

ANALISA SIFAT MEKANIK PAPAN KOMPOSIT PARTIKEL BERBAHAN DASAR TEMPURUNG KELAPA DAN KULIT BUAH JERUK BALI SEBAGAI PENGGANTI MATERIAL PAPAN KAYU

Muhammad Rizal¹, Irwin Syahri Cebro^{2*}, Marzuki²

¹Mahasiswa Prodi D-IV Teknologi Rekayasa Manufaktur
Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe

²Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jl. Banda Aceh – Medan Km.280 Buketrata

*Penulis Korespondensi: irwinscst@yahoo.com

Abstrak

Kulit buah jeruk yang digunakan dalam pembuatan papan komposit merupakan limbah yang dihasilkan dari pemanenan buah jeruk. Limbah dari kulit buah jeruk dapat diolah menjadi pupuk kompos cair, pestisida organik, serta dapat diolah sebagai adsorben. Selain itu, Kulit buah jeruk sangat berpotensi untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan papan komposit karena memiliki banyak kandungan selulosa 22%. Pada penelitian ini menggunakan tiga variabel bebas yaitu 5% partikel tempurung kelapa, 15% kulit buah jeruk bali, 80% resin, 10% partikel tempurung kelapa, 10% kulit buah jeruk bali, 80% resin dan 15% partikel tempurung kelapa, 5% kulit buah jeruk bali, 80% resin. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah ukuran partikel tempurung kelapa adalah 200 mesh sedangkan partikel kulit buah jeruk bali 40 mesh. didapatkan bahwa nilai kekuatan tarik mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya persentase partikel tempurung kelapa serta nilai kekuatan bending mengalami peningkatan dari setiap persentase partikel tempurung kelapa hal ini dikarenakan tidak terjadinya bonding (daya ikat) dimana ikat antara penguat dengan matriks sempurna sehingga pada saat terjadinya proses pengujian nilai kekuatan bending mengalami peningkatan pada persentase.

Keywords: Kulit buah jeruk, resin, dan debounding

1 Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Setiap tahun pembangunan di Indonesia semakin mengalami peningkatan sehingga menyebabkan kebutuhan akan papan kayu, dengan hal tersebut dapat merusak ekosistem akibat penebangan pohon di hutan yang dilakukan secara terus-menerus, dengan demikian perlu adanya material baru sebagai pengganti kayu yang dapat digunakan untuk keperluan bangunan, [1].

komposit merupakan perpaduan dari bahan yang dipilih berdasarkan kombinasi sifat fisik masing-masing material penyusun untuk menghasilkan material baru dengan sifat yang unik dibandingkan sifat material dasar sebelum dicampur dan terjadi ikatan permukaan antara masing-masing material penyusun. Dari campuran tersebut akan dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya, [2] [3].

Untuk memperoleh komposit yang berkualitas tinggi salah satunya memiliki kandungan selulosa tinggi untuk digunakan sebagai filler dalam pembuatan papan komposit. Selulosa adalah

senyawa organik penyusun dinding sel tumbuhan, dan tergolong polimer berantai panjang yang terdiri dari unit-unit glukosa, [1]. Tempurung kelapa berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan papan komposit dikarenakan mempunyai kandungan selulosa sebesar (26%) [3].

Kulit buah jeruk yang digunakan dalam pembuatan papan komposit merupakan limbah yang dihasilkan dari pemanenan buah jeruk. Limbah dari kulit buah jeruk dapat diolah menjadi pupuk kompos cair, pestisida organik, serta dapat diolah sebagai adsorben. Selain itu, Kulit buah jeruk sangat berpotensi untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan papan komposit karena memiliki banyak kandungan selulosa 22%, [4].

Penelitian terdahulu mengenai penggunaan tempurung kelapa untuk pembuatan komposit pernah diteliti oleh [3], menunjukkan bahwa semakin tebal komposit partikel tempurung kelapa semakin menurunkan nilai kekuatan bending sedangkan semakin tebal komposit partikel tempurung kelapa dapat meningkatkan nilai tarik.

