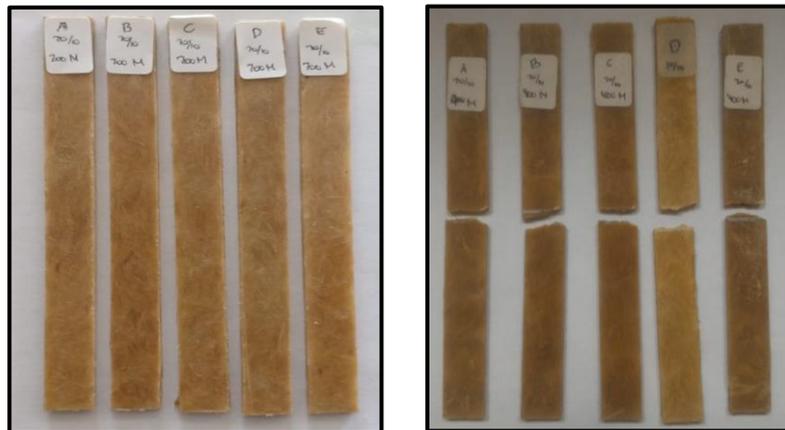


BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Uji Ketangguhan Impak

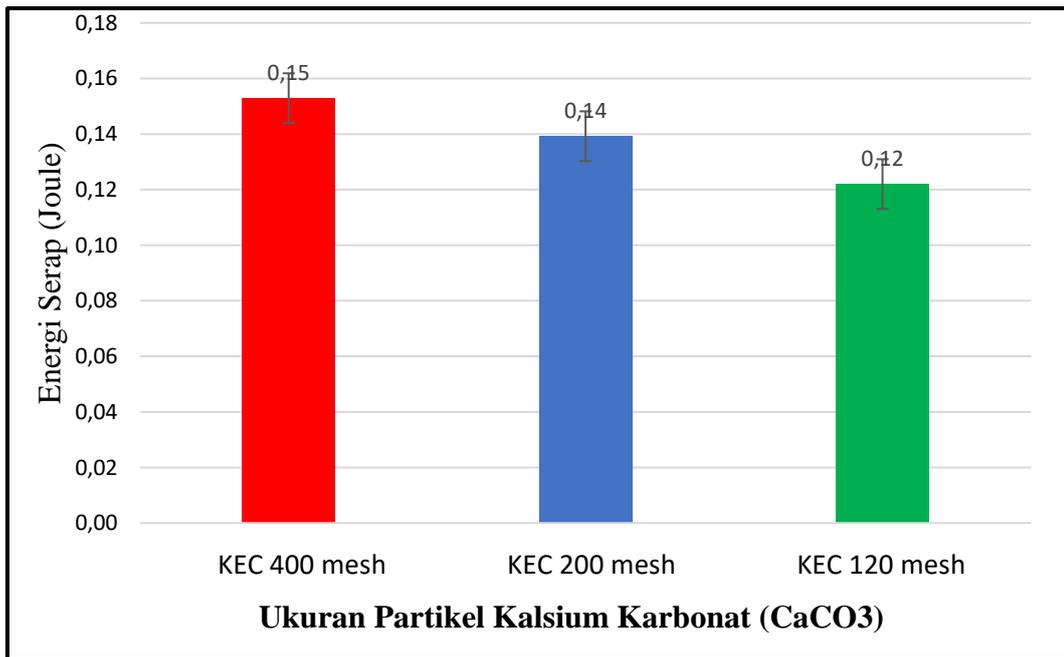
Pada penelitian ini pengujian yang dilakukan yaitu uji impak pada komposit hibrid serat kenaf/*epoxyresin*/ CaCO_3 dengan variasi ukuran serbuk CaCO_3 120 mesh (tanpa ayakan), 200 mesh, dan 400 mesh. Sedangkan pengujian impak yang dilakukan yaitu mengacu pada ASTM D 6110-04. Berikut adalah sampel pengujian impak yang disajikan pada Gambar 4.1.



