BAB IV
ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian

Berdasarkan data hasil pengujian kekuatan *bending* dari variasi *two direction pre-tension* pada *reinforcement fiber* panel komposit datar dengan standar ASTM D 7264 yang dilaksanakan di Laboratorium Beton & Bahan Bangunan Institut Teknologi Sepuluh November di dapatkan data pada tabel 4.1 untuk data pengujian *bending* akan dijelaskan sebagai berikut :

1. Dari hasil pengujian kekuatan *bending* didapatkan :

Perhitungan mencari kekuatan *bending* komposit :

$$\sigma = \frac{3PL}{2bh^2} \qquad \text{ASTM D7264, 2006} \qquad (4\text{-}1)$$

Keterangan :

σ = stress pada permukaan, N/mm^2

P = Gaya yang diberikan, N

L = Panjang spesimen, mm

b = lebar spesimen, mm

h = tebal spesimen, mm

Tabel 4.1 Data kekuatan *bending* komposit

Pengulangan	*Tension* (N)				
	$F_0 = 0$	$F_1 = 50$	$F_2 = 60$	$F_3 = 70$	$F_4 = 80$
	Kekuatan *Bending* (N/mm^2)				
1	32,1546	67,1882	51,8364	52,5227	83,0969
2	42,7029	50,8414	50,6062	76,863	84,224
3	37,4493	43,6151	81,6391	81,6677	85,5432
Jumlah	122,31	161,64	184,08	211,05	252,86
Rata-rata	37,436	53,882	61,361	70,351	84,288

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Analisis Varian Satu Arah Kekuatan *Bending*

Berdasarkan pada tabel 4.1 di atas dapat dilakukan perhitungan dengan persamaan-persamaan berikut untuk mengetahui pengaruh kekencangan mula dua arah *reinforcement fiber* panel komposit datar terhadap kekuatan *bending*.

- Jumlah Kuadrat Seluruh Perlakuan

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{k} Y_{ij}^{2} = 61826{,}81$$

- Jumlah kuadrat total (JKT)

$$JKT = \left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{k} Y_{ij}\right]^2 - \frac{Y_i^2}{N} = 61826{,}81 - \frac{921{,}95^2}{15} = 5160{,}61$$

- Jumlah kuadrat eror perlakuan (JKE)

$$JKE = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{k} Y_{ij}^{2} - \sum_{i=1}^{k}\frac{Y_i^2}{n_i} = 61826{,}81 - \frac{181111{,}69}{3} = 1456.25$$

- Jumlah kuadrat perlakuan (JKP)

$$JKP = JKT - JKE = 5160{,}61 - 1456{,}25 = 3704{,}36$$

- Kuadrat tengah perlakuan (KTP)

$$KTP = \frac{JKP}{k-1} = \frac{3704{,}36}{4} = 926{,}0892261$$

- Kuadrat tengah eror (KTE)

$$KTE = \frac{JKE}{n-k} = \frac{1456{,}25}{10} = 145{,}625$$

- Nilai F_{hitung}

$$F_{hitung} = \frac{KTP}{KTE} = \frac{926{,}0892261}{145{,}625} = 6{,}36$$

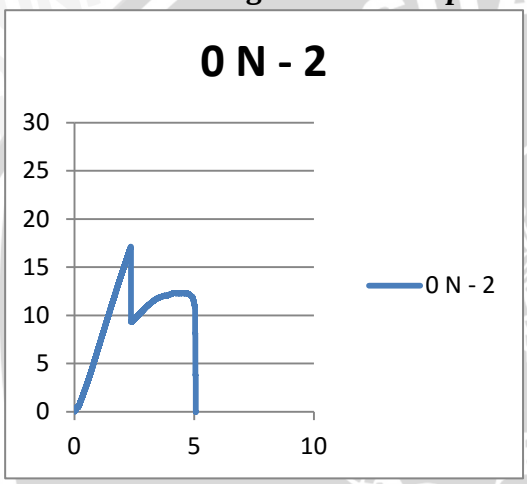
Tabel 4.2 Analisis Varian Satu Arah

Sumber Varian	Jumlah kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat tengah	F_{hitung}	F_{tabel}
Perlakuan	3704,36	4	926,0892261	6,36	3,47
Eror	1456,25	10	145,625		
Total	5160,61	14			

