

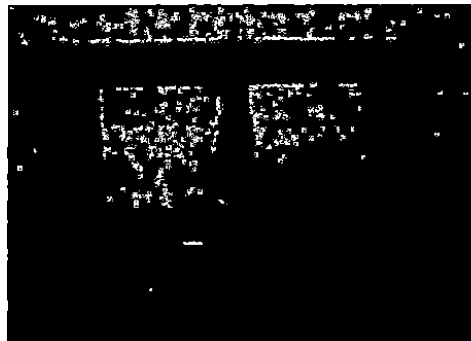
**BAB III****METODE PENELITIAN****3.1. Alat dan Bahan****3.1.1. Alat Penelitian**

Alat yang digunakan adalah :

a. Cetakan

Digunakan untuk mencetak komposit dan terbuat dari baja plat U dan lempeng yang diberi lubang untuk dibaut supaya cetakan mudah dibuka.

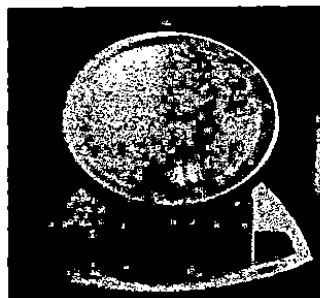
Proses pembuatan specimen dengan menggunakan teknik cetak tekan.



Gambar 3.1. Alat pres

b. Timbangan Digital.

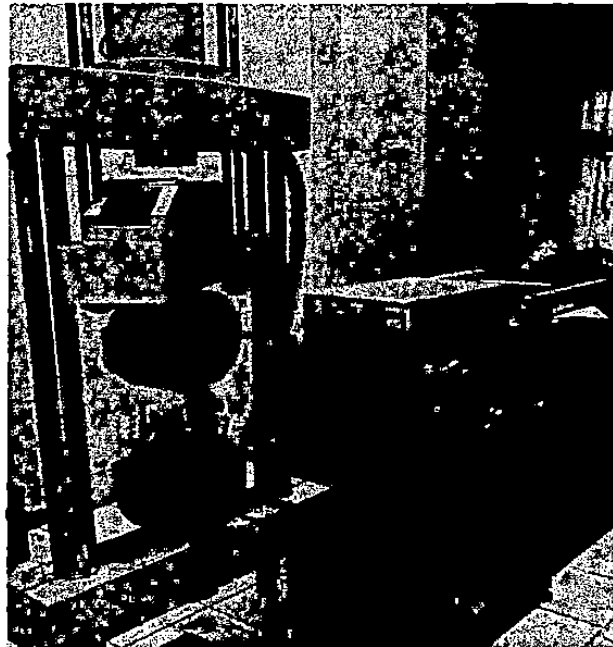
Digunakan untuk menimbang berat serat, poliester dan berat komposit setelah dicetak.





c. Alat uji tarik dan uji bending

Digunakan untuk melakukan uji tarik dan uji bending spesimen komposit.



Gambar 3.3. Alat uji tarik dan alat uji bending

d. Kamera digital *makro*.

Digunakan untuk mengambil gambar spesimen uji dan foto *makro* bentuk mode patahan yang terjadi pada spesimen uji.

e. Gerinda listrik

Digunakan untuk memotong lembaran komposit dan membuat spesimen uji tarik komposit.

f. Amplas

Digunakan untuk menghaluskan spesimen uji tarik komposit.

g. Jangka sorong

Digunakan untuk mengukur lebar dan tebal spesimen uji tarik komposit



h. Kotak kaca

Digunakan untuk perendaman alkali terhadap serat. Digunakan kotak kaca agar pada saat perendaman wadah tidak meleleh.

i. Alat uji kadar air

Alat uji ini digunakan untuk mengetahui kadar air pada serat tebu.

j. Alat uji kekuatan serat tunggal

Alat uji ini digunakan untuk mengetahui kekuatan dari serat tebu tunggal.



Gambar 3.4. Alat uji serat tunggal

k. Alat bantu lainnya

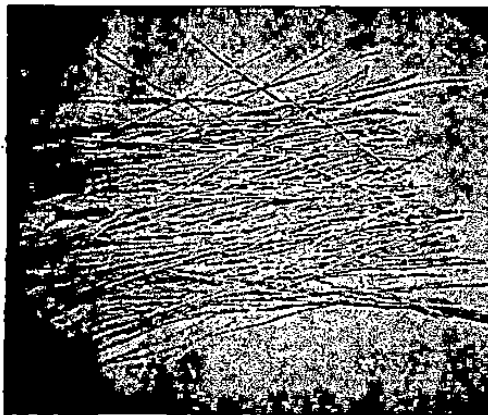
Alat bantu lainnya yang digunakan yaitu : pisau, gunting, pencegis dan sikat



3.1.2. Bahan Penelitian

Bahan yang dipakai dalam penelitian ini adalah :

- a. Serat tebu.

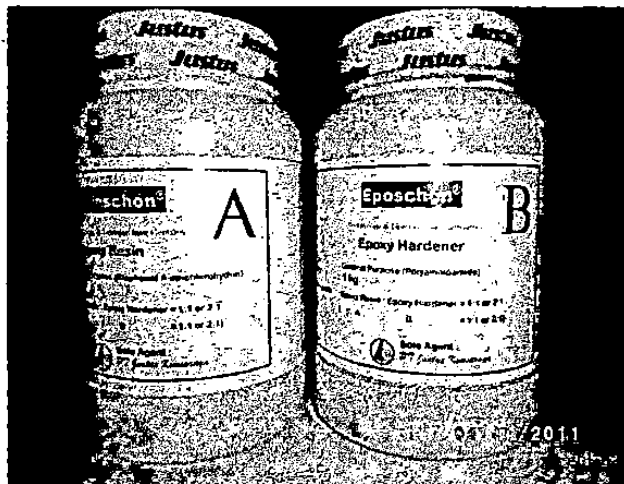


Gambar 3.6. Serat Tebu

- b. Resin epoksi dan hardener

Matrik yang digunakan untuk bahan pengikat serat adalah jenis resin epoksi dan hardener untuk mempercepat pengerasan cairan resin, seperti pada Gambar

3.7 berikut:



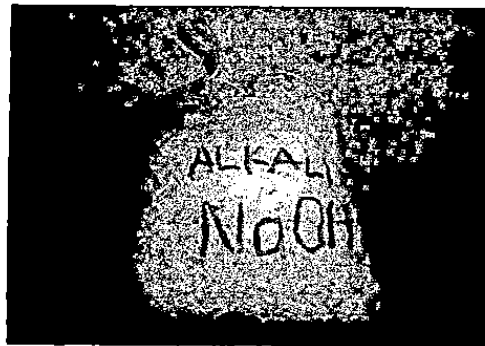
Gambar 3.7. Epoxy dan Hardener Eposchon



c. NaOH

NaOH digunakan untuk menghilangkan kotoran dan zat selain serat yang menempel pada serat. NaOH merupakan larutan basa dan terkesan licin.

Seperti pada Gambar 3.8 berikut:



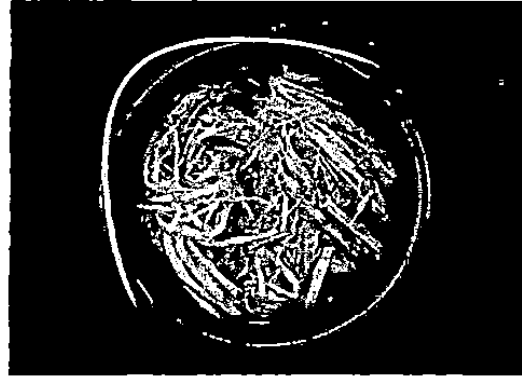
Gambar 3.8. Kristal NaOH

3.2. Proses Persiapan dan Pengujian Serat

Serat tebu yang didapatkan dari perkebunan tebu berupa batang tebu digunakan sebagai bahan komposit dengan cara sebagai berikut :

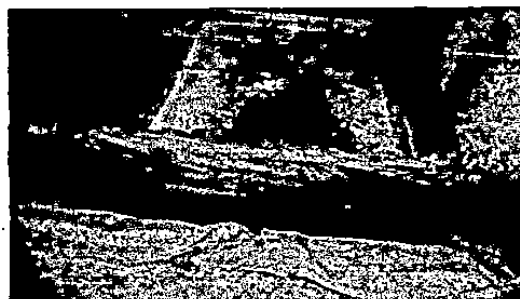
1. Bahan berupa batang tebu diambil dari perkebunan tebu.
2. Batang tebu digiling terlebih dahulu selama lima kali penggilingan sehingga menghasilkan ampas tebu, kemudian ampas tebu dicuci dari kotoran yang bercampur dan melekat pada serat tebu dengan air.
3. Proses pencucian ampas tebu diaduk didalam bak air. Jika ampas tebu terlalu kotor sehingga sulit dibersihkan secara langsung, maka ampas tebu direndam terlebih dahulu agar kotoran larut dalam air atau lunak, sehingga mudah dibersihkan. Setelah kotoran larut didalam air, maka ampas diangkat. Pembersihan serat dengan air dilakukan berkali-kali hingga benar-benar

