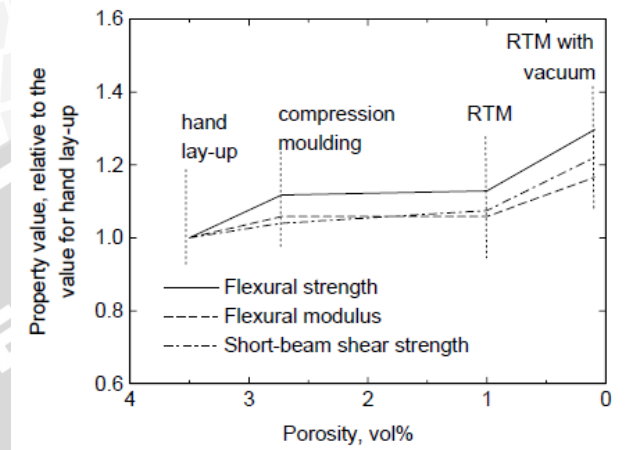


BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil dan Pembahasan Penelitian

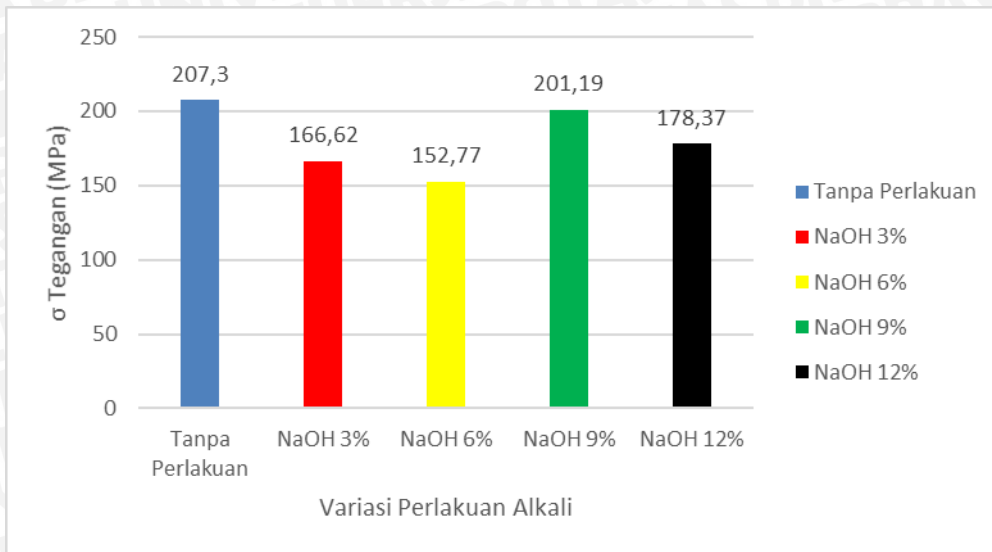


Gambar 4.1 Variasi metode manufaktur komposit terhadap *porosity*

Sumber : Bryan Harris, 1999

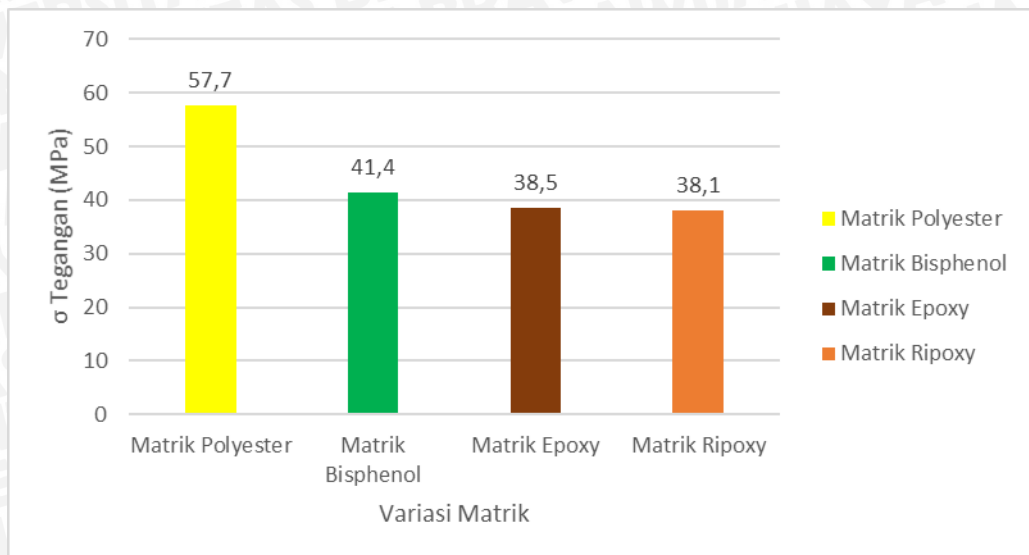
Pada gambar 4.1 adalah penjelasan mengenai perbandingan porositas dengan nilai karakteristik yang relative berdasarkan *hand lay-up*. Pada gambar 4.1 dapat dilihat bahwa RTM (*Resin Transfer Molding*) dengan metode vakum memiliki nilai porositas yang lebih baik di banding yang lainnya dan juga memiliki nilai karakteristik yang lebih tinggi di banding dengan metode yang lain. Oleh karena itu pemilihan metode yang digunakan adalah RTM (*Resin Transfer Molding*) dengan metode vakum.

4.1.1 Data hasil Pengujian Tarik Serat Tunggal, Matrik dan Komposit



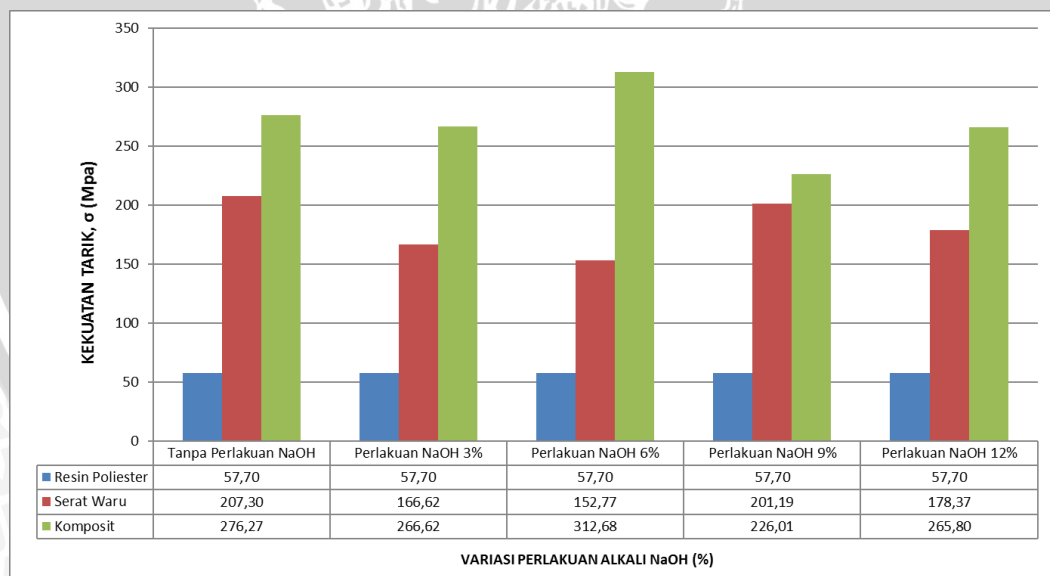
Gambar 4.2 Hasil Kekuatan Tarik Serat Tunggal

Pada gambar 4.2 menunjukkan perbandingan kekuatan tarik antara matrik *Polyester*, serat waru dan komposit. Dapat dilihat bahwa urutan kekuatan serat tunggal di urutkan dari yang paling tinggi ke rendah adalah tanpa NaOH yaitu 207,30 MPa, NaOH 9% yaitu 201,19 MPa, NaOH 12% yaitu 178,37 MPa, NaOH 3% yaitu 166,62 MPa dan NaOH 6% 152,77 MPa. Perbedaan kekuatan ini disebabkan karena matrik alami 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 matrik alami terlepas dan nantinya dapat digantikan oleh matrik resin, pada gambar 4.2 terlihat penurunan kekuatan pada variasi NaOH 3% dan NaOH 6%, lalu naik pada variasi NaOH 9% dan kembali turun pada variasi NaOH 12%. Diduga pada saat perendaman dengan NaOH 6% adalah titik maksimal sehingga penambahan konsentrasi akan membuat pelepasan matrik alami tidak maksimal.



Gambar 4.3 Grafik Kekuatan Tarik Variasi Matrik

Pada gambar 4.3 dapat dilihat perbandingan kekuatan tarik antara variasi matrik. Pada gambar 4.3 matrik *Polyester* memiliki kekuatan yang paling tinggi di bandingkan matrik yang lainnya yaitu 57,7 MPa dan yang paling rendah adalah matrik *Ripoxy* yaitu 38,1 MPa.

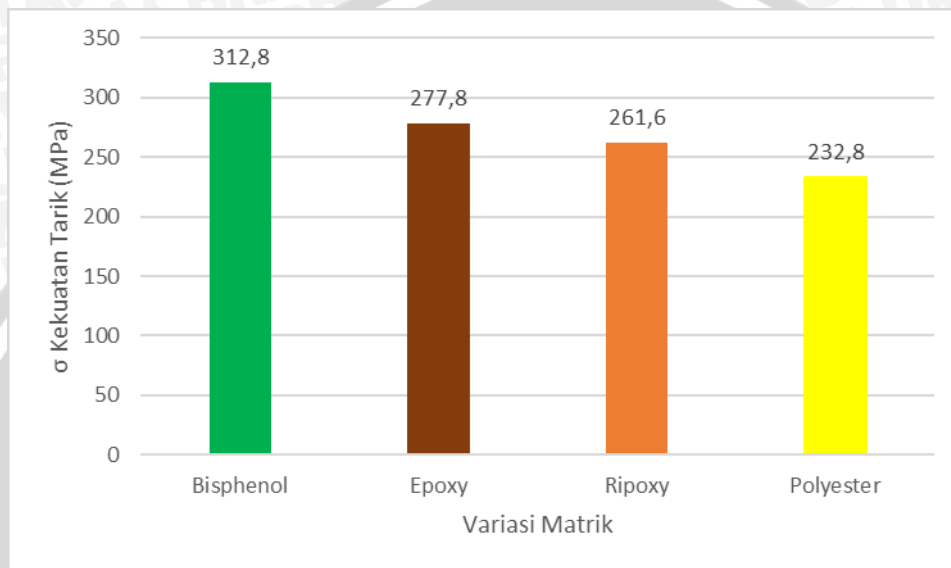


Gambar 4.4 Grafik perbandingan kekuatan tarik *Polyester*, serat waru dan komposit

Pada gambar 4.4 dapat dilihat pada perlakuan NaOH 6% setelah di proses menjadi komposit memiliki kekuatan yang paling tinggi yaitu 312,68 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 saat sudah disproses menjadi komposit, selain itu dikarenakan memiliki kekuatan Tarik serat tunggal yang paling kecil maka dapat dikatakan matrik alami terlepas lebih banyak pada variasi NaOH 6% sehingga membuat matrik nantinya dapat menempati ruang lebih banyak.

4.2 Analisis Hubungan Antara Variasi Matrik Komposit dengan Kekuatan Tarik



Gambar 4.5 Diagram Kekuatan Tarik Variasi Matrik

Dapat dilihat dari gambar 4.2 nilai kekuatan tarik maksimal yaitu pada serat dengan kemudian matrik *Bisphenol* dengan kekuatan tarik sebesar 316,5 MPa, matrik *Epoxy* mempunyai kekuatan tarik sebesar 285,5 MPa, matrik *Ripoxy* mempunyai kekuatan tarik sebesar 269,5 MPa dan Matrik *Polyester* memiliki kekuatan tarik sebesar 239 MPa. Dari perbandingan kekuatan tarik dengan variasi matrik resin yang berbeda menghasilkan kekuatan yang berbeda pula dan cukup signifikan. Diduga penyebab perbedaannya kekuatan tarik disebabkan karena sifat dari tiap matrik yang berbeda dan seberapa baiknya matrik mengikat serat kulit pohon waru. campuran yang berbeda pada setiap matrik juga memiliki pengaruh dalam kekuatan tariknya.

Matrik *bisphenol-A* memiliki campuran yaitu *promoter* 0.8 gram dan katalis 0.4 gram per 100 gram resin. Campuran ini merupakan komposisi yang di anjurkan oleh penyedia matrik. Matrik *bisphenol-A* membutuhkan waktu 7 menit sampai 10 menit untuk bereaksi, diduga *bisphenol-A* dapat mengisi rongga-rongga serat lebih baik di banding matrik yang lain dikarenakan komposisi dari campurannya yang tidak terlalu

mempengaruhi sifat kekentalannya dan juga menghasilkan ikatan yang cukup baik dengan serat kulit pohon waru.

Matrik *epoxy* memiliki campuran yaitu 50 gram *hardener* per 50 gram resin, campuran ini merupakan komposisi yang di anjurkan oleh penyedia matrik. *Hardener* pada matrik *epoxy* mempengaruhi kekentalan dari matriknya sehingga sulit bagi matrik untuk memasuki rongga serat secara cepat, namun waktu yang dibutuhkan matrik *epoxy* untuk bereaksi memiliki waktu yang cukup lama yaitu 6 jam, sehingga matrik lebih punya banyak waktu untuk mengisi rongga pada serat.

Matrik *repoxy* memiliki campuran yaitu *promoter* 0.6 gram dan katalis 3 gram per 100 gram resin, campuran ini merupakan komposisi yang dianjurkan oleh penyedia matrik. Matrik *repoxy* membutuhkan waktu 13 menit sampai 15 menit untuk bereaksi, sehingga memberi waktu yang cukup untuk matrik mengisi rongga pada serat mengingat matrik *repoxy* tidak menggunakan *hardener* yang membuat kekentalannya berubah. Diduga matrik *repoxy* menghasilkan ikatan yang cukup baik dengan serat kulit pohon waru.

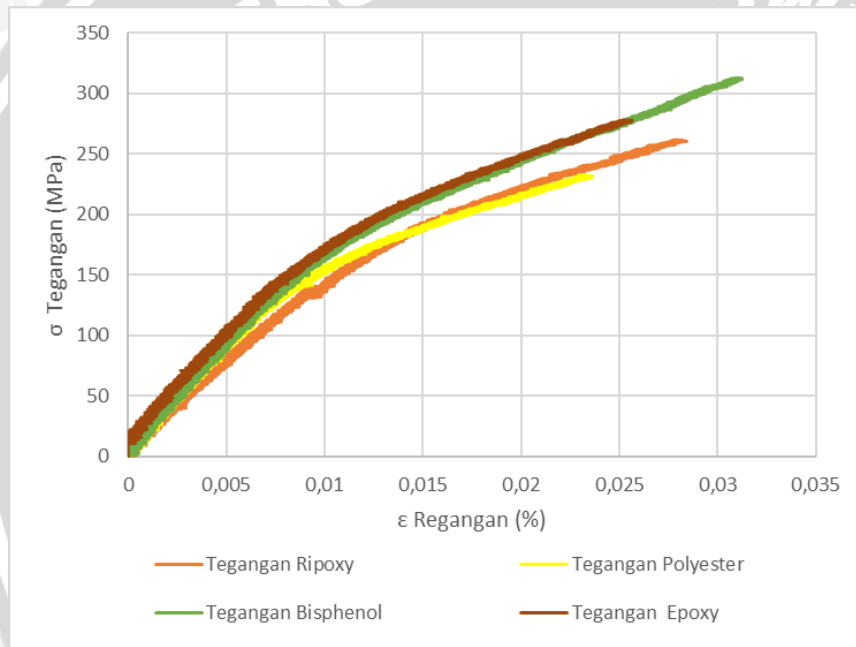
Matrik *polyester* memiliki campuran yaitu katalis 1 gram per 100 gram resin, campuran ini merupakan komposisi yang dianjurkan oleh penyedia matrik, matrik *polyester* membutuhkan waktu 13 menit sampai 15 menit untuk mulai bereaksi, hal ini mempengaruhi waktu yang di butuhkan matrik untuk mengisi rongga pada serat, dikarenakan apabila matrik sudah bereaksi maka matrik akan berubah menjadi kental lalu mengeras sehingga sulit untuk mengisi rongga pada serat.

4.3 Data Hasil Pengujian Tarik Komposit Variasi Matrik

Dari hasil pengujian Tarik di dapatkan data beban dan pertambahan panjang yang di cantumkan dalam lampiran 1 kemudian data diolah sehingga menghasilkan diagram tegangan ragangan seperti pada gambar 4.1. Pada diagram tersebut diperoleh *tensile strength* (kekuatan Tarik) yang ditunjukkan oleh *ultimate strength* spesimen dan nilai *tensile strength* dengan variasi matrik.

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Tarik Komposit Dari Variasi Matrik

NO	Matrik	Rata-rata MPa
1	Bisphenol	312
2	Epoxy	277
3	Ripoxy	261
4	Polyester	232



Gambar 4.6 Grafik Tegangan Regangan Komposit Matrik Serat Waru

A. Hubungan tegangan - regangan pada berbagai Variasi

Grafik diatas menunjukkan hubungan tegangan regangan dari macam-macam variasi matrik komposit serat waru diantaranya adalah *Bisphenol*, *Epoxy*, *Ripoxy*, *Polyester*. Dimana dari grafik dapat diketahui sumbu x menjelaskan regangan dan sumbu y menjelaskan tegangan.

Pada grafik hubungan antara tegangan dengan regangan rekayasa pada variasi matrik komposit serat waru apabila diurutkan kekuatan tarik dari tertinggi ke rendah *Bisphenol*, *Epoxy*, *Ripoxy*, lalu *Polyester*.

- Variasi matrik *Bisphenol*

Kekuatan tarik variasi matrik *Bisphenol* yaitu sebesar 316,5 MPa sebagai tegangan maksimal yang dapat dihasilkan dari komposit tersebut. Dengan besar regangan maksimal yaitu 0.031. Tegangan yield yang di terima oleh komposit sebesar 228,19 MPa. Nilai modulus elastisitas pada spesimen matrik *Bisphenol* adalah 12294,76 GPa.

- Variasi matrik *Epoxy*

Kekuatan tarik variasi matrik *Epoxy* yaitu sebesar 285,5 MPa adalah tegangan maksimal yang dihasilkan spesimen sampai patah. Dengan besar regangan maksimal yaitu 0.026. Tegangan yield yang di terima spesimen komposit 214,9 MPa. Harga modulus elastisitas pada spesimen matrik *Epoxy* adalah 13040,69 GPa.

- Variasi matrik *Ripoxy*

Kekuatan tarik variasi matrik *Ripoxy* yaitu sebesar 269,5 MPa sebagai tegangan maksimal yang dapat dihasilkan dari komposit tersebut. Dengan besar regangan maksimal yaitu 0.03. Tegangan yield yang di terima oleh komposit sebesar 208,79 MPa. Nilai modulus elastisitas pada spesimen matrik *Ripoxy* adalah 11557,81 MPa.

- Variasi matrik *Polyester*

Kekuatan tarik variasi matrik *Polyester* yaitu sebesar 239 MPa sebagai tegangan maksimal yang dapat dihasilkan dari komposit tersebut. Dengan besar regangan maksimal yaitu 0.025. Tegangan yield yang di terima oleh komposit sebesar 175,76 MPa. Nilai modulus elastisitas pada spesimen matrik *Polyester* adalah 12777,71 GPa.

4.4 Analisa Patahan

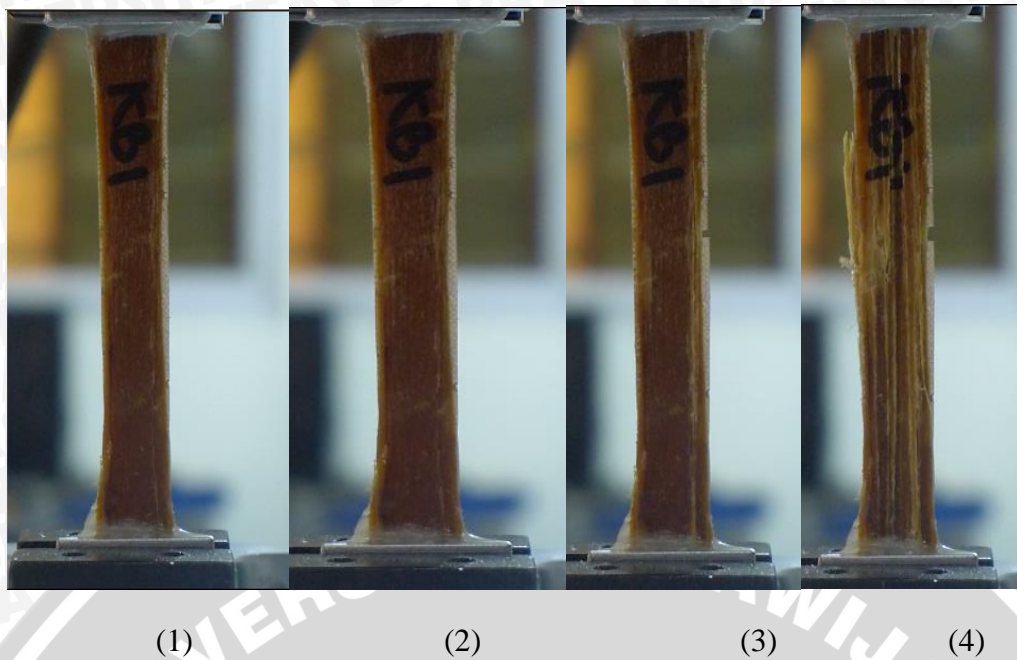
Dari hasil pengujian Tarik dapat diketahui bentuk permukaan patahan specimen komposit serat waru ber matrik Polyester dengan berbagai variasi matrik, adalah sebagai berikut:



Gambar 4.7 Perbandingan patahan tiap variasi komposit

Pada gambar 4.7 menunjukkan bentuk patahan dari masing-masing variasi tiap spesimen uji tarik komposit. Dapat dilihat bahwa variasi matrik *Bisphenol* dan *Ripoxy* memiliki bentuk patahan yang memiliki persebaran *debonding* yang lebih banyak dibanding variasi matrik *Epoxy* dan *Polyester*. Selain *debonding*, masing-masing dari tiap spesimen memiliki patahan *pull-out*.

Debonding adalah jenis kegagalan komposit yang terjadi karena lemahnya matrik untuk menempel pada serat, ciri-cirinya adalah pada bagian tengah spesimen akan terjadi pengelupasan antar serat. Bila melihat gambar pada 4.6 variasi matrik *Bisphenol* memiliki jenis kegagalan komposit dalam hal *debonding* yang cukup luas. Sedangkan, *pull-out* adalah jenis kegagalan pada komposit yang terjadi akibat beban yang mampu ditahan oleh serat sudah mencapai batas maksimal. Bila melihat pada gambar 4.6 variasi matrik *Epoxy* dan *Polyester* memiliki kegagalan komposit yang lebih menonjol pada *pull-out*.



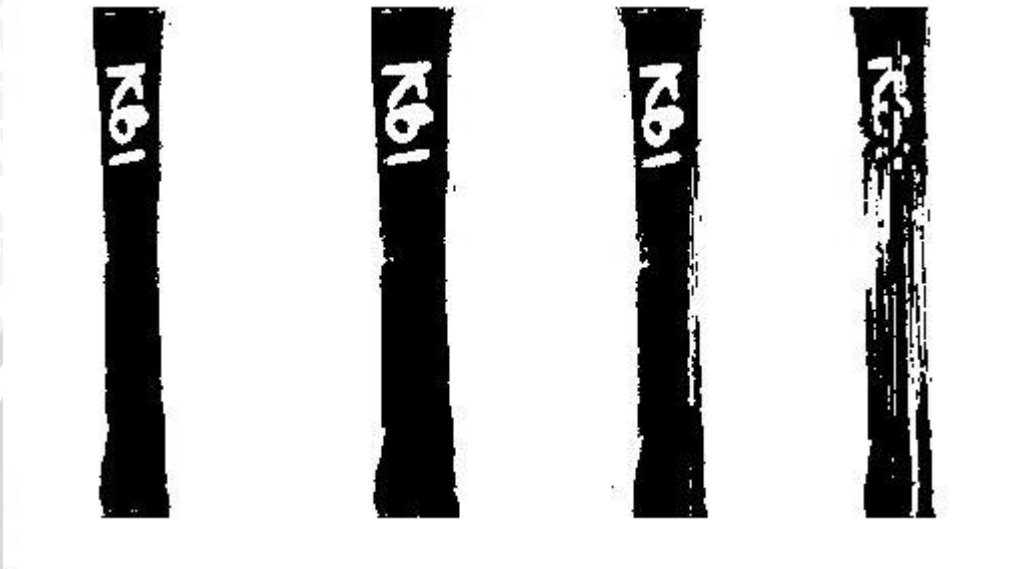
Gambar 4.8 Fase bentuk patahan specimen Uji Tarik matrik *Bisphenol-A*

Pada gambar 4.6 poin nomor (1) adalah kondisi awal spesimen saat proses uji tarik mulai dilakukan. Poin (2) kondisi pada spesimen mulai timbul daerah patahan yang terbentuk akibat tidak kuatnya lem matrik menahan gaya. Poin (3) pada spesimen mengalami crack patah tetapi masih belum sepenuhnya hal ini dikarenakan ada *bonding* antara serat dan matrik. Poin (4) spesimen sudah mengalami patah. Berikut adalah bukti adanya *bonding* di material.



Gambar 4.9 Bentuk tampak atas patahan specimen Uji Tarik matrik *Bisphenol*

Dengan melihat bentuk patahan tampak atas yang terjadi pada spesimen matrik *Bisphenol* terdapat kegagalan pada material. Hal ini disebabkan ikatan antar matrik dan fiber kurang berikatan dengan sempurna sehingga timbul *debonding* dan *pull out*. Selain itu gaya pembebanan yang diterima pada spesimen matrik *Bisphenol* terlihat bentuk patahnya mengikuti arah serat.