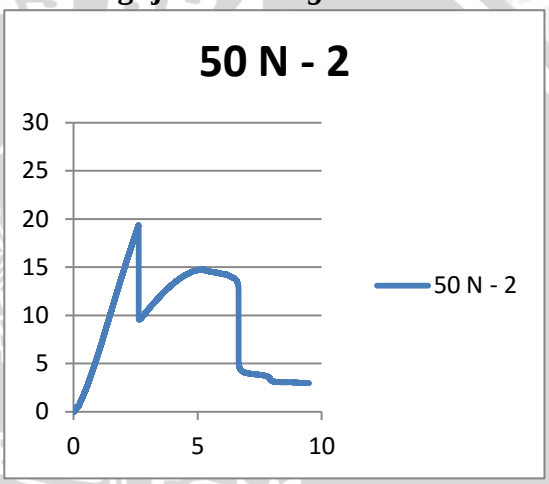
Berdasarkan tabel 4.2 dan dengan menggunakan derajat bebas (db) perlakuan dengan nilai 4 dan derajat bebas (db) eror dengan nilai 10 didapatkan harga F teoritik dalam tabel nilai – nilai F sebesar 3,47 pada taraf α = 5%. Hasil perhitungan didapatkan harga untuk F_{hitung} sebesar 6,35. Terlihat F_{hitung} > F_{tabels}, berarti H_0 ditolak, sehingga dapat disimpulkan bahwa hipotesis dapat diterima yang berarti variasi *two direction pre-tension* berpengaruh terhadap kekuatan *bending* pada *reinforcement fiber* komposit matriks polimer *vinyl ester*.

4.3 Pembahasan

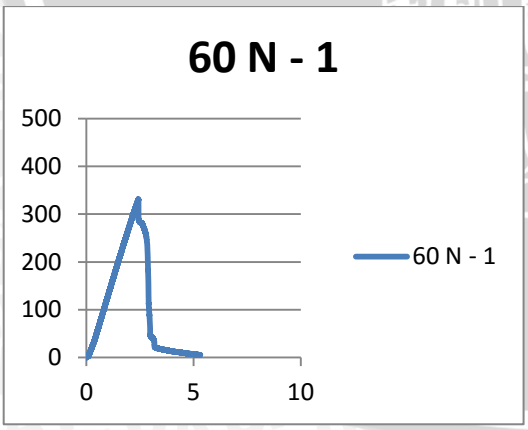
4.3.1 Grafik Perbandingan *Load – Displacement* Pengujian *Bending*



