

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan polimer komposit berpenguat serat ijuk ini bertujuan untuk menggantikan peran *dashboard* mobil berbahan dasar plastik. Sampel komposit polimer ditargetkan mampu mensubstitusi plastik sebagai bahan baku *dashboard* mobil. Dua macam variabel dipilih pada proses pembuatan sampel, yakni jenis resin dan metode fabrikasi. Komposit polimer yang dihasilkan selanjutnya diuji sifat mekaniknya dengan pengujian kuat tarik dan kuat lentur untuk dibandingkan dengan standar *dashboard* mobil SAE J 1717. Selain itu, pada patahan sampel juga dilakukan pengamatan struktur mikro menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) guna mengetahui visualisasi ikatan antara serat dengan matriks.

4.1 Preparasi Serat Daun Nanas

Serat daun nanas yang digunakan sebagai penguat (*reinforcement*) komposit polimer terlebih dahulu direndam dalam larutan NaOH 5%. Perlakuan alkali ini dilakukan untuk memperbaiki beberapa sifat dari serat daun nanas yang akan digunakan, yaitu untuk membersihkan dan memodifikasi permukaan serat sehingga memiliki tekanan permukaan lebih rendah dan memperbaiki ikatan adhesi antara serat alam dan matriks. Selain itu, perlakuan alkali ini dapat membersihkan permukaan serat sehingga akan meningkatkan kadar selulosa seiring dengan berkurangnya kandungan lignin dan hemiselulosa [53]. Jika tidak dilakukan

perlakuan alkali, maka hal tersebut dapat mempengaruhi kekuatan mekanik dari komposit yang akan dihasilkan. Oleh karena itu perlakuan alkali perlu dilakukan guna meningkatkan kompatibilitas antara serat dan matriks.

Pada penelitian ini, serat daun nanas mengalami perlakuan alkali pada larutan NaOH 5% selama dua jam. Variasi tersebut dipilih karena didasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh Firman dkk. (2018). Merujuk pada penelitian tersebut, hasil kuat tarik serat daun nanas pada persentase NaOH 5% selama dua jam menunjukkan nilai kuat tarik tertinggi dibandingkan dengan perlakuan serat dengan matahari dan udara. Peningkatan nilai kuat tarik pada serat dapat terjadi sebagai hasil dari perlakuan dengan natrium hidroksida (NaOH). Perlakuan ini bertujuan untuk melarutkan lapisan seperti lilin yang menempel di permukaan serat, termasuk komponen seperti lignin, hemiselulosa, serta kotoran lainnya yang mungkin ada. Lapisan lilin ini dapat menghambat ikatan antar serat, dan dengan menghilangkannya, ikatan yang terbentuk antara serat menjadi lebih kuat, yang pada gilirannya meningkatkan kekuatan tarik material. Lebih lanjut lagi, peningkatan kuat tarik serat daun nanas setelah perlakuan NaOH juga disebabkan oleh peningkatan kekakuan serat. Kekakuan serat mengalami peningkatan signifikan karena perlakuan ini menyebabkan peningkatan kandungan selulosa, yang merupakan senyawa yang tidak mudah larut dan memberikan kekuatan struktural pada serat. Di sisi lain, kandungan senyawa lain seperti hemiselulosa dan lignin mengalami penurunan [54].

4.2 Pengaruh Metode Fabrikasi terhadap Sifat Mekanik

Metode fabrikasi yang digunakan pada penelitian ini dibagi menjadi dua, yaitu metode *hand lay-up* dan metode *vacuum bag*. Metode *hand lay-up* merupakan metode yang paling sering digunakan dalam pembuatan komposit, karena metode tersebut memiliki tingkat kesulitan yang rendah. Meskipun metode ini menawarkan kemudahan dalam proses pembuatan komposit, ada beberapa kelemahan yang perlu diperhatikan. Salah satu masalah utama adalah potensi terbentuknya rongga-rongga di dalam komposit. Rongga ini dapat terjadi karena adanya udara yang terperangkap di antara matriks dan serat selama proses pembuatan. Ketika udara terjebak di dalam komposit, itu dapat mengakibatkan adanya bagian yang berongga atau bergelembung. Kehadiran rongga-rongga ini bisa mempengaruhi kualitas dan kekuatan akhir dari komposit [7].