bersih. Gambar 3.9 merupakan proses dari pembersihan ampas tebu



Gambar 3.9. Ampas tebu yang direndam dengan air

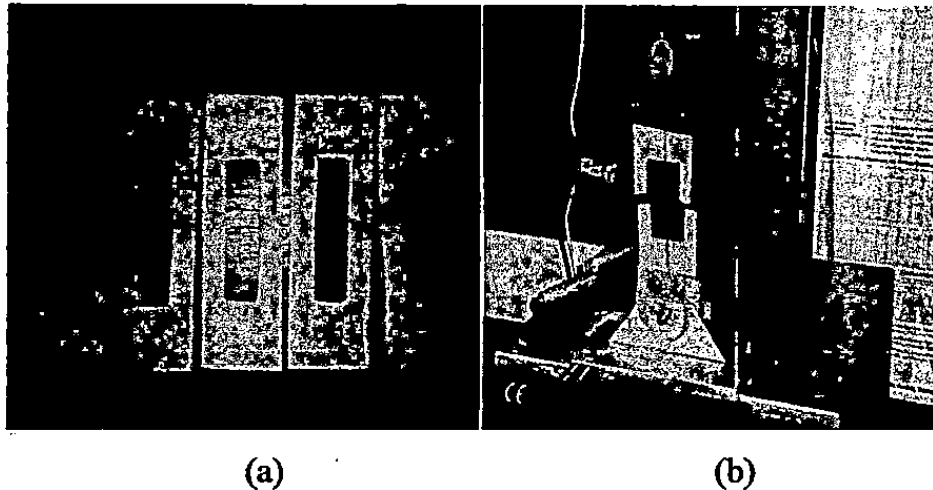
4. Selanjutnya ampas dikeringkan secara alami dengan suhu kamar hingga kering. Ampas tebu tidak boleh dikeringkan dengan panas matahari langsung dapat mengakibatkan getas.
5. Pengambilan serat dari ampas tebu dengan cara menggunakan bantuan sikat kawat, ampas tebu yang sudah kering disikat dengan cara membujur searah dengan sikat kawat.
6. Serat yang telah dibersihkan dari kotoran lalu dilakukan perendaman dengan perlakuan NaOH dengan kadar 5% selama lebih kurang 2 jam perendaman. Perendaman ini dilakukan untuk menghilangkan lignin yang menempel pada serat. Gambar 3.10 menunjukkan perendaman serat dengan NaOH



Gambar 3.10. Perendaman serat dengan NaOH



7. Setelah perendaman selesai, kemudian dilakukan penetralisiran serat dengan perendaman air selama 3 hari. Kemudian serat dikeringkan secara alami hingga mencapai kadar air lebih kurang 10%.
8. Pengujian massa jenis serat tebu.
9. Untuk mengetahui kekuatan serat dengan cara pengujian kekuatan serat tunggal, sesuai dengan standar ASTM D-3379. Pada Gambar 3.11. menunjukkan spesimen uji serat tunggal



Gambar 3.11. (a) Spesimen serat tunggal dan (b) Pengujian kekuatan serat tunggal

3.3. Pembuatan Komposit

3.3.1. Perhitungan Fraksi Volume Serat Untuk Uji Bending

Sebelum proses pencetakan dimulai maka dilakukan perhitungan terlebih dahulu, yaitu perhitungan terhadap massa komposit, massa serat, massa resin, dan massa *hardener* terhadap fraksi volume serat tebu yang masing-masing telah ditentukan yaitu 0%, 10%, 20%, 30% dan 40%. Contoh perhitungan massa serat, resin dan *hardener* untuk fraksi volume 10% adalah sebagai berikut :



Diketahui :

- Dari pengujian massa jenis serat tebu diperoleh nilai, $\rho_{\text{serat tebu}} = 0,62 \text{ gr/cm}^3$
- Massa jenis resin $\rho_m = 1,2 \text{ gr/cm}^3$
- Dimensi cetakan $p = 20 \text{ cm}$
 $l = 10 \text{ cm}$
 $t = 0,3 \text{ cm}$
 $V_c = 60 \text{ cm}^3$

Variasi fraksi volume serat tebu 10%

- a. Volume cetakan, $V_c = p \times l \times t$
 $= 15 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 0,4 \text{ cm}$
 $= 60 \text{ cm}^3$
- b. Volume serat, $V_f = v_f \times V_c$
 $= 10\% \times 60 \text{ cm}^3$
 $= 6 \text{ cm}^3$
- c. Massa serat, $m_f = V_f \times \rho_f$
 $= 6 \text{ cm}^3 \times 0,62 \text{ g/cm}^3$
 $= 3,72 \text{ g}$
- d. Volume matrik, $V_m = V_c \times 90\%$
 $= 60 \text{ cm}^3 \times 90\%$
 $= 54 \text{ cm}^3$



- f. Massa epoksi m_e = $m_m : 2$
= 64,8 g : 2
= 32,7 g
- g. Massa *hardener* m_h = $m_m : 2$
= 64,8 g : 2
= 32,7 g

Selanjutnya untuk perhitungan fraksi volume dapat dilihat pada lampiran 1 dan untuk hasil perhitungan dari massa serat, resin, hardener dan matrik diperlihatkan pada table 3.1 berikut ini

Tabel 3.1 Hasil perhitungan fraksi volume serat

No.	V_f (%)	Serat Tebu (g)	Epoksi (g)	<i>Hardener</i> (g)
1	0%	0	36	36
2	10%	3,72	32,4	32,4
3	20%	12	28,8	28,8
4	30%	18	25,2	25,2
5	40%	24	21,6	21,6

3.3.2. Pencetakan Komposit

Dalam penelitian ini, komposit di buat dengan sederhana secara manual. Teknik yang digunakan adalah cetak tekan (*press mould*). Pertama resin yang telah dicampuri hardener dituang ke dalam cetakan lalu serat disebarkan ke dalam cetakan, lalu disiram kembali dengan resin yang telah dicampuri hardener hingga merata. Selanjutnya serat ditekan dengan kayu atau sejenisnya agar resin benar-benar membasahi semua serat dengan merata dan untuk mengeluarkan rongga-rongga udara yang terjebak pada resin, maka proses pembuatannya menggunakan

1. Untuk cetak tekan (*press mould*), maka kemampuan penekanan saat pencetakan



komposit diharapkan mencapai target. Dalam hal ini, penekanan dilakukan dengan menggunakan dongkrak hidrolis dengan kekuatan lebih kurang 1 ton. Adapun proses-proses tersebut adalah sebagai berikut :

1. Proses persiapan cetakan

- a. Cetakan yang sudah dibor pada sisi-sisinya sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan dipasang dengan lempengan baja pada kedua sisinya, kemudian di baut.
- b. Pada permukaan bagian atas cetakan dipasang mika bertujuan untuk mendapatkan hasil permukaan yang halus dan rata.
- c. Pada ujung permukaan dipasang kaca pembatas, dimana panjang antara masing-masing kaca pembatas ± 20 cm.

2. Proses persiapan resin

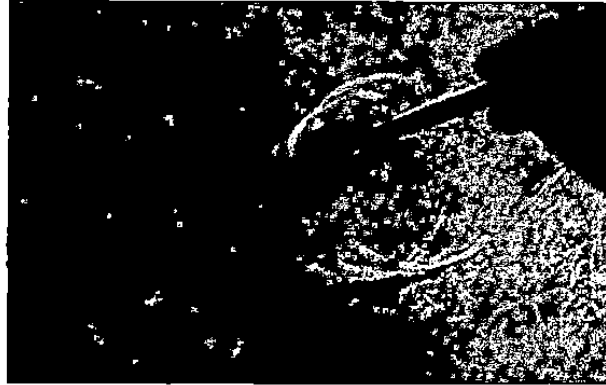
Resin dipersiapkan sesuai dengan hasil perhitungan massa resin dan ditambahkan hardener dengan perbandingan 1:1 dari massa resin.

3. Proses pencetakan

Proses pencetakan komposit dilakukan dengan cetak tekan atau *press mould* ada beberapa langkah proses pencetakan spesimen sebagai berikut

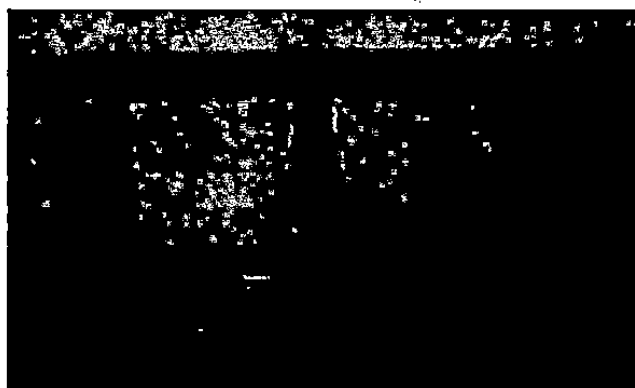
- a. Mempersiapkan semua bahan dan alat cetak yang akan digunakan.

b. Pencampuran resin dengan hardener dapat dilihat pada Gambar 3.12



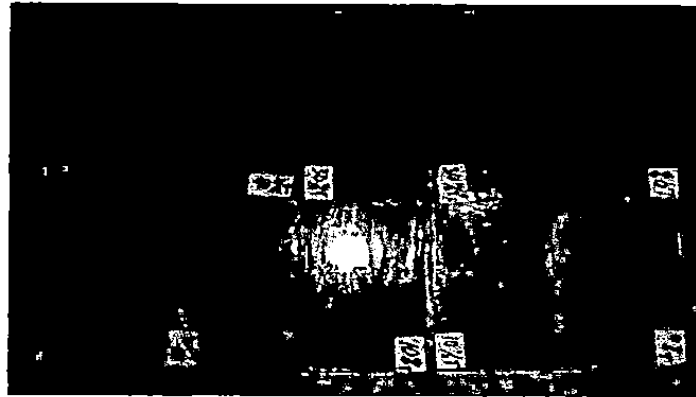
Gambar 3.12. Pencampuran resin dengan hardener