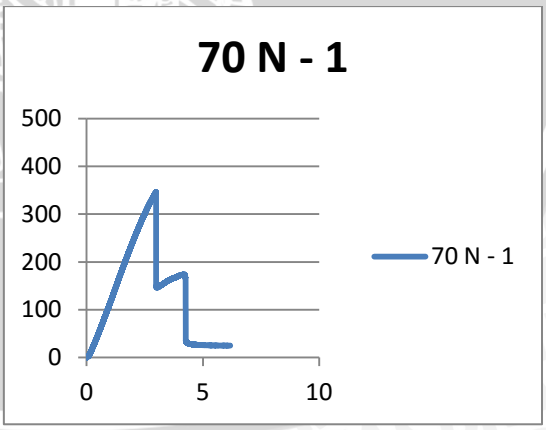
a. Tanpa *pre-tension*



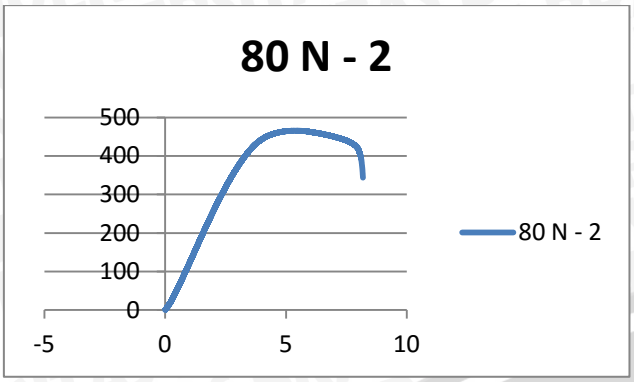
b. Variasi *pre-tension* 50 N



c. Variasi *pre-tension* 60 N



d. Variasi *pre-tension* 70 N



e. Variasi *pre-tension* 80 N

Gambar 4.1: Grafik *Load-Displacement* pengujian *bending*. a) Tanpa *Pre-tension*. b) Variasi *Pre-tension* 50 N. c) Variasi *Pre-tension* 60 N. d) Variasi *Pre-tension* 70 N. e) Variasi *Pre-tension* 80 N

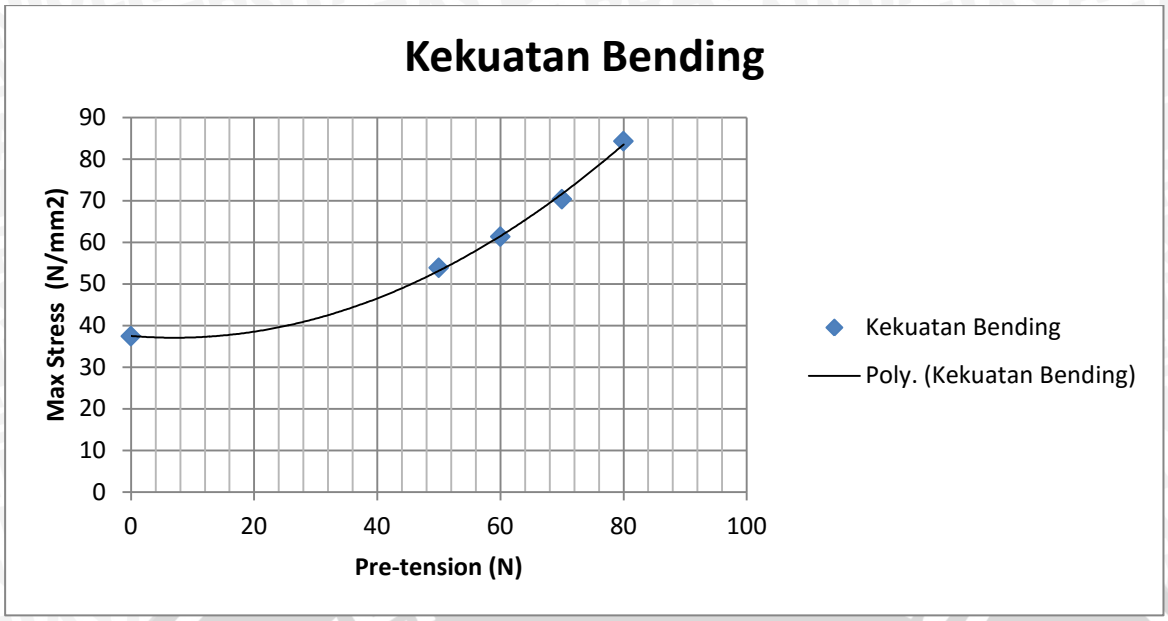
Gambar diatas menunjukkan grafik hubungan antara load terhadap displacement terhadap pengujian bending. Dari grafik dapat dilihat pada semua variasi *pre-tension* memiliki kecenderungan yang sama, yaitu load akan meningkat seiring dengan displacement. Kecenderungan lain pada grafik adalah naiknya load sampai titik tertentu yang disebut dengan *peak load*, kemudian terjadi penurunan yang signifikan.

