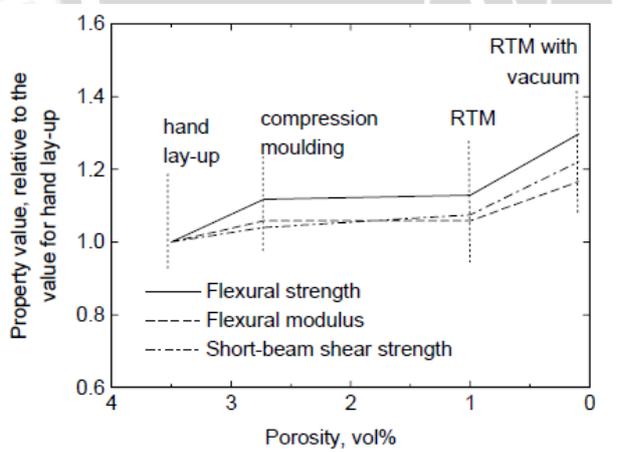


BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pembahasan

Komposit dengan material polimer sebagai penguat akan menghasilkan beberapa kecacatan pada material komposit, hal ini dikarenakan dengan metode manufaktur atau metode pembuatan material komposit yang digunakan. Salah satu cacat yang sering terjadi pada metode manufaktur adalah *porosity*. Metode manufaktur dalam pembentukan material komposit akan mempengaruhi *porosity* yang terdapat di dalam material komposit hal ini dapat dilihat pada gambar 4.1. Dari grafik diatas maka dapat dilihat bahwa metode RTMV memiliki *porosity* yang sangat kecil dibandingkan metode hand lay-up. Dari grafik diatas maka dapat dilihat bahwa metode RTMV memiliki *porosity* yang sangat kecil dibandingkan metode hand lay-up. Metode RTM dapat mengurangi tekanan udara di dalam rongga cetakan, sehingga memiliki tingkat *porosity* yang rendah.

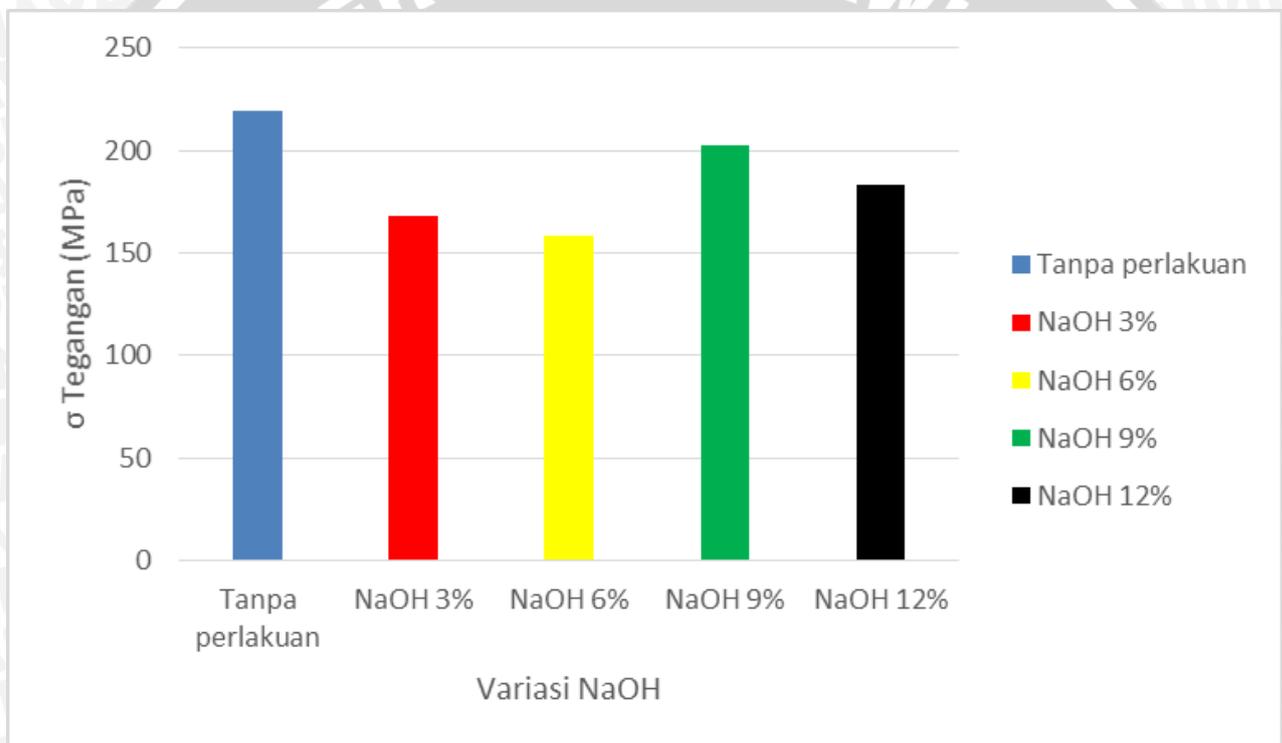


Gambar 4.1 Variasi metode manufaktur komposit terhadap *porosity*

Sumber : Bryan Harris, 1999

4.1.1 Hasil Pengujian Tarik Serat Waru

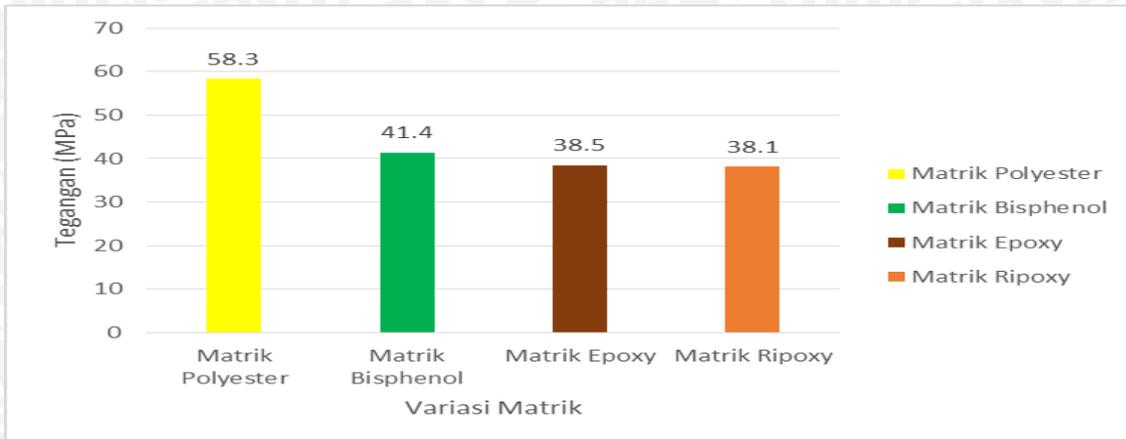
Dapat dilihat dari Gambar 4.2 bahwa urutan kekuatan serat tunggal di urutan dari yang paling tinggi ke rendah adalah tanpa NaOH yaitu 219.4 MPa, NaOH 9% yaitu 201.5 MPa, NaOH 12% yaitu 183 MPa, NaOH 3% yaitu 168.4 MPa dan NaOH 6% 158.5 MPa. Perbedaan kekuatan ini disebabkan karena lignin dan selulosa pada serat waru memiliki peranan sebagai matrik alami yang dapat memperkuat ikatan, dapat dilihat pada variasi tanpa perlakuan bahwa memiliki nilai yang paling tinggi. Perlakuan NaOH di maksudkan agar lignin dan selulosa terlepas dan nantinya dapat dimasuki oleh matrik,