Dengan merujuk pada penelitian sebelumnya peneliti ingin melakukan inovasi terhadap penelitian sebelumnya dengan cara menambahkan serbuk kulit buah jeruk bali ke dalam material komposit untuk melihat sifat mekanik seperti bending dan tarik agar dapat dijadikan sebagai pengganti material papan kayu

1.2 Tujuan Khusus

Adapun tujuan khusus dari penulisan skripsi ini antara lain:

1. Mengetahui pengaruh komposisi komposit.
2. Dapat mengetahui komposit perpaduan partikel tempurung kelapa dan kulit buah jeruk bali.
3. Dapat mengetahui sifat mekanik komposit partikel tempurung kelapa dan kulit buah jeruk bali.

1.3 Batasan Masalah

Dalam penulisan ini, penulis perlu membuat batasan-batasan masalah untuk menghindari pembahasan yang tidak perlu. Adapun pokok masalah pembahas yang akan dibahas dalam “sifat mekanik papan komposit partikel berbahan dasar dari tempurung kelapa dan kulit buah jeruk bali sebagai pengganti material papan kayu” yaitu:

1. Penelitian dilakukan secara eksperimental.
2. Metode pembuatan komposit *hand lay up*.
3. Perkat yang digunakan yaitu polyester.
4. Penguat yang digunakan yaitu partikel tempurung kelapa dan kulit buah jeruk bali.
5. Perbandingan fraksi massa yang digunakan pada komposit adalah sebagai berikut:
 - a. 5% partikel tempurung kelapa, 15% kulit buah jeruk bali, 80% resin.
 - b. 10% partikel tempurung kelapa, 10% kulit buah jeruk bali, 80% resin.
 - c. 15% partikel tempurung kelapa, 5% kulit buah jeruk bali, 80% resin.
6. Sifat mekanik yang dilakukan pengujian yaitu uji tarik dan bending.

2 Metoda Penelitian

2.1. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan lebih kurang selama 16 minggu. Adapun tempat dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Proses pembuatan komposit kulit jeruk bali dilaksanakan di Laboratorium Manufaktur, Plastik, Komposit dan Pengocoran Politeknik Negeri Lhokseumawe.
2. Pengujian bending dan uji tarik di Laboratorium Uji Material dan Karakterisasi

Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe.

2.2. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian sebagaimana terlihat pada Tabel 1

Tabel 1 Bahan yang digunakan

No	Nama alat	Jumlah	Keterangan
1	Gerinda tangan	1	Buah
2	Wadah	3	Buah
3	Kertas pasir Cetakan (180mm x 25mm x 10mm)	0,5	Meter
4	Cetakan (170mm x 19mm x 3,2mm)	3	Buah
5	Sarung tangan	3	Buah
6	Sarung tangan	1	Set
7	Penggaris	1	Buah
8	Mesin uji bending	1	Set
9	Mesin uji tarik	1	Set
10	Timbangan	1	Buah
11	Gunting	1	Buah
12	Blender	1	Set
13	Ayakan mesh 40 dan 200	1	Buah

2.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian untuk membuat komposit kulit jeruk bali adalah sebagai berikut:

1. Resin polyester.
2. Katalis.
3. Kulit jeruk bali
4. Partikel tempurung kelapa dibeli dengan ukuran mesh 200.

2.3. Proses Kulit Jeruk Bali

Kulit jeruk bali diperoleh dari penjual buah jeruk bali yang ada di Kabutapen Aceh Timur dan Bireuen. Adapun langkah-langkah untuk mengeringkan kulit jeruk bali adalah sebagai berikut:

1. Melakukan penjemuran kulit jeruk bali di bawah sinar matahari hingga kering atau ketika ditimbang beratnya konstan.
2. Melakukan penghancuran kulit jeruk setelah dilakukan proses pengeringan dengan menggunakan blender. Adapun spesifikasi blender yang digunakan mempunyai spesifikasi sebagai dapat dilihat pada Tabel 2
- 3.