Nilai *peak load* tertinggi tertinggi terdapat pada variasi *pre-tension* 80 N dengan nilai 465.394 N atau 47.457 kgf. Diikuti oleh variasi *pre-tension* 70 N dengan nilai 346.219 N atau 35.3045 kgf. Diteruskan variasi *pre-tension* 60 N dengan nilai 331.557 N atau 33.8094 kgf. Kemudian variasi 50 N dengan nilai 190.121 N atau 19.387 kgf. *Peak load* terendah terdapat variasi tanpa *pre-tension* dengan nilai 168.049 N atau 17.1362 kgf.

4.3.2 Grafik Uji *Bending*

Berdasarkan hasil pengujian dapat diketahui pengaruh *two directions pre-tension* pada *reinforcement fiber* komposit polimer terhadap kekuatan *bending*. Pada analisis varian satu arah telah didapatkan bahwa nilai $F_{hitung} > F_{tabels}$, berarti H_0 ditolak yang berarti variasi *two direction pre-tension* berpengaruh terhadap kekuatan *bending* pada *reinforcement fiber* komposit matriks polimer.

Berdasarkan data hasil penelitian yang didapatkan untuk mengetahui kekuatan *bending* dari masing – masing variasi *two direction pre-tension* dapat dibuat grafik sebagai berikut :



Gambar 4.2 Grafik hubungan antara variasi *pre-tension* pada *reinforcement fiber* dengan kekuatan *bending* pada komposit.

Pada gambar 4.2 Grafik hubungan antara variasi *two direction pre-tension* dengan kekuatan *bending* menunjukkan, spesimen tanpa perlakuan memiliki kekuatan rata-rata sebesar 37,436 N/mm^2. Variasi *pre-tension* 50 memiliki kekuatan rata-rata sebesar 53,881 N/mm^2. Variasi *pre-tension* 60 N memiliki kekuatan rata-rata sebesar 61,361 N/mm^2. Variasi *pre-tension* 70 N memiliki kekuatan rata-rata sebesar 70,351 N/mm^2. Variasi *pre-tension* 80 N memiliki kekuatan rata-rata sebesar 84,288 N/mm^2.

Kekuatan *bending* tertinggi terdapat pada variasi *two direction pre-tension* 80 N dengan nilai kekuatan *bending* sebesar 84,288 N/mm^2. Kekuatan *bending* terendah terdapat pada variasi tanpa *pre-tension* dengan nilai kekuatan *bending* sebesar 37,436 N/mm^2.

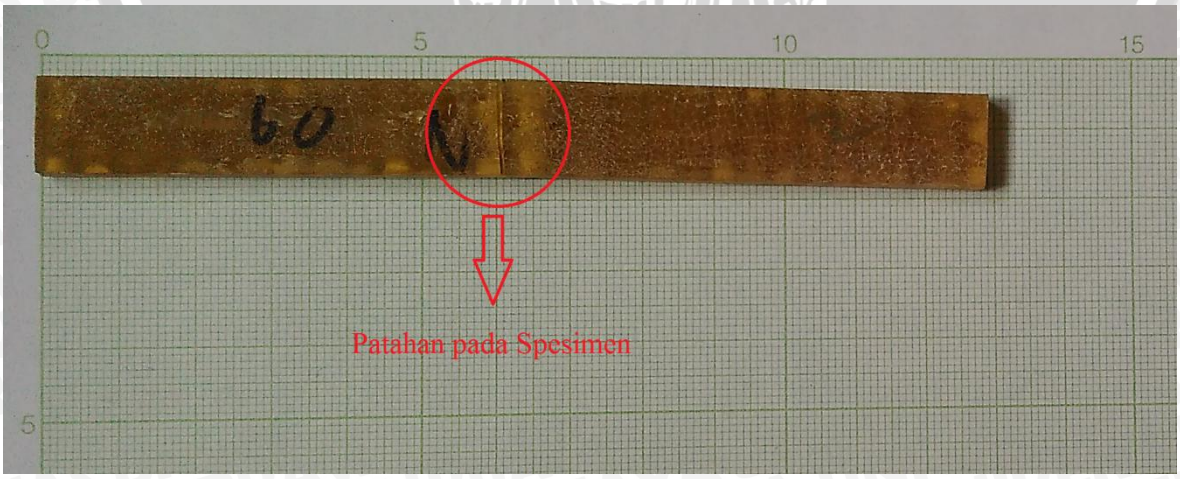
Kenaikan nilai kekuatan *bending* yang signifikan jika dibandingkan dengan variasi tanpa *pre-tension* dapat disebabkan oleh pemberian *two direction pre-tension* pada material komposit. Pemberian *pre-tension* secara 2 arah memberikan tegangan sisa pada material yang menyebabkan material komposit lebih kuat jika dibandingkan dengan material komposit tanpa *pre-tension*.