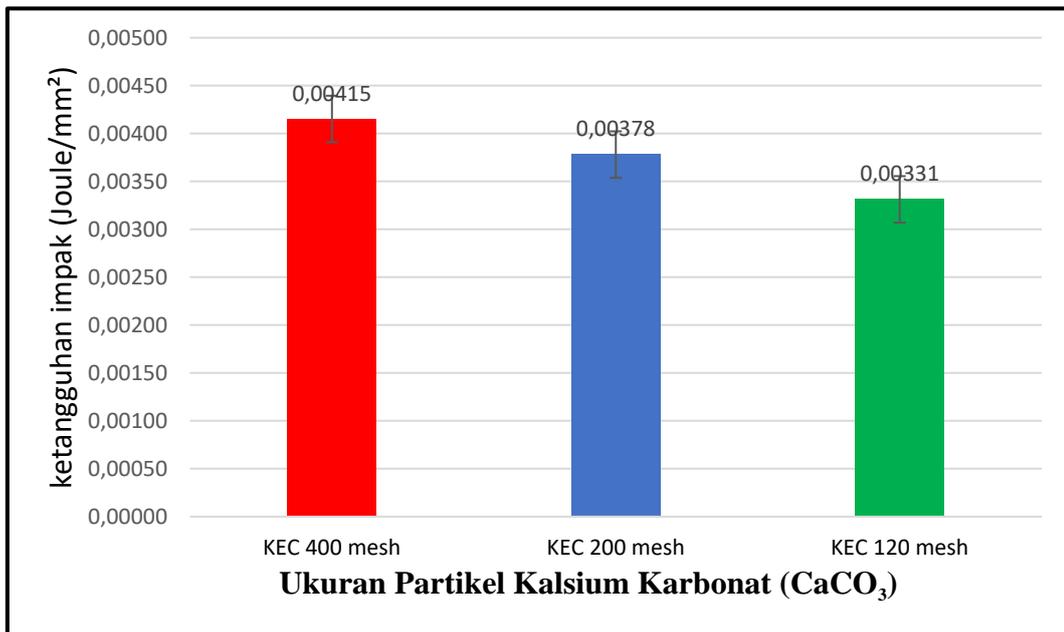
Gambar 4.1 Spesimen Dan Hasil Patahan Uji Impak.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan variasi ukuran serbuk CaCO_3 pada komposit hibrid serat kenaf/*epoxyresin*/ CaCO_3 terhadap ketangguhan impak, yang kemudian hasil patahan dari pengujian akan dianalisis untuk mengetahui struktur patahan menggunakan uji optic dan SEM.

Pada pengujian impak ini menghasilkan sebuah data energi serap dan ketangguhan impak dari komposit hibrid serat kenaf/*epoxyresin*/ CaCO_3 dengan penambahan variasi ukuran serbuk CaCO_3 yang menunjukkan komposit yang memiliki nilai tertinggi adalah komposit dengan variasi ukuran serbuk 400mesh dengan nilai rata-rata energi serap sebesar 0.15291 J sedangkan ketangguhan impak memiliki nilai sebesar 0,00415 J/mm². Data tersebut disajikan pada gambar 4.2 dan gambar 4.3.



Gambar 4.2 Diagram nilai perbandingan energi serap impact.



Gambar 4.3 Diagram nilai perbandingan ketanggahan impact.

Keterangan :

KEC 400 mesh = Kenaf/*Epoxyresin*/CaCO₃ 400 mesh.

KEC 200 mesh = Kenaf/*Epoxyresin*/CaCO₃ 200 mesh.