Tabel 2 Spesifikasi blender

Merek	Miyako BL-152 GF
Kapasitas	1,5 liter
Daya	300 watt
Tegangan	200-220 VAC
Putaran	1000 rpm

Adapun alat penghancuran kulit jeruk bali yang sudah kering dengan menggunakan blender sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1 Blender

- Setelah dilakukan penghancuran kulit jeruk bali tersebut, maka dilakukan penyaringan dengan ayakan yang berukuran mesh 40, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2 Ayakan ukuran mesh 40

2.4. Pembuatan Komposit

Langkah-langkah pembuatan komposit kulit jeruk bali adalah sebagai berikut:

- Mempersiapkan kulit jeruk bali yang sudah di hancurkan dengan ukuran 40 mesh, serbuk tempurung kelapa dengan ukuran mesh 200 dan resin polyester
- Membersihkan cetakan dari debu, lalu lapisi dengan *aluminium foil* agar hasil benda uji tidak melekat pada cetakan.
- Mencampurkan serbuk kulit jeruk bali, serbuk tempurung kelapa dengan ukuran mesh 200 dan resin polyester untuk dilakukan pembuatan komposit.

- Melakukan pengadukan serbuk kulit jeruk bali, serbuk tempurung kelapa dengan ukuran mesh 200 dan resin polyester hingga merata.
- Melakukan pencetakan ke dalam cetakan yang telah dibuat dengan sesuai dengan ukuran
- Setelah proses pencetakan ditunggu hingga benar-benar kering pada suhu ruangan
- Melakukan pembuatan spesimen uji tarik dan uji bending.

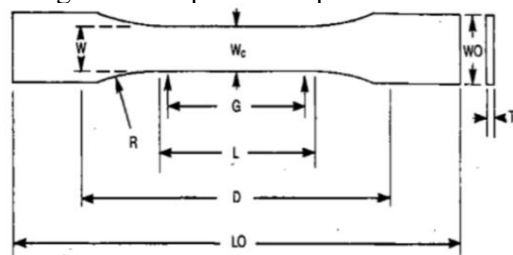
2.5 Pembuatan Spesimen Pengujian

Adapun langkah-langkah untuk membuat spesimen uji tarik dan bending pada komposit kulit jeruk bali adalah sebagai berikut:

2.5.1 Spesimen Uji Tarik

Adapun langkah-langkah pembuatan spesimen uji tarik pada komposit kulit jeruk bali adalah sebagai berikut:

- Meletakkan komposit kulit jeruk bali untuk dilakukan proses milling.
- Membuat radius pada setiap spesimen uji tarik dengan mengacu mengacu pada standar ASTM D638, Adapun untuk ukuran standar sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 3 Ukuran spesimen uji tarik

Keterangan,

<i>Length overall</i> (LO)	= 200 mm
<i>Width overall</i> (WO)	= 20 mm
<i>Length of narrow section</i> (L)	= 57 mm
<i>Width of narrow section</i> (W)	= 12 mm
<i>Radius of fillet</i> (R)	= 76 mm
<i>Thickness</i> (T)	= 10 mm
<i>Gauge length</i> (G)	= 50 mm
<i>Distance between grips</i> (D)	= 115 mm

2.5.2 Spesimen Uji Bending

Adapun langkah-langkah untuk pembuatan spesimen uji *bending* pada komposit kulit jeruk bali yaitu dengan melakukan uji visual terhadap spesimen uji bending yang sudah dilakukan dengan cara dicetak satu persatu spesimen bending, kemudian hasil dari cetakan spesimen bending dilakukan ampas agar lebih rapi. Spesimen bending yang dibuat mengacu pada sudah standart ASTM C

1341-06, dimana panjang spesimen = 180 mm, tebal 10 mm dan lebar spesimen = 25 mm.