Tegangan sisa pada material komposit berbentuk *compressive stress* yang berarti tegangan tekan, tegangan ini memperkuat material dengan cara melawan gaya dari luar selama gaya yang diberikan tidak melewati batas kelenturan matriks yang dapat menyebabkan material patah. *Pre-tension* dua arah memberikan penguatan pada komposit tidak hanya ke arah transversal, namun juga kearah longitudinal.

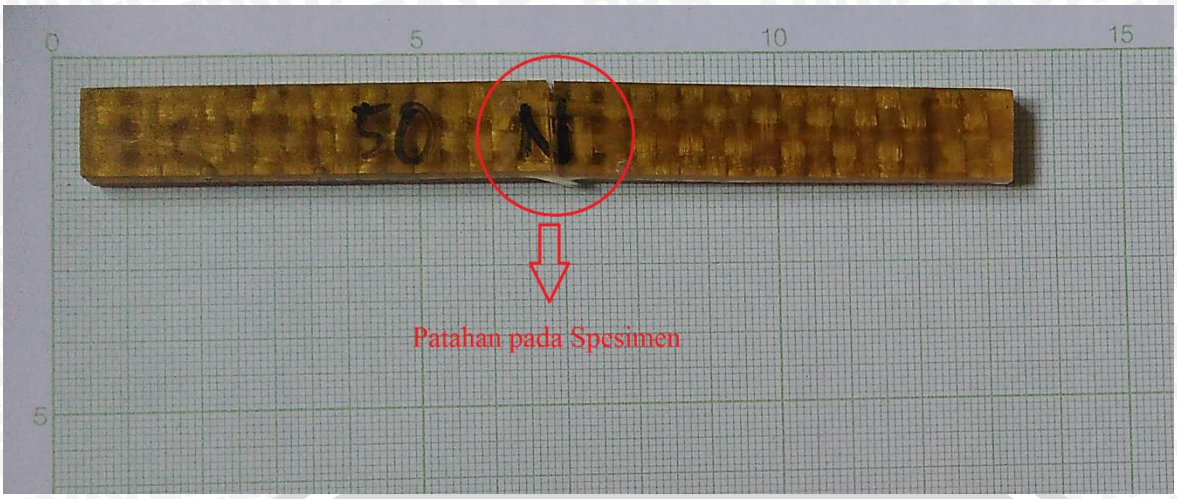
4.3.3 Foto Spesimen Hasil Pengujian

Gambar 4.3: Spesimen dengan *pre-tension* 80 N

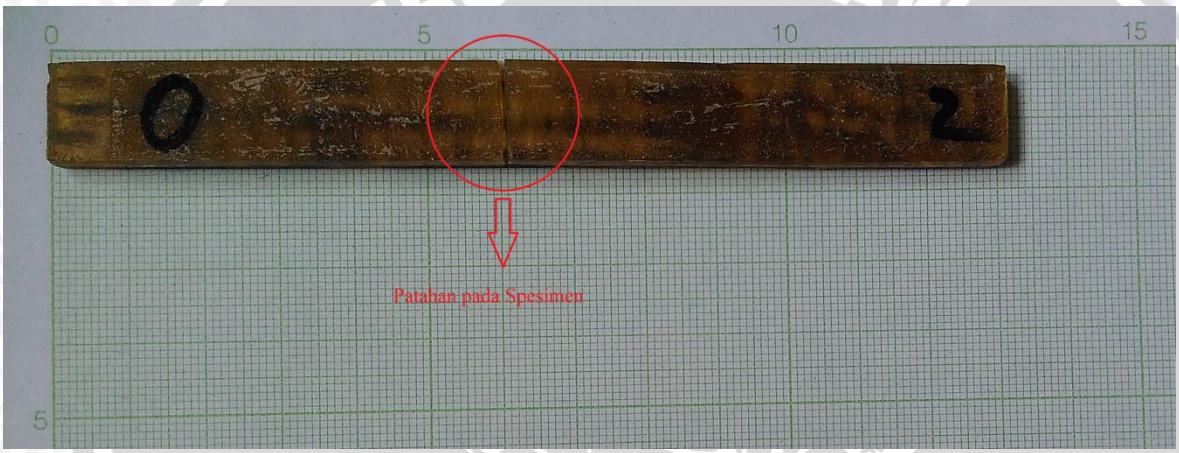