Gambar 4.2 Diagram Kekuatan Tarik Serat Tunggal

4.1.2 Hasil Pengujian Tarik Metrik

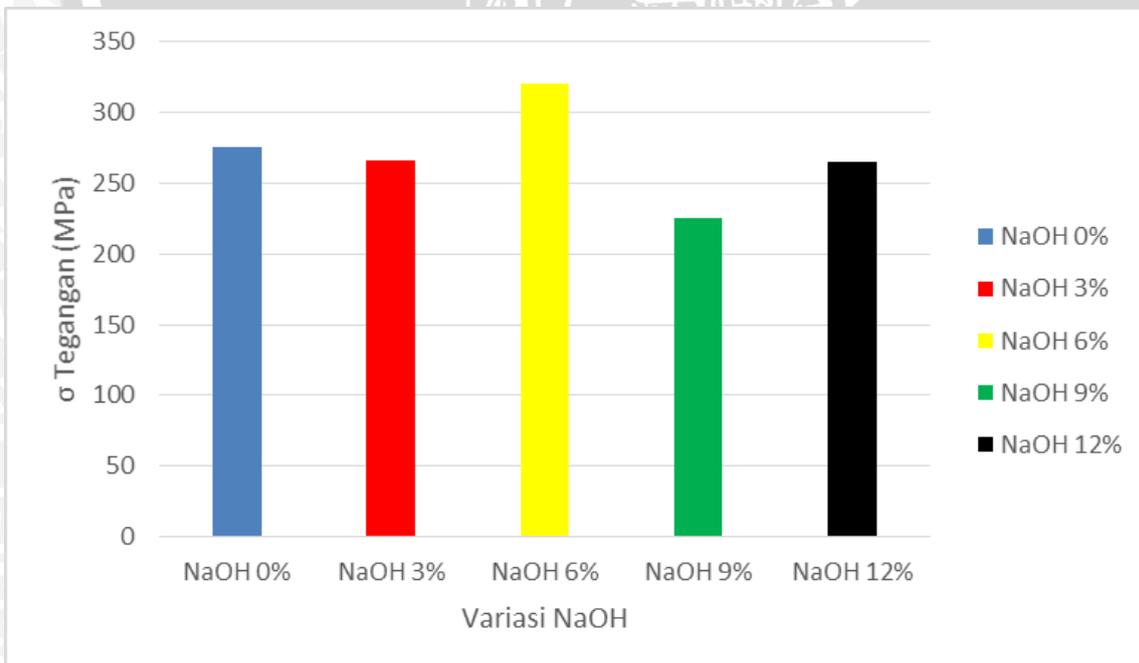
Dapat dilihat dari Gambar 4.3 bahwa urutan kekuatan tarik matrik tanpa serat di urutan dari yang paling rendah ke tinggi adalah metrik Ripoxy yaitu 38.1 MPa, matrik Epoxy 38.5 MPa, Matrik Bisphenol 41.4 MPa dan polyester 58.3 MPa. Perbedaan kekuatan ini disebabkan karena karakteristik dari masing-masing resin berbeda.



Gambar 4.3 Diagram Kekuatan Tarik Metrik Tanpa Serat

4.1.3 Hasil Pengujian Tarik Komposit Polyester

Pada gambar 4.4 menunjukkan perbandingan kekuatan tarik antara Serat waru bermatrik *Polyester* dengan Variasi NaOH, Pada Variasi 6% setelah di proses menjadi komposit memiliki kekuatan yang paling tinggi yaitu 321 MPa, dikarenakan perlakuan NaOH 6% saat sudah di proses menjadi komposit memiliki kekuatan paling tinggi maka di ambil sebagai variabel yang akan diuji, karena perlakuan NaOH 6% dilihat memiliki potensi menjadi komposit, maka dapat dikatakan selulosa dan lignin terlepas lebih banyak pada variasi NaOH 6% sehingga membuat matrik nantinya dapat menempati ruang lebih banyak

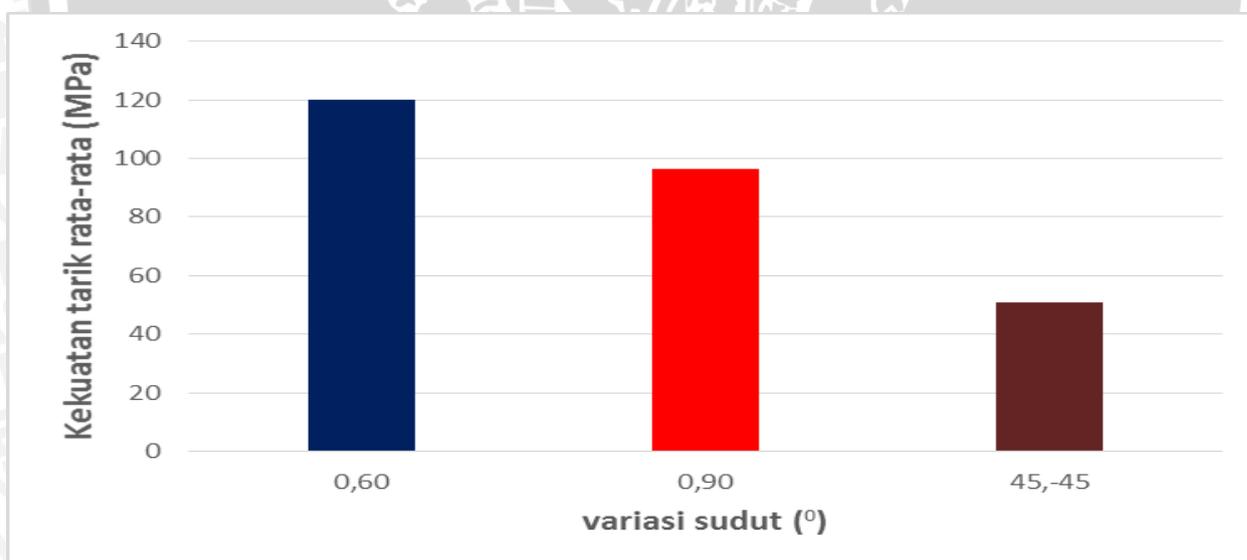


Gambar 4.4 Diagram Kekuatan Tarik Resin Serat Dan Komposit

4.2 Analisis Hubungan Antara Orientasi Serat Dengan Kekuatan Tarik

Dapat dilihat dari gambar 4.5 kekuatan tarik maksimal terdapat pada serat orientasi (0,60) memiliki kekuatan tarik sebesar 120 MPa, orientasi (0,90) memiliki kekuatan tarik sebesar 96.5 MPa dan (45,45) sebesar 51 MPa. Dari perbandingan kekuatan tarik dengan variasi orientasi yang berbeda menghasilkan kekuatan tiap spesimen yang berbeda dan cukup signifikan.

Dari analisa yang dilakukan, jika dilihat dari proses Pengujian tarik hasil pengujian menyimpang dari teori yang seharusnya urutan kekuatan tarik terbesar dari orientasi (0,90) (0,60) dan (45,45). Hasil pengujian yang menyimpang dari (0,90) dan (0,60) bisa dikarenakan oleh pada saat proses alkalisasi serat yang mampu melepas lignin secara maksimal adalah (0,60) dari data berat (0,60) mampu melepas lignin paling besar dibuktikan dengan data hasil berat serat (0,90) 6.3g-5.9g (45,45) 6g-5.65g dan (0,60) 6.3g-6.6g sehingga mempengaruhi kekuatan komposit. Hal menyebabkan kekuatan antara resin dan serat menjadi kuat. Penyebab serat dengan variasi (0,90) dan (0,60) memiliki arah gaya yang tegak lurus terhadap gaya tarik. Sedangkan untuk arah orientasi (45,45) arah tegangan tarik membentuk sudut sehingga tegangan tidak maksimal.



