 = 15,45 \text{ gr}$$

$$5. \text{ PVAc } 25\% = 25\% \times 50 \text{ cm}^3 \times 1,07 \text{ gr/cm}^3 = 13,37 \text{ gr}$$

$$\text{Massa total} = 42,345 \text{ gr}$$

$$b. \text{ RM}_{\text{fisis}} = V\% \times V_{\text{fisis}} \times \rho$$

$$1. \text{ Resin } 10\% = 10\% \times 100 \text{ cm}^3 \times 1,18 \text{ gr/cm}^3 = 11,8 \text{ gr}$$

$$2. \text{ Serbuk kayu } 25\% = 25\% \times 100 \text{ cm}^3 \times 0,33 \text{ gr/cm}^3 = 8,25 \text{ gr}$$

$$3. \text{ Serat bambu } 10\% = 10\% \times 100 \text{ cm}^3 \times 0,7 \text{ gr/cm}^3 = 7 \text{ gr}$$

$$4. \text{ Cangkang telur } 30\% = 30\% \times 100 \times 1,03 \text{ gr/cm}^3 = 30,9 \text{ gr}$$

$$5. \text{ PVAc} = 25\% \times 100 \text{ cm}^3 \times 1,07 \text{ gr/cm}^3 = 26,75 \text{ gr}$$

$$\text{Massa total} = 84,7 \text{ gr}$$

1. Sifat Fisis

a. Nilai kerapatan

Spesimen (CT : PVAc)	Massa (gr)	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)
A (30:25)	9,8	29,2	30,1	14,7
	10,2	29,9	30,4	14,8
	9,9	28,1	29,1	14,9
B (25:30)	9,4	30,3	30,2	14,1
	9,5	29,9	30,9	14,3
	9,3	29,2	29,7	14,8
C (20:35)	8,8	29,9	30,1	13,2
	9,1	29,3	30,2	13,5
	9,2	29,7	30,4	13,6
D (15:40)	8,3	30,2	29,8	12,3
	7,8	29,1	29,2	12,1
	8,1	30,8	29,9	12,2

b. Nilai Pengembangan Tebal

Spesimen (CT : PVAc)	Tinggi 1 (mm)	Tinggi 2 (mm)
A (30:25)	14,7	14,9
	14,8	15
	14,9	15,1
B (25:30)	14,1	14,3
	14,3	14,7
	14,8	15,1
C (20:35)	13,2	13,5
	13,5	13,9
	13,6	14,1
D (15:40)	12,3	12,8
	12,1	12,5
	12,2	12,4

2. Sifat Mekanis

a. Uji Bending

Spesimen (CT:PVAc)	Tebal (mm)	Lebar (mm)
A (30:25)	7,18	17,1
	7,44	16,74
B (25:30)	7,42	17,3
	7,74	16,8
C (20:35)	6,3	17,02
	6,2	17,1
D (15:40)	6,76	17,1
	7,46	16,64

b. Uji Impak

Spesimen (CT:PVAc)	Panjang (mm)	Lebar (mm)
A (30:25)	64,1	12,8
	63,9	11,9
	64	12,4
B (25:30)	64,2	12,7
	64,5	12,8
	64,9	12,7
C (20:35)	64,3	12,9
	64,2	11,8
	64,1	13,1
D (15:40)	64,5	13,2
	64,3	12,9
	64,8	12,8

LAMPIRAN B
PERHITUNGAN HASIL PENELITIAN

1. Sifat fisis

a. Densitas atau Kerapatan:

$$\rho = \frac{m}{v} = \frac{9,9 \text{ gr}}{12,88 \text{ cm}^3} = 0,768 \text{ gr/cm}^3$$

b. Pengembangan Tebal:

$$PT = \frac{(T2 - T1)}{T1} \times 100\% = \frac{(1,5 - 1,48)}{1,45} \times 100\% = 1,35\%$$

c. Uji Bending

$$\sigma = \frac{3PL}{2bd^2} = \frac{3 \times 22,575 \times 80}{2 \times 16,92 \times 7,31^2} = \frac{5418}{1808,28} = 2,99 \text{ N/mm}^2$$