Selain metode *hand lay-up*, salah satu metode lain yang sering digunakan dalam pembuatan komposit adalah metode *vacuum bag*. Metode *vacuum bag* ini dapat dianggap sebagai penyempurnaan dari metode *hand lay-up*. Berbeda dengan metode *hand lay-up* yang hanya melibatkan proses laminasi, metode *vacuum bag* mencakup tahapan tambahan yang penting untuk meningkatkan kualitas komposit. Dalam metode *vacuum bag*, setelah proses laminasi dilakukan, tahap berikutnya adalah penerapan teknik vakum pada laminasi tersebut. Proses ini melibatkan penempatan laminasi di dalam kantong plastik yang kedap udara, yang kemudian dihisap dengan pompa vakum untuk mengurangi tekanan di dalam kantong. Tujuan utama dari proses vakum ini adalah untuk menghilangkan kelebihan resin yang mungkin ada dan juga untuk mengeluarkan udara yang terperangkap di dalam laminasi [55]. Dari pengujian tarik yang telah dilakukan, didapatkan data kuat tarik

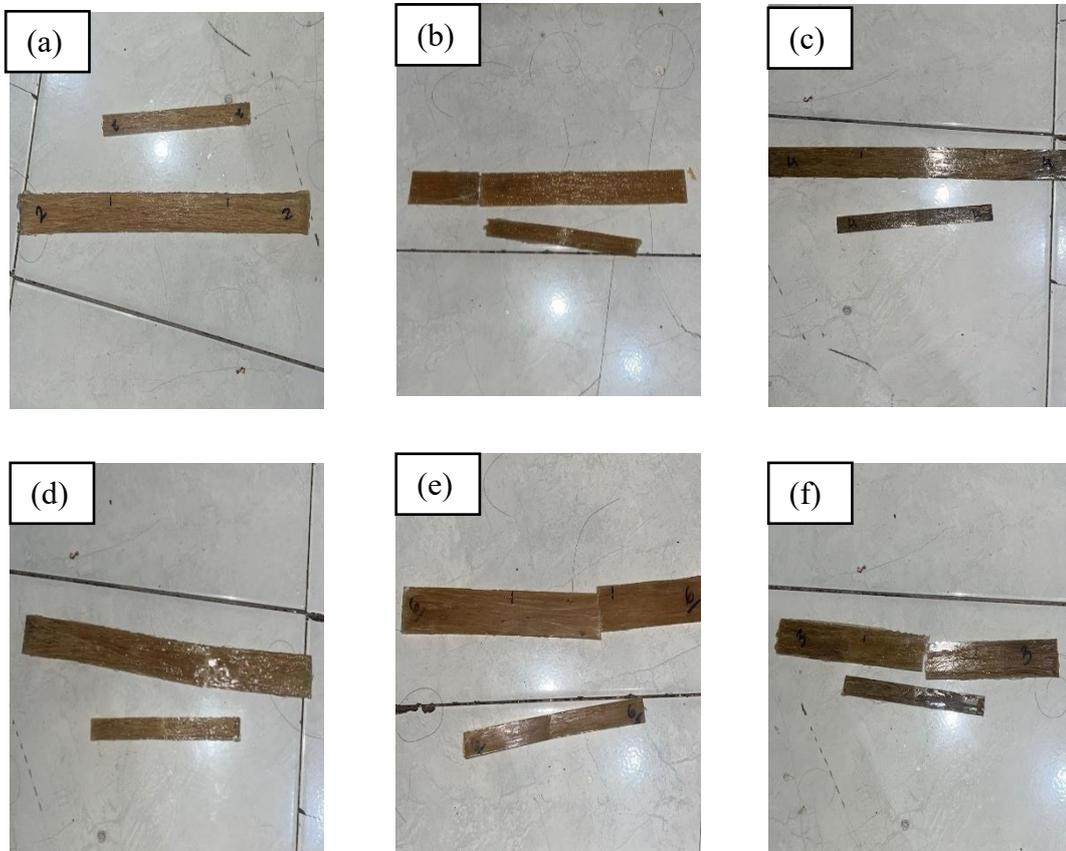
dari metode *vacuum bag* dan *hand lay-up* yang dapat di lihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Hasil Uji Tarik Komposit dengan Variasi Metode Fabrikasi dan Variasi Jenis Resin