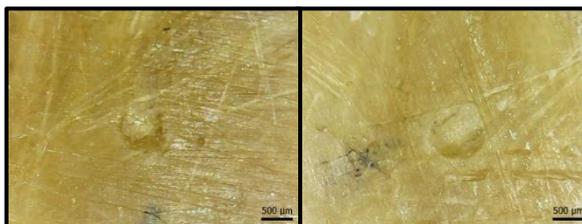
KEC 120 mesh = Kenaf/*Epoxyresin*/CaCO₃ 120 mesh (tanpa ayakan).

Dapat dilihat dari Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 diatas, meningkatnya energi serap komposit maka akan meningkatkan nilai ketangguhan impaknya. Ketangguhan dampak optimum terjadi pada komposit hibrid kenaf/*epoxyresin*/ CaCO_3 dengan serbuk CaCO_3 berukuran 400mesh yang memiliki ketangguhan dampak sebesar $0,00415 \text{ J/mm}^2$, Nilai tersebut memiliki ketangguhan yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposit serbuk CaCO_3 120 mesh (tanpa ayakan) dan 200mesh yang memiliki nilai masing-masing ketangguhan dampak 0.00331 J/mm^2 dan 0.00378 J/mm^2 .

Hasil tersebut dapat membuktikan bahwa semakin kecil ukuran partikel serbuk CaCO_3 maka ketangguhan impaknya akan semakin meningkat, hal tersebut dikarenakan ukuran partikel yang besar memiliki kecenderungan yang lebih besar pula untuk menghalangi keterikatan antara matriks dan *filler* (berkumpul pada satu area), sehingga terjadi ikatan matriks dan *filler* yang lemah dan memberikan ruang kosong (matriks tidak terisi *filler*) pada beberapa bagian serta memicu terjadinya *void*, karena adanya *void* yang terdapat pada komposit ini menyebabkan komposit yang menerima beban akan berpindah ke daerah *void* sehingga ketangguhan komposit akan menurun (Schwartz, 1984). Sedangkan ukuran partikel yang lebih kecil akan memiliki kecenderungan penyebaran secara merata sehingga dapat terikat lebih baik ke dalam matriks dan akan meminimalisir atau mengurangi terjadinya ruang kosong yang tidak terisi *filler*.

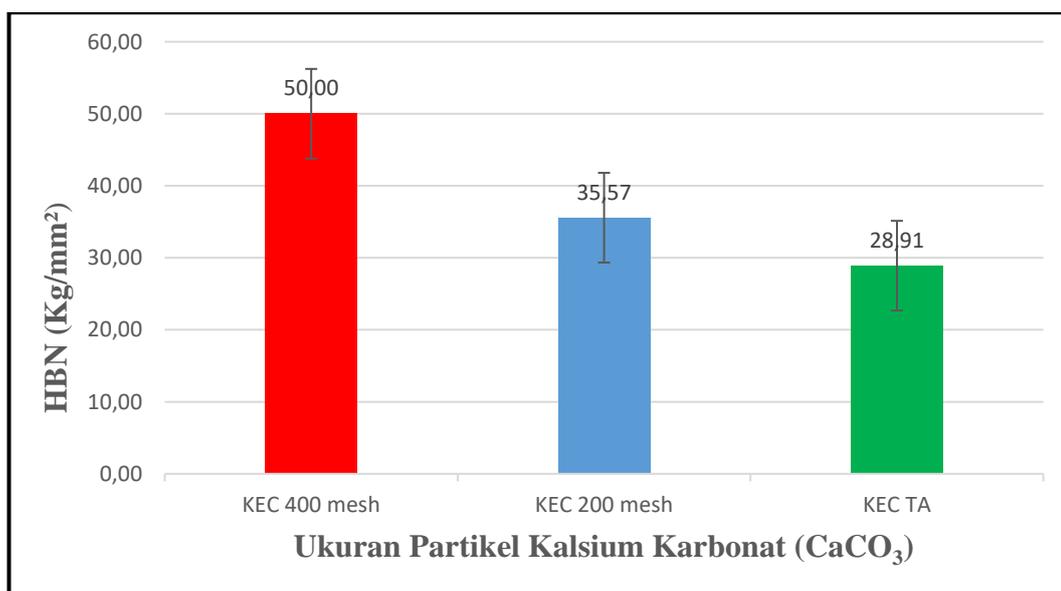
4.2 Hasil Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan ini dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan dari sebuah material. Penelitian ini menggunakan standard ASTM E10. Hasil pengujian kekerasan ini berupa titik bekas dari penekanan indentor sebesar 15,625 Kg, yang kemudian hasil titik bekas penekanan tersebut akan diamati melalui mikroskop optik dengan perbesaran 100x. seperti Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Spesimen hasil uji kekerasan.

