

PENGARUH JENIS SEBARAN SERAT PADA KOMPOSIT SERAT TEBU DAN RESIN POLIESTER TERHADAP SIFAT MEKANIS

Charles Manurung, ST.,MT. ¹⁾ Dr. Richard Napitupulu, ST.,MT. ²⁾

Program Studi Teknik Mesin Universitas HKBP Nommensen, Medan

¹⁾charles.manurung1972@gmail.com

²⁾richard_alf@yahoo.com

ABSTRACT

The fiber from sugar cane pulp is that many organic wastes resulting from sugar cane industry. As waste material, this fiber is not harmful and can be naturally degraded. From these consideration, this research was undertaken to harness waste dregs of sugar cane into useful engineering materials. Fiber with a similar amount of weight and the same diameter compiled with continuous, discontinuous and random distribution, and resin polyester used as the matrix.

Tensile test performed for three different types of fiber distribution and the results compared with a matrix material (resin polyester) without fiber. Composite with discontinuous fiber distribution has a tensile strength of 14.09 Mpa, Continuous and random fiber distribution each have 11.55 Mpa and 11.28 Mpa, while the material without fiber has a tensile strength of 11.07 Mpa.

Keywords : sugar cane pulp, natural composite, fiber distribution

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Semakin terbatasnya bahan yang dapat digunakan sebagai material teknik, mendorong banyaknya penelitian untuk memanfaatkan sisa atau limbah industri untuk dijadikan sebagai bahan baku material komposit. Salah satu limbah yang dimanfaatkan adalah limbah yang berbentuk serat. Pembuatan komposit berpenguatan serat alam diyakini akan mendapatkan peluang pasar yang baik sehubungan dengan tuntutan pelestarian lingkungan yang semakin tinggi. Hal ini juga didukung oleh kebijakan pemerintah ke arah penggunaan barang-barang yang berasal dari sumberdaya terbarukan. Sekarang ini telah banyak dikembangkan komposit yang berpenguatan serat alam di mana beberapa jenis serat alam tersebut seperti serat rami, serat tandan buah kelapa sawit, serat ampas tebu, serat sisal, serat bambu, serat pisang dan lain sebagainya. Sedangkan serat buatan (sintetis) diperoleh dari proses kimia seperti serat boron, serat karbon atau serat grafit, serat gelas, serat alumina, serat aramid, dan serat silikon karbida. Bahan-bahan ini difungsikan sebagai serat penguatan pada material komposit.

Dalam penelitian ini penulis meneliti tentang material komposit yang diperkuat serat ampas tebu dengan bahan pengikat resin polyester, dimana resin poliester memiliki sifat bahan pengikat (matriks) yang baik dan merupakan pilihan yang paling ekonomis, serta mudah diperoleh dan lebih sering digunakan dibandingkan dengan resin lainnya.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh dari variasi penyebaran serat terhadap kekuatan tarik komposit resin poliester berpenguatan serat ampas tebu dan mengetahui kekuatan tarik dari setiap jenis distribusi serat yang digunakan sebagai penguatan komposit.

Kotribusi Penelitian

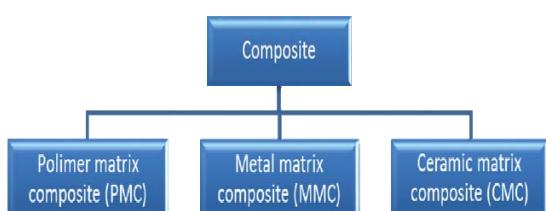
Dengan adanya penelitian ini maka diharapkan adanya suatu teknologi dengan skala besar untuk mengolah penggunaan serat menjadi bahan komposit alami yang dapat menggantikan material logam dan non logam lainnya yang sudah makin menipis ketersediannya.

2. DASAR TEORI

2.1. Komposit (*Composite*)

Material komposit dapat didefinisikan sebagai suatu sistem material yang tersusun dari campuran / kombinasi dua atau lebih bahan yang berbeda di dalam bentuk dan atau komposisi bahan penyusunnya masing-masing. Bahan komposit secara umum terdiri dari penguat dan matriks. Tujuan dibuatnya komposit yaitu memperbaiki sifat mekanik atau sifat-sifat buruk dari masing-masing komponen bahan yang dikombinasikan, sehingga diperoleh sifat bahan yang lebih baik, kuat dan ringan. Berdasarkan matriksnya, komposit dapat diklasifikasikan kedalam tiga kelompok besar yaitu :

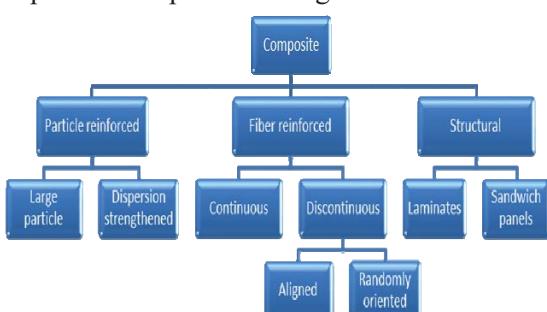
- Komposit matriks polimer.
- Komposit matriks logam.
- Komposit matriks keramik.



Gambar 2.1. Klasifikasi Komposit berdasarkan Matriksnya

2.2. Penguat Pada Komposit

Berdasarkan jenis penguatnya maka komposit dapat dikelompokkan sebagai berikut :

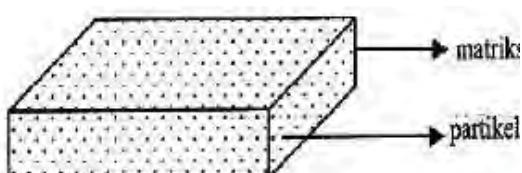


Gambar 2.2. Komposit berdasarkan jenis Penguatnya.

2.2.1. Komposit Partikel (*Particulate Composites*)

Komposit partikel merupakan komposit yang mengandung bahan penguat berbentuk partikel atau serbuk. Partikel sebagai bahan penguat sangat menentukan sifat mekanik dari komposit karena meneruskan beban yang didistribusikan oleh matrik. Ukuran, bentuk,

dan material partikel adalah faktor-faktor yang mempengaruhi sifat mekanik dari komposit partikel. Keunggulan komposit polimer yang menggunakan partikel antara lain dapat meningkatkan sifat fisis material seperti kekuatan mekanis, dan modulus elastisitas, serta kekuatan komposit lebih homogen (merata). Dalam pembuatan komposit partikel sangat penting menghilangkan unsur udara dan air karena partikel yang berongga atau yang memiliki lubang udara kurang baik jika digunakan dalam campuran komposit. Adanya udara dan air pada sela-sela partikel dalam komposit dapat mengurangi kekuatan dan ketahanan retak bahan.



Gambar 2.3. Komposit Partikel

Keuntungan dari komposit yang disusun oleh penguat berbentuk partikel:

- Kekuatan lebih seragam pada berbagai arah.
- Dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan dan meningkatkan kekerasan material.
- Cara penguatan dan pengerasan oleh partikulat adalah dengan menghalangi pergerakan dislokasi.

Proses produksi pada komposit yang disusun oleh penguat berbentuk partikel adalah melalui proses metalurgi serbuk, stir casting, infiltration process, spray deposition dan in-situ process. Selain itu, komposit partikel ini juga dibedakan berdasarkan ukuran partikel yang tentunya mempengaruhi kekuatan dari material komposit tersebut.

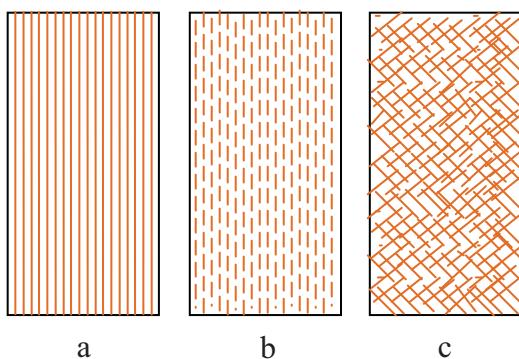
2.2.3. Komposit Serat (*Fiber Composites*)

Komposit serat adalah komposit yang terdiri dari serat sebagai penguat dan matriks. Fungsi utama dari serat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit, sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan, karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matrik akan diteruskan kepada serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum. Oleh karena

itu serat harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matrik penyusun komposit. Pemilihan serat atau penguat penyusun pada komposit juga harus mempertimbangkan beberapa hal seperti kemudahan untuk diperoleh serta harga. Hal ini penting karena sebagai pertimbangan bila akan digunakan pada skala produksi besar.