Metode Fabrikasi	Jenis Resin	Kuat Tarik (MPa)
<i>Vacuum Bag</i>	Poliester	28,18
	Epoksi	46,12
	Vinil Ester	58,37
<i>Hand Lay-up</i>	Poliester	24,04
	Epoksi	38,00
	Vinil Ester	51,38

Pada Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa kuat tarik pada metode *vacuum bag* memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan metode *hand lay-up* disetiap jenis resin yang digunakan. Pada komposit menggunakan metode *hand lay-up* dengan jenis resin poliester didapatkan nilai kuat tarik sebesar 24,04 MPa dan meningkat pada penggunaan metode *vacuum bag* dengan nilai kuat tarik 28,18 MPa. Selanjutnya untuk resin epoksi dengan menggunakan metode *hand lay-up* didapatkan nilai kuat tarik sebesar 38,00 MPa dan meningkat pada penggunaan metode *vacuum bag* dengan nilai kuat tarik 46,12 MPa. Setelah itu, pada resin vinil ester dengan menggunakan metode *hand lay-up* didapatkan nilai kuat tarik sebesar 51,38 MPa dan meningkat pada penggunaan metode *vacuum bag* dengan nilai kuat tarik 58,37 MPa. Hal tersebut dapat terjadi karena pada penggunaan metode *vacuum*

bag matriks dan penguat lebih mengikat dan menghasilkan lebih sedikit *void* pada sampel yang dihasilkan.



Gambar 4.1 Hasil Sampel Komposit (a) HLU Poliester, (b) HLU Epoksi, (c) HLU Vinil Ester, (d) VB Poliester, (e) VB Epoksi, (f) VB Vinil Ester

Hal ini selaras dengan penelitian Nugroho & Wantogia (2019), yang mendapatkan nilai kuat tarik pada metode *vacuum bag* lebih besar dengan nilai 515 MPa dibandingkan dengan metode *hand lay-up* dengan nilai 329 MPa. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa selama proses curing, gaya yang dihasilkan dari pengisapan udara di dalam *vacuum bag* memberikan tekanan yang merata pada serat dan matriks. Tekanan ini membantu memastikan bahwa matriks resin tersebar secara seragam di seluruh area komposit, sehingga mengurangi kemungkinan adanya porositas.

Pada penelitian Azissyukhron & Hidayat (2018) juga menyatakan bahwa sampel hasil *vacuum bag* secara fisik tidak terlihat adanya rongga udara yang dapat dikatakan sampel tersebut tidak mendapatkan udara yang terjebak saat proses laminasi yang kemudian dilakukan proses penyedotan/*vacuum*. Pada penelitian ini, metode *hand lay-up* mendapatkan nilai hasil uji tarik rata-rata sebesar 3,429 MPa, sedangkan metode *vacuum bag* mendapatkan nilai hasil uji tarik rata-rata sebesar 7,507 MPa. Hasilnya yaitu sampel dengan menggunakan metode *vacuum bag* memiliki ketahanan material yang lebih baik daripada sampel dengan menggunakan metode *hand lay-up*. Dari segi berat juga, sampel dengan metode *vacuum bag* memiliki berat lebih ringan dibandingkan dengan sampel dengan metode *hand lay-up*. Hal tersebut dikarenakan pada metode *vacuum bag* resin yang berlebih dapat dikeluarkan dari laminasi, berbeda dengan metode *hand lay-up* resin yang berlebih tidak dapat dikeluarkan dari cetakan [7].

4.3 Pengaruh Jenis Resin terhadap Sifat Mekanis

Dalam penerapannya, matriks dalam komposit memainkan peran yang sangat penting karena berbagai fungsi yang dimilikinya. Matriks bertanggung jawab untuk memberikan stabilitas struktural pada komposit, serta berperan dalam mendistribusikan tegangan lokal yang terjadi di dalam material. Dengan demikian, matriks membantu memastikan bahwa beban atau gaya yang diterima oleh komposit tidak hanya terpusat pada satu area, melainkan didistribusikan secara merata di seluruh material [56]. Setiap jenis resin memiliki komposisi penyusun yang berbeda. Dalam penelitian ini jenis resin yang digunakan adalah resin

poliester, resin vinil ester, dan resin epoksi. Untuk menentukan seberapa besar pengaruh jenis resin terhadap sifat mekanis material komposit maka dilakukan beberapa pengujian seperti pengujian tarik dan bending.