Gambar 4.5 Analisis Hubungan Antara Orientasi Serat Dengan Kekuatan Tarik

4.2.1 Analisis Hubungan Tegangan Dan Regangan Variasi Orientasi

Dari hasil pengujian Tarik di dapatkan data beban pertambahan panjang seperti yang tercatum dalam lampiran 1 kemudian diolah sehingga didapatkan diagram tegangan ragangan seperti pada gambar 4.4 dari diagram tersebut

diperoleh kekuatan Tarik yang ditunjukkan oleh tegangan ultimate spesimen kemudian nilai tensile streng dengan berbagai variasi orientasi serat dengan rumus :

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

dengan

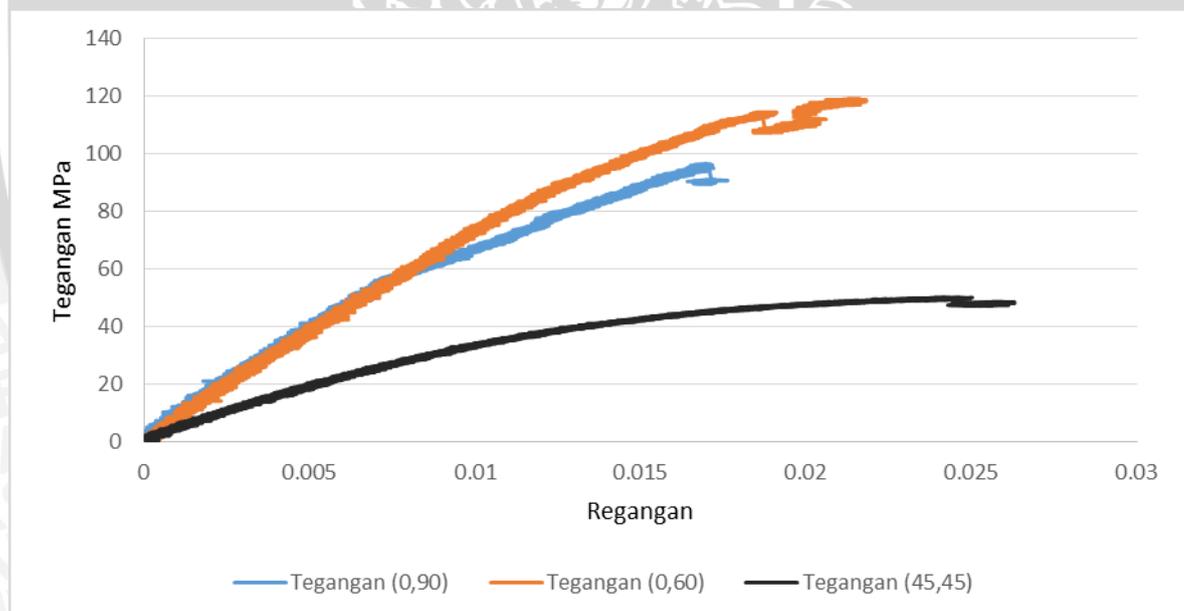
σ = Tegangan Tarik (MPa)

F = Gaya yang diterima (N)

A = luas penampang spesimen (mm²)

Tabel.4.1 Data Uji Tarik Varias Orientasi

	Orientasi (0)	Kekuatan Tarik (MPa)
1	(0,90)	96.5
2	(0,60)	120
3	(45,-45)	51



Gambar 4.6 Diagram Tegangan-Regangan Komposit Serat Waru Dengan Variasi Sudut

A. Hubungan tegangan - regangan pada berbagai Variasi

Grafik 4.6 merupakan grafik yang menunjukkan hubungan tegangan regangan dari berbagai variasi orientasi serat waru diantaranya adalah (0⁰,90⁰), (45⁰,45⁰), (0⁰,60⁰).

Dimana dari grafik dapat diketahui sumbu x menjelaskan regangan dan sumbu y menjelaskan tegangan.

Pada grafik hubungan antara tegangan dengan regangan rekayasa pada berbagai variasi orientasi diperoleh urutan kekuatan tarik dari tertinggi ke rendah yaitu $(0^{\circ},90^{\circ})$, $(0^{\circ},60^{\circ})$ dan $(45^{\circ},45^{\circ})$.

- Variasi orientasi $(0^{\circ},90^{\circ})$

Kekuatan tarik variasi orientasi $(0^{\circ},90^{\circ})$ yaitu sebesar 96.5 MPa dengan ukuran gaya yang diperlukan untuk mematahkan atau merusak bahan. Dengan besar persatuan panjang sebagai regangan memiliki 0.029. Tegangan yield yang di terima specimen komposit 61.5 MPa. Harga modulus elastisitas pada specimen (0.90) adalah 7.4 GPa.

- Variasi orientasi $(45^{\circ},45^{\circ})$

Kekuatan tarik variasi orientasi $(45^{\circ},45^{\circ})$ yaitu sebesar 51 MPa adalah ukuran gaya yang diperlukan untuk mematahkan atau merusak bahan. Dengan besar persatuan panjang sebagai regangan memiliki 0.038. Tegangan yield yang di terima specimen komposit 29.5 MPa. Harga modulus elastisitas pada specimen (45.45) adalah 3.4 GPa.

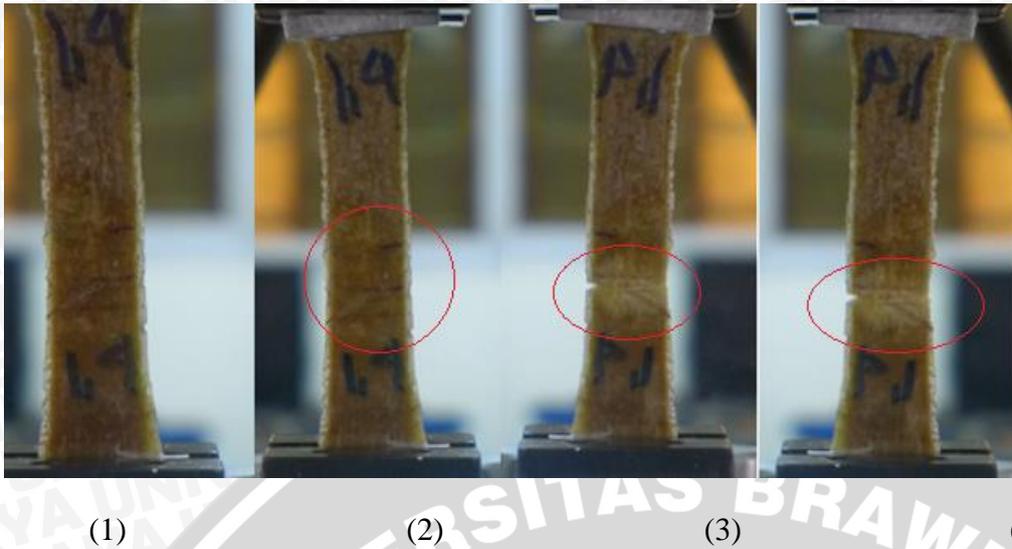
- Variasi orientasi $(0^{\circ},60^{\circ})$

Kekuatan tarik variasi orientasi $(0^{\circ},60^{\circ})$ yaitu sebesar 120 MPa dengan ukuran gaya yang diperlukan untuk mematahkan atau merusak bahan. Dengan besar persatuan panjang sebagai regangan memiliki 0.030. Tegangan yield yang di terima specimen komposit 82.5 MPa. Harga modulus elastisitas pada specimen (0.60) adalah 7.2 GPa.