Gambar 4.4: Spesimen dengan *pre-tension* 70 N



Gambar 4.5: Spesimen dengan *pre-tension* 60 N



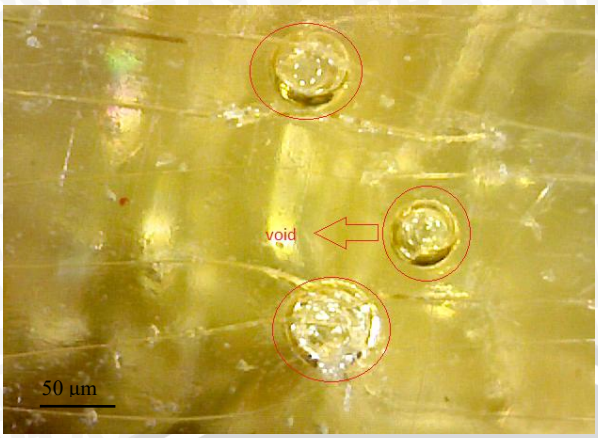
Gambar 4.6: Spesimen dengan *pre-tension* 50 N



Gambar 4.7: Spesimen tanpa *pre-tension*

4.3.4 Foto Mikrostruktur

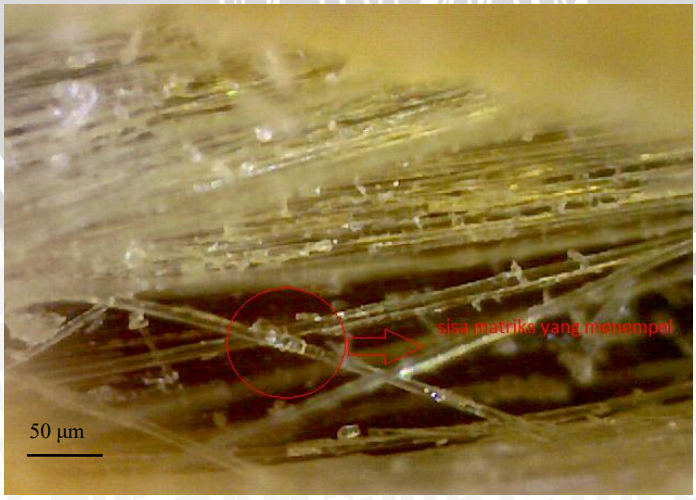
Foto mikrostruktur merupakan foto spesimen hasil pengujian dengan pembesaran 300 kali menggunakan mikroskop digital. Foto mikrostruktur digunakan untuk memperjelas hasil pengujian yang tidak terlihat secara kasat mata seperti *void* pada spesimen yang berukuran sangat kecil dan patahan serat.