Nilai kekerasan yang telah diolah dapat dilihat pada Gambar 4.3. menunjukkan keselarasan bahwa komposit yang memiliki nilai kekerasan tertinggi adalah komposit dengan fraksi volume *matriks epoxyresin* 70% dan volume *filler* serat kenaf 20%, serbuk CaCO_3 400 mesh 10% dengan rata-rata nilai kekerasan sebesar 50 Kg/mm^2 , diikuti oleh variasi ukuran serbuk 200 mesh dan 120 mesh (tanpa ayakan) dengan nilai kekerasan masing-masing adalah sebesar $35,57 \text{ Kg/mm}^2$ dan $28,91 \text{ Kg/mm}^2$. Maka dari itu, penambahan ukuran serbuk CaCO_3 dengan ukuran yang semakin kecil akan meningkatkan nilai kekerasannya, hal ini diakibatkan karena penyebaran akan semakin merata kesemua bagian ketika ukuran partikel semakin kecil, sehingga dapat mengurangi terjadinya celah kosong yang mengakibatkan tidak adanya ikatan antara *matriks dan filler*. Ruang kosong tersebut menyebabkan seakan penguatan hanya berasal dari matriks saja ketika dilakukan pengujian



Gambar 4.5 Diagram nilai perbandingan nilai kekerasan.

Keterangan :

KEC 400 mesh = Kenaf/*Epoxyresin*/ CaCO_3 400 mesh.

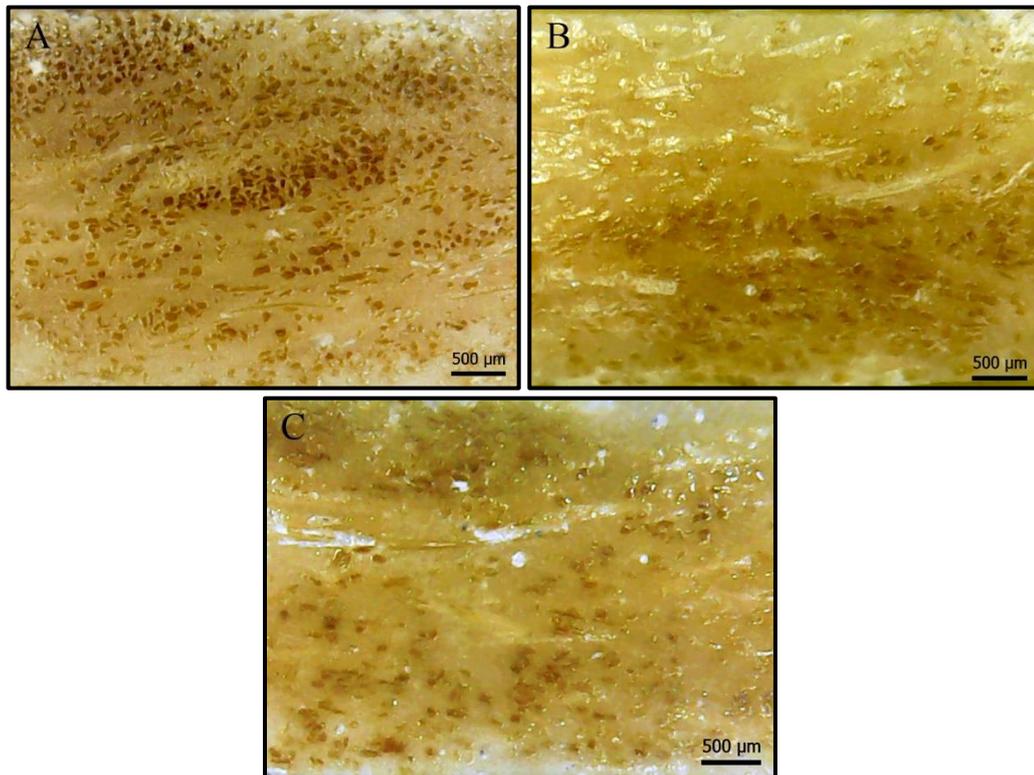
KEC 200 mesh = Kenaf/*Epoxyresin*/ CaCO_3 200 mesh.