4.3. Analisa Patahan

Dari hasil pengujian Tarik dapat diketahui bentuk permukaan patahan specimen komposit serat waru ber matrik *Polyester* dengan berbagai variasi orientasi serat Dilakukan analisa patahan sebagai berikut

4.3.1 Analisa Patahan Spesimen Uji Tarik ($0^{\circ}, 90^{\circ}$)



Gambar 4.7 Fase bentuk patahan specimen Uji Tarik Orientasi serat ($0^{\circ}, 90^{\circ}$)

Pada gambar 4.7 poin nomor (1) adalah kondisi awal spesimen saat proses uji tarik dimulai. (2) kondisi pada spesimen mulai timbul daerah patahan yang terbentuk akibat penyempitan luas penampang akibat dari gaya. (3) pada spesimen serat waru sudah ada *debonding* matrik dan serat tetapi masih belum sepenuhnya (4) specimen mengalami patah. Berikut adalah bukti adanya *debonding* di material.



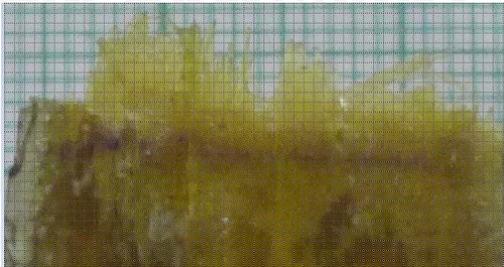
Gambar 4.8 Bentuk tampak atas patahan specimen Uji Tarik Orientasi ($0^{\circ}, 90^{\circ}$)

Dengan melihat bentuk patahan tampak atas yang terjadi pada spesimen sudut serat ($0^{\circ}, 90^{\circ}$) adanya kegagalan material. Hal ini dikarenakan ikatan antar matrik dan fiber tidak berikatan dengan sempurna sehingga terjadi *debonding* dan *pull out*. Selain itu gaya

pembebanan yg diterima pada spesimen dengan sudut $0^{\circ}, 90^{\circ}$ dari bentuk patahnya terlihat sesuai dengan sumbu yang di bentuk 90°

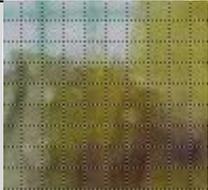
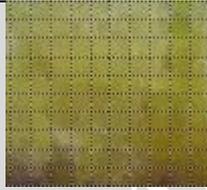
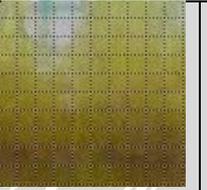
Analisa Makrostruktur

Mikrostruktur dari patahan ($0^{\circ}, 90^{\circ}$)



Gambar 4.9 Foto makro patahan ($0^{\circ}, 90^{\circ}$)

Dari hasil foto makrostruktur tersebut diambil lima sampel untuk dihitung prosentase kegagalan komposit, dengan ukuran 1x1 cm menggunakan millimeter.

				
1	2	3	4	5

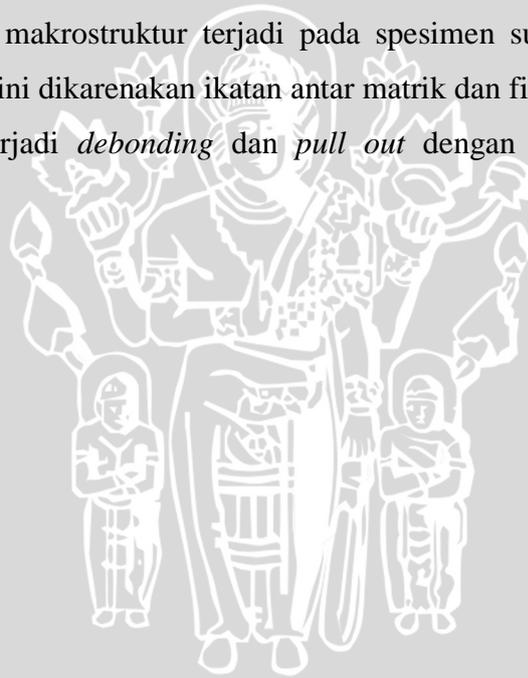
Gambar 4.10 Sampel makrostruktur dari kegagalan komposit ($0^{\circ}, 90^{\circ}$)

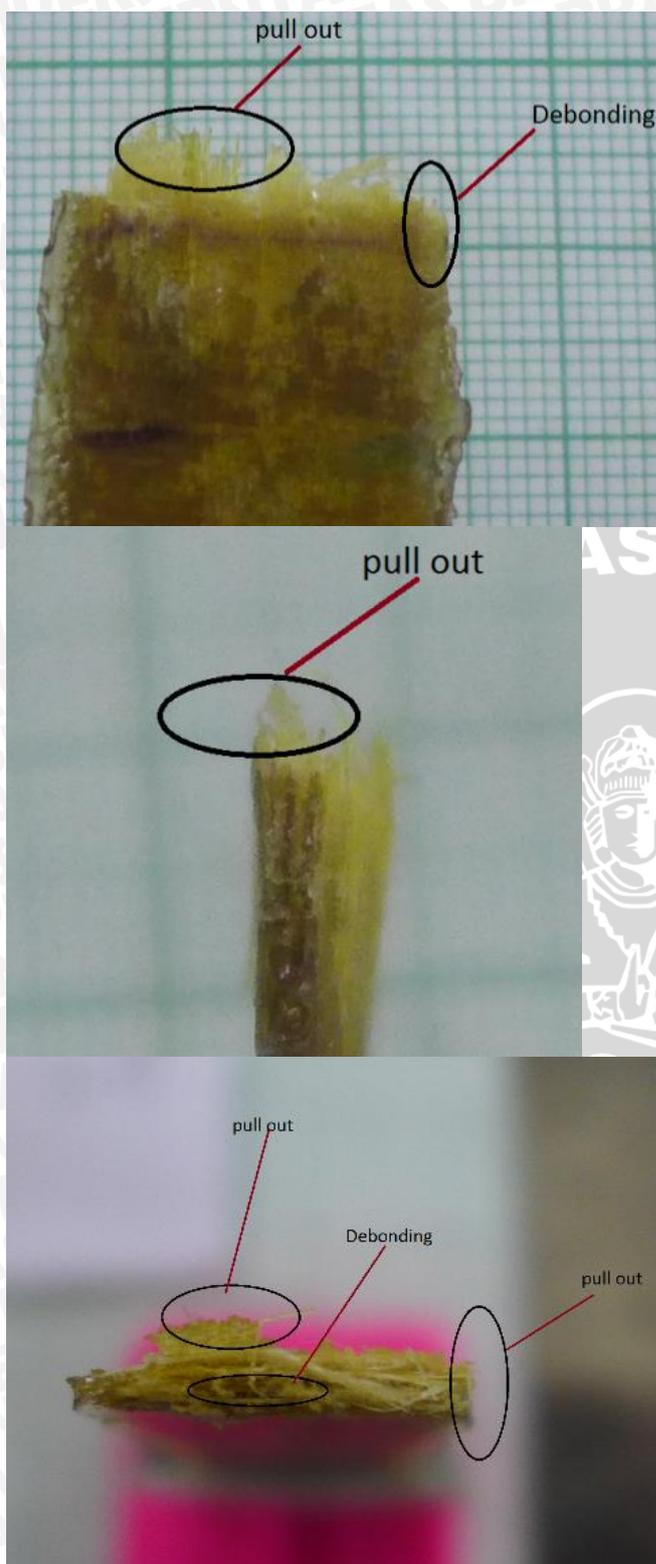
Dari lima sampel tersebut dapat diperoleh data sebagai berikut :