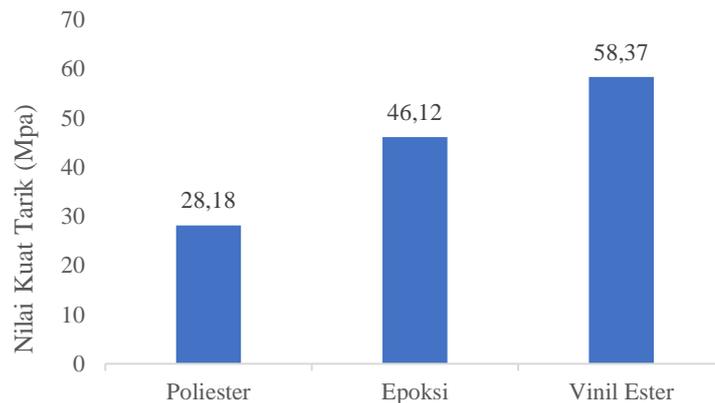
4.3.1 Hasil Uji Tarik

Pengaruh variasi jenis resin terhadap kuat tarik diambil dari nilai tertinggi pada setiap resin. Pada resin poliester nilai kuat tarik tertinggi terdapat pada penggunaan metode *vacuum bag*. Pada resin epoksi nilai kuat tarik tertinggi terdapat pada penggunaan metode *vacuum bag*. Pada resin vinil ester nilai kuat tarik tertinggi terdapat pada penggunaan metode *vacuum bag*.

Tabel 4.2 Data Hasil Uji Tarik Tertinggi Komposit dengan Variasi Jenis Resin untuk Satu Kali Pengukuran

Jenis Resin	Kuat Tarik (MPa)
Poliester	28,18
Epoksi	46,12
Vinil Ester	58,37

Pada Tabel 4.2 menunjukkan nilai kuat tarik masing - masing resin poliester, epoksi, dan vinil ester yaitu 28,18 MPa, 46,12 MPa dan 58,37 MPa. Nilai kuat tarik tertinggi didapatkan oleh resin vinil ester, kemudian disusul oleh resin epoksi dan yang terendah didapatkan oleh resin poliester.



Gambar 4.2 Grafik Hasil Uji Tarik Tertinggi Komposit dengan Variasi Jenis Resin

Pada Gambar 4.2 menunjukkan grafik hasil uji tarik tertinggi komposit pada masing-masing resin. Komposit berpenguat resin vinil ester memiliki nilai tarik tertinggi yang kemudian diikuti oleh resin epoksi dan poliester. Hal tersebut dikarenakan panjangnya rantai molekul dan banyaknya ikatan *crosslink* pada vinil ester sehingga mampu menahan beban yang berikan [57]. Penelitian ini selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Damaru dkk (2021) yang menyatakan bahwa nilai kuat tarik dengan resin vinil ester adalah yang tertinggi dengan diikuti oleh resin epoksi dan resin poliester. Nilai kuat tarik tersebut telah memenuhi standar kuat tarik bahan komposit untuk industri di bidang otomotif seperti *dashboard*.

4.3.2 Hasil Uji Lentur

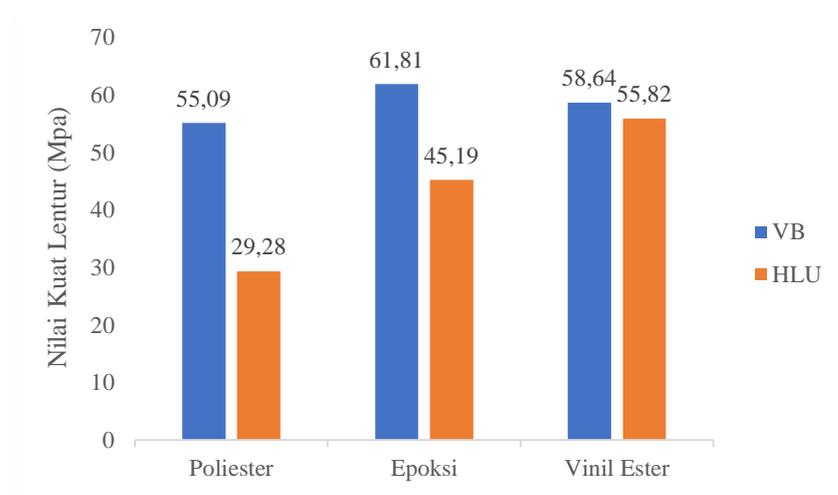
Pengujian lentur pada penelitian ini digunakan untuk menentukan kuat lentur dari spesimen komposit dengan variasi jenis resin dan variasi metode fabrikasi. Pengujian lentur dilakukan menggunakan alat dengan metode tiga

titik tegangan yang sesuai dengan standar ASTM D790. Hasil uji lentur dari komposit serat daun nanas dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Hasil Uji Lentur Komposit dengan Variasi Metode Fabrikasi dan Variasi Jenis Resin