2.6 Pengujian

2.6.1 Uji Kekuatan Tarik

Adapun langkah-langkah pengujian tarik pada komposit kulit jeruk bali adalah sebagai berikut:

1. Mengaktifkan UTM software maka akan muncul *interface use* menu lalu pilih *separation*
2. Sebelum melakukan test, masukkan data awal untuk proses pengolahan data dan hasil lalu disimpan di dalam sebuah file.
3. Pilihlah jenis tes yang akan dilakukan yaitu *tensile*
4. Sebelum melakukan pengujian, isi data spesimen diantaranya: panjang, tebal, lebar, setelah itu akan muncul pada samping kanan, gambar yang sesuai dengan jenis tes dan spesimen dan di samping itu juga akan muncul formulasi yang akan digunakan dalam analisa test.
5. Pilih *close* untuk menutup *interface* dan akan kembali ke menu utama
6. Setelah kembali ke menu utama lalu pilih *testing* dan pilih gaya yang akan dipakai pada *testing scale*
7. Mengatur *storke zoom* sebelum atau sesudah tombol start di tekan. *Storke zoom* adalah untuk menambahkan atau mengurangi dimensi *storke* tampilan kurva *loading diagram*
8. Mengatur *force zoom* sebelum atau sesudah start di tekan. *Force zoom* adalah untuk menambahkan atau mengurangi dimensi gaya yang ditampilkan pada kurva *loading diagram*
9. Pilih start untuk menjalankan proses uji tarik secara otomatis komputer akan menampilkan secara *online progress* dari proses uji tarik serta mencatat dalam memori komputer semua data termasuk data gaya dan *storke*.
10. Pilih *stop* untuk menghentikan secara total proses pengambilan data dan pengujian tidak bisa dilanjutkan kecuali dimulai dari awal dengan menekan tombol riset. Tombol riset yaitu untuk menghapus data yang tampil dimonitor sebelum melakukan test berikutnya dan bisa juga untuk membatalkan test
11. Pilih *save* untuk menyimpan data setelah dilakukan test dan jika semua sudah siap pilih *close* untuk menutupnya.

2.6.2 Uji Kekuatan Bending

Adapun langkah-langkah pengujian *bending* pada komposit kulit jeruk bali adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan spesimen uji *bending*.
2. Mengukur dimensi spesimen meliputi: panjang, lebar dan tebal.
3. Melakukan pemberian label pada setiap spesimen yang telah diukur untuk menghindari kesalahan pembacaan.
4. Menyiapkan mesin pengujian *bending* dalam keadaan ON.
5. Menyiapkan tabel pengambilan data.
6. Memasang spesimen uji pada tumpuan dengan menentukan titik tumpuan dan titik tengah benda uji dan alat bending.
7. Melakukan settingan pada indenter hingga menempel pada spesimen uji dan mengeset skala beban.
8. Pembebanan *bending* dengan kecepatan konstan sampai spesimen mengalami patah.
9. Mencatat besarnya penambahan beban yang terjadi pada spesimen setiap kali terjadi penambahan defleksi sampai terjadi kegagalan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1.1 Hasil Uji Tarik.

Dari hasil pengujian tarik didapatkan sifat-sifat mekanik yaitu kekuatan tarik dan regangan dari pengujian kekuatan tarik terhadap spesimen sebanyak 3 kali pengulangan dari setiap variasi fraksi volume yang telah ditentukan, sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3 Hasil pengujian tarik

Variasi	SAMPEL	Fu	σ_u	ϵ
Spesimen	Specimen	Kgf	Kgf/mm ²	%
5% : 15% : 80%	A1	231,72	1,66	5,79
	A2	282,65	2,02	9,57
	A3	313,78	2,24	10,28
Rata rata		276,05	1,97	8,55
10% : 10% : 80%	B1	333,59	2,38	5,20
	B2	353,40	2,52	6,26
	B3	347,74	2,48	5,08
Rata rata		344,91	2,46	5,51