Tabel.4.2
Data presentase debonding dan pull out specimen ($0^0,90^0$)

No.	Debonding (%)	Pull out (%)
1	88	12
2	30	70
3	71	29
4	52	48
5	41	59
Σ	56,4	43,6

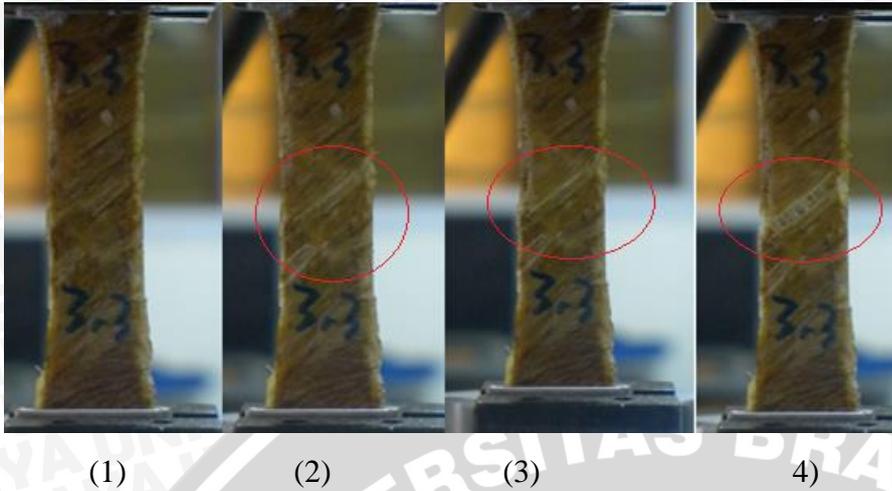
Dengan melihat hasil makrostruktur terjadi pada spesimen sudut serat ($0^0,90^0$) adanya kegagalan material. Hal ini dikarenakan ikatan antar matrik dan fiber tidak berikatan dengan sempurna sehingga terjadi *debonding* dan *pull out* dengan prosentase 56.4% debonding dan 43.6% pull out.





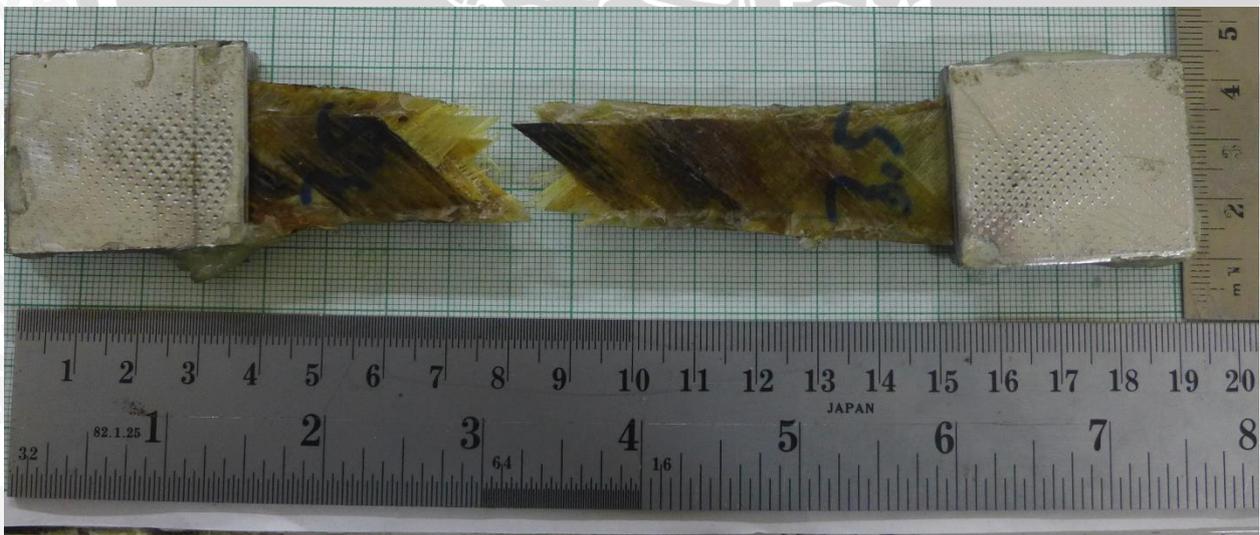
Gambar 4.11 Foto permukaan patah spesimen($0^{\circ}, 90^{\circ}$)

4.3.2 Analisa Patahan Spesimen Uji Tarik ($45^{\circ}, 45^{\circ}$)



Gambar 4.12 Fase bentuk patahan specimen Uji Tarik Orientasi serat($45^{\circ}, 45^{\circ}$)

Pada gambar 4.11 poin nomor (1) adalah kondisi awal specimen saat proses uji tarik dimulai. (2) kondisi pada specimen mulai timbul daerah patahan yang terbentuk akibat penyempitan luas penampang akibat dari gaya. (3) pada specimen serat waru sudah ada *debonding* matrik dan serat tetapi masih belum sepenuhnya (4) specimen mengalami patah. Berikut adalah bukti adanya *debonding* di material.



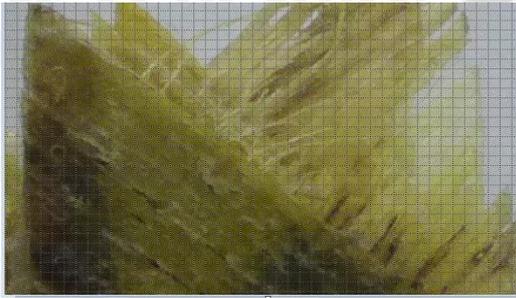
Gambar 4.13 Bentuk tampak atas patahan specimen Uji Tarik Orientasi ($45^{\circ}, 45^{\circ}$)

Dengan melihat bentuk patahan tampak atas yang terjadi pada specimen sudut serat ($45^{\circ}, 45^{\circ}$) adanya kegagalan material. Hal ini dikarenakan ikatan antar matrik dan fiber tidak berikatan dengan sempurna sehingga terjadi *debonding* dan *pull out*. Selain itu gaya

pembebanan yg diterima pada spesimen dengan sudut $45^{\circ}, 45^{\circ}$ adalah yang paling kecil nilai kekuatannya dari bentuk patahnya terlihat sesuai dengan sumbu yang di bentuk 45° .

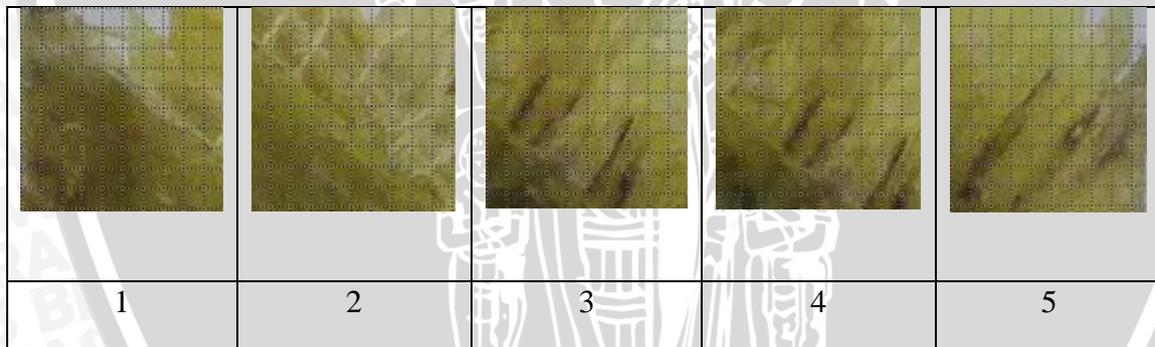
Analisa Makrostruktur

Mikrostruktur dari patahan ($45^{\circ}, 45^{\circ}$)



Gambar 4.14 Foto makro patahan ($45^{\circ}, 45^{\circ}$)

Dari hasil foto makrostruktur tersebut diambil lima sampel untuk dihitung prosentase kegagalan komposit, dengan ukuran 1x1 cm menggunakan millimeter *block*.