Metode Fabrikasi	Jenis Resin	Kuat Lentur (MPa)
<i>Vacuum Bag</i>	Poliester	55,09
	Epoksi	61,81
	Vinil Ester	58,64
<i>Hand Lay-up</i>	Poliester	29,28
	Epoksi	45,19
	Vinil Ester	55,82

Berdasarkan data hasil pengujian lentur komposit serat nanas pada Tabel 4.3 didapatkan diagram pengaruh jenis resin terhadap kuat lentur. Pengaruh jenis resin terhadap kuat lentur dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.3 Diagram Pengaruh Jenis Resin terhadap Kuat Lentur

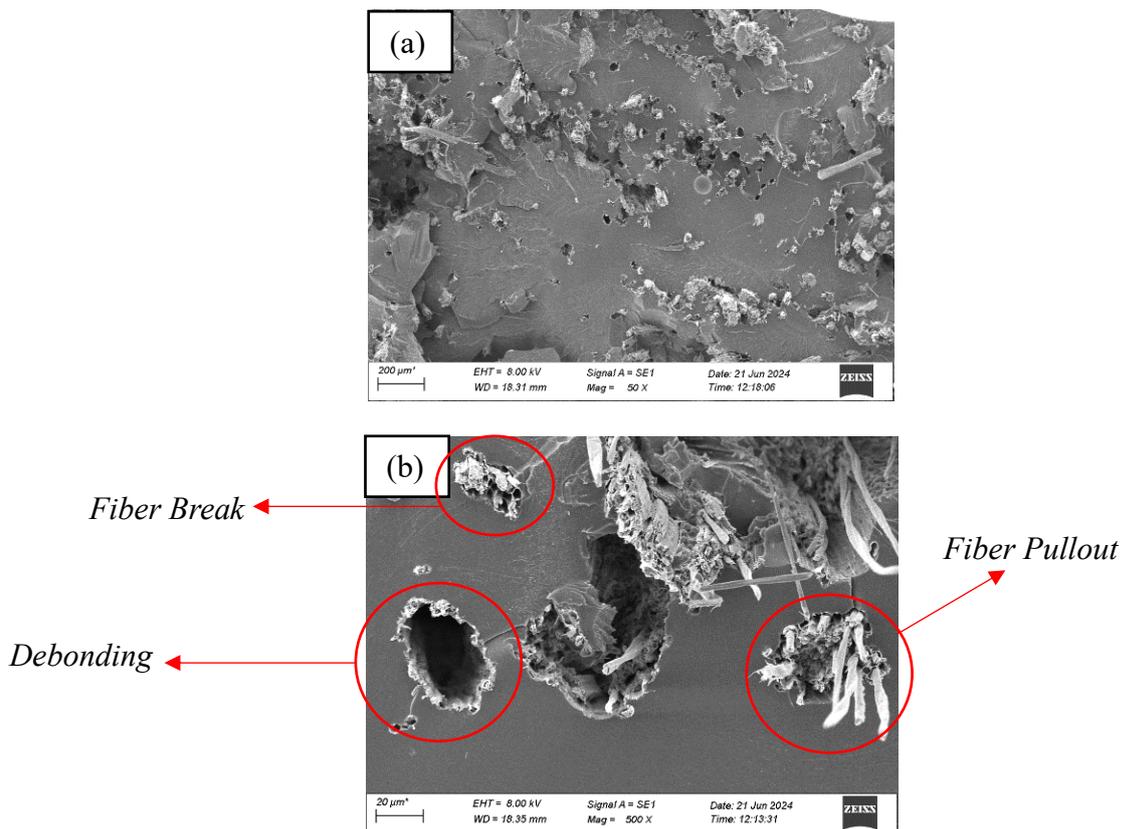
Berdasarkan grafik nilai kekuatan lentur menunjukkan bahwa nilai kuat lentur tertinggi pada setiap resin didapatkan dengan penggunaan metode VB (*vacuum bag*) kemudian disusul oleh metode HLU (*hand lay-up*). Nilai kuat lentur tertinggi didapatkan oleh resin epoksi dengan nilai kuat lentur 61,81 MPa, kemudian diikuti dengan resin vinil ester dengan nilai kuat lentur 58,64 MPa, dan yang terakhir yaitu resin poliester dengan nilai kuat lentur sebesar 55,09 MPa. Dilihat dari densitasnya, resin epoksi memiliki densitas yang lebih besar dari pada vinil ester dan poliester. Densitas untuk resin epoksi yaitu 1,1-1,4 g/cm³, kemudian densitas untuk resin vinil ester yaitu 1,2 g/cm³, dan densitas untuk poliester yaitu 1,15 g/cm³. Pada umumnya, semakin tinggi nilai densitas maka nilai kuat lentur yang didapatkan juga akan semakin tinggi [58].