15% : 5% : 80%	C1	477,92	3,41	6,73
	C2	472,26	3,37	6,38
	C3	367,55	2,63	4,61
Rata rata		439,24	3,14	5,91

3.1.2 Data Hasil Uji Bending

Berdasarkan hasil pengujian bending pada komposit tempurung kelapa yang dilakukan pada tanggal 01 Agustus 2025 di Laboratorium Uji Material dan Karakterisasi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe. Maka diperoleh nilai beban, kekuatan bending dan *elongation* untuk setiap fraksi sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 4

Tabel 4 Hasil pengujian kekuatan bending

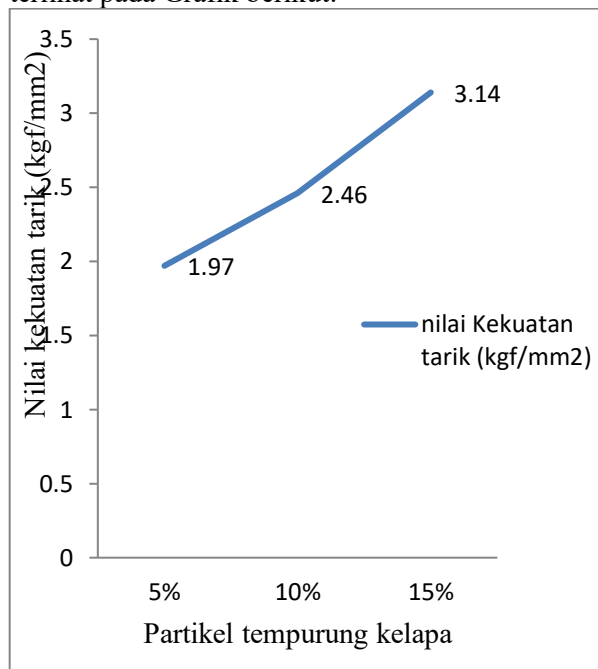
Variasi	SAMP EL	Jarak Tumpu an	F _u	σ _u	ε
Spesim en	Specim en	Distanc e (mm)	Kgf	Kgf/ mm ²	%
5% : 15% : 80%	A1	120	39,28	2,83	7,33
	A2	120	42,11	3,03	8,54
	A3	120	27,96	2,01	5,23
Rata-rata			36,45	2,61	7,03
10% : 10% : 80%	B1	120	39,28	2,83	4,54
	B2	120	36,45	2,62	3,54
	B3	120	39,29	2,83	4,27
Rata-rata			38,34	2,76	4,12
15% : 5% : 80%	C1	120	44,49	3,24	2,10
	C2	120	61,92	4,46	2,51
	C3	120	56,26	4,05	2,48
Rata-rata			54,37	3,92	2,36

3.2 Pembahasan

3.2.1 Analisa Nilai Kekuatan Tarik dan Regangan Terhadap Komposit

Dari tabel 3 Hasil uji kekuatan tarik komposit dari kulit buah jeruk bali dan partikel tempurung kelapa terhadap variasi partikel tempurung kelapa 5%, 10% dan 15%, didapatkan

nilai kekuatan tarik maksimum (σ_u), sebagaimana terlihat pada Grafik berikut:



Gambar 4 Nilai kekuatan tarik terhadap komposit tempurung kelapa

Dari Gambar 4 Menyatakan hubungan antara variasi partikel tempurung kelapa terhadap nilai kekuatan tarik. Nilai kekuatan tarik pada komposit partikel tempurung kelapa yaitu 5%, 10% dan 15%, secara berturut-turut yaitu 1,97 kgf/mm², 2,46 kgf/mm² dan 31,4 kgf/mm².

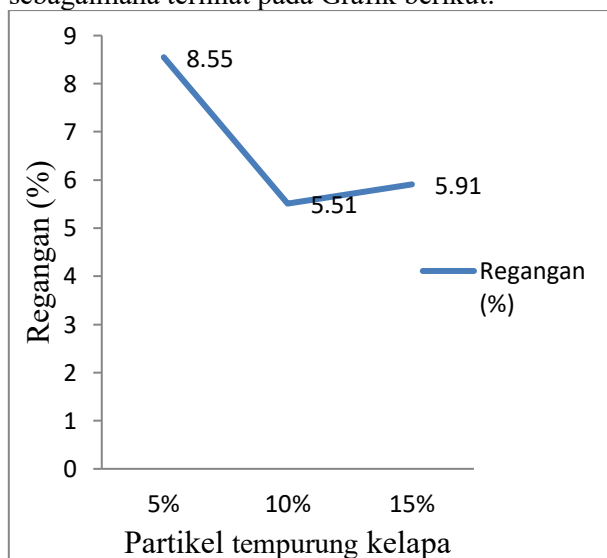
Bertambahnya nilai kekuatan tarik seiring bertambahnya partikel tempurung kelapa, hal ini karena partikel tempurung kelapa merupakan unsur yang berfungsi sebagai penahan beban sehingga semakin banyak kandungan partikel tempurung kelapa dalam komposit akan berpotensi memberikan dukungan yang lebih pada komposit untuk menahan beban. Semakin tinggi fraksi partikel tempurung kelapa maka nilai kekuatan tarik material komposit semakin meningkat.

Adapun faktor lain yang menyebabkan nilai kekuatan tarik mengalami peningkatan disebabkan oleh matriks yang mampu mengikat partikel tempurung kelapa dengan baik dan sempurna sehingga nilai kekuatan tarik mengalami peningkatan setiap bertambah partikel tempurung kelapa, hal ini dikarenakan pada saat dilakukan pencampuran antara partikel tempurung kelapa serta partikel kulit buah jeruk bali dengan matriks tidak terjadi pengumpulan dan *void* ketika dilakukan pengecoran komposit, daya ikat komposit (*bonding strength*) mempengaruhi

kekuatan komposit dalam menahan beban yang diberikan dan kerapatan komposit.

Hal ini berbanding terbalik dengan pendapat yang dikemukakan oleh [5] yang menyatakan bahwa penggumpalan memiliki efek negatif terhadap kekuatan tarik, akan tetapi dalam penelitian ini, nilai kekuatan tarik mengalami peningkatan dengan bertambahnya partikel tempurung kelapa serta partikel kulit buah jeruk bali.

Sedangkan nilai regangan dari komposit dari partikel kulit buah jeruk bali dan partikel tempurung kelapa terhadap variasi partikel tempurung kelapa 5%, 10% dan 15%, didapatkan nilai kekuatan bending maksimum (σ_u), sebagaimana terlihat pada Grafik berikut:



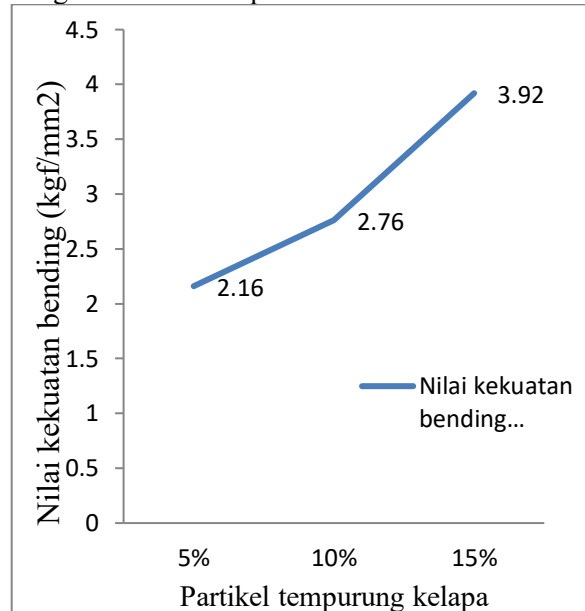
Gambar 5 Nilai regangan terhadap komposit tempurung kelapa