Jenis komposit serat berdasarkan distribusi serat yang digunakan yaitu :

- Continuous fiber composite* (komposit diperkuat dengan serat kontinu).
- Discontinuous fiber composite* (komposit diperkuat dengan serat yang tersusun putus-putus dan sejajar).
- Random fiber composite* (komposit diperkuat dengan serat yang disusun secara acak).



Gambar 2.4. Jenis Komposit Serat
 a. *Continuous fiber composite*
 b. *Discontinuous fiber composite*
 c. *Random fiber composite*

Proses produksi pada *fiber-carbon* yaitu sebagai berikut :

1. *Open Mold Process*
 - a) *Hand Lay-Up.*
 - b) *Spray Lay-Up.*
 - c) *Vacuum Bag Moulding.*
 - d) *Filament Winding.*
2. *Closed Mold Process*
 - a) *Resin Film Infusion.*
 - b) *Pultrusion.*

2.2.4. Komposit Struktur (*Structure Composites*)

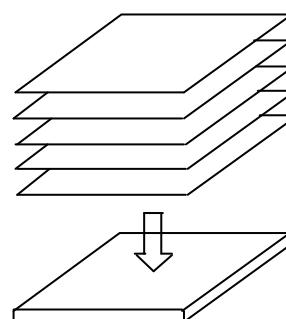
Komposit ini merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri. Contoh

komposit ini yaitu bimetal, pelapisan logam, kaca yang dilapisi, dan komposit lapis serat.

Komposit struktur terbagi menjadi 2 jenis, yaitu :

2.2.4.1. Laminate

Laminate adalah gabungan dari dua atau lebih lamina (satu lembar komposit dengan arah serat tertentu) yang membentuk elemen struktur pada komposit. Proses pembentukan lamina ini menjadi laminate dinamakan proses laminasi. Sebagai elemen sebuah struktur, lamina yang serat penguatnya searah saja (unidirectional lamina) pada umumnya tidak menguntungkan karena memiliki sifat yang buruk. Untuk itulah struktur komposit dibuat dalam bentuk laminate yang terdiri dari beberapa macam lamina atau lapisan yang diorientasikan dalam arah yang diinginkan dan digabungkan bersama sebagai sebuah unit struktur.



Gambar 2.5. Komposit Laminate

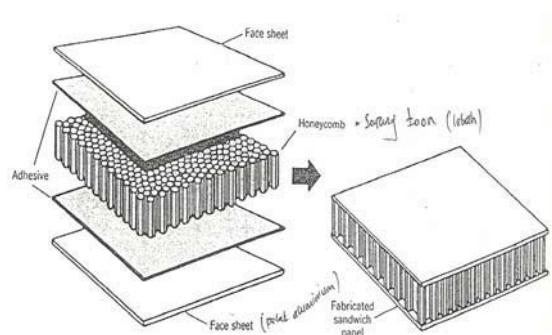
Terdapat beberapa jenis lamina, yaitu:

- a) *Continuous fiber laminate*, lamina jenis ini mempunyai lamina penyusun dengan serat yang tidak terputus hingga mencapai ujung-ujung lamina. *Continuous fiber laminate* terdiri dari :
 1. *Unidirectional laminate* (satu arah), yaitu bentuk laminate dengan tiap lamina mempunyai arah serat yang sama. Kekuatan terbesar dari komposit lamina ini adalah searah seratnya.
 2. *Crossplied quasi-isotropic* (silang), lamina ini mempunyai susunan serat yang saling silang tegak lurus satu sama lain antara lamina.
 3. *Random / woven fiber composite*, lamina ini mempunyai susunan serat.
- b) *Discontinuous fiber composite*, berbeda dengan jenis sebelumnya maka laminate ini pada masing-masing lamina terdiri dari potongan serat pendek yang terputus dan mempunyai dua jenis yaitu :

1. *Short Aligned Fiber*, potongan serat tersusun dalam arah tertentu, sesuai dengan yang diinginkan.
2. *In-Plane Random Fiber*, potongan serat disebarluaskan secara acak atau arahnya tidak teratur.

2.2.4.2. *Sandwich panels*

Komposit *sandwich* merupakan salah satu jenis komposit struktur yang sangat potensial untuk dikembangkan. Komposit *sandwich* merupakan komposit yang tersusun dari 3 lapisan yang terdiri dari pelat logam (*metal sheet*) sebagai kulit permukaan (*skin*) serta material inti (*core*) di bagian tengahnya (berada di antaranya). *Core* yang biasa dipakai adalah *polyuretan* (PU), *polyvinil clorida* (PVC), dan *honeycomb*. Komposit *sandwich* dibuat dengan tujuan untuk efisiensi berat yang optimal, namun mempunyai kekakuan dan kekuatan yang tinggi. Sehingga untuk mendapatkan karakteristik tersebut, pada bagian tengah diantara kedua *skin* dipasang *core*. Komposit *sandwich* merupakan jenis komposit yang sangat cocok untuk menahan beban lentur, impak, meredam getaran dan suara. Komposit *sandwich* dibuat untuk mendapatkan struktur yang ringan tetapi mempunyai kekakuan dan kekuatan yang tinggi. Biasanya pemilihan bahan untuk komposit *sandwich*, syaratnya adalah ringan, tahan panas dan korosi, serta harga juga dipertimbangkan. Dengan menggunakan material inti yang sangat ringan, maka akan dihasilkan komposit yang mempunyai sifat kuat, ringan, dan kaku.



Gambar 2.6. Komposit *Sandwich Panels*

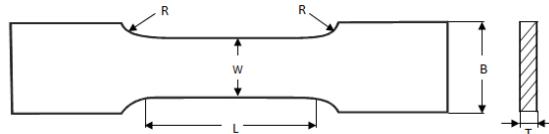
2.6. Pengujian Tarik

Pengujian tarik merupakan salah satu pengujian mekanik untuk mengetahui kekuatan tarik suatu material. Pengujian

dilakukan dengan memberikan beban tarik secara perlahan dengan kecepatan konstan hingga specimen patah. Dari hasil pengujian tarik diketahui beban tarik setiap saat serta besarnya perpanjangan setiap saat. Hasil inilah yang nantinya dikonversi untuk mendapatkan kurva tegangan-regangan material sebagai gambaran kekuatan tariknya. Dalam penelitian ini Uji Tarik dilakukan menurut standar JIS-Z.2201 yang dilakukan di Laboratorium Teknik Metalurgi Prodi Teknik Mesin Universitas HKBP Nommensen.

Tabel 2.1. Ukuran spesimen uji tarik menurut standar JIS – Z. 2201

Lebar Ukuran (W)	Panjang Ukuran (L)	Radius Fillet (R)	Tebal (T)	Lebar Pemegang (B)
25 mm	60 mm	15 mm	5 mm	35 mm



Gambar 2.7. Spesimen Uji Tarik Menurut standar JIS – Z. 2201

Gambar serta ukuran spesimen uji tarik yang digunakan dapat dilihat seperti pada Tabel 2.1 serta Gambar 2.7. Panjang ukur adalah panjang tertentu sepanjang bagian yang berpenampang kecil dari spesimen yang ditandai dengan dua takikan sehingga pertambahan panjangnya dapat diukur selama pengujian. Pengujian dilakukan dengan menarik benda uji perlahan-lahan sampai patah / putus. Hasil pengujian ini adalah berupa kurva Tegangan-Regangan.

Tegangan didefinisikan sebagai beban persatuan luas dan untuk spesimen uji tarik dirumuskan sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{P}{A_0}$$

dimana :

σ = Tegangan (MPa).

P = Beban tarik (N).

A_0 = Luas penampang (mm^2).

Regangan adalah pertambahan panjang dibagi panjang awal spesimen dan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$e = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\% = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\%$$

dimana :

e = Regangan (%).

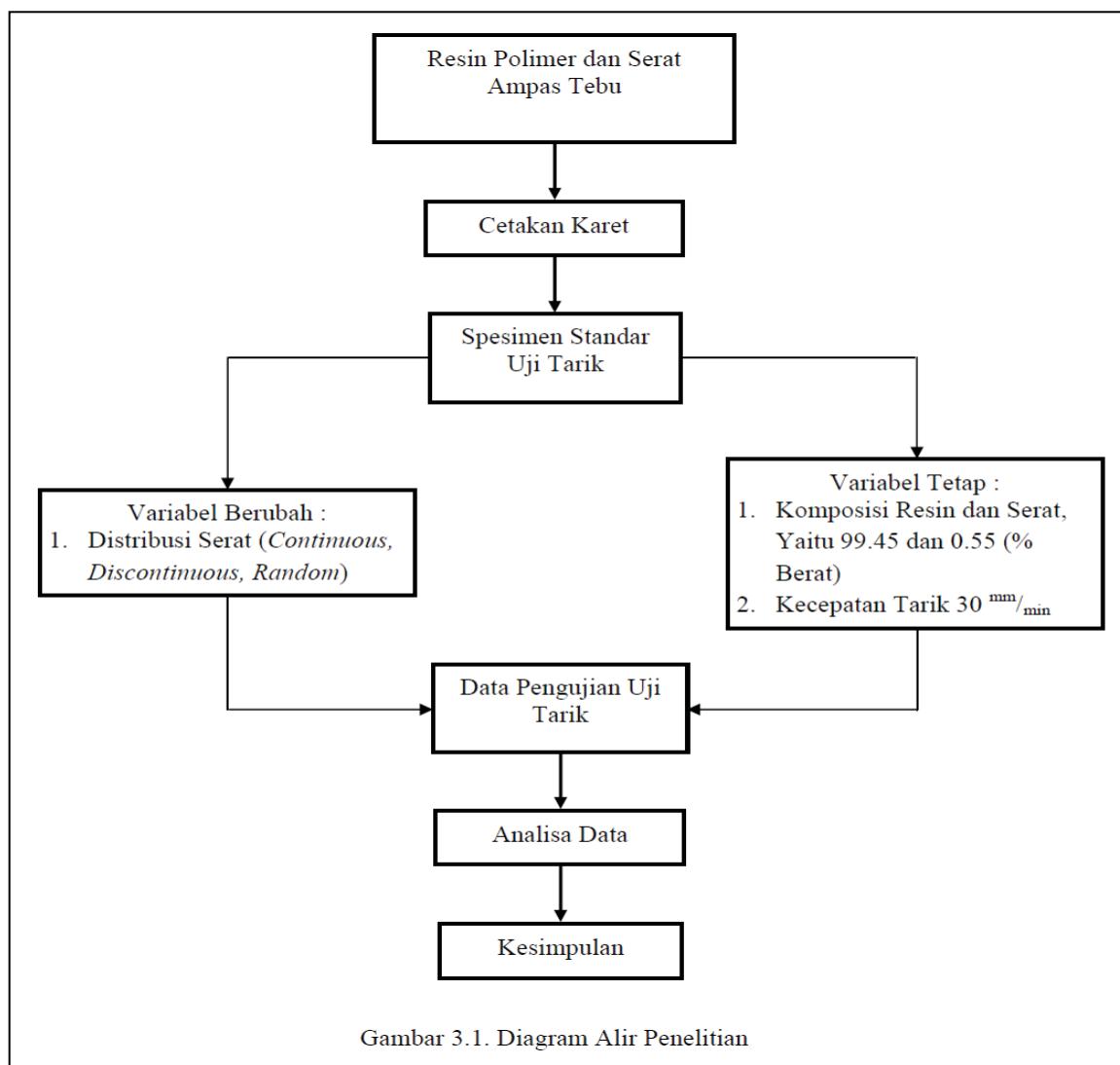
L_0 = Panjang awal spesimen (mm).