Gambar 4.15 Sampel makrostruktur dari kegagalan komposit ($45^{\circ}, 45^{\circ}$)

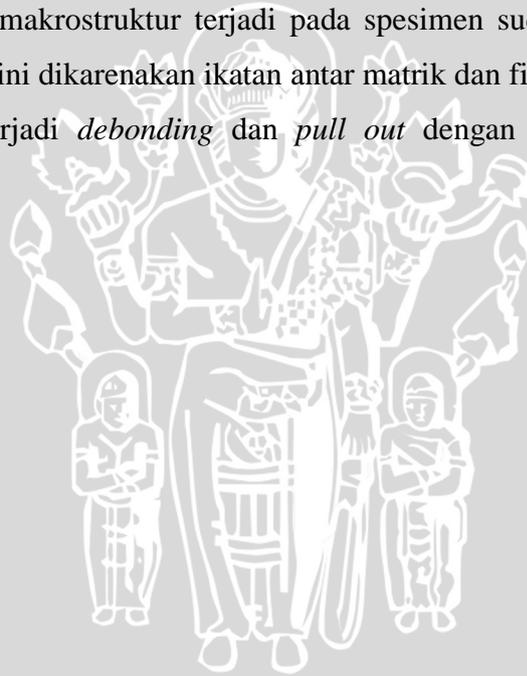
Dari lima sampel tersebut dapat diperoleh data sebagai berikut :

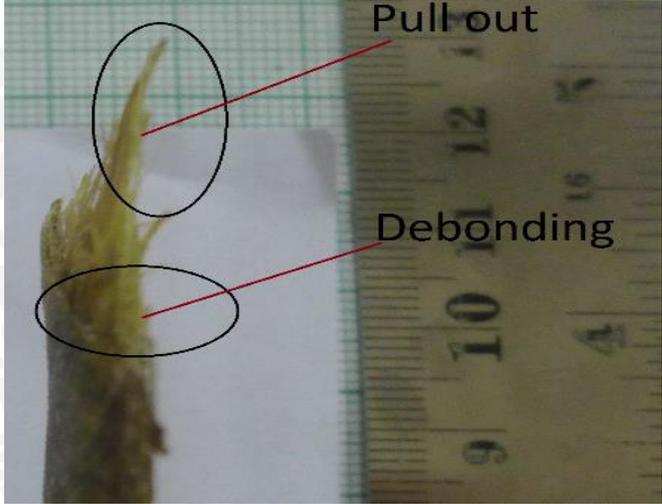
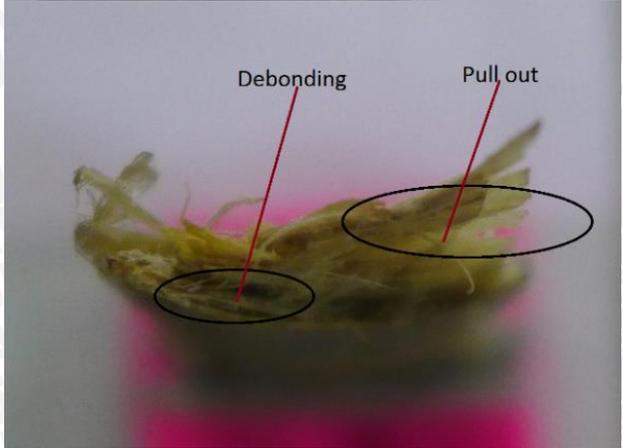
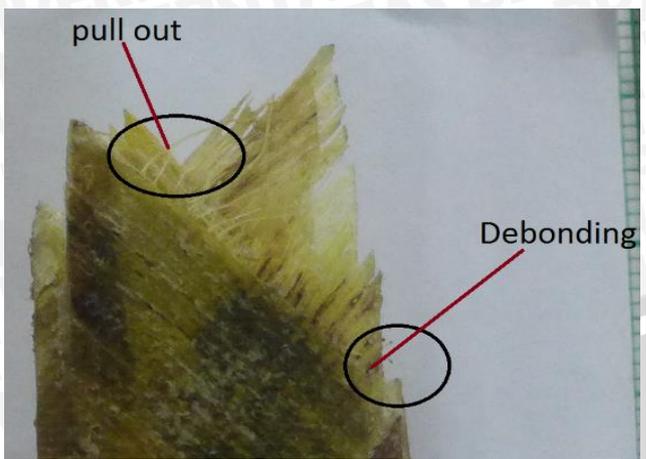
Tabel.4.3

Data presentase debonding dan pull out specimen ($45^{\circ},45^{\circ}$)

No.	Debonding (%)	Pull out (%)
1	31	69
2	43	57
3	5	95
4	4	96
5	0	100
Σ	16.6	83.4

Dengan melihat hasil makrostruktur terjadi pada spesimen sudut serat ($45^{\circ},45^{\circ}$) adanya kegagalan material. Hal ini dikarenakan ikatan antar matrik dan fiber tidak berikatan dengan sempurna sehingga terjadi *debonding* dan *pull out* dengan prosentase 16.6% debonding dan 83.4% pull out.

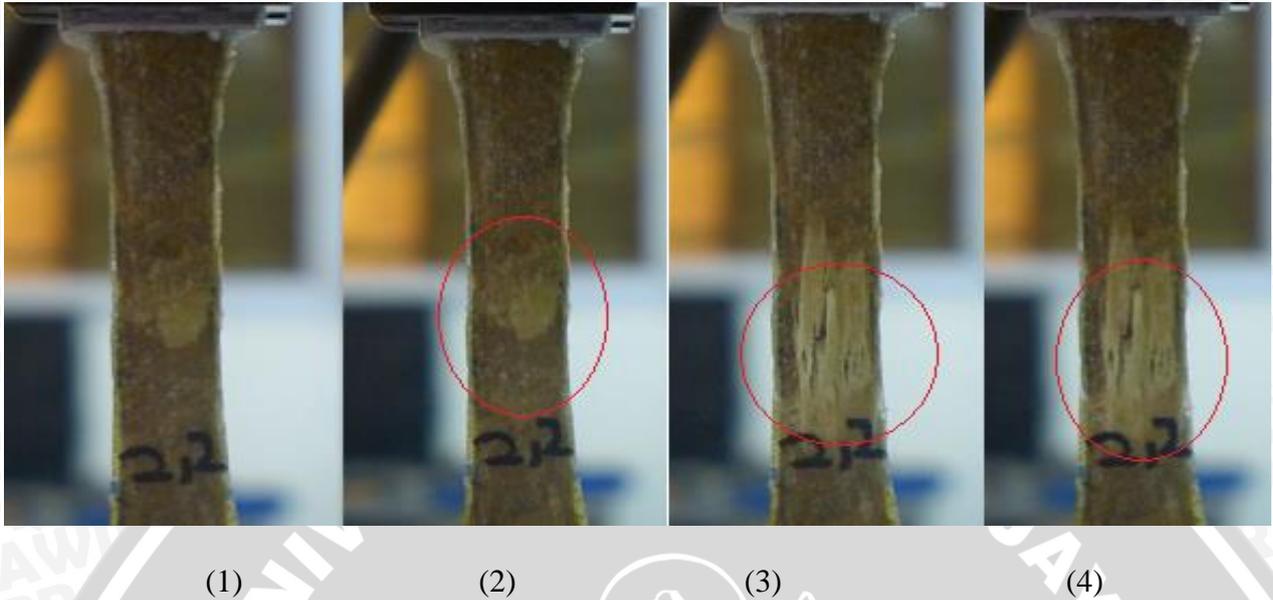




Gambar 4.16 Foto permukaan patah spesimen(45⁰,45⁰)