- c. Penuangan resin yang telah dicampur dengan hardener kedalam cetakan secukupnya kemudian ratakan.
- d. Setelah cetakan ditutup kemudian dilakukan penekanan/pengepresan dengan menggunakan dongkrak hidrolis manual seperti yang di tampilkan pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13. Pencetakan dan pengepresan dengan dongkrak hidrolis

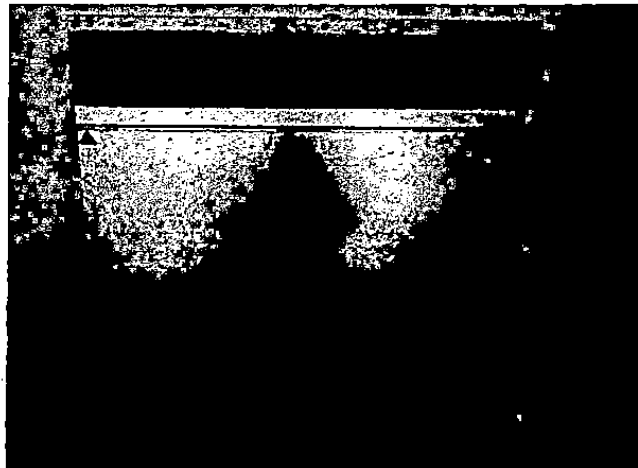
- e. Tunggu sampai mengering atau mengeras
- f. Kemudian bongkar cetakan untuk mengeluarkan komposit, komposit



Gambar 3.14. Komposit hasil cetakan

3.4. *Post cure*

Post cure atau pemanasan dilakukan pada suhu 60° selama 4 jam, proses ini dikerjakan untuk memastikan spesimen uji benar-benar kering dan memperoleh hasil yang maksimal, Gambar 3.15. oven yang digunakan untuk *post cure*.



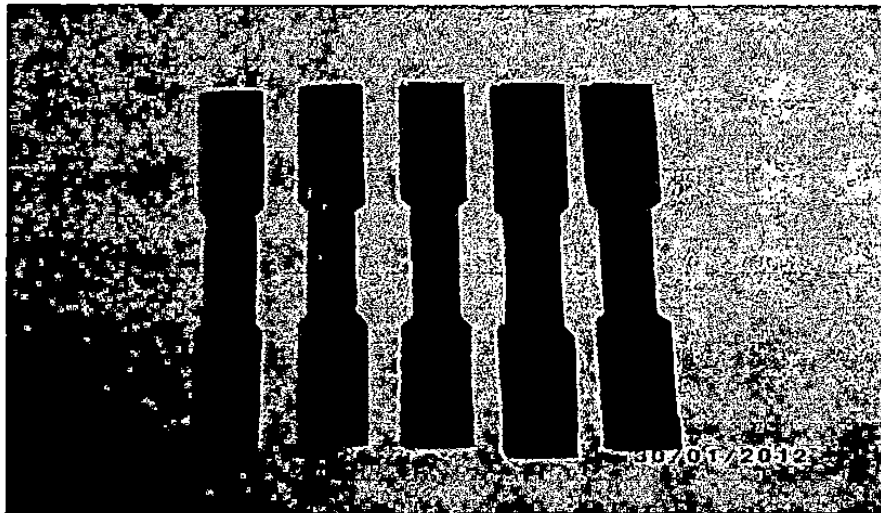
Gambar 3.15. Oven

3.5. Pembuatan Spesimen Uji

- a. Proses pembuatan specimen uji tarik dilakukan dengan proses permesinan yang mengacu pada standar uji yang digunakan yaitu bentuk spesimen uji tarik berdasarkan standar ASTM D-638. Setiap spesimen diberi label dengan setiap jenis variasi untuk menghindari kesalahan pembacaan pada

Gambar 3.16. menunjukkan dimensi uji tarik dan berikut ini langkah-langkah pembuatan spesimen:

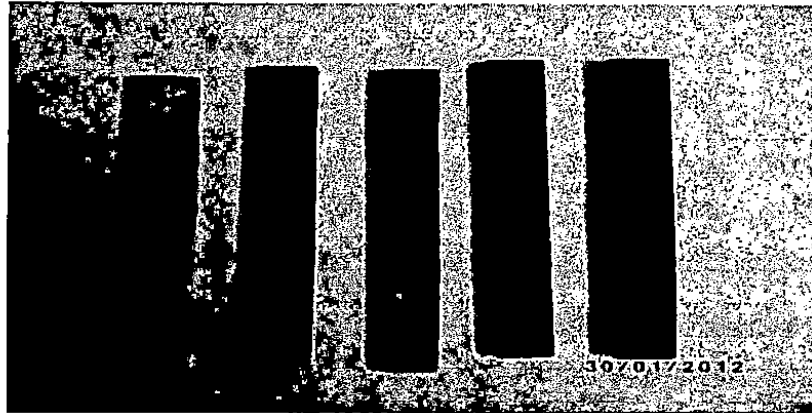
1. Pemotongan plat komposit sesuai dengan bentuk dan ukuran standar ASTM D-638.
2. Menghaluskan spesimen yang telah dibentuk dengan menggunakan amplas.



Gambar 3.16. Spesimen uji tarik (ASTM D-638)

b. Pembuatan spesimen uji bending sesuai dengan dimensi yang mengacu pada ASTM D-790, pada Gambar 3.17. menunjukkan dimensi uji bending adapun langkah-langkahnya sebagai berikut:

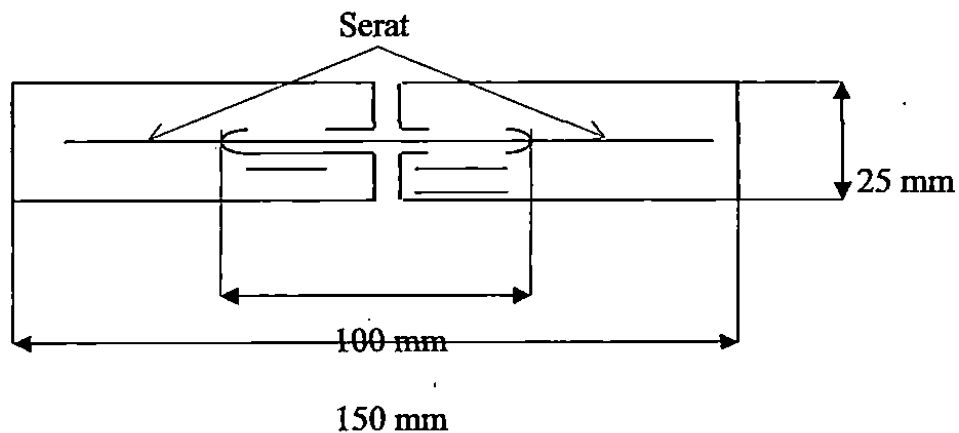
1. Pemotongan plat komposit sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan pada ASTM D-790.
2. Menghaluskan spesimen yang telah dibentuk dengan menggunakan



Gambar 3.17. Spesimen uji bending (ASTM D-790)

3.6. Uji tarik serat tunggal

Pengujian serat dilakukan guna untuk mencari tegangan tarik serat. Tegangan tarik serat nilon dilakukan di Laboratorium Bahan dan Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Gajah Mada dengan mesin PEARSON PANKE ENQUIPMENT buatan London, Inggris. Pengujian ini menggunakan standar pengujian ASTM D 3379-75, seperti yang terlihat pada Gambar 3.18. dibawah ini :



Gambar 3.18. Ukuran uji tarik serat menurut standar ASTM D 3379-75.

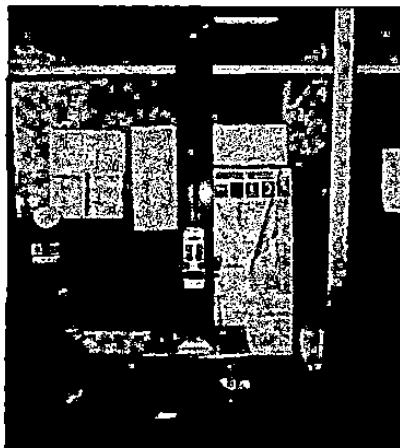
Sebelum uji tarik dilakukan persiapkan dahulu bahan dan alatnya, setelah semua siap maka boleh dilakukan pengujian. Langkah kerja dalam pengujian



antara lain sebagai berikut:

Langkah pengujian :

1. Siapkan serat dengan panjang minimal 10 cm sesuai standar pengujian.
2. Setelah itu buat kertas dibentuk seperti Gambar 3.18, namun pada bagian tengahnya belum putus.
3. Spesimen uji tarik diletakkan diantara kertas kemudian ujung serat direkatkan pada kertas dengan lem perekat. Tujuan ditempelkannya serat di kertas agar beban tarik hanya ditahan oleh serat, sehingga lembaran penahan serat hanya berfungsi menahan serat agar tidak slip dengan penjepitnya.
4. Setelah lembaran kertas dijepit pada cekam mesin uji tarik serat, lembaran penahan serat dipotong, agar beban tarik hanya ditahan oleh serat saja.
5. Setelah siap baru dilakukan pengujian. Spesimen ditarik hingga putus, beban dicatat sehingga tensile strength dapat dihitung dan mendapatkan hasil yang maksimal.



Gambar 3.10. Mesin uji tarik serat tunggal



3.7. Pengujian Tarik dan Bending

3.7.1. Alat Uji Tarik

Mesin yang digunakan dalam pengujian tarik adalah mesin uji tarik yang ada di Laboratorium bahan dan pengujian Fakultas Teknik Mesin D3 Universitas Gajah Mada. Adapun spesifikasi mesin tersebut sebagai berikut :

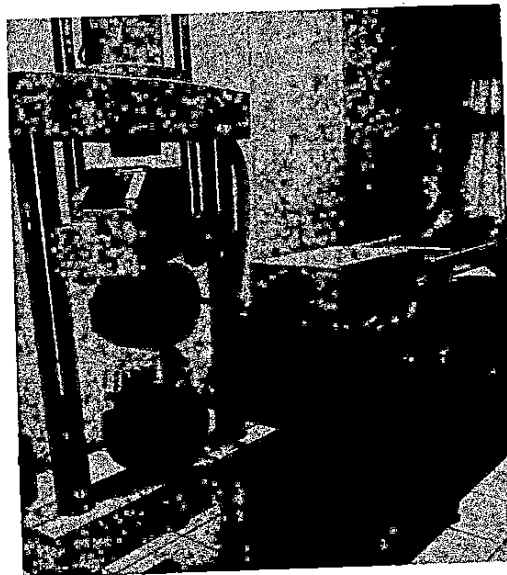
Merk : *Torsee's Universal Testing Machine*

Tipe : AMU-5-DE

Produksi : TOKYO Testing Machine 1987

Beban Max : 50 TON

Setelah pemotongan bahan untuk spesimen uji selesai dan sesuai dengan standar uji tarik (ASTM D-638), selanjutnya spesimen ditandai dengan cara di beri label untuk membedakan masing-masing spesimen kemudian dilakukan uji tarik. Pada Gambar 3.20 menunjukkan mesin uji tarik



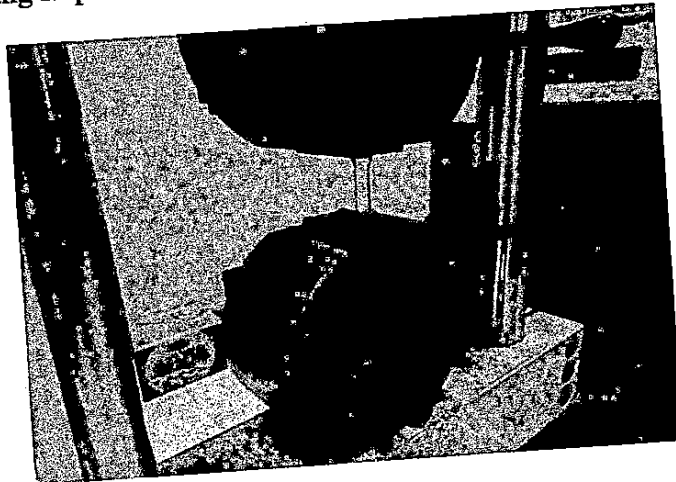
Gambar 3.20. Mesin uji tarik



3.7.2. Prosedur Pengujian Tarik

Adapun langkah-langkah pengujian tarik yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Mengukur dimensi spesimen meliputi : panjang, lebar dan tebal.
2. Memberi label pada setiap spesimen untuk menghindari kesalahan pembacaan dari hasil pengujian.
3. Menghidupkan mesin.
4. Memprogram sesuai dengan bahan yang akan diuji dan memasukan data-data sesuai dimensi yang terdapat pada spesimen.
5. Memasang spesimen pada mesin uji. Pada Gambar 3.21 posisi pemasangan spesimen yang siap dilakukan pengujian



Gambar 3.21. Posisi pemasangan spesimen

6. Mencetak hasil pengujian sesuai dengan informasi yang diberikan dari hasil pengujian bahan komposit tersebut.



7. Setelah mendapatkan data hasil dari pengujian dilanjutkan dengan penghitungan karakteristik kekuatan tarik, regangan tarik, modulus tarik dan pengamatan foto makro untuk mengetahui karakteristik penampang patahan.

3.7.3. Alat Uji Bending

Mesin yang digunakan untuk pengujian bending sebisa mungkin menjaga agar kecepatan pembebanan tetap konstan selama proses pengujian. Pengujian bending ini menggunakan mesin yang berada di Laboratorium Bahan dan Pengujian Teknik Mesin D3 Universitas Gajah Mada. Adapun spesifikasi mesin uji bending sebagai berikut :

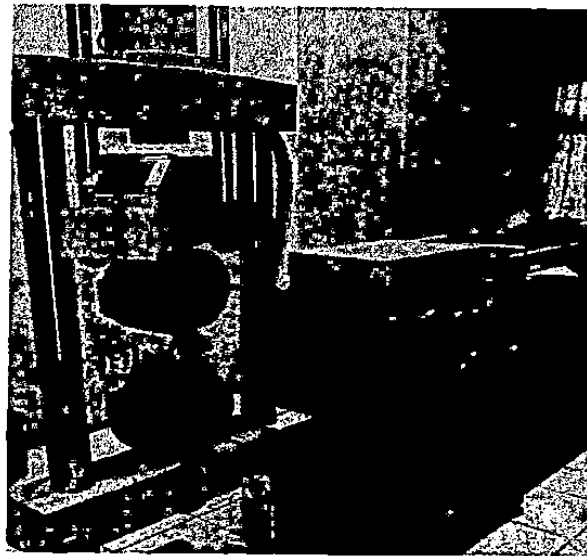
Merk : Torse'e's Universal Testing Machine

Tipe : AMU-5-DE

Produksi : Tokyo Testting Machine

Tahun : 1987

Setelah pemotongan bahan spesimen uji selesai dan sesuai dengan standar ASTM D-790, selanjutnya spesimen ditandai dengan cara di beri label untuk membedakan masing-masing spesimen kemudian dilakukan uji bending. Pada Gambar 3.22 menunjukkan mesin uji bending

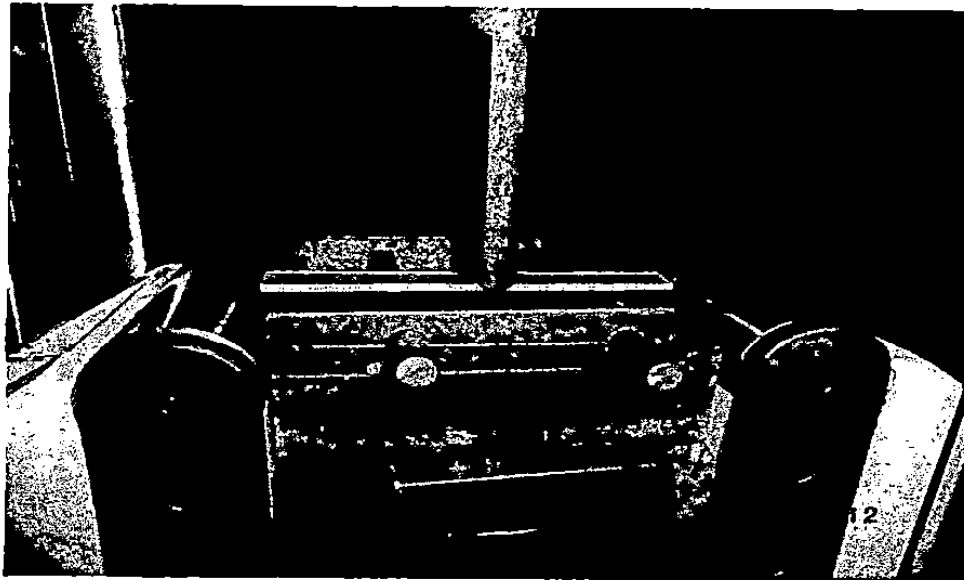


Gambar 3.22. Mesin uji bending

3.7.4. Prosedur Pengujian Bending

Adapun langkah-langkah pengujian bending yang dilakukan sebagai berikut ini :

1. Mengukur dimensi spesimen meliputi : panjang, lebar dan tebal.
2. Memberi label pada setiap spesimen untuk menghindari kesalahan pembacaan dari hasil pengujian.
3. Menyalakan mesin torse untuk pengujian bending.
4. Memasangan spesimen uji pada tumpuan dengan tepat dan pastikan indenter