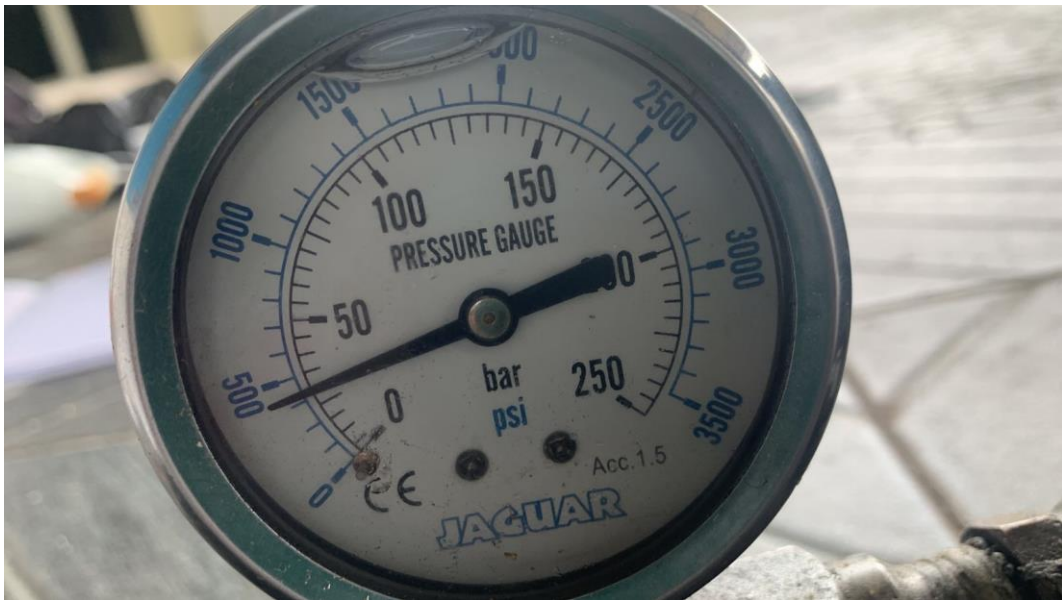
d. Uji Impak

$$HI = \frac{E}{A} = \frac{145,5}{791,04} = 0,184 \text{ J/mm}^2$$

LAMPIRAN C
GAMBAR ALAT DAN BAHAN









LAMPIRAN D

BLANGKO PERCOBAAN



POLITEKNIK ATMI SURAKARTA

Kampus I : Jl. Mejo No. 1 Surakarta 57145. Phone : +62 271 714466 • Fax : +62 271 714390
 Kampus II : Jl. Adi Sucipto Km 9,5 Karanganyar 57174. Phone: +62 271 7688220
 Kotak Pos 215 Surakarta 57102, Jawa Tengah, Indonesia.
 E-mail: politeknik@atmi.ac.id • Website <http://www.atmi.ac.id>



Flexural Test report

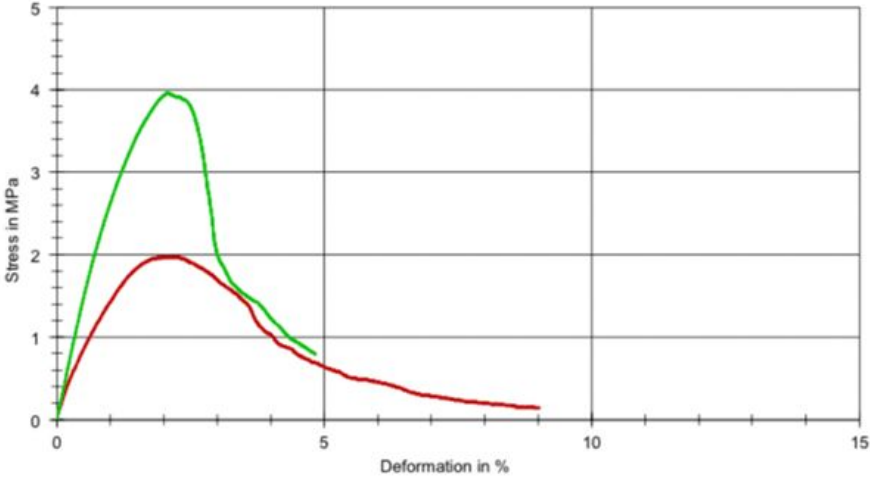
Customer : Ronal Aditya Material : Sampel Variabel F1
 Test standard : ASTM D 790 Machine data : Zwick Z020

Pre-load : 0,2 N
 Test speed : 2 mm/min

Test results:

Legend	No.	Force N	E _H MPa	σ _M MPa	ε _I %	ε _B %	σ _{FB} MPa	L mm	d mm	b mm
	1	14,54	126	1,98	9,0	9,0	0,136	80	7,18	17,1
	2	30,61	254	3,96	4,8	4,8	0,792	80	7,44	16,74

Series graph:



Statistics:

Series	Force N	E _H MPa	σ _M MPa	ε _I %	ε _B %	σ _{FB} MPa	L mm	d mm	b mm
n = 2									
\bar{x}	22,57	190	2,97	6,9	6,9	0,464	80	7,31	16,92
s	11,36	90,3	1,40	3,0	3,0	0,463	0,000	0,1838	0,2546
v [%]	50,35	47,59	47,25	42,69	42,69	99,87	0,00	2,52	1,50



POLITEKNIK ATMI SURAKARTA

Kampus I : Jl. Mejo No. 1 Surakarta 57145, Phone : +62 271 714466 • Fax : +62 271 714390
 Kampus II : Jl. Adi Sucipto Km 9,5 Karanganyar 57174, Phone: +62 271 7685220
 Kotak Pos 215 Surakarta 57102, Jawa Tengah, Indonesia.
 E-mail: politeknik@atmi.ac.id • Website <http://www.atmi.ac.id>



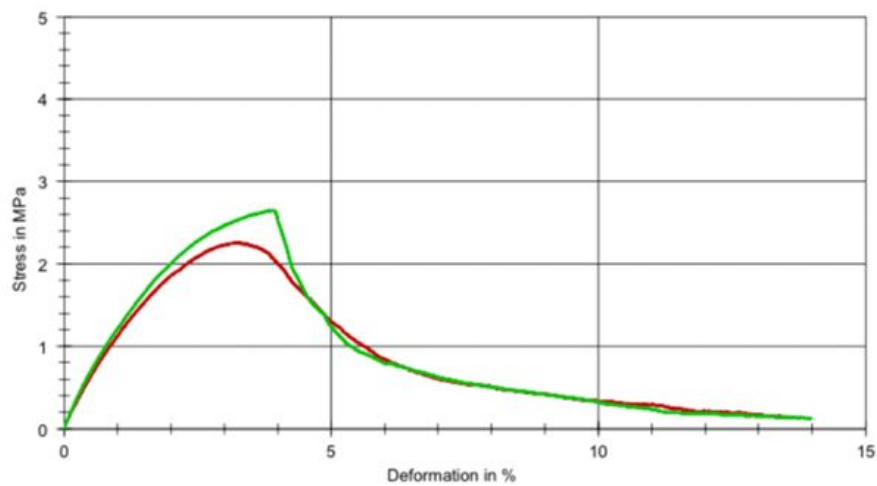
Flexural Test report

Customer : Ronal Aditya Material : Sampel Variabel F2
 Test standard : ASTM D 790 Machine data : Zwick Z020
 Pre-load : 0,2 N
 Test speed : 2 mm/min

Test results:

Legend	No.	Force N	E_H MPa	σ_M MPa	ϵ_f %	ϵ_B %	σ_B MPa	L mm	d mm	b mm
Red	1	17,93	105	2,26	14	14	0,126	80	7,42	17,3
Green	2	22,23	111	2,65	14	14	0,120	80	7,74	16,8

Series graph:



Statistics:

Series	Force N	E_H MPa	σ_M MPa	ϵ_f %	ϵ_B %	σ_B MPa	L mm	d mm	b mm
n = 2									
\bar{x}	20,08	108	2,45	14	14	0,123	80	7,58	17,05
s	3,04	4,70	0,277	0,25	0,25	0,00433	0,000	0,2263	0,3536
v [%]	15,15	4,35	11,28	1,79	1,79	3,52	0,00	2,99	2,07



POLITEKNIK ATMI SURAKARTA

Kampus I : Jl. Mejo No. 1 Surakarta 57145. Phone : +62 271 714466 • Fax : +62 271 714390
 Kampus II : Jl. Adi Sucipto Km 9,5 Karanganyar 57174. Phone: +62 271 7686220
 Kotak Pos 215 Surakarta 57102, Jawa Tengah, Indonesia.
 E-mail: politeknik@atmi.ac.id • Website <http://www.atmi.ac.id>



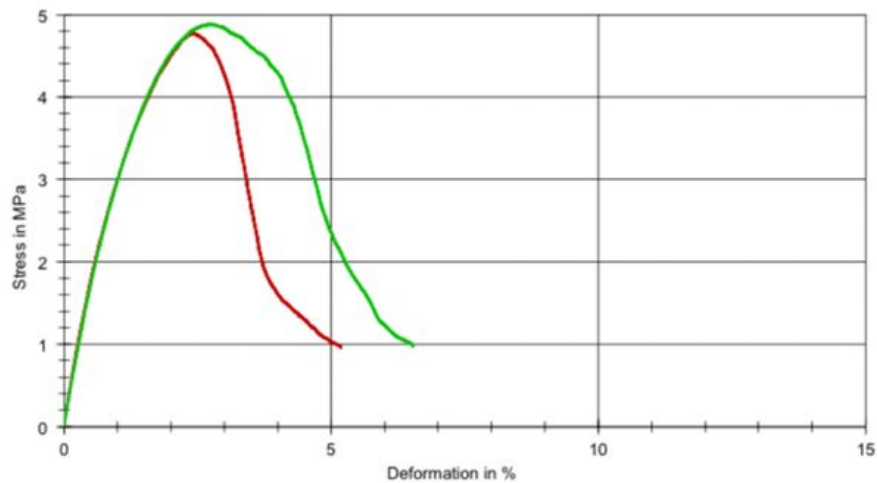
Flexural Test report

Customer : Ronal Aditya Material : Sampel Variabel F3
 Test standard : ASTM D 790 Machine data : Zwick Z020
 Pre-load : 0,2 N
 Test speed : 2 mm/min

Test results:

Legend	No.	Force N	E_H MPa	σ_{M1} MPa	ϵ_t %	ϵ_B %	σ_{FB} MPa	L mm	d mm	b mm
Red	1	26,91	272	4,78	5,2	5,2	0,955	80	6,3	17,02
Green	2	26,76	279	4,89	6,5	6,5	0,977	80	6,2	17,1

Series graph:



Statistics:

Series	Force N	E_H MPa	σ_{M1} MPa	ϵ_t %	ϵ_B %	σ_{FB} MPa	L mm	d mm	b mm
n = 2									
\bar{x}	26,84	276	4,83	5,9	5,9	0,966	80	6,25	17,06
s	0,10	4,29	0,0747	0,96	0,96	0,0154	0,000	0,07071	0,05657
v [%]	0,38	1,56	1,55	16,32	16,32	1,60	0,00	1,13	0,33



POLITEKNIK ATMI SURAKARTA

Kampus I : Jl. Mejo No. 1 Surakarta 57145. Phone : +62 271 714466 • Fax : +62 271 714390
Kampus II : Jl. Adi Sucipto Km 9,5 Karanganyar 57174. Phone: +62 271 7682220
Kotak Pos 215 Surakarta 57102, Jawa Tengah, Indonesia.
E-mail: politeknik@atmi.ac.id • Website <http://www.atmi.ac.id>



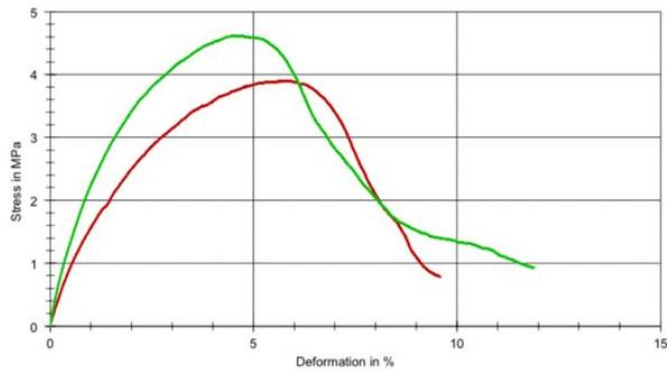
Flexural Test report

Customer : Ronal Aditya Material : Sampel Variabel F4
Test standard : ASTM D 790 Machine data : Zwick 2020
Pre-load : 0,2 N
Test speed : 2 mm/min

Test results:

Legend	No.	Force N	E _H MPa	σ _M MPa	ε _t %	ε _B %	σ _B MPa	L mm	d mm	b mm
Red	1	25,41	140	3,90	9,6	9,6	0,780	80	6,76	17,1
Green	2	35,67	197	4,62	12	12	0,924	80	7,46	16,64

Series graph:



Statistics:

Series	Force N	E _H MPa	σ _M MPa	ε _t %	ε _B %	σ _B MPa	L mm	d mm	b mm
n = 2									
x̄	30,54	169	4,26	11	11	0,852	80	7,11	16,87
s	7,26	40,3	0,509	1,6	1,6	0,102	0,000	0,495	0,3253
v [%]	23,76	23,89	11,95	15,14	15,14	11,94	0,00	6,96	1,93

LAMPIRAN E
PERBANDINGAN HASIL TERBAIK

Tabel E.1 Perbandingan Hasil Terbaik dengan Penelitian Sebelumnya

No	Nama	Judul	Densitas (gr/cm ³)	Pengembangan Tebal (%)	Bending (N/mm ²)	Impak (Kj/m ²)
1	Romario Gimel	Kajian Umur Batang Kelapa Sawit Sebagai Filler Papan Partikel	1,067	1,28	13,64	6,42
2	Ronal Aditya	Pengembangan Perekat Hybrid Resin Epoksi dan Polivinil Asetat Yang Diperkuat Dengan Partikel Cangkang Telur Terhadap Perubahan Sifat Mekanis Papan Partikel	0,768	3,27	4,83	0,184
3	M.Chumaidi	Pemanfaatan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Penguat Papan Partikel Dengan Variasi Fraksi Volume Serat	0,973	1,025	14,484	8,247