Dari Gambar 5 Dapat dilihat bahwa nilai regangan pada fraksi partikel tempurung kelapa mengalami penurunan yang signifikan, akan tetapi pada fraksi partikel tempurung kelapa 5% mengalami peningkatan yang cukup signifikan dari fraksi lain, hal ini menunjukkan bahwa peningkatan fraksi partikel paling rendah dapat meningkatkan besarnya beban yang ditransfer oleh partikel tempurung kelapa sebagai penguat, hal ini terjadi dikarenakan resin poliyester mampu bekerja dengan baik dalam mengikat partikel tempurung kelapa.

3.2.2 Analisa Nilai Kekuatan Bending Terhadap Komposit

Dari tabel 4 Hasil uji kekuatan bending komposit dari partikel kulit buah jeruk bali dan partikel tempurung kelapa terhadap variasi partikel

tempurung kelapa 5%, 10% dan 15%, didapatkan nilai kekuatan bending maksimum (σ_u), sebagaimana terlihat pada Grafik berikut:

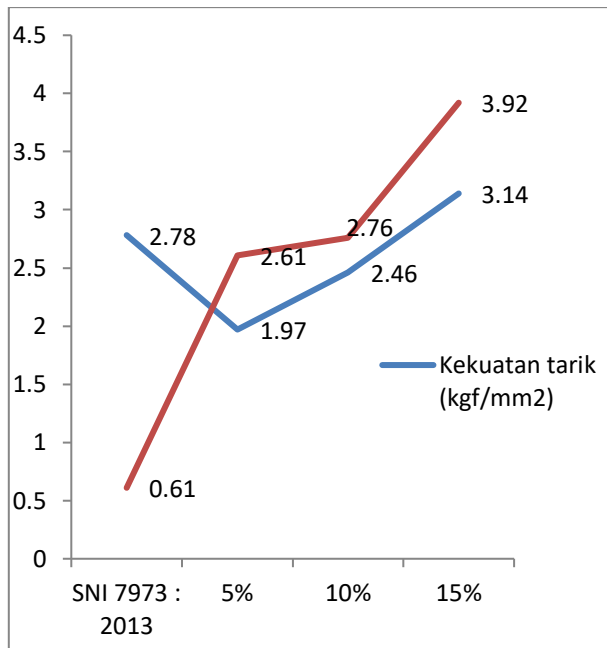


Gambar 6 Nilai kekuatan bending terhadap komposit tempurung kelapa

Dari Gambar 6 Menyatakan hubungan antara variasi partikel tempurung kelapa terhadap nilai kekuatan bending. Nilai kekuatan bending pada komposit partikel tempurung kelapa yaitu 5%, 10% dan 15%, secara berturut-turut yaitu 2,16 kgf/mm², 2,76 kgf/mm² dan 3,92 kgf/mm², mengalami peningkatan dikarenakan ikatan antara setiap variasi fraksi partikel tempurung kelapa dengan matrik lebih efektif dan sempurna, hal sesuai dengan penelitian [6] dimana semakin bertambahnya fraksi volume partikel maka semakin tinggi sehingga kekuatan bending komposit juga meningkat. Serta dengan penelitian [7] yang menyatakan bahwa penggumpalan memiliki efek positif terhadap kekuatan bending.