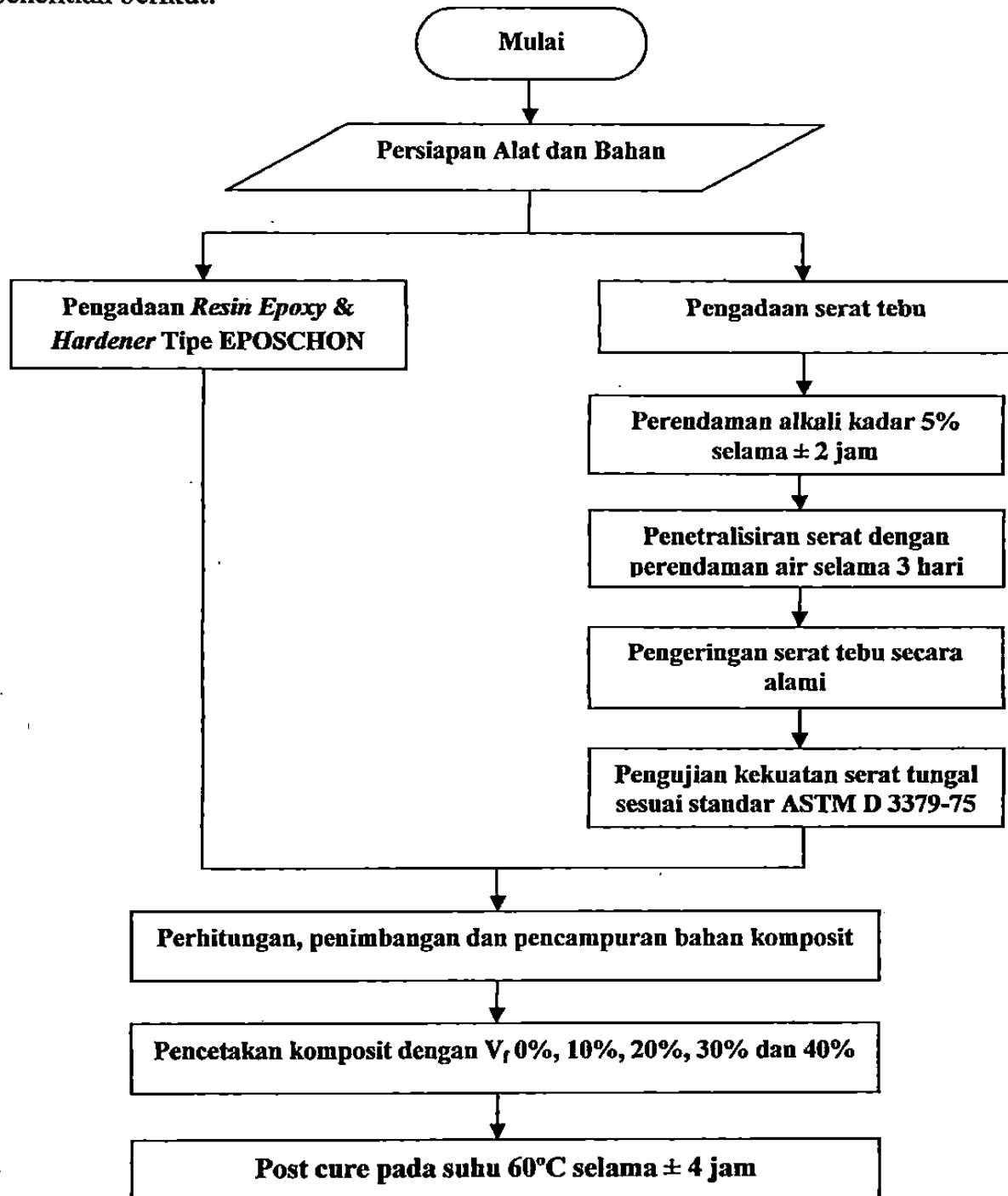
Gambar 3.23. Posisi pemasangan specimen siap uji

5. Memberi beban bending dengan kecepatan konstan.
6. Pencatatan besarnya defleksi yang terjadi pada spesimen, setiap penambahan beban sampai terjadi kegagalan.
7. Setelah mendapatkan data hasil pengujian dilanjutkan dengan perhitungan karakteristik kelenturan bending dan pemasangan foto untuk memantau



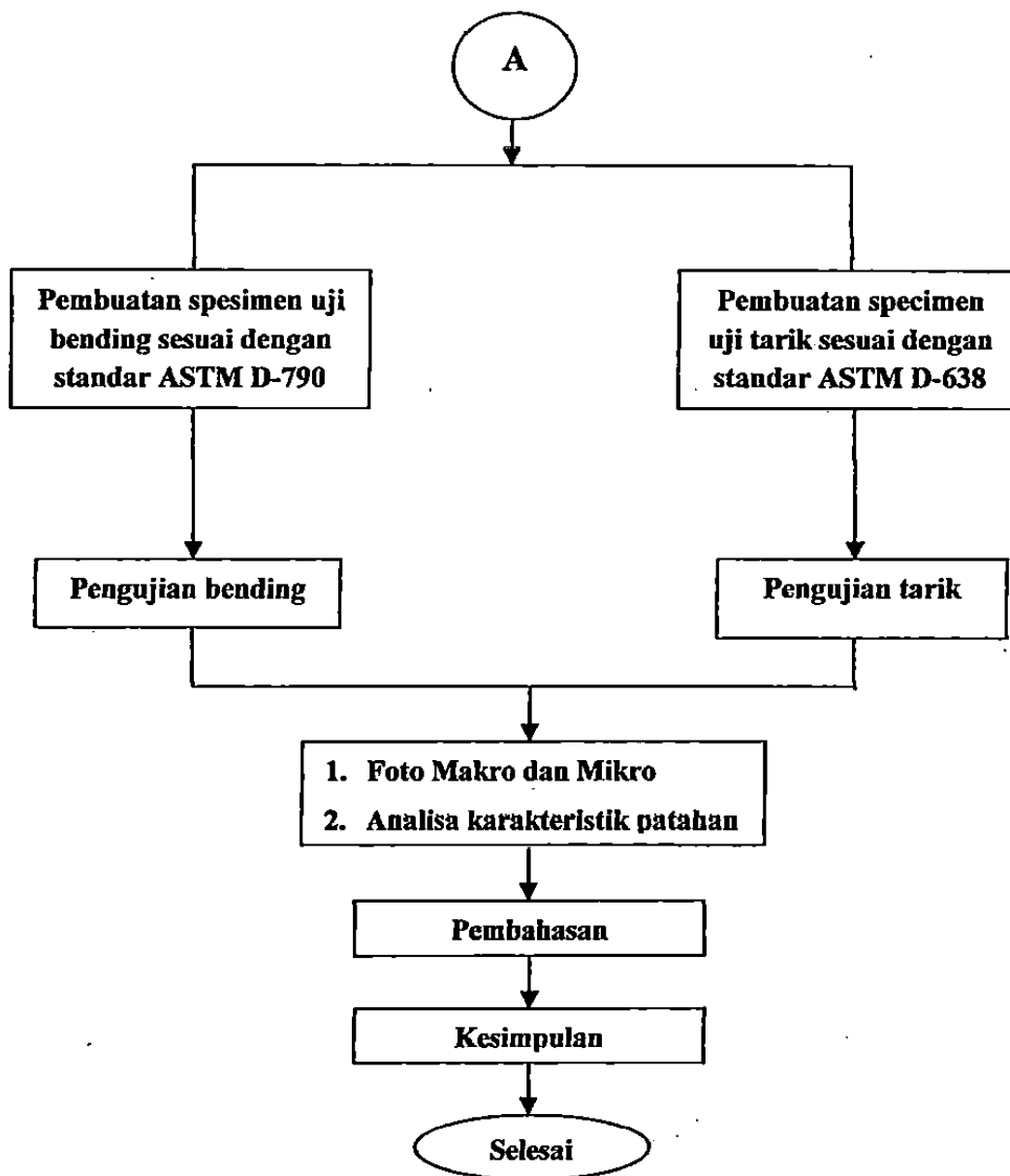
3.8. Diagram Alir Penelitian

Untuk lebih singkat dari uraian diatas dapat dilihat dalam diagram alir penelitian berikut:





Gambar 3.24. Diagram alir penelitian (Bersambung)



Gambar 3.24. Diagram alir penelitian lanjutan (sambungan)

**BAB IV****HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN****4.1. Hasil Pengujian Serat Tunggal**

Hasil pengujian serat tunggal menurut ASTM D 3379 diperoleh kuat tarik seperti pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Hasil pengujian serat tunggal ASTM D 3379

Serat	Beban maksimum (N)	Luas penampang (mm ²)	Perpanjangan (mm)	Kuat tarik (MPa)	Regangan patah (mm/mm)	Modulus (MPa)
1	2,5	0,0531	8,5	47,11	0,26	181,19
2	1,7	0,0314	7	54,14	0,23	235,39
3	1,9	0,0452	9,5	42,02	0,31	135,54
Rata-rata serat				47,76	0,26	184,04

Perhitungan serat tunggal menggunakan serat tebu:

$$F = 2,5 \text{ N}$$

keterangan : F = beban maksimum (N)

$$A = 0,0531 \text{ mm}^2$$

A = luas penampang serat (mm²)

σ_f = Kekuatan (N/mm², MPa)

$$\sigma_f = F/A$$

$$= 2,5/0,0531$$

$$= 47,11 \text{ MPa}$$

Dari data tabel dan perhitungan di atas diketahui kekuatan serat tebu tunggal sebesar 47,76 MPa.

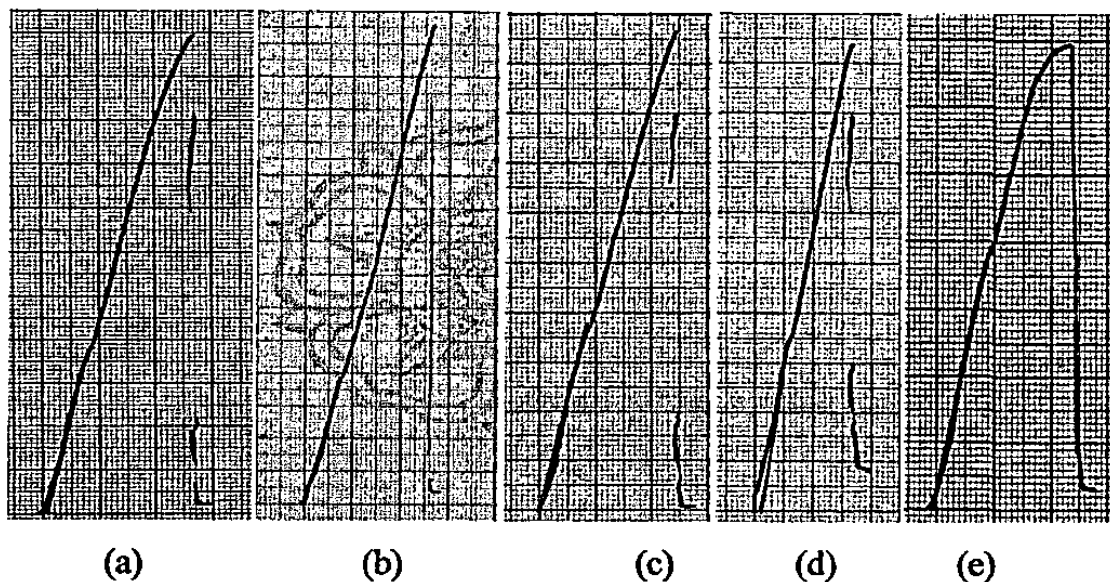
4.2. Hasil Pengujian Tarik

Dalam penelitian tahap pertama ini diarahkan untuk menyelidiki kekuatan tarik material komposit serat tebu/epoksi. Hasil pengujian ini juga digunakan untuk



mengetahui karakteristik patahan komposit tersebut, agar dapat ditarik kesimpulan terhadap pengaruh fraksi volume terhadap kekuatan serat tebu/epoksi. Pada Tabel 4.2 harga kekuatan tarik (σ_t) didapat dari persamaan (2.8), harga regangan tarik (ϵ_t) didapat dari persamaan (2.9), sedangkan untuk harga modulus elastisitas bending didapat dari persamaan (2.10).