Gambar 4.8: *Void* pada spesimen

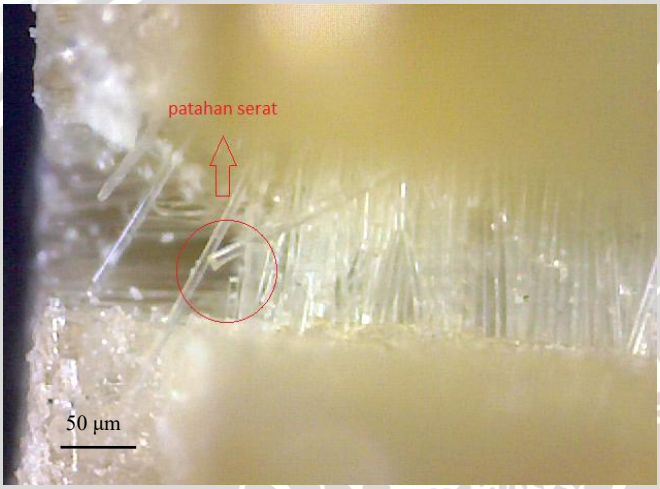
Void atau udara yang terjebak merupakan hal yang dihindari saat fabrikasi produk komposit. *Void* pada komposit merupakan hal yang merugikan karena dapat mengurangi kekuatan mekanik dari sebuah struktur komposit. Seperti terlihat pada gambar 4.2 dimana retakan pada spesimen dimulai dari *void*. Udara yang terjebak ini mengurangi kekuatan mekanik karena membuat distribusi tegangan tidak merata sehingga memberikan titik lemah pada struktur komposit.

Udara yang terjebak dalam matriks dapat menimbulkan cacat pada spesimen. Udara yang terjebak ini membuat serat tidak tercampur dengan matriks. Udara yang terjebak dapat pula membuat matrik menjadi rapuh sehingga distribusi beban yang terjadi tidak merata. Hal ini yang menyebabkan kekuatan mekanik pada komposit menurun. Kehadiran *void* pada komposit dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti *wetability* serat, design cetakan dan proses pembuatan komposit.



Gambar 4.9: Patahan Delaminasi

Patahan delaminasi terjadi akibat serat yang tercabut dari matriks. Hal ini biasa terjadi akibat kurangnya kekuatan ikatan antar serat dengan matriks. Delaminasi patahan berbentuk serabut, hal ini menunjukkan wetability terhadap serat kurang. Kurangnya *wetability* pada serat dapat terjadi akibat beberapa faktor seperti melekatnya *mirror glaze* pada serat sebelum material di cor. Kegagalan material berupa delaminasi menunjukkan bahwa serat pada material komposit masih bersifat elastis. Patahan delaminasi dapat terindikasi dari adanya sisa matriks yang menempel pada serat seperti pada gambar 4.3. Serat yang elastis mengindikasikan bahwa serat tidak menyimpan gaya dari *pre-tension*. Patahan delaminasi terjadi pada variasi *pre-tension* 0 N, 50 N, dan 60 N.



Gambar 4.10: Patahan Serat

Pada spesimen dengan variasi *pre-tension* 80 N serat mengalami patah. Patahan ini bisa terjadi akibat serat juga ikut mendistribusikan beban yang cukup besar pada saat pengujian *bending*. Pada gambar 4.4 terlihat pada foto mikrostruktur serat mengalami patah. *Pre-tension* pada komposit menyebabkan serat memberikan gaya untuk melawan beban dari luar. Perlawanan ini berujung patahan pada serat setelah matriks mengalami kerusakan lebih dahulu.

4.3.5 Perhitungan Residual Stress

Pada penelitian ini perhitungan *residual stress* mengacu pada penelitian Bekampiene. Peningkatan *tensile strength* akibat pemberian *pre-tension* sebesar 12% kearah *warp*, 58% kearah *weft* dan 39% ke arah bias. Hal ini meningkatkan *bending strength* pada material yang disebabkan oleh *residual stress* dari pemberian *pre-tension*. Sehingga, nilai residual stress pada komposit dapat disamakan dengan penguatan yang didapat oleh material.

Contoh perhitungan *residual stress* dengan variasi *pre-tension* 50 N.

$12\ \% \times 50\ N = 6\ N$ ke arah *warp*
$58\ \% \times 50\ N = 29\ N$ ke arah *weft*
$39\ \% \times 50\ N = 19{,}5\ N$ ke arah bias

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA