

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kekuatan Tarik Komposit Partikel Tempurung Kelapa

Untuk mengetahui nilai kekuatan tarik dari komposit maka perlu dilakukan pengujian kekuatan tarik pada komposit tersebut. Sebelumnya terlebih dahulu harus diketahui kekuatan tarik dan modulus elastisitas pada resin yang digunakan yaitu resin yupalac poliester 147 BQTN-EX agar dapat melihat peningkatan kekuatan yang terjadi pada komposit. Data mengenai resin poliester yaitu:

Kekuatan Tarik : 12.22 MPa

Modulus elastisitas : 0,665 GPa

Pada penelitian ini pengujian Tarik mengacu pada standar ASTM D-3039 dan pengujian dilakukan di Laboratorium Mekanik Politeknik Universitas Sriwijaya. Komposit yang dilakukan pengujian pada penelitian ini adalah komposit partikel tempurung kelapa dengan menggunakan presentasi fraksi volume 10%, 15%, dan 20%.

Dari hasil uji tarik terhadap resin murni dan komposit partikel tempurung kelapa didapat nilai perubahan panjang, load maksimum dan nilai kekuatan tarik maksimum, yang secara keseluruhan dapat dilihat pada tabel-tabel hasil uji dibawah ini.

Tabel 7. Hasil uji tarik Resin poliester tak jenuh YUKALAC 157 BQTN_EX

No. Spesimen	l_0 (mm)	A (mm ²)	Δl (mm)	P (N)	F^{tu} (MPa)	E (GPa)
1	250	75	7.93	870	11.6	0,365
2	250	75	4.77	855	14.4	0,754
3	250	75	2.92	800.25	10.67	0,877
Rata-rata					12.22	0.665

Tabel 8. Hasil uji tarik komposit partikel tempurung kelapa (perbandingan volume 90% : 10%)

No. Spesimen	l_0 (mm)	A (mm ²)	Δl (mm)	P (N)	F^{tu} (MPa)	E (GPa)
1	250	75	3.6	1070.25	14.27	0,990
2	250	75	4.11	1100.25	14.67	0,892
3	250	75	4.85	819.75	10.93	0,563
Rata-rata				996.75	13.39	0,815

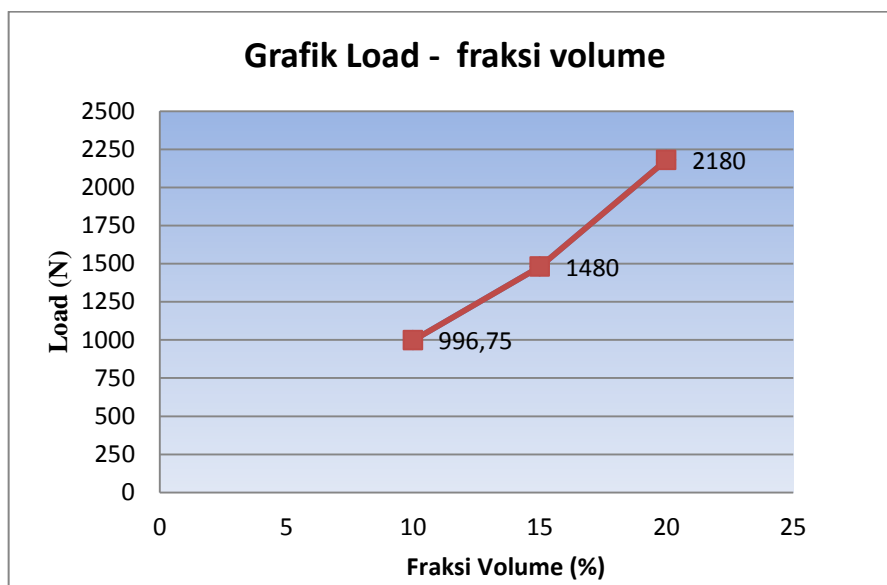
Tabel 9. Hasil uji tarik komposit partikel tempurung kelapa (perbandingan volume 85% : 15%)

No. Spesimen	l_0 (mm)	A (mm ²)	Δl (mm)	P (N)	F^{tu} (MPa)	E (GPa)
1	250	75	7.2	1359.75	18.13	0,629
2	250	75	2.92	1410	18.80	1,090
3	250	75	4.66	1670.25	22.27	1,177
Rata-rata				1480	19.73	0,965

Tabel 10. Hasil uji tarik komposit partikel tempurung kelapa (perbandingan volume 80%:20%)

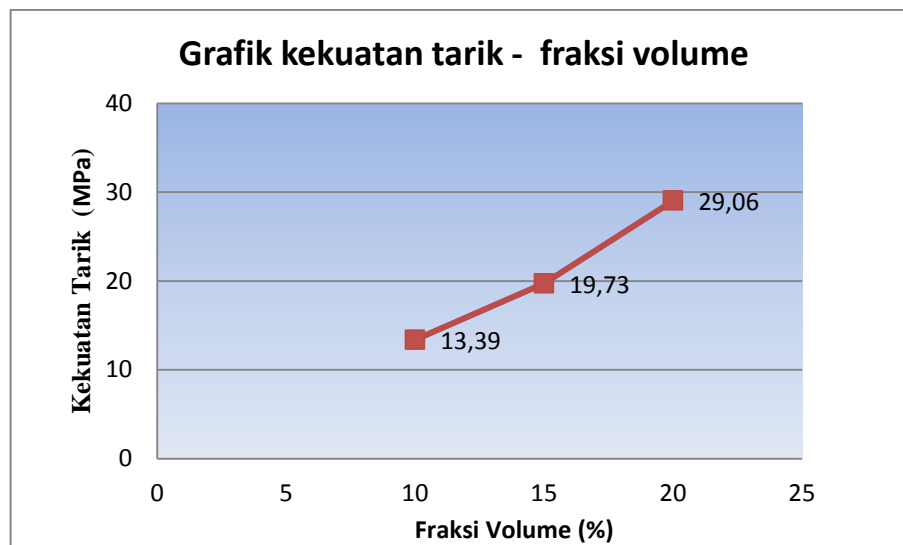
No. Spesimen	l_0 (mm)	A (mm ²)	Δl (mm)	P (N)	F^{tu} (MPa)	E (GPa)
1	250	75	8.27	2370	31.60	0,955
2	250	75	8.32	1929.75	25.73	0,773
3	250	75	5.26	2240.25	29.87	1,419
Rata-rata				2180	29.06	1,049

Hasil pengujian Tarik terhadap 3 variasi fraksi volume partikel tempurung kelapa pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 16, di mana kenaikan fraksi volume partikel berbanding lurus dengan naiknya beban (*load*). *Load* tertinggi diperoleh dari komposit dengan fraksi volume 20% partikel sebesar 2180 N sedangkan *load* terendah diperoleh dari komposit dengan fraksi volume 10% partikel dengan besar *load* 996,75 N.



Gambar 16. Grafik Load Tarik komposit Partikel Tempurung Kelapa

Gambar 17 menunjukkan hasil dari kekuatan tarik komposit tempurung kelapa. Kekuatan tarik komposit tertinggi pada presentasi fraksi volume 20% partikel yaitu sebesar 29,06 MPa, pada komposit partikel dengan fraksi volume 15% kekuatan tarik sebesar 19,73 MPa dan kekuatan tarik terendah pada komposit partikel dengan fraksi volume 10 % yaitu sebesar 21,95 MPa.

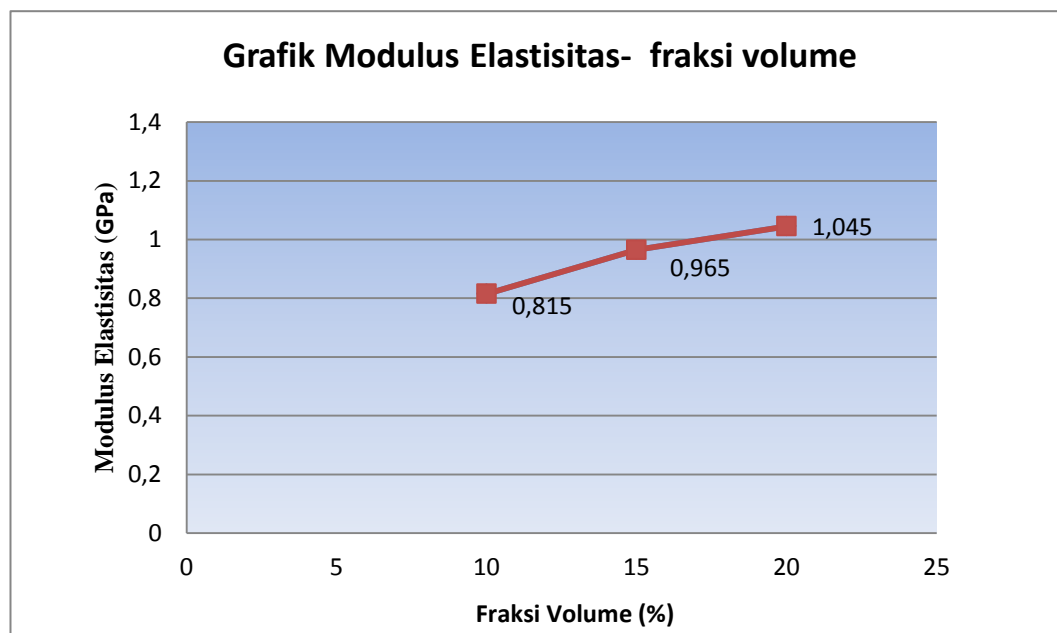


Gambar 17. Grafik Kekuatan Tarik komposit Partikel Tempurung Kelapa

Jika di bandingkan dengan poliester murni yang memiliki kekuatan tarik sebesar 12,22 MPa, kekuatan dari komposit partikel tempurung kelapa ini jauh lebih tinggi. Penelitian yang dilakukan oleh Hamid ^[1] dengan menggunakan polietilena sebagai matrik menyebutkan bahwa kekuatan tarik komposit partikel tempurung kelapa tertinggi pada fraksi massa 60% partikel tempurung kelapa adalah 13,02MPa. Dan penelitian yang dilakukan haryadi ^[26] dengan menggunakan epoxy sebagai matrik menyebutkan bahwa kekutan tarik komposit partikel tempurung kelapa tertinggi terjadi pada fraksi volume 40% partikel adalah sebesar 21,055 MPa.

Kekuatan tarik komposit partikel tempurung kelapa pada penelitian ini jauh lebih baik jika dibandingkan penelitian yang dilakukan oleh Hamid dan Haryadi, yaitu 13,39 Mpa untuk volume 10% partikel, 19,73Mpa unuk volume 15% partikel dan 29,06MPa untuk volume 20% partikel.

Bila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Takahashi, Dkk tentang komposit CFRP, kekuatan tarik tertinggi pada penelitian ini hanya 26,4% dari hasil kekuatan tarik tertinggi pada penelitian Takahashi, kekuatan tarik tertinggi terjadi pada fraksi volume 24% *carbon* sebesar 110 MPa^[31].



Gambar 17. Grafik Modulus Elastisitas komposit Partikel Tempurung Kelapa

Modulus elastistas dari komposit partikel tempurung kelapa semakin meningkat seiring dengan meningkatnya fraksi volume partikel, itu terlihat jelas dari gambar 18 yang menunjukkan bahwa modulus elastistas tertinggi terjadi pada fraksi volume 20% sebesar 1,049 GPa dan modulus elastistas terendah pada fraksi volume 10% partikel yaitu sebesar 0,815 GPa. Bila dibandingkan dengan modulus elastisitas resin murni, nilai modulus elastisitas komposit 10%, 15% dan 20% partikel tempurung kelapa yang didapat jauh lebih tinggi dari nilai modulus elastisitas murni yang sebesar 0,665 GPa.

Hal ini terjadi karena sifat dari partikel tempurung kelapa yang memiliki sifat bahan yang keras dan getas sehingga semakin meningkatnya kandungan partikel tempurung kelapa pada komposit maka akan menambah sifat kekakuan dari komposit tersebut.

B. Pengamatan Mekanisme Kegagalan Komposit Pada Uji Tarik

Dalam menganalisa suatu mekanisme kegagalan yang terjadi pada komposit dapat dilakukan dengan banyak cara, dalam penelitian ini pengamatan mekanisme kegagalan dilakukan secara makro dan SEM penampang patahan ujin tarik.

1. Pengamatan secara makro

Pada spesimen uji tarik, baik itu pada fraksi volume 10%, 15%, maupun 20%, secara keseluruhan spesimen mengalami patah menjadi dua bagian saat dilakukan uji tarik, tapi ada juga yang menjadi lebih dari dua bagian. Hal ini terjadi karena penguat yang digunakan dalam penelitian ini adalah partikel tempurung kelapa yang memiliki aspek rasio (perbandingan antara panjang dan diameter penguat) yang kecil serta sifat bahan yang getas sehingga tidak ada terjadi *fiber bridging* pada penampang patahan dan menyebabkan spesimen terpisah menjadi dua bagian atau lebih.

Berdasarkan standar ASTM D-3039 patahan pada komposit partikel tempurung kelapa didominasi oleh patahan LAT (*Lateral At Grip Top*) , penyebab patahan pada pencekam biasanya diakibatkan distribusi partikel yang kurang merata, yang mengakibatkan tegangan pada bagian tersebut tinggi dari bagian yang lain.

Selain itu, patahan pada pencekam dapat juga terjadi karena kesalahan teknis pada saat dilakukan pengujian, seperti pencekaman spesimen pada saat dilakukan pengujian terlalu kencang sehingga membuat tegangan di daerah tersebut tinggi hanya terkonsentrasi pada daerah pencekam.

Patahan pada spesimen uji tarik resin poliester mengalami patah lebih dari dua bagian, dan patahan yang terjadi menunjukkan bahwa resin poliester yang digunakan dalam penelitian ini memiliki sifat yang getas seperti terlihat pada gambar 19.



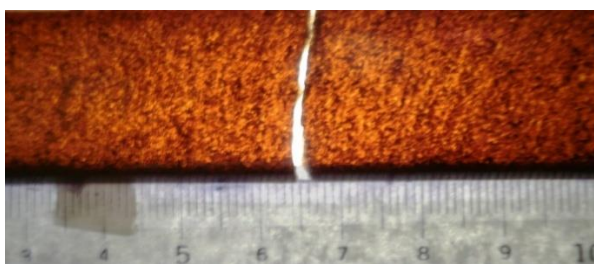
Gambar 19. Patahan spesimen uji tarik resin poliester

Dari gambar 20 dapat dilihat bahwa pada komposit 10% partikel, kegagalan didominasi oleh patahan LAT, spesimen patah menjadi 2 bagian dan banyak terjadi retakan matrik yang cukup panjang di dekat daerah patahan. Hal ini terjadi karena sedikitnya kandungan partikel yang terdapat pada komposit sehingga kerapatan antar partikel dengan matrik sangat rendah, dan pada saat terjadi penarikan terjadi retakan matrik yang menyebabkan terlepasnya ikatan penguat dengan matrik yang berakhir dengan *debonding* dan *pull out*. Dengan kata lain pada komposit 10% partikel, matrik lebih dominan menompang beban yang diberikan pada saat terjadi penarikan.



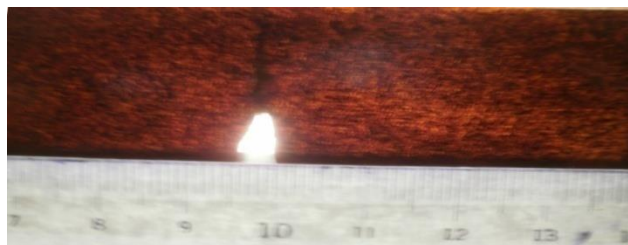
Gambar 20. Patahan Tarik komposit 10% Partikel TK

Patahan spesimen uji tarik 15% partikel masih didominasi patahan LAT, namun retakan yang terjadi lebih sedikit dan hanya terjadi retakan-retakan pendek pada daerah dekat patahan dapat terlihat pada gambar 21, ini mengindikasikan bahwa kerapatan partikel jauh lebih baik jika dibandingkan dengan komposit 10% partikel, sehingga dapat menyerap energi pada saat pembebanan.



Gambar 21.Patahan Tarik komposit 15% Partikel TK

Pada komposit dengan 20% Partikel, spesimen patah menjadi dua bagian dan ada juga yang patah menjadi tiga bagian, patahan yang terjadipun terbagi menjadi dua jenis yaitu patah LAT dan LGM (*Lateral Gage Middle*).



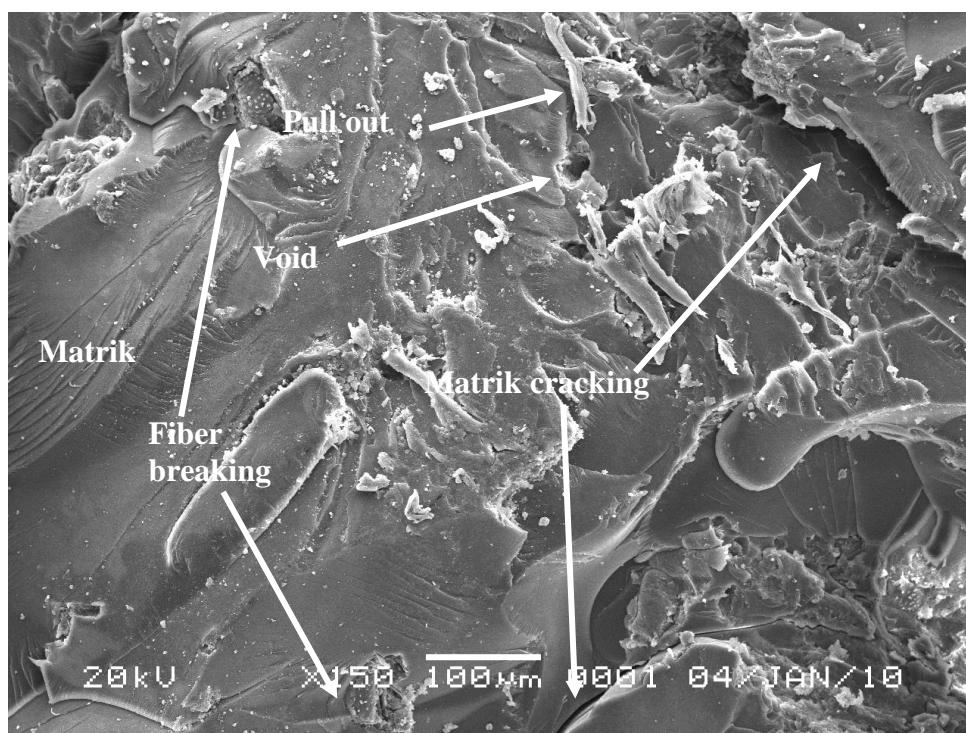
Gambar 22.Patahan Tarik komposit 20% Partikel TK

Dapat dilihat pada gambar 22, bahwa retakan didekat daerah patahankomposit 20% jauh lebih sedikit dibandingkan dengan retakan yang terjadi pada komposit 10% dan 15% partikel, dengan semakin bertambahnya kandungan partikel pada komposit, kerapatan antar partikel semakin tinggi dan partikel ikut membantu matrik dalam menompang beban saat dilakukan penarikan, dan oleh sebab itu

komposit 15% partikel memiliki kekuatan tarik yang jauh lebih besar dibandingkan dengan komposit dengan 15% dan 10% partikel tempurung kelapa.

2. Pengamatan mikro dengan SEM

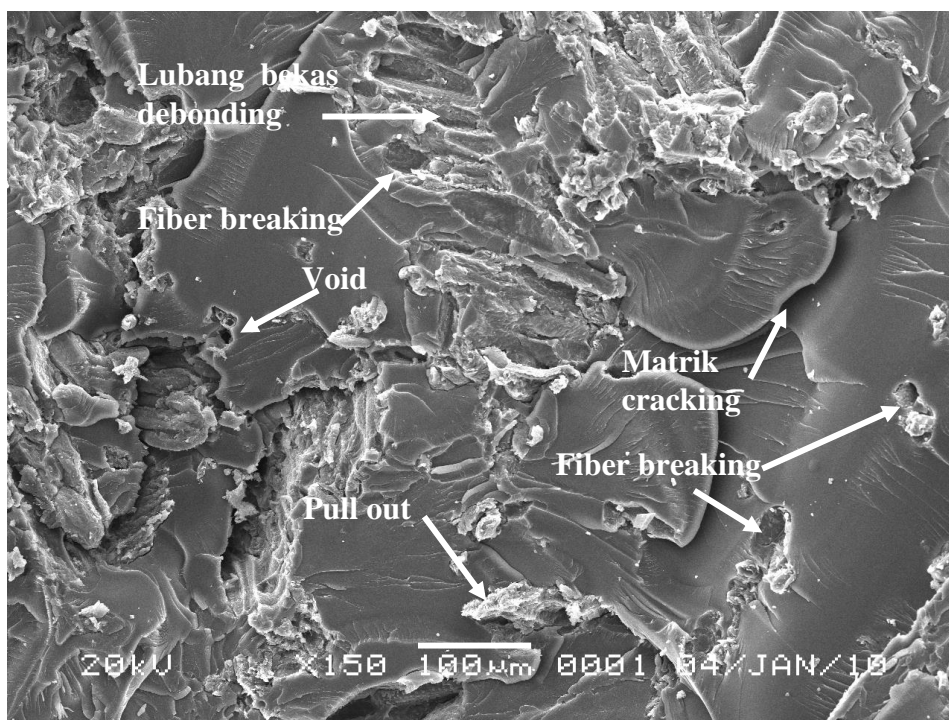
Untuk mengetahui mekanisme kegagalan komposit akibat uji tarik secara mikro, maka dilakukan pengamatan penampang patahan dengan SEM. Penampang patahan yang diamati yaitu sampel uji tarik 10%, 15%, dan 20%. Ini bertujuan untuk mengetahui kegagalan-kegagalan komposit yang terjadi pada masing-masing variasi.



Gambar 23. Foto SEM penampang patahan uji tarik komposit 10% partikel

Pada gambar 23 dapat dilihat bahwa penampang patahan uji tarik pada komposit 10% partikel, kandungan partikel yang sedikit pada komposit membuat matrik

lebih mendominasi dalam menahan beban daripada partikel saat dilakukan penarik, itu terbukti dengan adanya *matrik cracking* dan *pull out* pada penampang patahan yang mengindikasikan kurang kuatnya ikatan antara matrik dan partikel hal ini yang menyebabkan kekuatan tarik pada komposit 10% partikel lebih rendah dibandingkan kekuatan tarik komposit 15% dan 20% partikel.



Gambar 24. Foto SEM penampang patahan uji tarik komposit 15% partikel

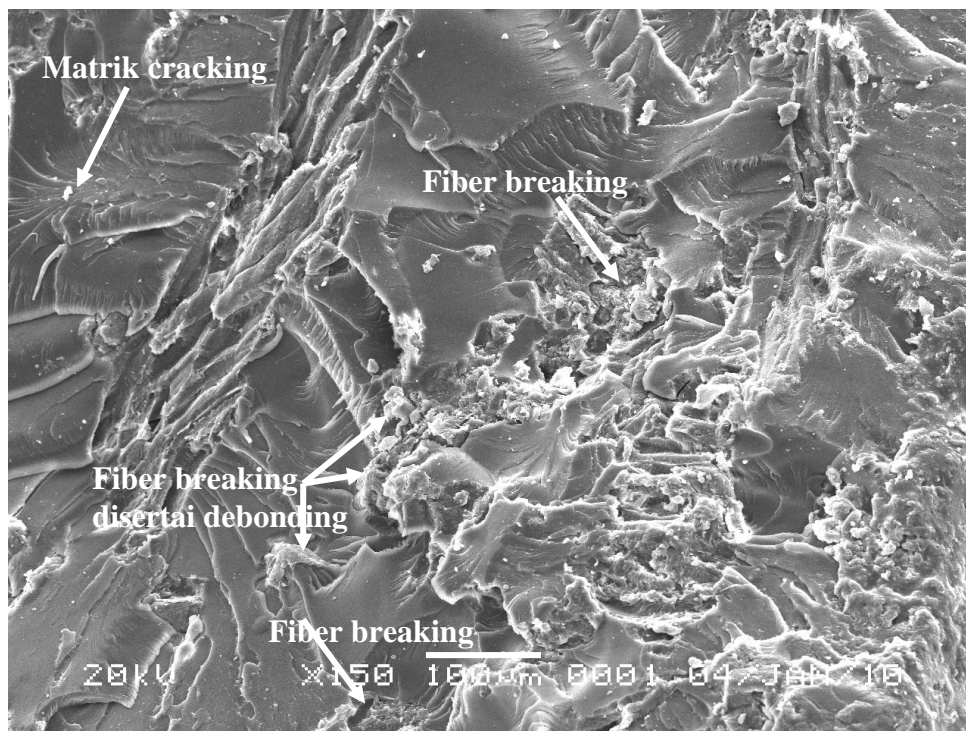
Pada gambar 24 dapat dilihat dengan bertambahnya kandungan partikel pada komposit, membuat tingkat kerapatan antar partikel semakin tinggi dan membuat ikatan antara matrik dengan partikel semakin baik sehingga partikel dapat menyerap energi pada saat terjadi penarikan, ini terbukti dengan adanya *fiber breaking* pada penampang patahan serta meningkatnya kekuatan tarik pada komposit 15% ini.

Fiber breaking terjadi karena partikel dan matrik menahan beban secara bersamaan saat dilakukan penarikan, pada penampang patahan juga masih terdapat *pull out* serta *matrik cracking* yang menyebabkan lepasnya ikatan antara partikel dengan matrik sehingga terjadi *debonding*. *Debonding* dan *pull out* pada penampang patahan didominasi oleh partikel yang posisinya tegak lurus dengan arah tarikan

Kegagalan *pull out*, *matrik cracking* serta *debonding* disebabkan kurang kuatnya *bonding* antara partikel dengan matrik sehingga partikel tidak dapat menyerap energi secara maksimal saat dilakukan penarikan.

Bila kita amati secara makro pada komposit 15% partikel mungkin tidak dijumpai void, akan tetapi dari hasil uji SEM pada komposit 15% dapat dilihat terdapat void dengan ukuran yang kurang dari 1mm, hal ini harus dihindari karena dengan adanya void pada komposit akan dapat mengurangi tingkat kekuatan dari komposit tersebut. Void ini terjadi karena adanya udara yang terjebak pada saat dilakukan pencetakan.

Bila kita amati foto SEM penampang patahan pada gambar 25, retakan pada matrik tidak begitu panjang jika dibandingkan dengan dengan kedua variasi lainnya, hal ini terjadi karena semakin tingginya tingkat kerapatan antar partikel membuat partikel dapat menyerap energi lebih banyak lagi saat dilakukan penarikan.



Gambar 25. Foto SEM penampang patahan uji tarik komposit 20% partikel

Banyaknya *fiber breaking* yang terlihat pada penampang patahan mengindikasikan penguat dengan matrik secara bersamaan menahan beban saat terjadi tarikan sehingga tidak diawali oleh *pull out*.

Tabel 11. Mekanisme kegagalan dominan yang terjadi pada penampang pataan uji tarik

Komposit	Jenis kegagalan yang dominan pada penampang
10% partikel	Matrik cracking dan pull out
15% partikel	fiber breaking dan debonding
20% partikel	fiber breaking

Pull out dan *Debonding* yang terdapat pada penampang patahan menunjukkan masih kurang kuatnya *bonding* antara partikel dengan matrik sehingga partikel tidak menyerap energi secara maksimal, karena banyaknya kandungan partikel pada komposit 20% serta banyaknya *fiber breaking* yang terjadi pada komposit

20% partikel dibandingkan dengan 10% dan 15% partikel membuat komposit volume 20% partikel tempurung kelapa ini memiliki nilai kekuatan tarik dan modulus elastisitas yang tinggi. Sedangkan pada komposit 10% partikel kegagalan yang terjadi pada penampang patahan lebih didominasi oleh *matrik cracking* hal ini membuat kekuatan tarik dari komposit ini memiliki nilai kekuatan tarik dan modulus elastisitas terendah, karena matrik lebih dominan dalam menahan beban saat dilakukan penarikan.

C. Kekuatan Bending Komposit Partikel Tempurung Kelapa

Pada spesimen uji bending, baik untuk volume partikel 10%, 15%, dan 20%, spesimen mengalami patah menjadi dua bagian saat dibending. Spesimen mengalami retak getas pada daerah yang mengalami tarikan, retakan yang terjadi semakin kecil seiring dengan bertambahnya partikel. Hal ini akibat kemampuan partikel untuk menahan ikatan dengan matrik yang semakin meningkat.

Dari pengujian bending yang dilakukan di laboratorium Politeknik Sriwijaya, didapat hanya harga *load* dari setiap spesimen uji. Nilai *load* dimasukkan ke dalam rumus untuk mencari momen maksimum dan kekuatan bending.

Tabel 12. Hasil uji *bending* Resin poliester tak jenuh YUKALAC 157 BQTN_EX

No. Spesimen	<i>load</i> (Kg)	<i>P</i> (N)	<i>L</i> (mm)	<i>M</i> (Nmm)	σ_b (Mpa)
1	3	30	50	375	19.23
2	3	30	50	375	19.23
3	3	30	50	375	19.23
				375	19.23

Tabel 13. Hasil uji *bending* komposit partikel tempurung kelapa (perbandingan volume 90%:10%)

No. Spesimen	<i>load</i> (Kg)	<i>P</i> (N)	L (mm)	M (Nmm)	σ_b (Mpa)
1	7	70	50	875	44.87
2	5	50	50	625	32.05
3	10	100	50	1250	64.10
				916,67	47.006

Tabel 14. Hasil uji *bending* komposit partikel tempurung kelapa (perbandingan volume 85%:15%)

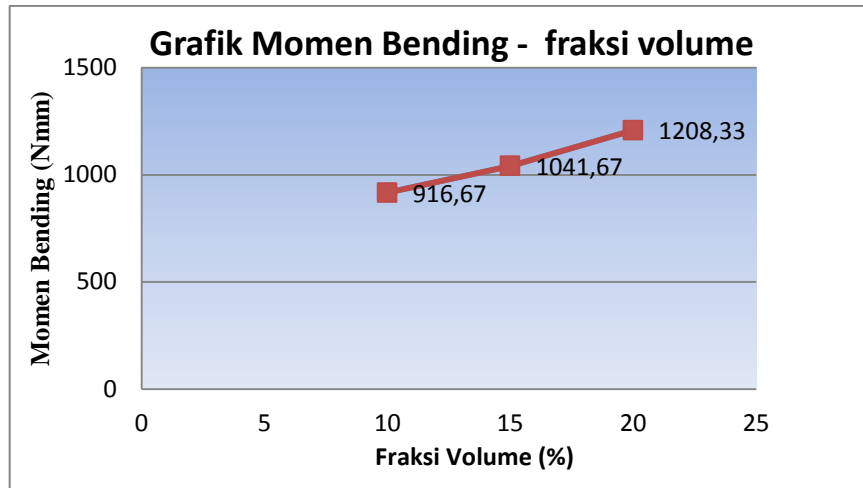
No. Spesimen	<i>load</i> (Kg)	<i>P</i> (N)	L (mm)	M (Nmm)	σ_b (Mpa)
1	9	90	50	1125	57.69
2	9	90	50	1125	57.69
3	7	70	50	875	44.87
				1041,67	53.41

Tabel 15. Hasil uji *bending* komposit partikel tempurung kelapa (perbandingan volume 80%:20%)

No. Spesimen	<i>load</i> (Kg)	<i>P</i> (N)	L (mm)	M (Nmm)	σ_b (Mpa)
1	9	90	50	1125	57.69
2	10	100	50	1250	64.10
3	10	100	50	1250	64.10
				1208,33	61.96

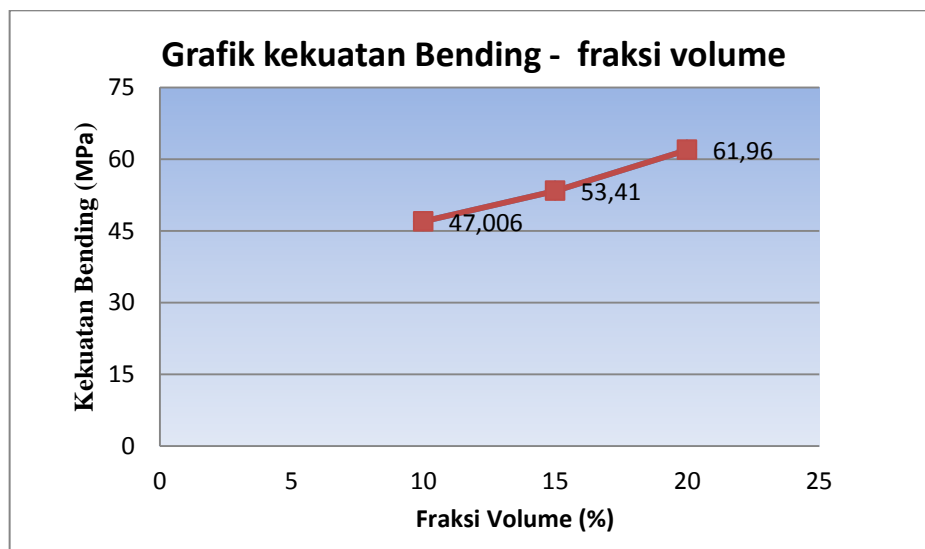
Dari hasil pengujian bending terhadap tiga variasi fraksi volume partikel pada penelitian ini diketahui kemampuan komposit menahan momen bending ditunjukkan pada gambar 26. Komposit serat 20% memiliki kemampuan menahan momen maksimum tertinggi yaitu 1208,33 Nmm, disusul komposit partikel 15% yaitu 1041,67 Nmm. Momen terendah didapat dari komposit partikel 5% yaitu 916,67 Nmm.

Gambar grafik momen bending menunjukkan bahwa kemampuan komposit dalam menahan momen bending berbanding lurus dengan besarnya nilai fraksi volume partikel yang terkandung dalam komposit.



Gambar 26. Grafik Momen Bending komposit Partikel Tempurung Kelapa

Hal yang sama juga ditunjukkan pada kekuatan bending, kekuatan bending meningkat seiring dengan bertambahnya volume partikel. Hal ini dapat dilihat pada gambar 27. Dari gambar 27 diketahui bahwa kekuatan bending tertinggi terjadi pada komposit dengan volume 20% partikel yaitu 61,96 MPa, disusul komposit dengan volume 15% partikel yaitu 53,41 MPa dan kekuatan bending terendah terjadi pada komposit dengan volume 10% serat yaitu 47,006 MPa.



Gambar 27. Grafik Kekuatan Bending komposit Partikel Tempurung Kelapa

Kekuatan bending dari ketiga variasi komposit ini jauh lebih baik jika dibandingkan dengan kekutana bending poliester murni yang hanya 19,23 Mpa. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa partikel tempurung kelapa sebagai penguat sangat memberi kontribusi dalam meningkatkan kekuatan bending .

Pada penelitian Haryadi ^[26] tentang komposit parttikel tempurung kelapa dengan matrik epoxy menyebutkan bahwa kekuatan bending tertinggi terjadi pada komposit 40% partikel tempurung kelapa yaitu sebesar 31,716 Mpa. Dan hasil Haryadi ini jauh lebih rendah dibandingkan dengan penelitian ini. Rendahnya kekuatan bending yang didapat oleh Haryadi mungkin karena kerapatan antar partikel terlalu tinggi sehingga ikatan antar matrik dengan partikel kurang kuat.

Hasil kekuatan *bending* penelitian ini hanya 34,42% dari penelitian yang dilakukan oleh Takahashi tentang komposit CPRP, kekuatan bending tertinggi sebesar 180 MPa^[31].

Dari hasil penelitian ini diketahui kekutan tarik meningkat seiring dengan bertambahnya volume partikel, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan fraksi volume yang lebih tinggi, dengan tujuan mendapatkan fraksi volume terbaik pada komposit partikel tempurung kelapa.

D. Pengamatan Mekanisme Kegagalan Komposit Pada Uji Bending

Dalam menganalisa suatu mekanisme kegagalan yang terjadi pada komposit dalam penelitian ini dilakukan secara pengamatan makro dan SEM pada penampang patahan uji bending.

1. Pengamatan secara makro

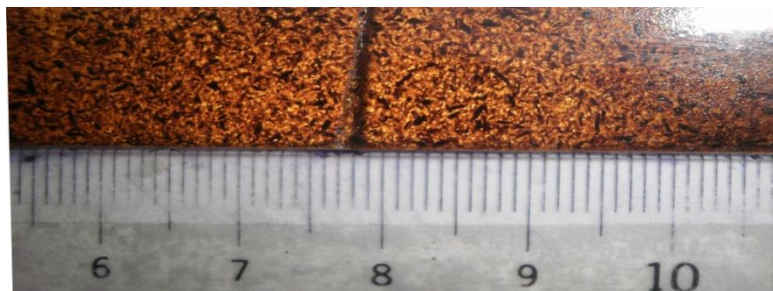
Pada spesimen uji bending, komposit volume 15%, dan 20% spesimen mengalami patah menjadi dua bagian, sedangkan untuk volume 10% partikel sebagian spesimen patah menjadi tiga bagian setelah dilakukan pengujian bending. Semua spesimen mengalami retak pada daerah yang mengalami tarikan. Seperti kita ketahui bahwa pada saat dilakukan bending maka spesimen akan mengalami dua gaya, yaitu tekan dan tarik pada daerah pusat *load* dan retakan semakin kecil seiring dengan bertambahnya kandungan partikel dalam komposit, karena semakin banyak kandungan partikel maka kerapatan antar partikel akan semakin tinggi sehingga komposit mampu menahan beban saat dilakukan uji bending.

Dapat dilihat pada gambar 28, spesimen uji bending resin poliester mengalami patah lebih dari 3 bagian, hal ini terjadi karena sifat resin yang getas serta hanya matrik yang menompang beban saat dilakukan uji bending.



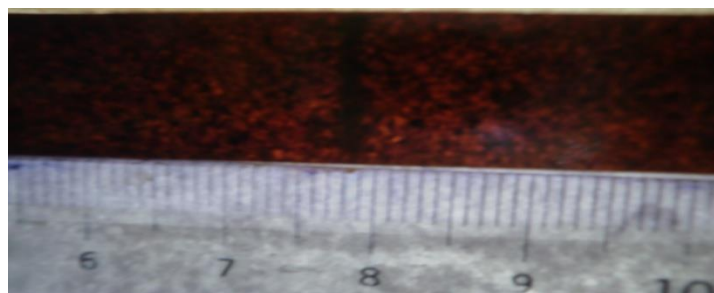
Gambar 28. Patahan spesimen uji bending resin poliester

Pada komposit 10% partikel tempurung kelapa spesimen patah menjadi 3 bagian seperti terlihat pada gambar 29. Hal ini karena kandungan partikel yang sedikit yang terdapat komposit 10% partikel, sehingga matrik lebih mendominasi dalam menahan beban yang diberikan. Retakan matrik terjadi didaerah patahan, terutama pada bagian komposit yang mengalami gaya tarik.



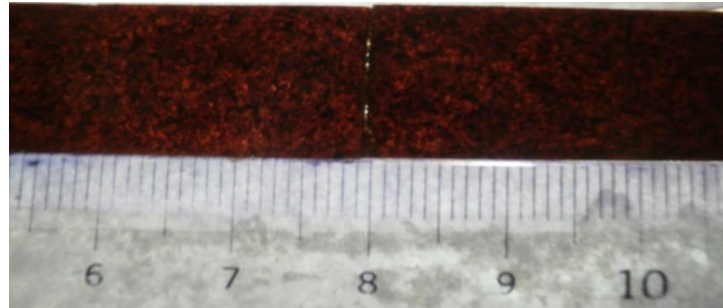
Gambar 29. Patahan Bending komposit 10% Partikel TK

Hal yang sama terjadi pada komposit 15% partikel yang dapat dilihat pada gambar 30, retakan terjadi pada daerah patahan dan pada bagian yang mengalami gaya tarik, karena kandungan partikel yang lebih banyak daripada komposit 10%, membuat komposit 15% partikel cukup mampu mempertahankan bentuknya sehingga komposit hanya patah menjadi dua bagian, ikatan antara matrik dengan partikel jauh lebih baik daripada komposit 10% partikel tempurung kelapa



Gambar 30. Patahan Bending komposit 15% Partikel TK

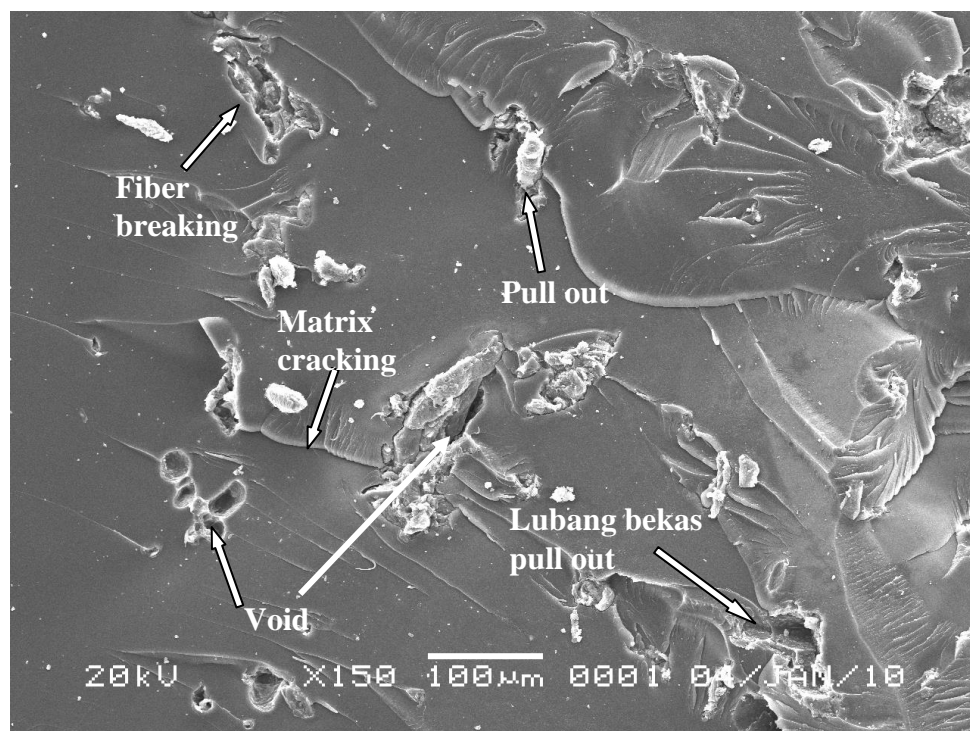
Pada komposit 20% partikel tempurung kelapa, komposit patah mengalami patah menjadi dua bagian pada semua spesimen uji bending seperti ditunjukkan pada gambar 31. Retakan yang terjadi tetap pada daerah yang mengalami gaya tarik, akan tetapi retakan sedikit lebih sedikit dibandingkan kedua variasi lainnya. Semakin banyak kandungan yang terdapat pada komposit maka semakin tinggi kemampuan komposit dalam menahan beban.



Gambar 31. Patahan Bending komposit 20% Partikel TK

2. Pengamatan mikro dengan SEM

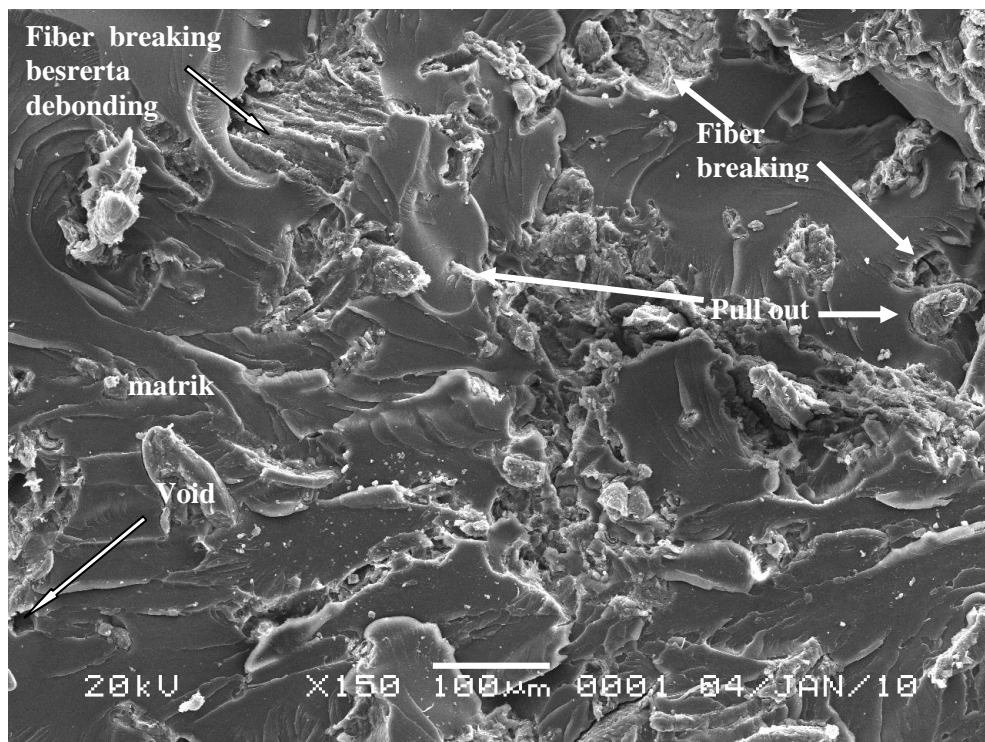
Untuk mengetahui mekanisme kegagalan komposit akibat uji tarik secara mikro, maka dilakukan pengamatan penampang patahan dengan SEM. Penampang patahan yang diamati yaitu sampel uji *bending* 10%, 15%, dan 20%. Ini bertujuan untuk mengetahui kegagalan-kegagalan komposit yang terjadi pada masing-masing variasi.



Gambar 32. Foto SEM penampang patahan uji bending komposit 10% partikel

Pada gambar 32 dapat dilihat secara jelas bahwa matrik pada komposit dengan kandungan 10% partikel sangat dominan daripada kandungan partikel, dari foto SEM ini diketahui kegagalan yang terjadi pada komposit ini yaitu *pull out*, *matrik cracking* serta *void*. *Pull out* serta *matrik cracking* pada penampang ini menyatakan bahwa kekuatan bonding antara partikel dan matrik tidak begitu kuat, hal ini berhubungan banyak kandungan partikel yang terdapat pada komposit, karena partikel yang sedikit maka energi yang bisa diserap oleh partikel saat terjadi pembeban pun rendah. Selain kandungan partikel yang sedikit, pada penampang ini pun terdapat *void* yang tentu saja dapat berpengaruh terhadap kekuatan dari komposit ini.

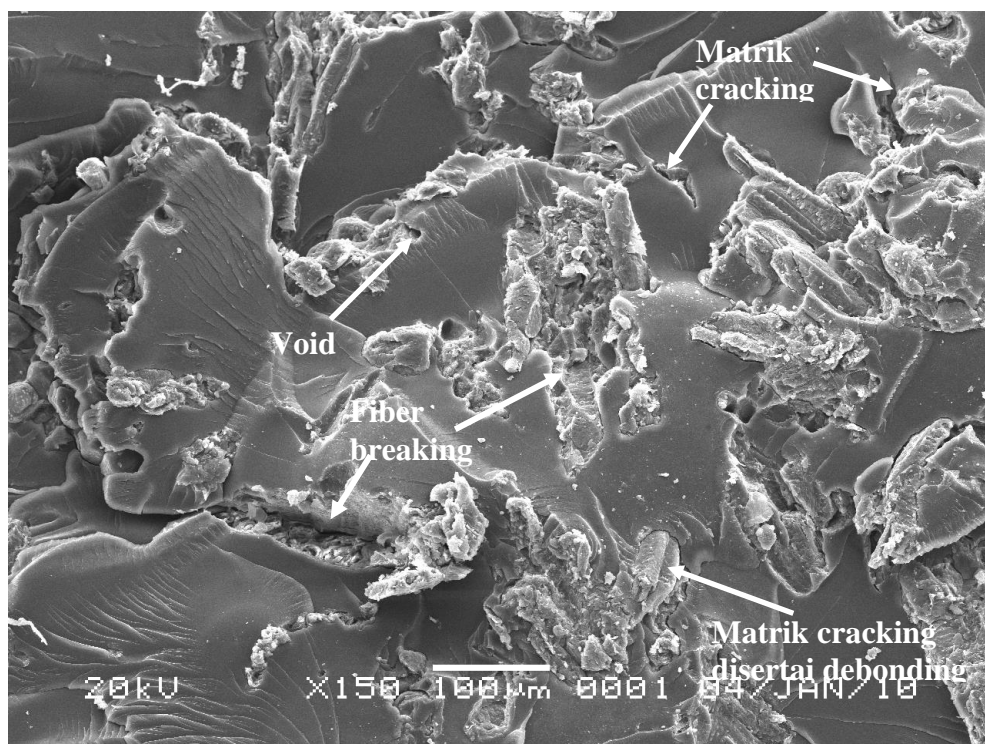
Kegagalan inilah yang menyebabkan rendahnya kekuatan bending pada komposit 10% partikel tempurung kelapa dari variasi fraksi volume lainnya.



Gambar 33. Foto SEM penampang patahan uji bending komposit 15% partikel

Pada gambar 33 diatas dapat terlihat jelas kandungan partikel yang terdapat pada patahan penampang 15% partikel jauh lebih banyak daripada partikel pada komposit 10% partikel, semakin banyak kandungan partikel maka akan semakin tinggi tingkatan kerapatan antar partikel, sehingga partikel dapat menyerap energi lebih baik saat terjadi pembebanan.

Pada penampang masih kita jumpai kegagalan *pull out*, *debonding* dan *void*, yang tentu saja dapat mengurangi tingkat kekuatan bending, *Void* terjadi karena adanya rongga udara yang terjebak pada saat proses pencetakan. Banyaknya *Fiber breaking* yang terdapat pada penampang menunjukkan bahwa partikel dan matrik secara bersama dalam menahan pembebanan dan ini mengindikasikan bahwa *bonding* antara partikel dan matrik pada komposit volume 15% partikel sudah cukup baik jika dibandingkan dengan volume 10% partikel.



Gambar 34. Foto SEM penampang patahan uji bending komposit 20% partikel

Bila kita lihat pada penampang patahan uji *bending* komposit 20% pada gambar 34, partikel tempurung kelapa terdistribusi merata pada semua bagian penampang patahan, dengan terdistribusi meratanya partikel maka beban saat dilakukan penarikan akan terdistribusi merata pada setiap bagian. Karena semakin tingginya tingkat kerapatan antar partikel serta kuatnya ikatan antara partikel dengan matrik ini, membuat kegagalan pada penampang banyak didominasi oleh *fiber breaking*. Karena tingginya tingkat kerapatan antar partikel membuat partikel dapat menyerap energi lebih besar saat dilakukan pembebanan.

Matrik cracking pada penampang patahan mengakibatkan terjadinya *debonding* pada partikel, dengan adanya kegagalan *pull out* dan *debonding* yang terlihat pada penampang patahan menunjukkan bahwa partikel tidak menyerap energi secara maksimal pada saat dilakukan pembebanan, Partikel tetap ikut menyerap energi pada saat dilakukan pembebanan, akan tetapi energi yang diserap tidak sebesar energi pada kegagalan *fiber breaking*, dimana partikel dengan matrik secara bersamaan menahan beban.

Karena tingginya tingkat kerapatan antar partikel, lebih baiknya kekuatan bonding antara partikel dengan partikel dan banyaknya *fiber breaking* yang terjadi pada komposit 20% partikel, membuat komposit 20% partikel tempurung kelapa memiliki nilai kekuatan *bending* tertinggi bila dibandingkan dengan komposit 10% dan 15% partikel tempurung kelapa.

Tabel 16. Mekanisme kegagalan dominan yang terjadi pada penampang patah uji Bending

komposit	jenis kegagalan yang dominan pada penampang
10% partikel	matrik cracking dan pull out
15% partikel	fiber breaking dan pull out
20% partikel	fiber breaking

Bila di tabelisasikan seperti yang terlihat pada tabel 16, kegagalan pada komposit 10% partikel lebih di dominasi oleh *matrik cracking* dan *pull out*, ikatan bonding yang kurang kuat, sedikitnya partikel membuat energi yang dapat diserap oleh partikel pun sedikit, hal ini mengakibatkan kekuatan bending pada komposit ini lebih rendah di banding kedua variasi lain.

Pada komposit 15% mekanisme kegagalan didominasi oleh fiber breaking dan pull out, *fiber breaking* berarti partikel secara bersamaan menahan beban saat dilakukan uji bending karena jumlah kandungan partikel pada komposit 15% lebih banyak dari pada 10% partikel, maka partikel dapat menyerap energi pada saat pembebanan jauh lebih besar dari besar energi yang mampu diserap oleh komposit 10%.

Pada komposit 20% dapat dilihat pada tabel 16, bahwa kegagalan pada penampang patahan di dominasi oleh *fiber breaking*, *fiber breaking* terjadi karena matrik dan penguat secara bersamaan menahan beban saat dilakukannya pembebanan, karena banyaknya kandungan partikel pada komposit 20% dibandingkan komposit 10% dan 15% partikel membuat komposit dengan 20% partikel ini mampu menyerap energi lebih besar dan banyaknya *fiber breaking* yang terdapat pada penampangan membuat komposit dengan fraksi volume 20% partikel memiliki kekuatan bending yang tertinggi.