4.2.1. Grafik hasil pengujian tarik



Gambar 4.1 Grafik hasil pengujian tarik

V_f (a)0%, (b)10%, (c)20%, (d)30%, (e)40%.

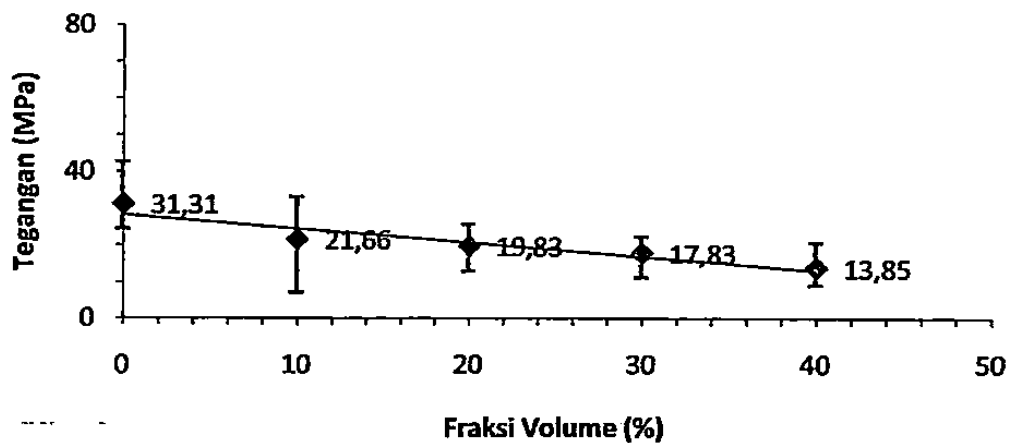
4.2.2. Kekuatan Tarik

Dari pengujian serat tunggal diperoleh kekuatan tarik maksimal serat tebu sebesar 47,76 MPa. Pada pengujian tarik maka didapatkan nilai kekuatan tarik komposit yang ditunjukkan pada Tabel 4.2 dan pada Gambar 4.2 menunjukkan grafik hubungan antara fraksi volume serat tebu/epoksi dengan kekuatan tarik



Tabel 4.2. Nilai tertinggi, terendah, rata-rata dan standardisasi kekuatan tarik

No	Vf (%)	Kekuatan Tarik (MPa)			
		Minimal	Maksimal	Rata-rata	SD
1	0	24.68	42.87	31.31	6.82
2	10	7.33	33.38	21.66	12.97
3	20	13.01	25.92	19.83	5.67
4	30	11.33	22.44	17.83	4.52
5	40	9.30	20.91	13.85	4.44



Gambar 4.2. Grafik hubungan tegangan tarik terhadap fraksi volume Serat Tebu/epoksi

Teori *Rule of mixtures* menyebutkan jika $\sigma_f > \sigma_m$ maka dengan bertambahnya fraksi volume serat akan menaikkan σ_c (persamaan 2.6). Dari grafik hubungan antara kekuatan tarik terhadap fraksi volume serat tebu/epoksi pada gambar 4.1 diatas menunjukkan nilai kekuatan tarik pada $V_f = 0\%$ adalah 31,31 MPa. Pada $V_f = 10\%$ grafik mulai mengalami penurunan sebesar 21,66 MPa hingga $V_f = 20\%$ hingga $V_f = 30\%$ hingga $V_f = 40\%$ dengan nilai masing-masing kekuatan 19,83 MPa, 17,66 MPa dan 13,85 MPa. Hal ini tidak sesuai dengan teori *Rule of mixtures*. Penurunan



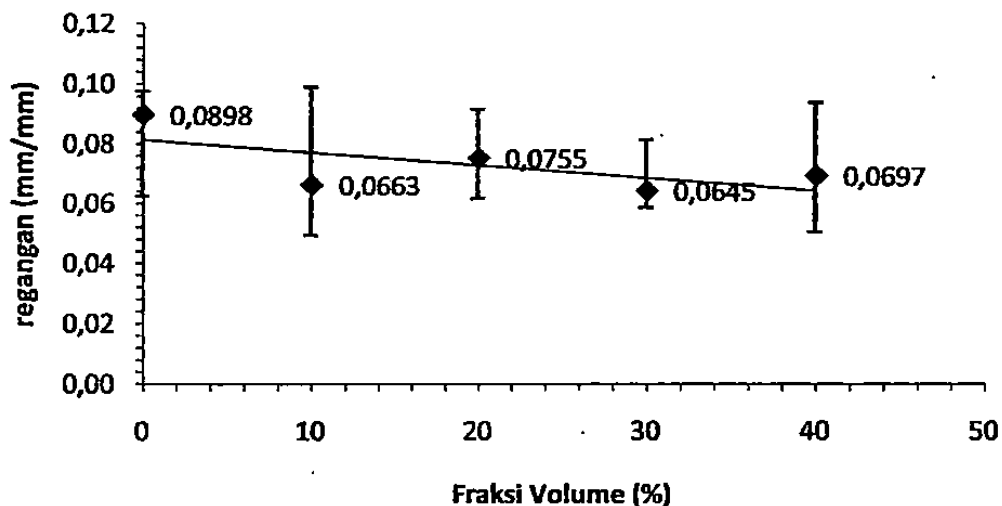
kekuatan tarik yang terjadi akibat kurang halusnya dalam pengamplasan yang mengakibatkan konsentrasi tegangan naik.

4.2.3. Regangan Tarik

Dari pengujian serat tunggal didapat regangan patah rata-rata serat tunggal seharga 0,26 mm/mm. Hasil pengujian dan perhitungan didapat hasil nilai regangan tarik komposit serat tebu/epoksi seperti yang di tunjukan pada Tabel 4.3 dan grafik regangan tarik pada Gambar 4.3. berikut :

Tabel 4.3. Nilai tertinggi, terendah, rata-rata dan standar deviasi regangan tarik

No	Vf (%)	Regangan Tarik (mm/mm)			
		Minimal	Maksimal	Rata-rata	SD
1	0	0.0628	0.0980	0.0898	0.0152
2	10	0.0496	0.0994	0.0663	0.0203
3	20	0.0620	0.0920	0.0755	0.0115
4	30	0.0590	0.0818	0.0645	0.0098
5	40	0.0508	0.0944	0.0697	0.0184



Gambar 4.3. Grafik hubungan regangan tarik terhadap fraksi volume



Menurut *Rule of mixtures* jika $\epsilon_f > \epsilon_m$ dengan bertambahnya V_f maka akan menaikkan ϵ_c (persamaan 2.7). Grafik hubungan antara regangan tarik terhadap fraksi volume diatas menunjukkan bahwa nilai rata-rata regangan tarik cenderung menurun hingga fraksi volume 40%. Penurunan regangan tarik pada fraksi volume yang lebih besar disebabkan karena semakin sedikit volume resin yang terkandung dalam komposit tersebut. Dari grafik dapat diketahui nilai regangan tarik pada $V_f = 0\%$, 10%, 20%, 30% dan 40% sebesar 0,08 mm/mm, 0,066 mm/mm, 0,075 mm/mm, 0,064 mm/mm dan 0,069 mm/mm. Hasil penelitian ini tidak sesuai dengan pernyataan *Rule of mixtures*, penyebab dari penurunan regangan tarik patah karena fiber tidak mampu melanjutkan regangan dari matrik setelah matrik mencapai titik regangan tertingginya. Hal ini dikarenakan pada struktur komposit masih terdapat rongga-rongga antara matrik dan fiber, dan kurangnya pengampelasan pada sisi-sisi specimen yang mengakibatkan menurunnya konsentrasi regangan tarik komposit.