Pengujian lentur merupakan salah satu aspek yang diperlukan untuk pembuatan *dashboard* mobil. Hal tersebut dikarenakan uji lentur berpengaruh pada keamanan, ketahanan terhadap cuaca, dan kualitas material [59]. Dalam segi keamanan, *dashboard* mobil dengan kuat lentur yang sesuai dengan standar SAE J 1717 akan memberikan perlindungan yang baik dalam kecelakaan. Dalam segi ketahanan terhadap cuaca, *dashboard* mobil dengan kuat lentur yang sesuai dengan standar SAE J 1717 akan memberikan kualitas yang baik dari perubahan suhu yang ekstrim dan tidak akan retak atau rapuh akibat perubahan suhu yang ekstrim. Dalam segi kualitas material, *dashboard* mobil dengan kuat lentur yang sesuai dengan standar SAE J 1717 akan mampu untuk menahan tekanan dan tahan terhadap deformasi serta cukup

keras dalam memberikan dukungan struktural.

4.4 Pengamatan Mikrostruktur dengan SEM

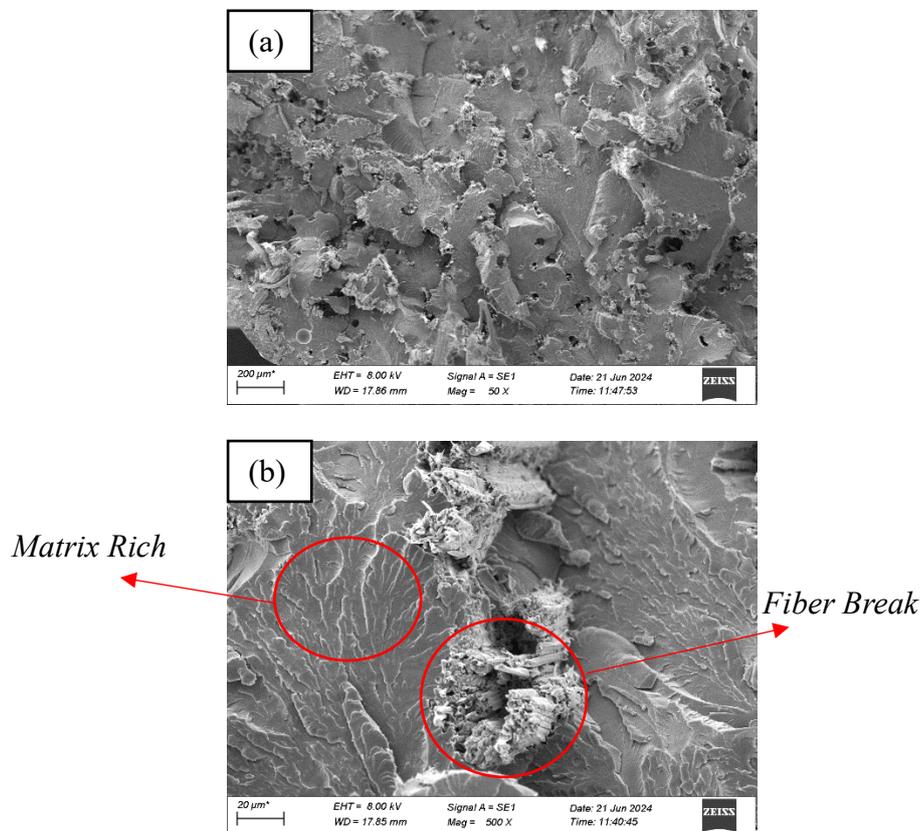
Pengamatan dengan SEM dilakukan untuk melihat pengaruh metode fabrikasi terhadap patahan komposit. Dengan perbedaan metode fabrikasi tentu menghasilkan ketangguhan hasil sampel komposit yang berbeda. Ketangguhan hasil sampel komposit akan mempengaruhi morfologi patahan yang dihasilkan.