3.3 Perbandingan Nilai Kekuatan Tarik dan Bending Dengan Papan Sengon

Nilai kekuatan tarik dan bending papan sengon merujuk pada standar SNI 7973:2013 dimana nilai kekuatan bending papan sengon 6,02 Mpa (0,61 kgf/mm²) dan kekuatan tarik 27,3 Mpa (2,78 kgf/mm²), untuk lebih jelas mengenai perbandingan tersebut sebagaimana dapat dilihat pada grafik berikut ini:



Gambar 6 Perbandingan nilai SNI terhadap kekuatan tarik dan bending komposit tempurung kelapa

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa nilai kekuatan bending telah memenuhi standar SNI 7973:2013 [8] dari nilai kekuatan bending berada diatas SNI, sedangkan nilai kekuatan tarik untuk partikel tempurung kelapa 5% dan 10% belum memenuhi standar SNI 7973:2013 sedangkan partikel tempurung kelapa 15% sudah memenuhi standar SNI 7973:2013

4. Kesimpulan

Pada penelitian ini, ukuran partikel tempurung kelapa adalah 200 mesh sedangkan partikel kulit buah jeruk bali 40 mesh.

Dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan bahwa nilai kekuatan tarik mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya persentase partikel tempurung kelapa

Dari data hasil pengujian, nilai kekuatan bending mengalami peningkat dari setiap persentase partikel tempurung kelapa hal ini dikarenakan tidak terjadinya *bonding* (daya ikat) dimana ikat antara penguat dengan matriks sempurna sehingga pada saat terjadinya proses pengujian nilai kekuatan bending mengalami peningkatan pada persentase

DaftarPustaka

- [1] Heri Suryaman, Abdullah Ammar, Ignatius Blaier, Dimas Kristian Rega Pramono, Dawam Mulia, and Fitria Nova Dewi Suyono Putri, "Analisis Papan Komposit Dari Bahan Dasar Tempurung Kluwak Dan Kulit Buah Aren Sebagai Pengganti Material Papan Kayu," *J. Nusant. Berbakti*, vol. 1, no. 4, pp. 106–115, 2023,
- [2] A. R. Palungki, N. Auliah, and N. A. C. Imani, "Preparasi Komposit Polimer Alami Berbasis Pektin Kulit Jeruk Bali sebagai Edible Coating pada Tomat," *J. Tek. Kim. USU*, vol. 11, no. 1, pp. 8–15, 2022,
- [3] A. Nurhidayat, "Analisis Variasi Ketebalan Core Komposit Sandwich Serbuk Tempurung Kelapa Limbah Terhadap Sifat Mekanik," *Teknika*, vol. 7, no. 1, pp. 21–27, 2021,
- [4] C. A. S. and D. G. M. Jose R. Ayala , Gisela Montero , Marcos A. Coronado , Conrado Garcia , Mario A. Curiel-Alvarez, Jose A. León, "Characterization of Orange Peel Waste and Valorization to Obtain Reducing Sugars," *Molecules*, vol. 26, no. 1348, pp. 1–14, 2021,
- [5] T. Suwanda and Rahman, "Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Kekuatan Bending Komposit Berpenguat Serat Rami dengan Matrik Polyester," *J. Ilm. Semesta Tek.*, vol. 13, no. 2, pp. 165–170, 2010.
- [6] R. Siswanto, M. I. Arsyad, and R. A. Wicaksono, "Studi Karakteristik Terhadap Uji Impact Dan Bending Komposit Tandan Kosong Kelapa Sawit-Polyester Dengan Perlakuan Alkali Dan Hidrogen Peroksida," *J. Teknol. Rekayasa Tek. Mesin*, vol. 2, no. 2, pp. 129–134, 2021.
- [7] R. Gunawan and A. Mujiyanto, "The Effect of Fiber Volume Fraction on the Bending Strength of Fiber-Reinforced Composites of Oil Palm Empty Fruit Bunches," *Procedia Eng. Life Sci.*, vol. 3, no. December, pp. 7–9, 2023,

- [8] Mawardi, I., Razak, H., Akadir, Z., & Jaya, R. P. The effect of containing Al₂O₃ microparticles in different matrix polymers on properties of pineapple fiber-reinforced composites. *Fracture and Structural Integrity*, 18(67), 94-107. 2024