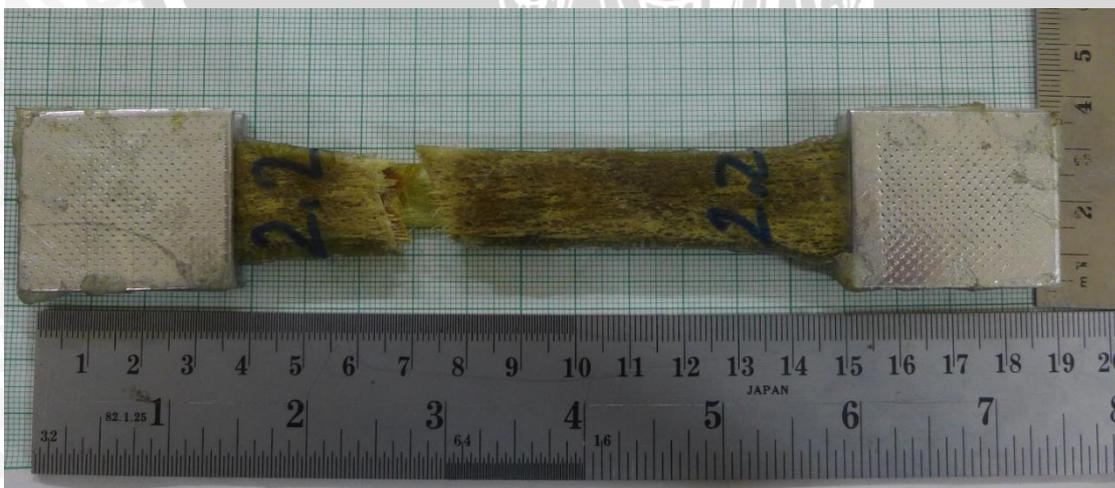


4.3.3 Analisa Patahan Spesimen Uji Tarik ($0^{\circ}, 60^{\circ}$)



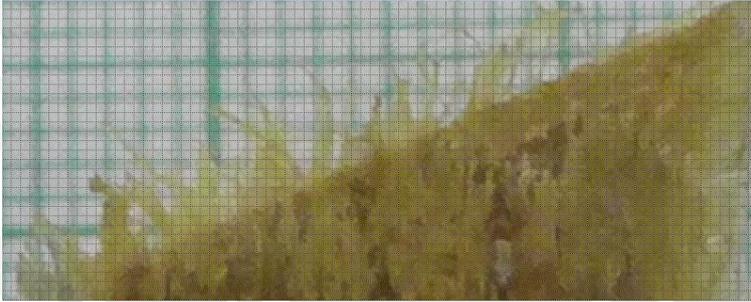
Gambar 4.17 Fase patahan specimen Uji Tarik Orientasi serat ($0^{\circ}, 60^{\circ}$)

Pada gambar 4.15 poin nomor (1) adalah kondisi awal specimen saat proses uji tarik dimulai. (2) kondisi pada specimen mulai timbul daerah patahan yang terbentuk akibat penyempitan luas penampang akibat dari gaya. (3) pada specimen serat waru sudah ada *debonding* matrik dan serat tetapi masih belum sepenuhnya (4) specimen mengalami patah. Berikut adalah bukti adanya *debonding* di material.



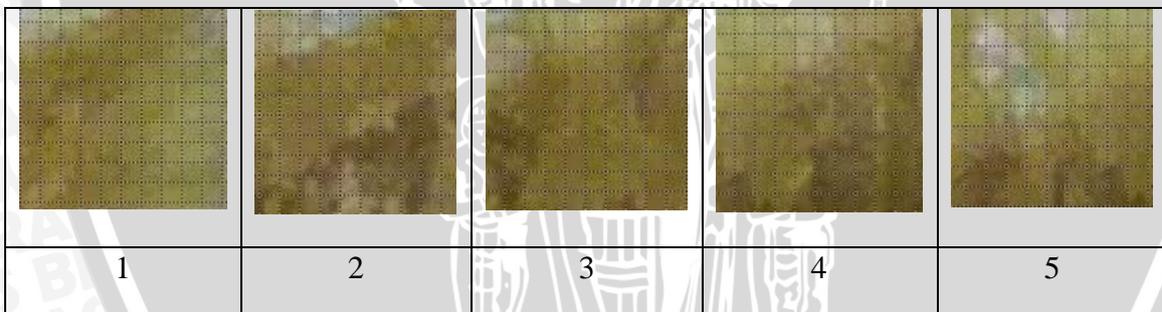
Gambar 4.18 Bentuk tampak atas patahan specimen Uji Tarik Orientasi ($0^{\circ}, 60^{\circ}$)

Dengan melihat bentuk patahan tampak atas yang terjadi pada spesimen sudut serat ($0^0,60^0$) adanya kegagalan material. Hal ini dikarenakan ikatan antar matrik dan fiber tidak berikatan dengan sempurna sehingga terjadi *debonding* dan *pull out*. Selain itu gaya pembebanan yg diterima pada spesimen dengan sudut $0^0,60^0$ dengan kekuatan tertinggi lebih merata dibandingkan dengan spesimen sudut serat yang lain. sehingga spesimen sudut serat ($0^0,60^0$) paling tinggi lebih getas dibandingkan specimen orientasi lain.



Gambar 4.19 Foto makro patahan ($0^0,60^0$)

Dari hasil fotomakrostruktur tersebut diambil lima sampel untuk dihitung prosentase kegagalan komposit, dengan ukuran 1x1 cm menggunakan millimeter blok.



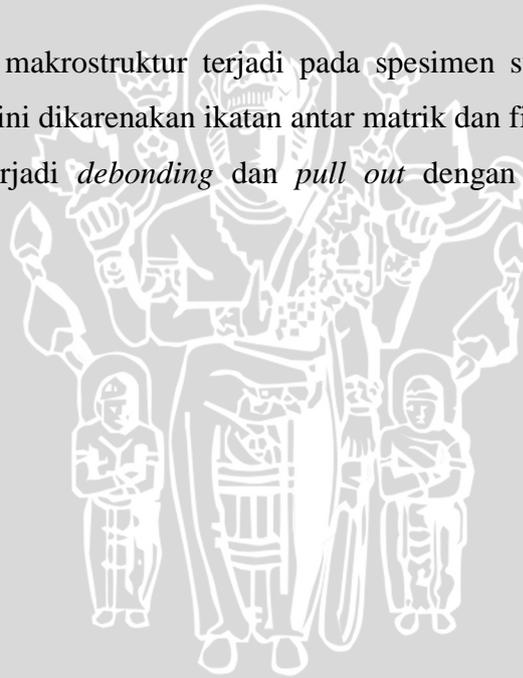
Gambar 4.20 Sampel makrostruktur dari kegagalan komposit ($0^0,60^0$)

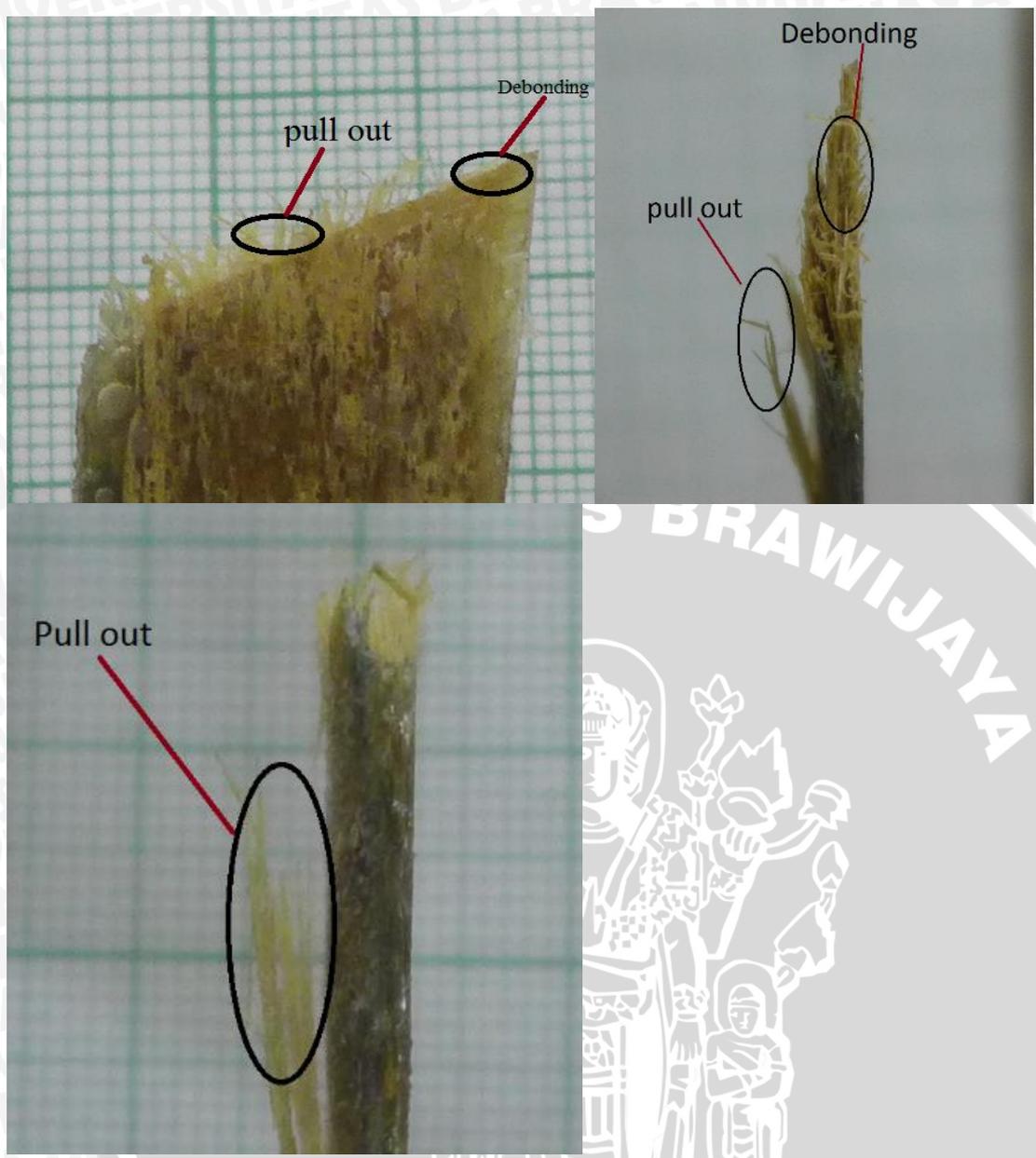
Dari lima sampel tersebut dapat diperoleh data sebagai berikut :

Tabel.4.4
Data presentase debonding dan pull out specimen ($0^0,60^0$)

No.	Debonding (%)	Pull out (%)
1	0	100
2	50	50
3	30	70
4	4	96
5	33	67
Σ	23.4	76.6

Dengan melihat hasil makrostruktur terjadi pada spesimen sudut serat ($0^0,60^0$) adanya kegagalan material. Hal ini dikarenakan ikatan antar matrik dan fiber tidak berikatan dengan sempurna sehingga terjadi *debonding* dan *pull out* dengan prosentase 23.4% debonding dan 76.6% pull out.





Gambar 4.21 Foto permukaan patah spesimen(0°,60°)

4.4. Perbandingan Patahan

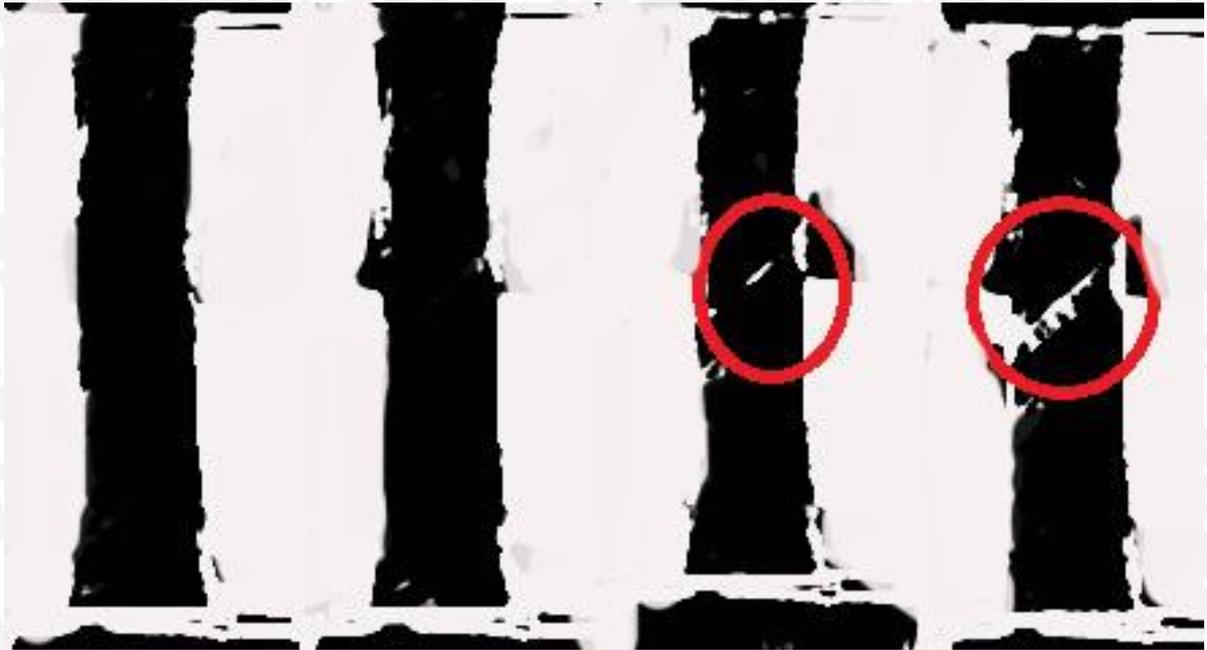




A.(0.60)



B.(0.90)



C.(45.45)

Gambar 4.22 Mekanisme Perbandingan patahan spesimen uji tarik a.(0.60) b.(0.90) c.(45.45)

Dari perbandingan patahan pada gambar 4.22 yang didapat dari foto spesimen kemudian di sketsa hitam putih pada patahan specimen. Dapat dilihat pada variasi orientasi sudut semuanya mengalami local debonding. lokal debonding adalah jenis debonding yang terjadi pada satu area tertentu di sebabkan oleh kekuatan matrik lebih dominan dibandingkan serat..