Gambar 4.4 Hasil Pengamatan SEM pada Patahan Sampel HLU Bermatriks Epoksi (a) Perbesaran 50x, (b) Perbesaran 500x

Pada Gambar 4.4 dapat dilihat hasil pengamatan SEM pada patahan sampel HLU bermatriks epoksi dengan perbesaran 50x dan 500x terdapat *fiber break* yang merupakan peristiwa patahnya serat sehingga mengakibatkan serat tersebut

kehilangan konektivitasnya dengan matriks [60]. Selain itu juga teramati adanya *bonding* dan *fiber pullout*. *Bonding* terjadi karena terlepasnya serat dari matriks yang menyebabkan terbentuknya lubang pada matriks. *Fiber pullout* merupakan peristiwa lemahnya ikatan antara matriks dan serat sehingga menyebabkan banyaknya serat mengalami *pullout* pada saat ditarik. Peristiwa ini terjadi karena distribusi serat dan resin tidak merata sempurna sehingga terdapat beberapa rongga udara yang mengakibatkan ikatan menjadi lemah antara matriks dengan serat, serta terdapat celah pada *interface* akibat kegagalan matriks mengikat serat [61].



Gambar 4.5 Hasil Pengamatan SEM pada Patahan Sampel VB Bermatriks Epoksi
(a) Perbesaran 50x, (b) Perbesaran 500x

Pada Gambar 4.5 dapat dilihat hasil pengamatan SEM pada patahan sampel VB bermatriks epoksi dengan perbesaran 50x dan 500x terdapat *matrix rich* yang merupakan kejadian matriks menyebar secara merata serta mengikat serat secara kuat sehingga tidak menyebabkan serat mengalami *fiber pullout*, serta tegangan merata ke matriks dan serat sebelum terjadinya patahan [61]. Selain itu terdapat juga peristiwa *fiber break* yang merupakan peristiwa patahnya serat sehingga mengakibatkan serat tersebut kehilangan konektivitasnya dengan matriks. *Fiber break* terjadi karena penguat dan matriks menahan beban secara bersamaan saat dilakukan penarikan [60] Pada sampel dengan metode fabrikasi *vacuum bag* tidak terdapat *void* dan *fiber pullout* yang menyebabkan sampel dengan metode ini memiliki nilai kuat tarik lebih tinggi dibandingkan dengan sampel dengan menggunakan metode fabrikasi *hand lay up*.

4.5 Perbandingan Hasil Uji Mekanik Terhadap Standar *Dashboard* Mobil

Dari hasil pengujian kekutan tarik dan kekuatan lentur komposit serat nanas maka didapatkan nilai uji tertinggi pada masing masing jenis resin dengan spesifikasi sebagai berikut:

- a) Poliester dengan metode fabrikasi *vacuum bag* mendapatkan nilai kuat tarik sebesar 28,18 MPa dan mendapatkan nilai kuat lentur sebesar 55,09 MPa. Kuat tarik tersebut mengacu pada standar SAE J 1717 dan kuat lentur tersebut mengacu pada standar ASTM D 790.
- b) Epoksi dengan metode fabrikasi *vacuum bag* mendapatkan nilai kuat tarik sebesar 46,12 MPa dan mendapatkan nilai kuat lentur sebesar 61,81 MPa.

Kuat tarik tersebut mengacu pada standar SAE J 1717 dan kuat lentur tersebut mengacu pada standar ASTM D 790.

- c) Vinil Ester dengan metode fabrikasi *vacuum bag* mendapatkan nilai kuat tarik sebesar 58,37 MPa dan mendapatkan nilai kuat lentur sebesar 58,64 MPa. Kuat tarik tersebut mengacu pada standar SAE J 1717 dan kuat lentur tersebut mengacu pada standar ASTM D 790.