L_1 = Panjang spesimen setelah

diberi beban (mm).

3. METODE PENELITIAN

Proses yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pembuatan cetakan serta persiapan spesimen yang akan digunakan hingga pelaksanaan pengujian tarik dan melakukan analisa atas hasil yang diperoleh. Secara lengkap metode penelitian dilakukan menurut diagram alir berikut ini :



Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian kekuatan komposit serat tebu ini adalah :

Pemilihan serat yang memiliki diameter hampir mendekati sama dan melakukan penimbangan berat dari jumlah serat yang akan digunakan sebagai penguat



Gambar 3.2. Serat dari ampas tebu yang telah dibersihkan

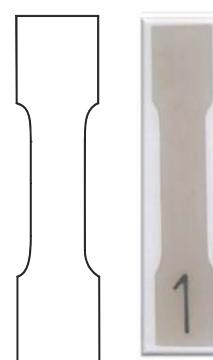
1. Pembuatan cetakan spesimen standar dengan menggunakan bahan karet silikon dengan ukuran mengikuti standar JIS-Z.2201.



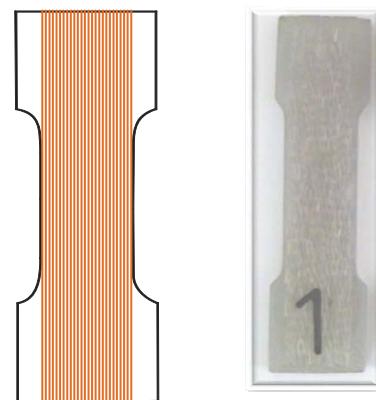
Gambar 3.3. Cetakan spesimen standar dari karet silikon.

2. Bahan untuk membuat spesimen adalah Resin Polyester dan serat tebu sebagai penguatnya dengan ketentuan berat dan diameter serat yang digunakan untuk masing-masing spesimen adalah sama. Pembuatan spesimen komposit yang mengikuti cetakan hingga berbentuk spesimen standar uji tarik sesuai dengan variabel penelitian yang digunakan yaitu :
 - a. Tanpa serat.
 - b. Serat sebaran *Continuous*
 - c. Serat sebaran *Discontinuous*
 - d. Serat sebaran *Random*

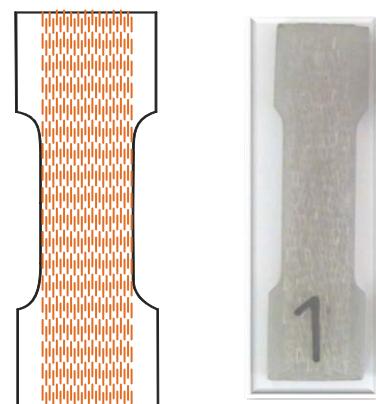
Spesimen tanpa serat digunakan sebagai data pembanding awal kekuatan matriks yang tidak menggunakan penguat serat sama sekali. Spesimen berikutnya yaitu dengan serat yang tersusun *continuous*, *Discontinuous* serta *Random* dibuat dengan jumlah helai serta panjang awal yang sama untuk masing-masing variabel dan kemudian diatur serta dipotong untuk memenuhi bentuk dasar setiap variabel sebaran serat. Pada penelitian ini, berat awal serat dengan jumlah masing-masing 40 helai untuk satu spesimen adalah seberat 0.33 gr. Yang masing-masing juga diberi resin poliester dengan volume yang sama pula.



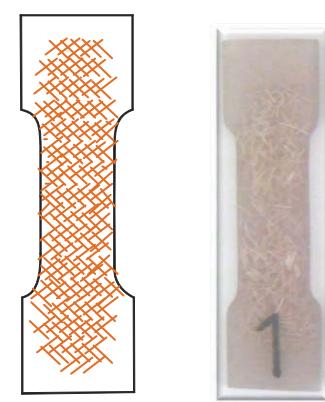
Gambar 3.4. Skema dan hasil cetakan spesimen tanpa serat.



Gambar 3.5. Skema dan hasil cetakan spesimen serat sebaran *Continuous*.



Gambar 3.6. Skema dan hasil cetakan spesimen serat sebaran *Discontinuous*.



Gambar 3.7. Skema dan hasil cetakan spesimen serat sebaran *Random*.

Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik melalui pengujian tarik maka masing-masing variabel disediakan 5 spesimen.

Setelah seluruh spesimen selesai maka pengujian tarik dilakukan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat *Computer Servo Universal Tensile Machine* yang terdapat di Laboratorium Teknik Metalurgi Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas HKBP Nommensen.

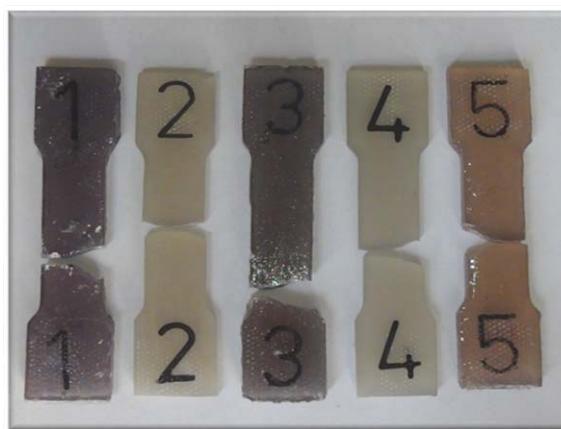


Gambar 3.8. Mesin Uji Tarik

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian tarik dapat diperoleh data kekuatan tarik untuk setiap variabel sebagai berikut :

Spesimen Tanpa Serat.



Gambar 4.1. Spesimen hasil Uji Tarik Tanpa Serat.

Tabel 4.1. Hasil Perhitungan Uji Tarik Spesimen Tanpa Serat

Spesimen	σ_u (MPa)	ϵ_u (%)
1	9.28	0.044
2	15.37	0.039
3	8.35	0.037
4	14.69	0.034
5	7.65	0.038
Rata-rata	11.07	0.038

Pada spesimen tanpa serat memiliki kekuatan tarik maksimum yang paling rendah yaitu 11.07 MPa, dibandingkan dengan spesimen serat continuous, spesimen serat discontinuous dan spesimen serat random. Hal ini disebabkan karena tidak adanya serat pada spesimen.

Spesimen dengan serat *Continuous*



Gambar 4.2. Spesimen hasil Uji Tarik dengan serat *Continuous*.

Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Uji Tarik Spesimen dengan serat *Continuous*.

Spesimen	σ_u (MPa)	ϵ_u (%)
1	12.85	0.060
2	16.14	0.048
3	12.87	0.068
4	7.61	0.030
5	8.27	0.075
Rata-rata	11.55	0.056

Pada spesimen dengan susunan serat *continuous* memiliki kekuatan tarik maksimum sebesar 11.55 MPa, hal ini disebabkan karena adanya susunan serat yang disusun memanjang dan sejajar, sehingga beban yang diterima oleh matriks diteruskan hingga ke serat. Adanya susunan serat tersebut membuat kekuatan tarik spesimen ini lebih tinggi karena beban tarik diterima oleh penampang matriks dan penampang serat yang tersusun.

Spesimen dengan serat *Discontinuous*



Gambar 4.3. Spesimen hasil Uji Tarik dengan serat *Discontinuous*.

Tabel 4.3. Hasil Perhitungan Uji Tarik Spesimen dengan serat *Discontinuous*.