Gambar 4.10 Sketsa urutan patah variasi matrik *Bisphenol*

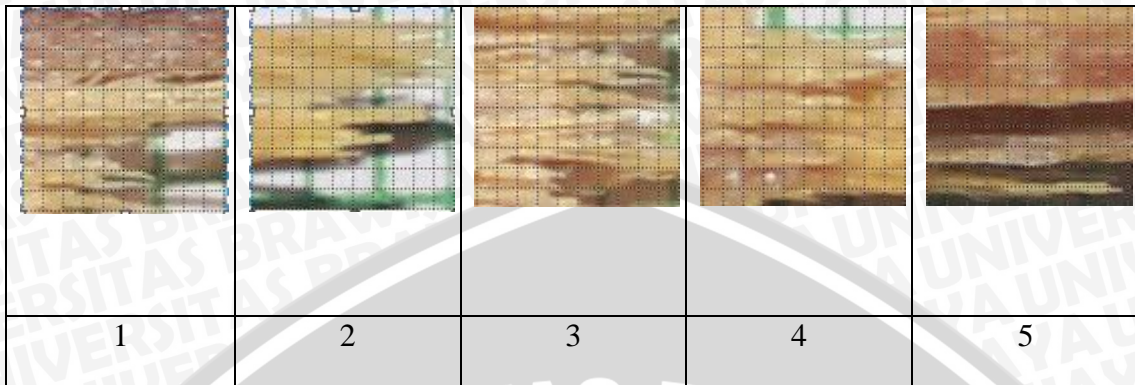
Analisa Patahan

Mikrostruktur dari patahan matrik *Bisphenol*

Foto Makro

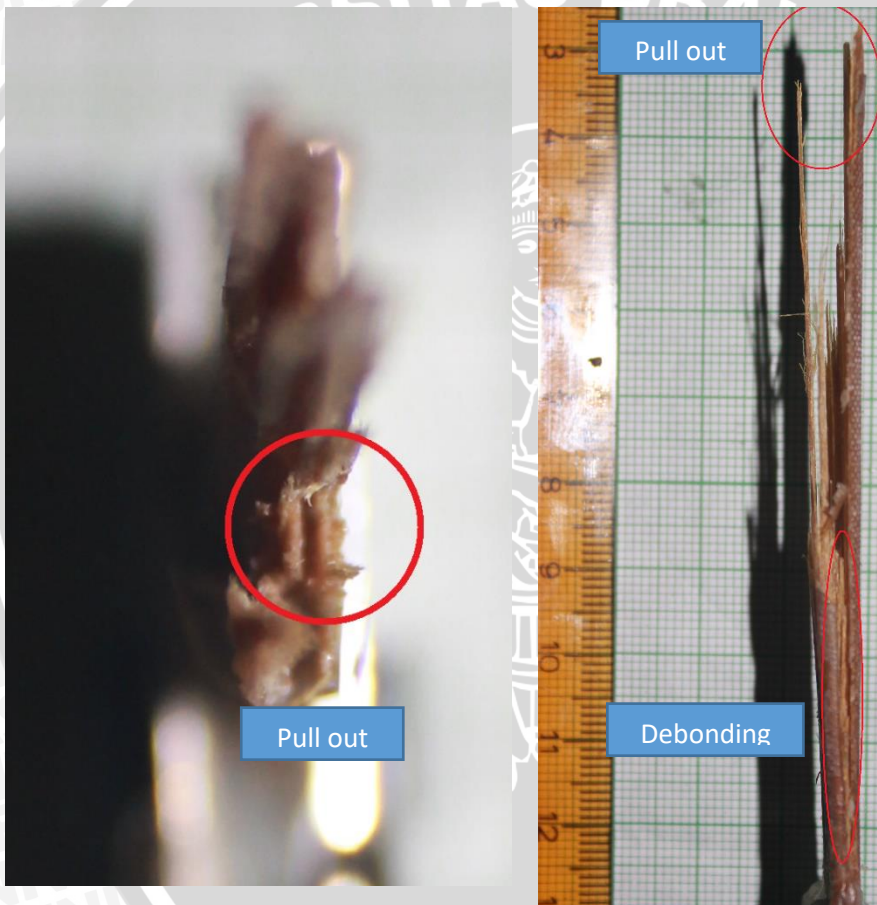


Dari hasil foto mikrostruktur tersebut diambil lima sampel untuk dihitung prosentase kegagalan komposit, dengan ukuran 1x1 cm menggunakan millimeter.

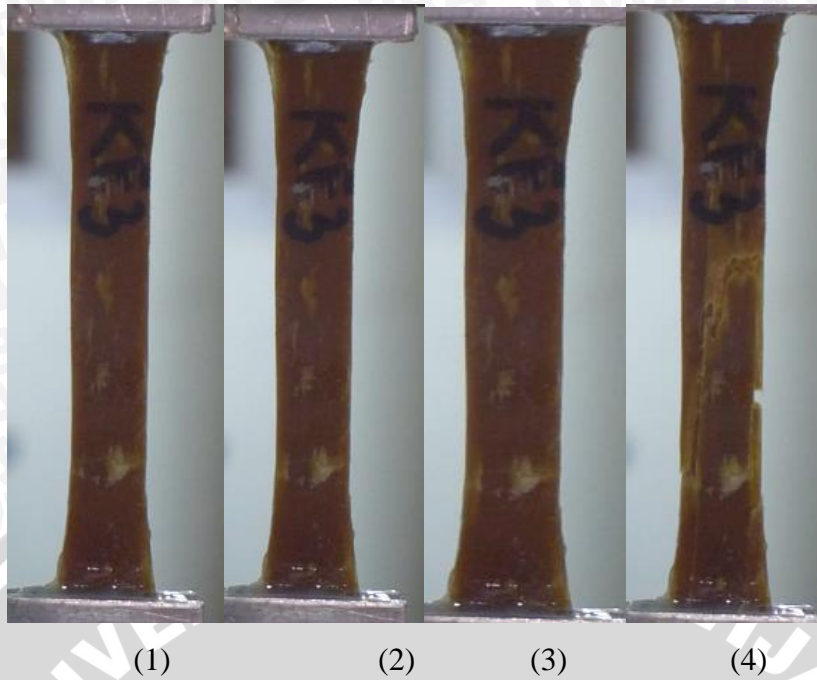


Dari lima sampel tersebut dapat diperoleh data sebagai berikut :

No.	Debonding (%)	Pull out (%)
1	25,9	11,1
2	87,5	12,5
3	14,8	6,8
4	34,1	13,6
5	56,0	16,0
Rata-rata	43,7	12,0



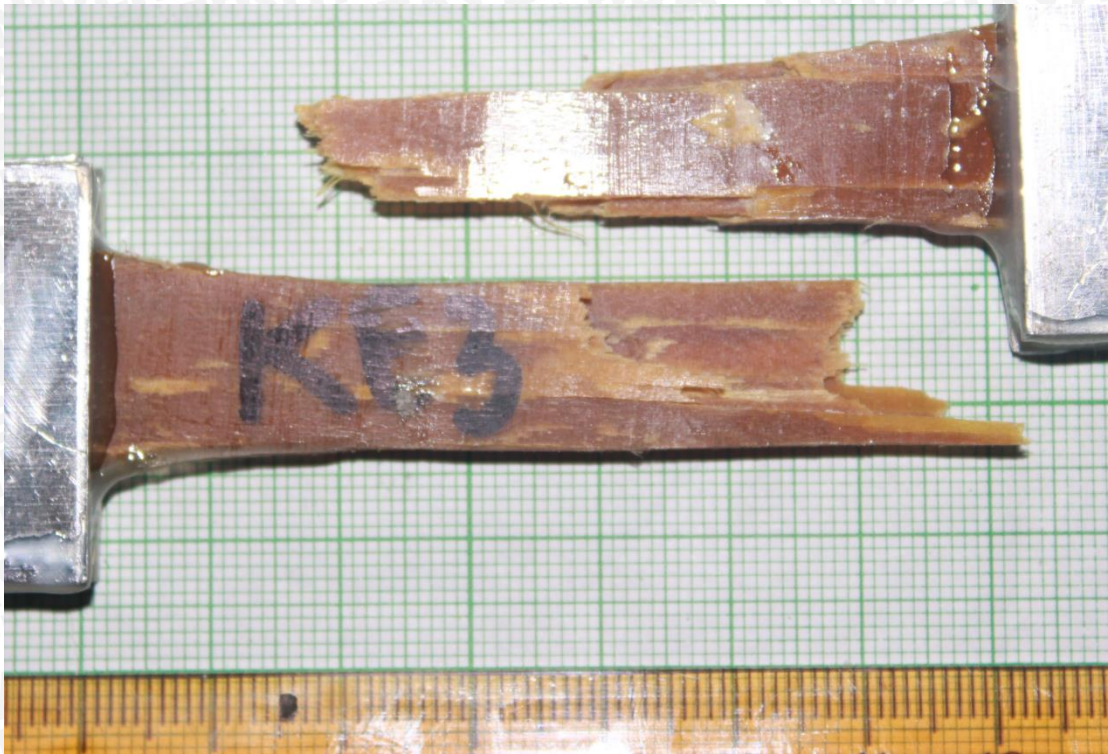
Gambar 4.11 Foto permukaan patah specimen matrik *Bisphenol*