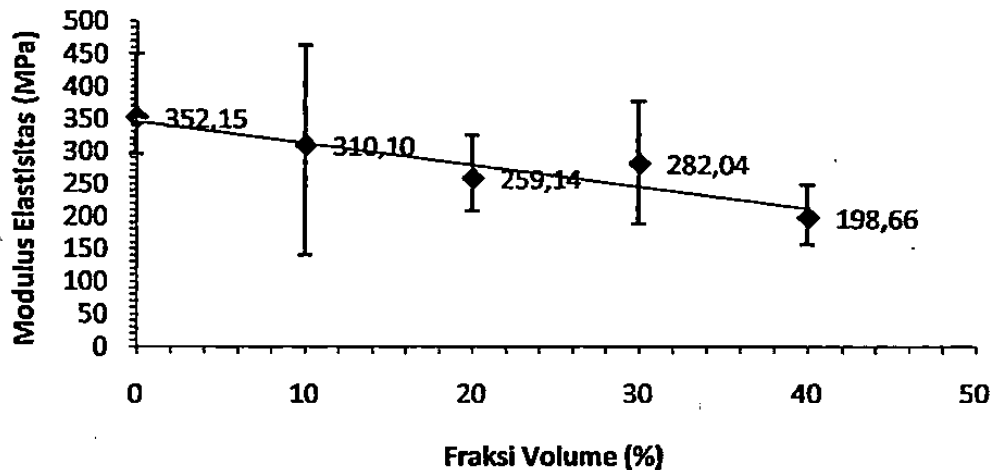
4.2.4. Modulus Elastisitas Tarik

Hasil dari pengujian serat tunggal diketahui nilai modulus elastisitas serat tunggalnya yaitu 184,04 MPa. Hasil penelitian dan perhitungan didapat nilai rata-rata modulus elastisitas tarik komposit serat tebu/epoksi seperti ditunjukkan pada Tabel 4.4 dan grafik hubungan antara fraksi volume serat dan modulus elastisitas tarik yang ditunjukkan pada Gambar 4.4



Tabel 4.4. Nilai tertinggi, terendah, rata-rata dan standar defiasi modulus elastisitas

No	Vf (%)	Modulus Elastisitas Tarik (MPa)			
		Minimal	Maksimal	Rata-rata	SD
1	0	297.85	451.27	352.15	67.30
2	10	141.53	464.92	310.10	150.64
3	20	209.83	326.48	259.14	46.86
4	30	189.40	379.12	282.04	86.63
5	40	158.37	250.67	198.66	34.01



Gambar 4.4. Grafik hubungan modulus elastisitas tarik terhadap fraksi volume Serat tebu/epoksi

Dari persamaan 2.8 yaitu $E_f < E_m$ dengan bertambahnya V_f maka akan menaikan nilai E_c . Grafik hubungan antara modulus elastisitas terhadap fraksi volume serat tebu diatas menunjukkan nilai pada $V_f = 0\%$ sebesar 352,15 MPa sedangkan pada $V_f = 10\%$ dan $V_f = 20\%$ mengalami penurunan sebesar 310,10 MPa dan 259,14 MPa dikarenakan adanya void sehingga terjadi konsentrasi tegangan pada void

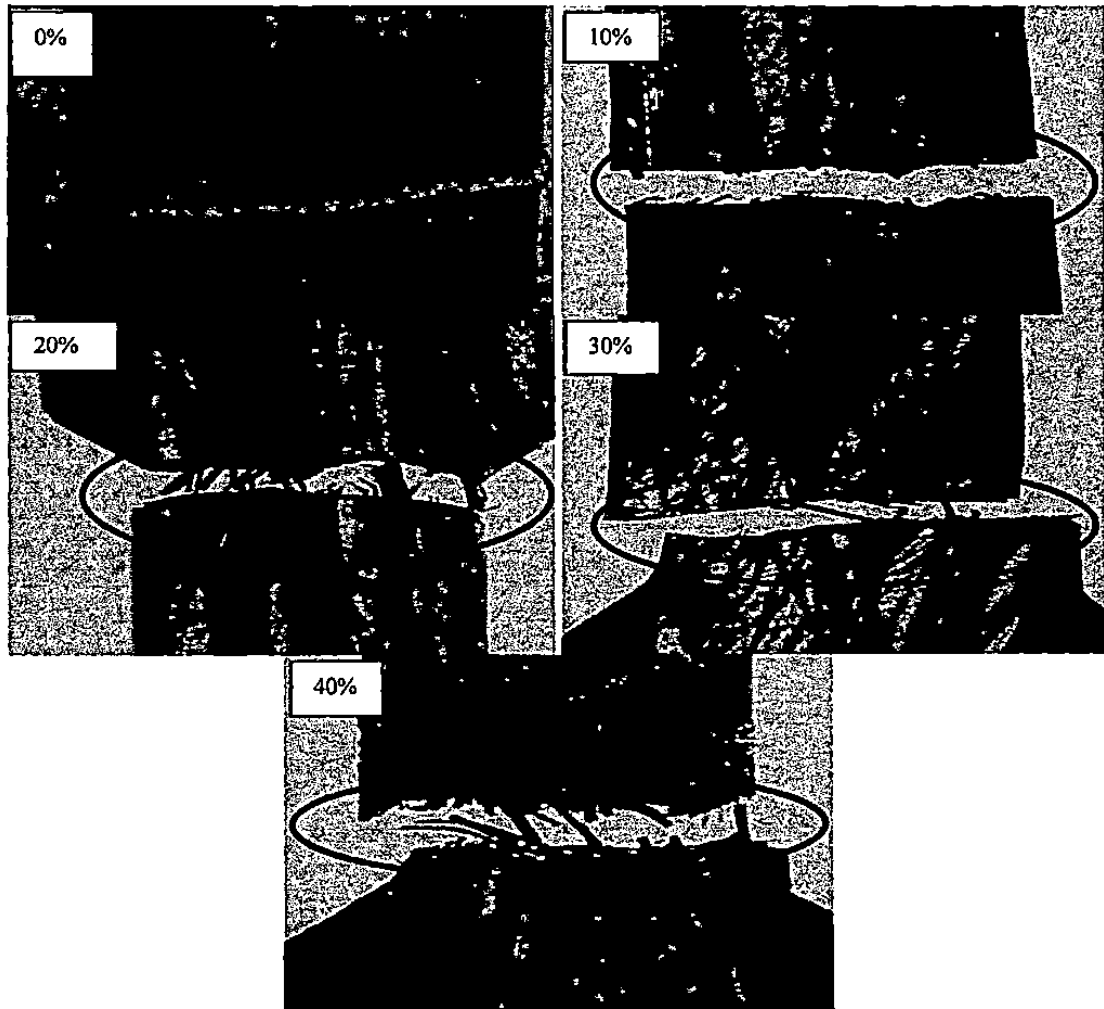
... dan ...



modulus elastisitasnya naik kembali sebesar 282,04 MPa. Pada $V_f = 40\%$ kembali turun sebesar 198,66 MPa nilai modulus elastisitasnya cenderung semakin menurun. Dari data modulus elastisitasnya sangat bertentangan dengan *Rule of mixture*.

4.2.5. Hasil Pengamatan Foto Makro

Hasil pengamatan foto makro dapat dilihat penampang patahan seperti pada gambar 4.5. Pada material komposit serat tebu/epoksi untuk V_f 0% terjadi patah tunggal, pada V_f 10 %, 20%, 30% dan V_f 40% terjadi patah tunggal dan mengalami *fiber pullout*.

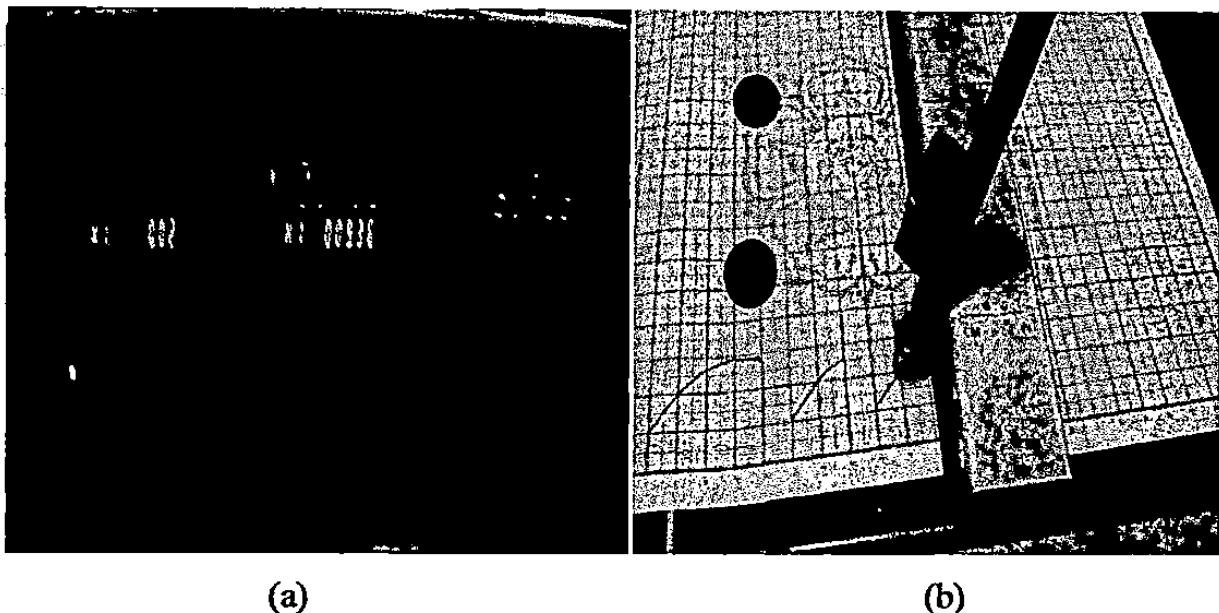


Gambar 4.5. Foto makro penampang patahan spesimen tarik



4.3. Hasil Pengujian bending

Pada penelitian ini pembahasan diarahkan untuk menyelidiki kekuatan, regangan dan modulus elastisitas bending material komposit berpenguat serat tebu bermatrik *epoxy*. Dengan komposisi pemasangan searat secara unidireksional, hasil analisis juga dilengkapi dengan foto makro penampang patahan sampel uji. Pada pengujian bending diperoleh harga gaya bending (P_{max}) dan defleksi (D). Harga kekuatan bending diperoleh dari besarnya gaya literal sampai specimen patah. Sedangkan defleksi diperoleh dari perpindahan kepala silang mesin uji. Penunjuk gaya literal dan defleksi dapat dilihat pada Gambar 4.6.

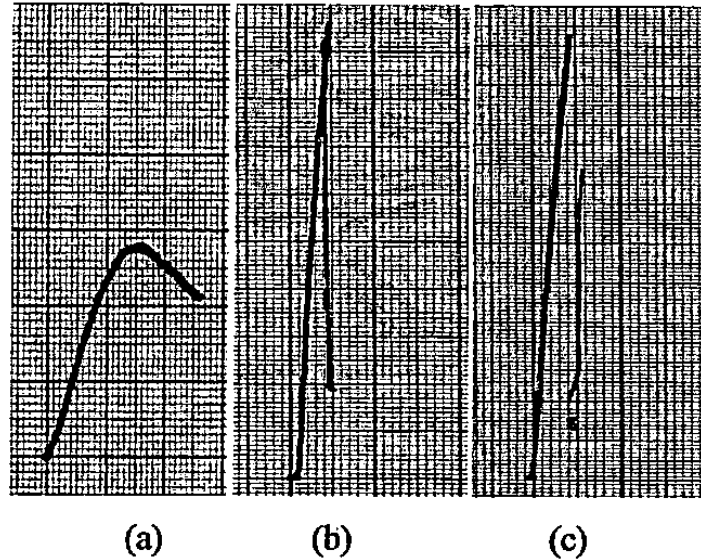


Gambar 4.6. (a) Panel penunjuk tekanan dan pertambahan panjang (b) grafik penunjuk tekanan dan penambahan panjang

Data-data dari hasil pengujian dimasukkan dalam Tabel 4.5. harga tegangan bending (σ) diperoleh dari persamaan (2.11) dan harga modulus elastisitas bending



4.3.1 Grafik hasil pengujian bending



Gambar 4.7 Grafik hasil pengujian bending
 V_f (a)0%, (b)30%, (c)40%.

4.3.2. Kekuatan Bending

Dari hasil pengujian didapat harga rata-rata kekuatan bending yang disajikan dalam tabel 4.5 dan hubungan antara fraksi volume serat tebu bermatrik polyester terhadap kekuatan bending yang digambarkan pada Gambar 4.8.

Dari grafik hubungan antara kekuatan tarik terhadap fraksi volume komposit *unidireksional* berpenguat serat tebu bermatrik epoksi menunjukkan kekuatan bending rata-rata pada $V_f = 0\%$ sebesar 99,05 MPa, sedangkan pada $V_f = 30\%$ terjadi kenaikan dengan kekuatan tariknya sebesar 99,90 MPa, dan pada $V_f = 40\%$ terjadi penurunan sebesar 80.25 Mpa. Penelitian bending ini sesuai dengan *Rule of mixtures* (persamaan 2.8). Jika $\sigma_f > \sigma_m$ dengan bertambahnya V_f maka akan menaikkan harga σ_c kecuali pada $V = 0\%$. Dan untuk $V = 10\%$ dan 20% terjadi kesalahan dalam proses



4.3.3. Regangan Bending

Dari perhitungan tegangan bending maka dapat diperoleh nilai rata-rata regangan bending. Hasil perhitungan nilai rata-rata bending disajikan pada Tabel 4.5. sedangkan grafik hubungan regangan bending dan fraksi volume ditunjukkan pada Gambar 4.8.

Dari grafik hubungan antara regangan tarik terhadap fraksi volume serat unidireksional berpenguat serat tebu/epoksi regangan rata-rata pada $V_f = 0\%$ sebesar 0,0320 mm/mm, pada $V_f = 30\%$ hingga $V_f = 40\%$ terjadi penurunan sebesar 0,0176 mm/mm, hingga 0,0170 mm/mm. Hal ini sesuai dengan *Rule of Mixtures* (Persamaan 2.9) dengan regangan serat lebih besar dari regangan matriknya, maka dengan naiknya fraksi volume akan menaikkan pula regangan kompositnya kecuali pada $V_f = 0\%$.

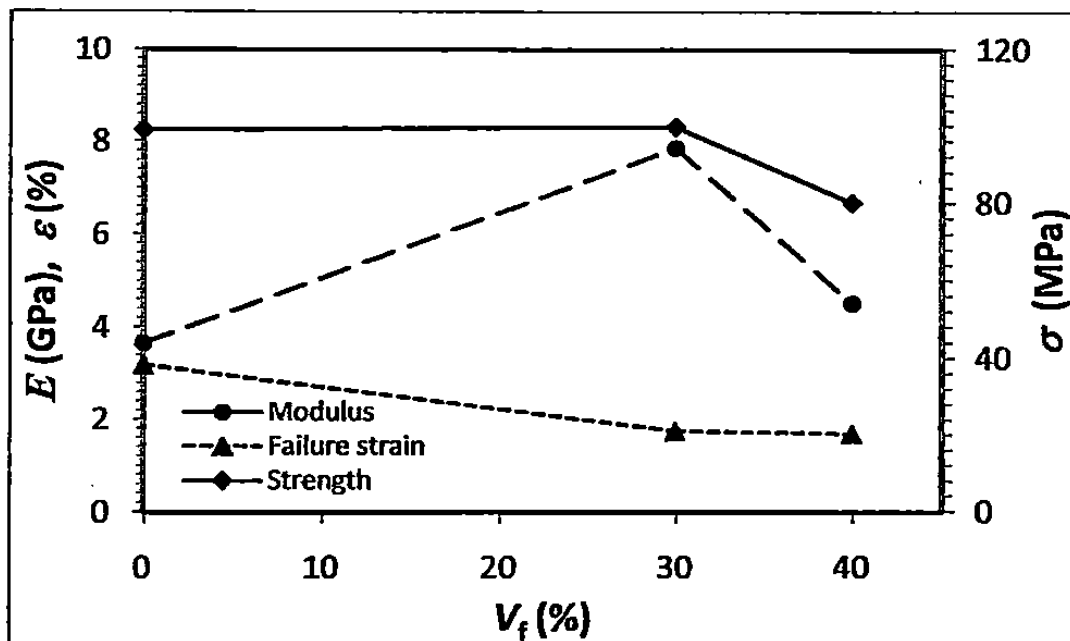
4.3.4. Modulus Elastisitas Bending

Pada hasil perhitungan rata-rata modulus elastisitas bending disajikan dalam Tabel 4.5 dan grafik hubungan antara modulus elastisitas bending dan fraksi volume



Tabel 4.5. Nilai tertinggi, terendah, rata-rata dan standar defiasi kekuatan, regangan, dan modulus elastisitas bending

Vf	Strength	Modulus	Failure strain	
			(mm/mm)	(%)
(%)	(MPa)	(GPa)		
0	99,05	3,663	0,0320	3,201
30	99,90	7,868	0,0176	1,761
40	80,25	4,518	0,0170	1,699



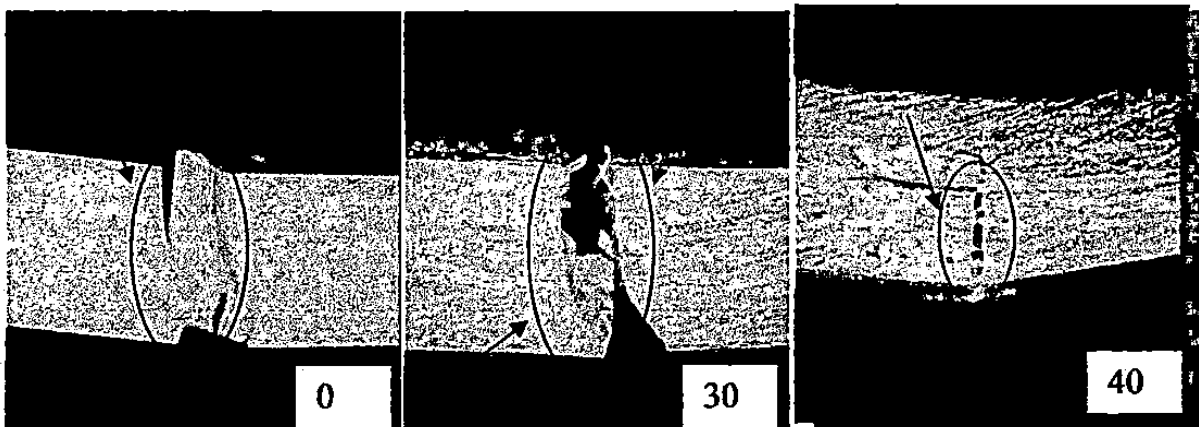
Gambar 4.8. Grafik kekuatan, regangan, dan modulus elastisitas bending

Dari grafik hubungan antara modulus tarik terhadap fraksi volume unidireksional berpenguat serat tebu/epoksi pada $V_f = 0\%$ sebesar 3,663 GPa dan mengalami kenaikan pada $V_f = 30\%$ sebesar 7,868 GPa. Sedangkan $V_f = 40\%$ mengalami penurunan sebesar 4,518 GPa. Hal ini sesuai dengan *Rule of Mixtures* (persamaan 2.8) dengan modulus elastisitas serat lebih kecil dari modulus elastisitas matriknya, maka dengan naiknya fraksi volume akan menurunkan pula modulus



4.3.5. Hasil Pengamatan Foto Makro Penampang Patahan

Hasil dari pengamatan foto makro penampang patahan dapat dilihat pada Gambar 4.11. Pada material komposit serat tebu/epoksi untuk $V_f = 0\%$ terjadi patah tunggal, $V_f = 10\%$ bentuk patahanya adalah patah tunggal dan terjadi fiber pullout, dan pada $V_f = 20\%$ terjadi patah banyak disertai fiber pullout. Pada $V_f = 30\%$ bentuk patahanya adalah patah banyak dan juga fiber pullout sedangkan untuk $V_f = 40\%$ terjadi patah tunggal kemudian disusul debonding. Fiber pullout terjadi karena matrik belum membasahi serat sehingga pada saat diberikan beban serat tercabut dari matrik.



Gambar 4.9. Foto makro patahan pada spesimen bonding