Spesimen	σ_u (MPa)	ϵ_u (%)
1	13.44	0.045
2	19.85	0.075
3	10.21	0.032
4	17.19	0.023
5	9.75	0.026
Rata-rata	14.09	0.052

Pada spesimen serat discontinuous memiliki kekuatan tarik yang paling tinggi yaitu sebesar 14.09 MPa, ini dikarenakan pada spesimen ini serat disusun terputus-putus dan sejajar sehingga mempunyai baris serat yang lebih banyak daripada spesimen serat continuous atau dengan kata lain spesimen serat discontinuous luas penampang lebih banyak diisi oleh serat akibat jenis susunan serat pada volume spesimen.

Spesimen dengan serat *Random*



Gambar 4.4. Spesimen hasil Uji Tarik dengan serat *Random*.

Tabel 4.4. Hasil Perhitungan Uji Tarik Spesimen dengan serat *Random*.

Spesimen	σ_u (MPa)	ϵ_u (%)
1	10.84	0.031
2	11.74	0.034
3	10.98	0.036
4	11.50	0.049
5	11.33	0.061
Rata-rata	11.28	0.042

Pada spesimen serat random tinggi rendahnya kekuatan tarik dipengaruhi oleh seberapa banyak jumlah serat yang terkena beban tarik, sehingga apabila patahan dari spesimen serat random berada pada bagian spesimen yang mempunyai jumlah serat yang banyak maka otomatis kekuatan tariknya akan tinggi dan sebaliknya.

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisa data dapat disimpulkan bahwa :

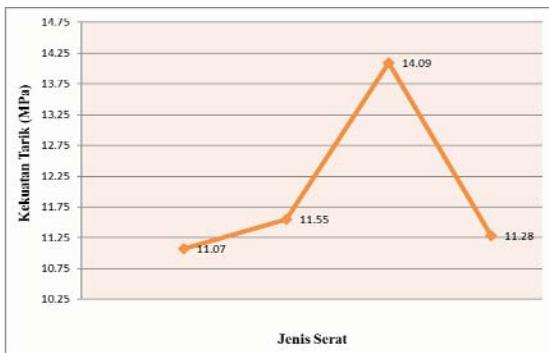
Kekuatan tarik (σ_u) rata-rata pada spesimen:

- Spesimen tanpa serat dengan 100 % resin poliester memiliki kekuatan tarik sebesar 11.07 MPa.
- Spesimen dengan susunan serat *continuous* dengan 99.45 % resin poliester dan 0.55 % serat ampas tebu memiliki kekuatan tarik sebesar 11.55 MPa.
- Spesimen dengan susunan serat *discontinuous* dengan 99.45 % resin poliester dan 0.55 % serat ampas tebu memiliki kekuatan tarik sebesar 14.09 MPa.
- Spesimen dengan susunan serat *random* dengan 99.45 % resin poliester dan 0.55 % serat ampas tebu memiliki kekuatan tarik sebesar 11.28 MPa.

Kekuatan tarik (σ_u) paling tinggi adalah pada spesimen serat *discontinuous*, ini dikarenakan spesimen serat *discontinuous* luas penampang lebih banyak diisi oleh serat akibat jenis susunan serat pada volume spesimen.

Kekuatan tarik akan semakin tinggi apabila diberi serat.

Variasi penyebaran serat pada material komposit berpenguat serat mempunyai peran penting dalam menaikkan kekuatan tarik material komposit berpenguat serat.



Gambar 5.1. Kurva Kekuatan Tarik VS Jenis Susunan Serat.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1996. *Technical Data Sheet*, Justus Kimia Raya.
- Building Material and Technology Promotion Council, - , *Local Vegetable Fibres + Industrial and Mineral Waste for Composite Material*. New Delhi.
- Tata Surdia, Shinroku Saito, 2005. *Pengetahuan Bahan Teknik*, Cetakan Ke-6, Pradnya Paramita, Jakarta.
- William D Callister, 1997. *Material Science And Engineering*, Fourth Edition, Jhon Wiley and Sons, Inc.
- http://lontar.ui.ac.id/file?file=digital/133451-T_27911-Evaluasi_sifat-Tinjauan_literatur.pdf.
- <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/132299859/Studi Mengenai Sifat Mekanis Komposit PLA Diperkuat Serat Rami.pdf>