Gambar 4.12 Fase bentuk patahan specimen Uji Tarik matrik *Epoxy*

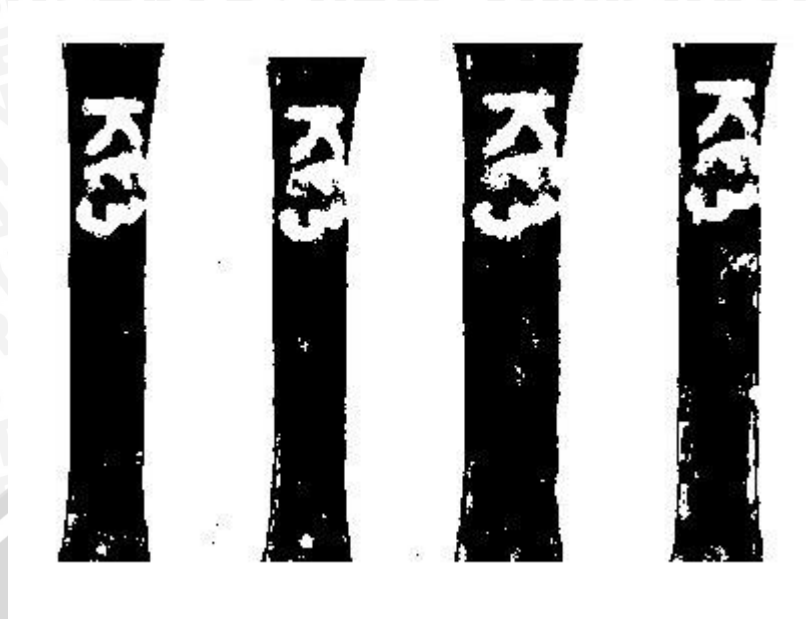
Pada gambar 4.9 poin nomor (1) adalah kondisi awal spesimen saat proses uji tarik mulai dilakukan. Poin (2) kondisi pada spesimen mulai timbul daerah patahan yang terbentuk akibat tidak kuatnya lem matrik menahan gaya. Poin (3) pada spesimen mengalami crack patah tetapi masih belum sepenuhnya hal ini dikarenakan ada *bonding* antara serat dan matrik. Poin (4) spesimen sudah mengalami patah. Berikut adalah bukti adanya *bonding* di material.





Gambar 4.13 Bentuk tampak atas patahan spesimen Uji Tarik matrik *Epoxy*

Dengan melihat bentuk patahan tampak atas yang terjadi pada spesimen matrik *Bisphenol* terdapat kegagalan pada material. Hal ini disebabkan ikatan antar matrik dan fiber kurang berikatan dengan sempurna sehingga timbul *debonding* dan *pull out*. Selain itu gaya pembebanan yang diterima pada spesimen matrik *Epoxy* terlihat bentuk patahnya mengikuti arah serat namun lebih pendek di banding dengan matrik *Bisphenol*.

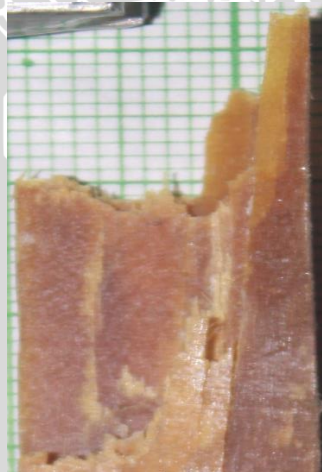


Gambar 4.14 Sketsa urutan patah variasi matrik *Epoxy*

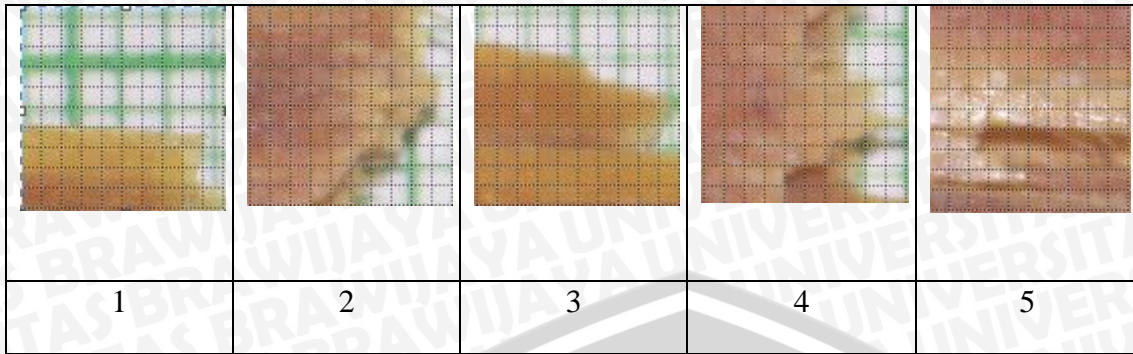
Analisa Patahan

Mikrostruktur dari patahan matrik *Epoxy*

Foto Makro

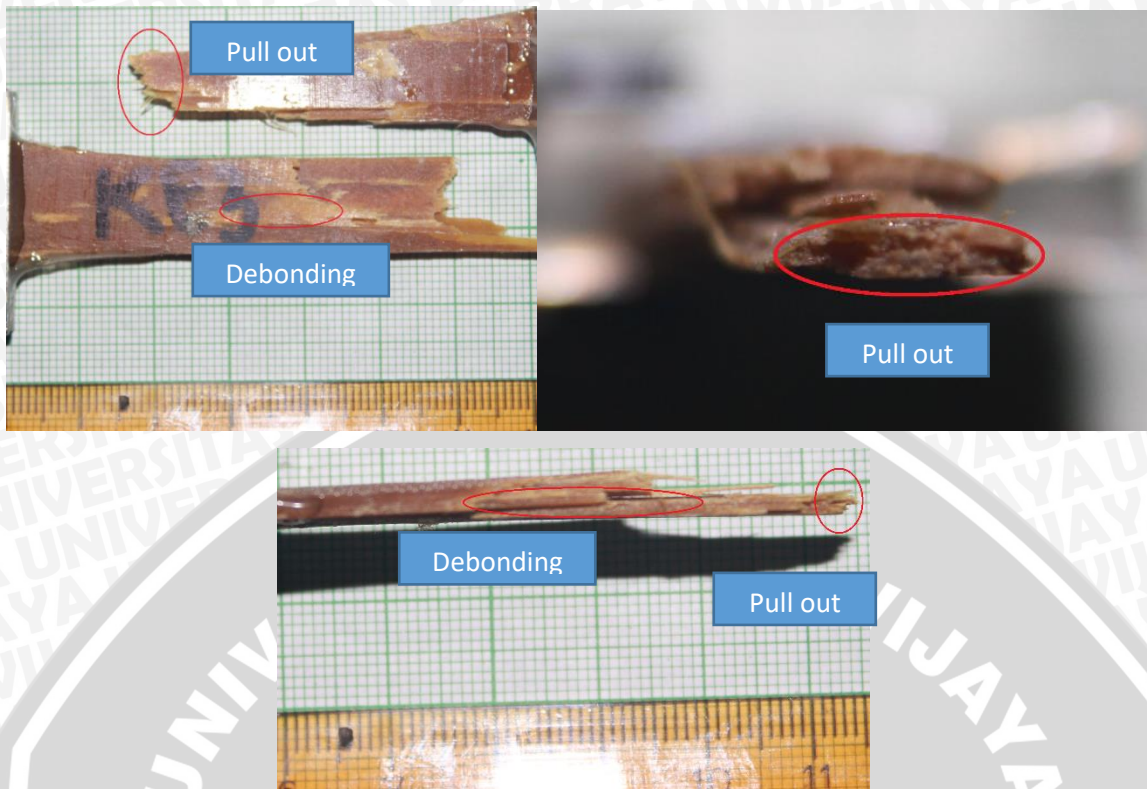


Dari hasil foto mikrostruktur tersebut diambil lima sampel untuk dihitung prosentase kegagalan komposit, dengan ukuran 1x1 cm menggunakan millimeter.



Dari lima sampel tersebut dapat diperoleh data sebagai berikut :

No.	Debonding (%)	Pull out (%)
1	58,5	9,8
2	16,7	9,7
3	11,4	10,0
4	12,7	7,6
5	29,0	6,0
Rata-rata	25,7	8,6



Gambar 4.15 Foto permukaan patah spesimen matrik *Epoxy*



(1) (2) (3) (4)

Gambar 4.16 Fase patahan specimen Uji Tarik matrik *Ripoxy*

Pada gambar 4.12 poin nomor (1) adalah kondisi awal spesimen saat proses uji tarik mulai dilakukan. Poin (2) kondisi pada spesimen mulai timbul daerah patahan yang terbentuk akibat tidak kuatnya lem matrik menahan gaya. Poin (3) pada spesimen mengalami crack patah tetapi masih belum sepenuhnya hal ini dikarenakan ada *bonding* antara serat dan matrik. Poin (4) spesimen sudah mengalami patah. Berikut adalah bukti adanya *bonding* di material.



Gambar 4.17 Bentuk tampak atas patahan specimen Uji Tarik matrik *Ripoxy*

Dengan melihat bentuk patahan tampak atas yang terjadi pada spesimen matrik *Ripoxy* terdapat kegagalan pada material. Hal ini disebabkan ikatan antar matrik dan fiber kurang berikatan dengan sempurna sehingga timbul *debonding* dan *pull out*. Selain itu gaya pembebanan yang diterima pada spesimen matrik *Ripoxy* terlihat bentuk patahnya mengikuti arah serat.

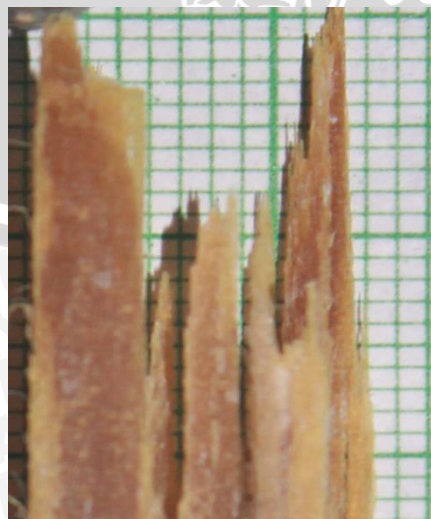


Gambar 4.18 Sketsa urutan patah variasi matrik *Ripoxy*

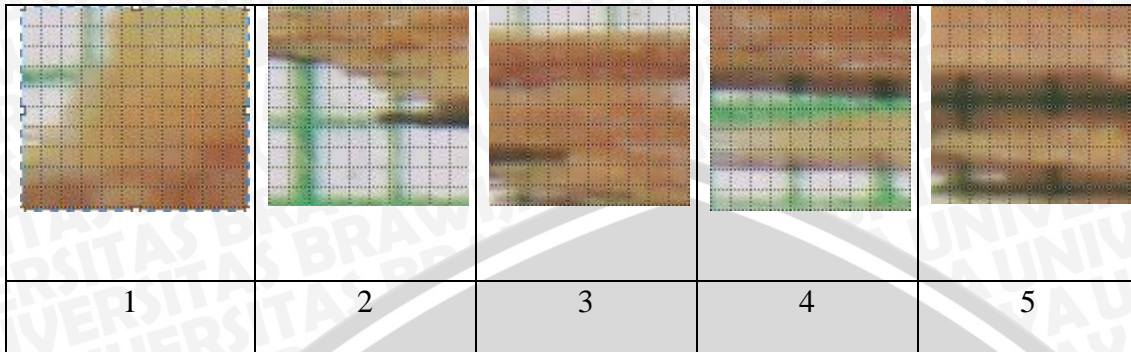
Analisa Patahan

Mikrostruktur dari patahan matrik *Ripoxy*

Foto Makro

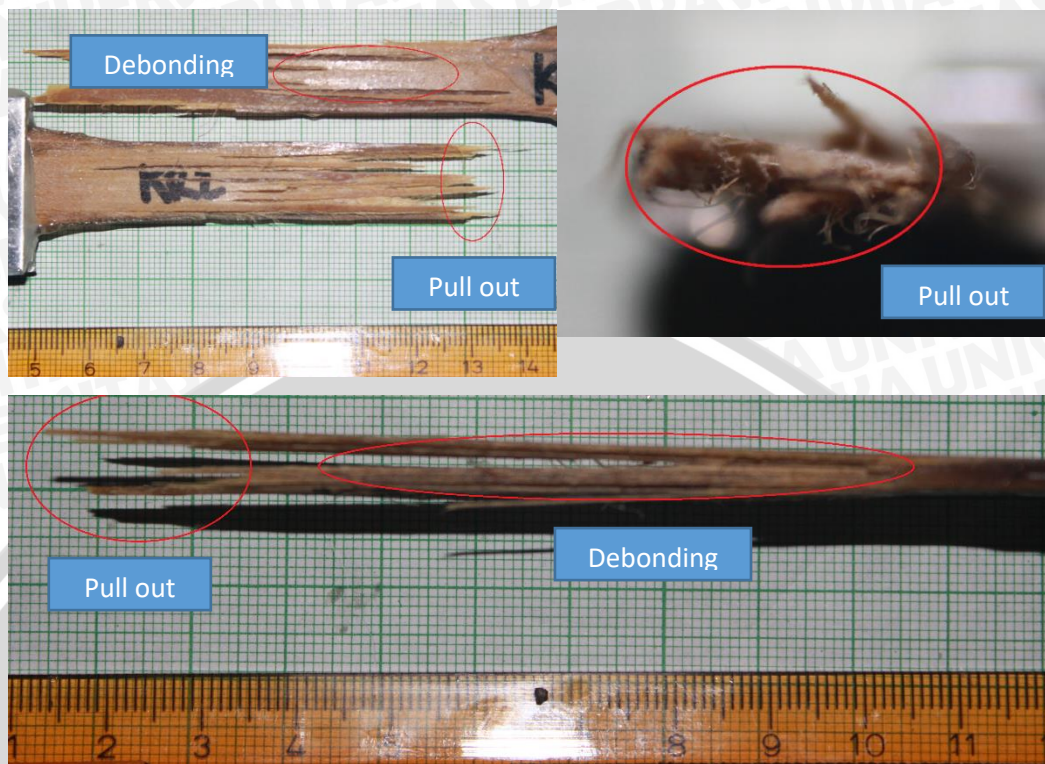


Dari hasil foto mikrostruktur tersebut diambil lima sampel untuk dihitung prosentase kegagalan komposit, dengan ukuran 1x1 cm menggunakan millimeter.



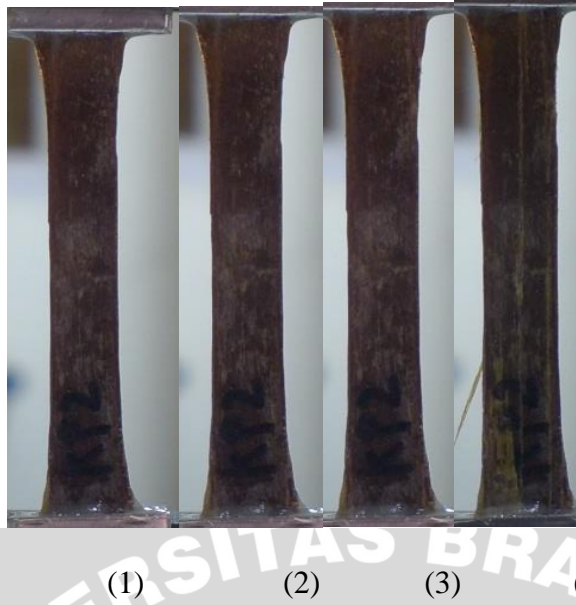
Dari lima sampel tersebut dapat diperoleh data sebagai berikut :

No.	Debonding (%)	Pull out (%)
1	72,8	7,4
2	19,4	16,7
3	19,1	3,4
4	35,3	5,9
5	28,8	6,8
Rata-rata	35,1	8,0



Gambar 4.19 Foto permukaan patah specimen matrik *Ripoxy*





Gambar 4.20 Fase patahan specimen Uji Tarik matrik *Polyester*

Pada gambar 4.13 poin nomor (1) adalah kondisi awal specimen saat proses uji tarik mulai dilakukan. (2) kondisi pada specimen mulai timbul daerah patahan yang terbentuk akibat tidak kuatnya lem matrik menahan gaya. (3) pada specimen mengalami crack patah tetapi masih belum sepenuhnya hal ini dikarenakan ada *bonding* antara serat dan matrik (4) specimen sudah mengalami patah. Berikut adalah bukti adanya *bonding* di material.



Gambar 4.21 Bentuk tampak atas patahan specimen Uji Tarik matrik *Polyester*

Dengan melihat bentuk patahan tampak atas yang terjadi pada specimen matrik *Polyester* terdapat kegagalan pada material. Hal ini disebabkan ikatan antar matrik dan fiber kurang berikatan dengan sempurna sehingga timbul *debonding* dan *pull out*. Selain

itu gaya pembebanan yang diterima pada spesimen matrik *Polyester* terlihat bentuk patahnya mengikuti arah serat.



Gambar 4.22 Sketsa urutan patah variasi matrik *Polyester*

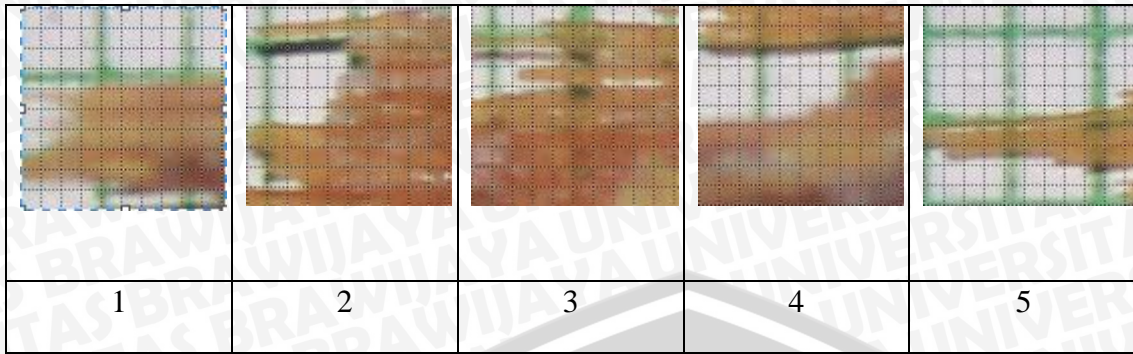
Analisa Patahan

Mikrostruktur dari patahan matrik *Polyester*

Foto Makro

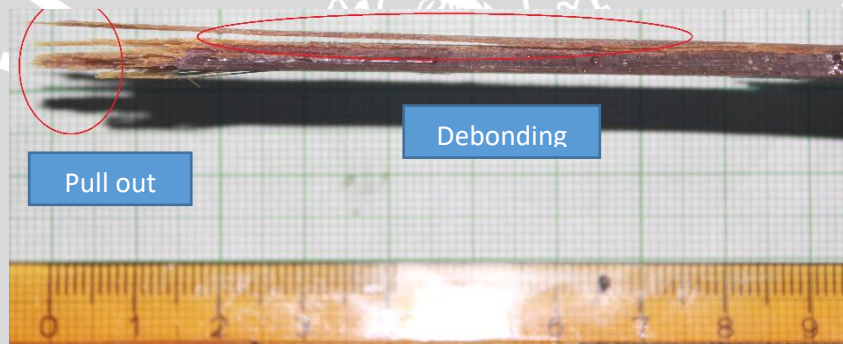


Dari hasil foto mikrostruktur tersebut diambil lima sampel untuk dihitung prosentase kegagalan komposit, dengan ukuran 1x1 cm menggunakan millimeter.



Dari lima sampel tersebut dapat diperoleh data sebagai berikut :

No.	Debonding (%)	Pull out (%)
1	25,0	8,3
2	19,2	6,4
3	29,8	4,8
4	28,6	8,6
5	86,4	13,6
Rata-rata	37,8	8,3



Gambar 4.23 Foto permukaan patah specimen matrik *Polyester*