KEC 120 mesh = Kenaf/*Epoxyresin*/ CaCO_3 120 mesh (tanpa ayakan).

4.3 Analisis Struktur Patahan

4.3.1. Pengujian Mikroskop Optik (Foto Makro)

Pengujian mikroskop optik (foto makro) ini digunakan untuk mengamati distribusi atau persebaran *matriks* dan *filler* pada komposit.



Gambar 4.6 Struktur potongan hasil uji optik (A) KEC 400 mesh. (B) KEC 200 mesh. (C) KEC TA.

Hasil pengujian mikroskop optik yang ditunjukkan pada Gambar 4.6 menunjukkan bahwa semua variasi komposit terisi penuh oleh serat kenaf, CaCO_3 dan *epoxyresin*. Komposit yang terisi penuh dan persebaran serat yang merata akan menghasilkan ketangguhan impak dan kekerasan yang tinggi. Pembuatan spesimen komposit dengan cara penyusunan secara acak, mengakibatkan serat yang posisinya searah dengan bentuk cetakan akan terlihat terpotong, namun pada serat melintang atau tidak searah dengan cetakan ini terlihat tidak terpotong.

Gambar 4.6 (A) terlihat persebaran serat sangat merata dengan posisi serat yang hampir sama pada semua bagian (searah) sehingga potongan serat terlihat

sangat jelas. Selain daripada itu, terlihat sangat minim terjadinya celah kosong yang tidak terisi *filler*, hal tersebut akan berdampak positif yang diharapkan adanya penguatan *matriks* dan *filler* secara merata saat menerima beban impact. Untuk persebaran CaCO_3 sudah cukup merata, akan tetapi pada beberapa bagian masih terjadi penumpukan atau penggumpalan besar, hal ini dapat menyebabkan melemahnya kekuatan pada beberapa bagian.

Gambar 4.6 (B) dan (C) persebaran serat juga sudah sangat merata pada semua bagian, namun akibat proses penyusunan serat yang acak mengakibatkan perbedaan posisi serat pada komposit (searah dengan cetakan dan berlawanan dengan cetakan), hal positif dari posisi serat acak ini mampu menahan beban yang sama rata dari segala arah. Selain itu, masih ada beberapa ruang kosong yang tidak terisi serat dan masih terjadi penggumpalan besar serbuk CaCO_3 yang akan menyebabkan penguatan akan terjadi hanya pada matriks-nya atau *filler*-nya saja saat menerima beban impact, sehingga akan menurunkan ketangguhan impact maupun nilai kekerasan.

4.3.2. Pengujian *scanning electron microscopy* (SEM)

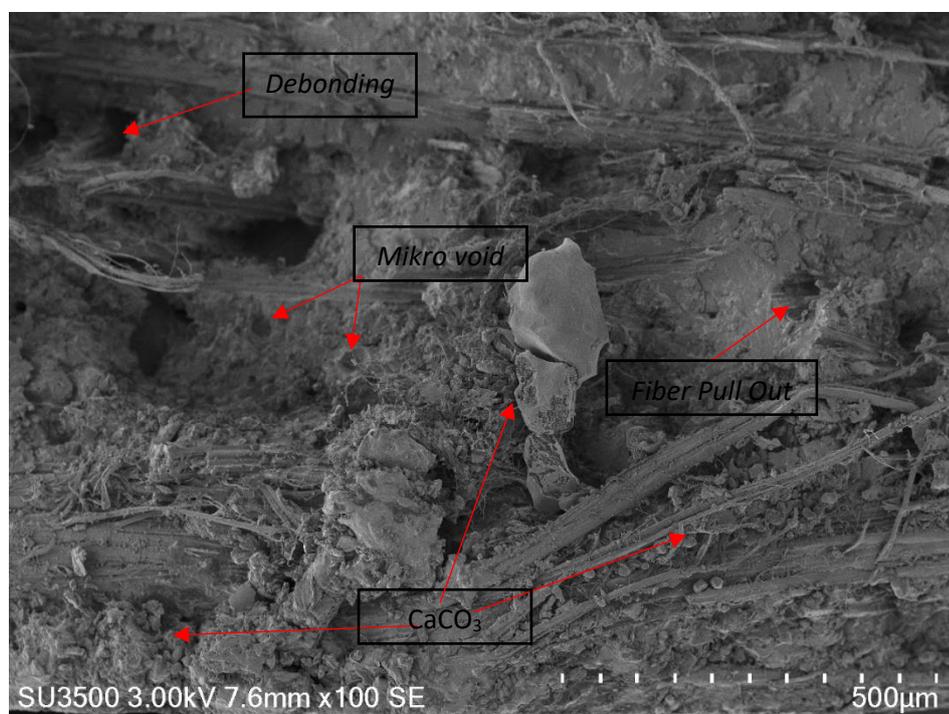
Pengujian SEM digunakan untuk mempelajari morfologi struktur ikatan antara *filler* dengan matriks, serta mengetahui distribusi serat kenaf dan CaCO_3 pada matriks, sehingga akan dapat diketahui penyebab terjadinya penurunan ketangguhan impact dan kenaikan ketangguhan impact pada komposit hibrid kenaf/ CaCO_3 /*epoxyresin*. Spesimen yang dipilih untuk dilakukan pengujian SEM yaitu bagian patahan hasil uji ketangguhan impact.

Sebelum dilakukan uji SEM, spesimen terlebih dahulu diberi perlakuan *coating* (lapisan tipis) oleh *Gold-Palladium* (Au:80% dan Pd:20%) dengan ketebalan 5nm. Proses *coating* menggunakan mesin *ion sputter*, dimana proses *coating* ini dimaksudkan agar spesimen yang akan dilakukan pemotretan menjadi penghantar listrik (konduktif).

Adapun citra SEM pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8 dapat diamati persebaran serat, CaCO_3 dan matriksnya. Persebaran CaCO_3 sudah cukup merata namun demikian masih terdapat gumpalan CaCO_3 pada permukaan komposit.



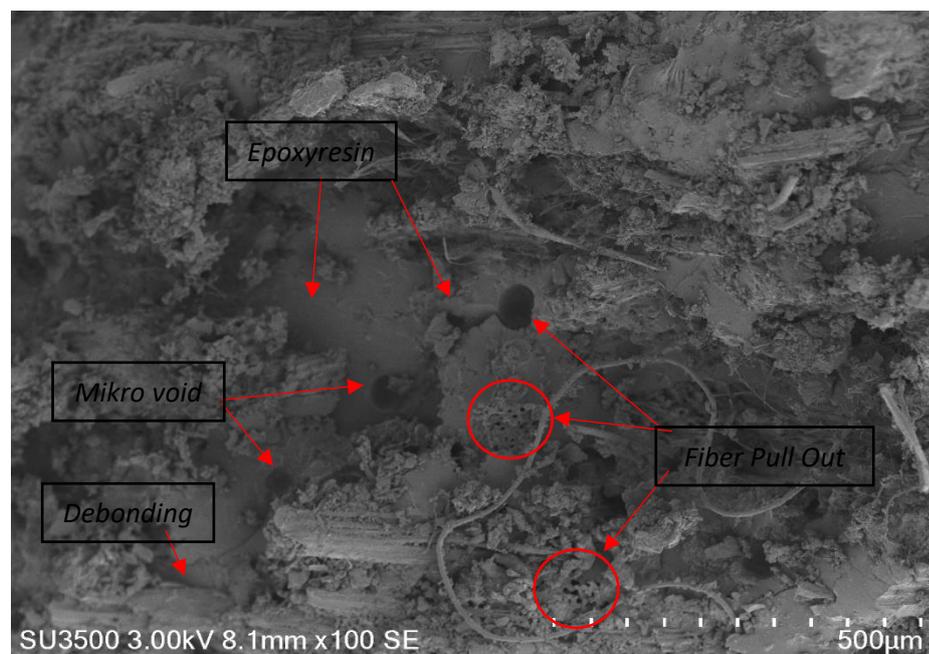
Gambar 4.7 Ukuran Mikro Partikel CaCO_3 Tanpa Ayakan.



Gambar 4.8 Struktur patahan komposit KEC 120 mesh perbesaran 100x.

Gumpalan CaCO_3 tersebut dapat terjadi karena sifat dari CaCO_3 sendiri yang memiliki sifat *hygroscopicis* atau mudah menyerap air. Sementara itu, kalsium karbonat (CaCO_3) Gambar 4.7 pada variasi 120 mesh (tanpa ayakan) memiliki-ukuran partikel antara 118-58 mikron, dan tidak menutup kemungkinan masih terdapat ukuran yang lebih besar dan lebih kecil. Sedangkan persebaran serat kenaf yang terjadi sudah cukup merata, namun masih terdapat bagian dimana epoxy tidak terisi serat kenaf. Sementara itu, *debonding* dan *fiber pull out* juga terlihat pada citra SEM tersebut, hal ini karena lemahnya ikatan antara matriks dan filler, serta bisa disebabkan oleh faktor fabrikasi komposit yang kurang maksimal karena proses fabrikasi menggunakan metode *hand lay up*.

Selain itu, penyebab terjadinya *debonding* dan *fiber pull out* (ikatan yang lemah) juga dapat disebabkan perbedaan sifat dari serat kenaf yang *hidrofilik* sedangkan sifat dari epoxy yang *hidrofobik*. Adapun pada sisi lain, terlihat pada citra SEM bahwa terdapat *micro void* yang akan dapat mengakibatkan melemahnya nilai ketangguhan impact. Walaupun jumlahnya sedikit yang terlihat pada hasil SEM Gambar 4.8 tersebut, namun tidak menutup kemungkinan masih ada mikro void yang berada didalam komposit.

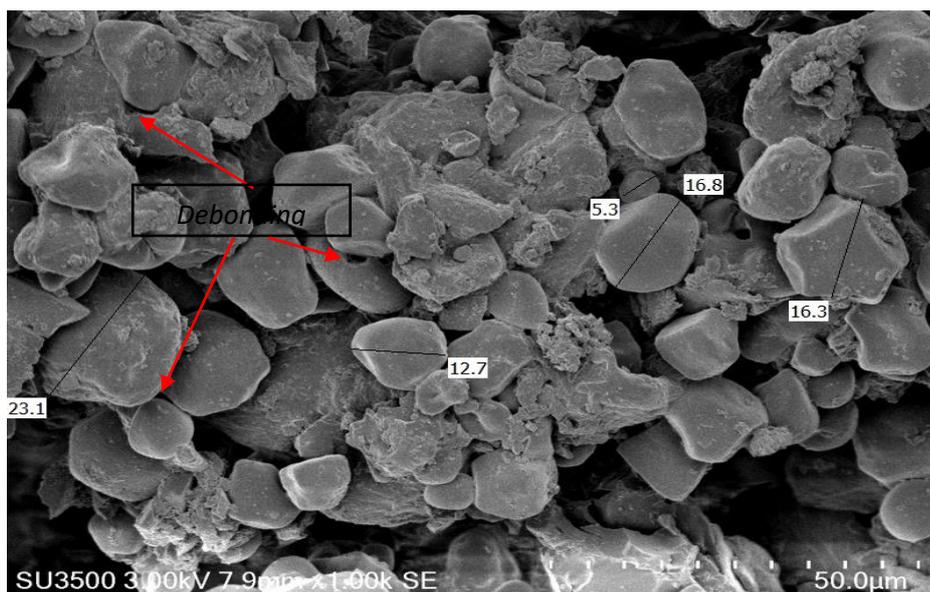


Gambar 4.9 Struktur patahan komposit hibrid KEC 200 mesh perbesaran 100x.

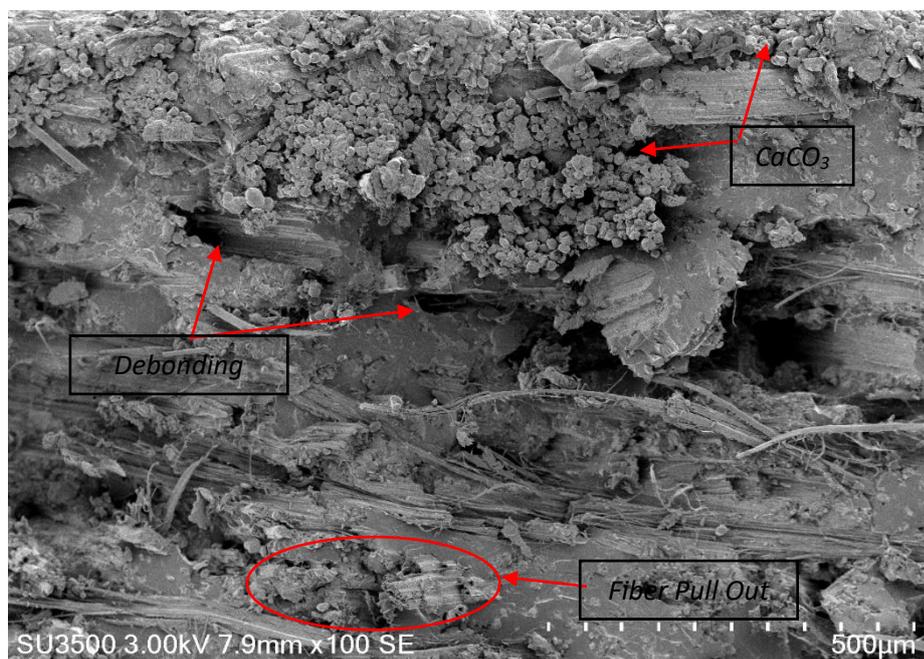
Dari citra SEM pada Gambar 4.8 struktur patahan komposit hibrid KEC 200 mesh, memperlihatkan bahwa distribusi CaCO_3 cukup merata, dan masih terdapat gumpalan CaCO_3 , seperti halnya pada citra SEM KEC 120 mesh (tanpa ayakan). Hal ini masih terjadi ini dikarenakan sifat dari CaCO_3 sendiri yang memiliki sifat mudah menyerap air, sehingga memungkinkan terjadinya gumpalan tersebut.

Untuk persebaran serat kenaf yang terjadi sudah cukup merata, sama seperti KEC 120 mesh (tanpa ayakan) karena fraksi volume pada keduanya memiliki komposisi yang sama. Maka dari itu, masih banyak *epoxyresin* tidak terisi serat kenaf, terdapat *debonding* dan *fiber pull out*. Akan tetapi jarak *debonding* antara serat dan matriks menjadi lebih pendek serta *fiber pull out* cenderung terjadi hanya pada serat kecil atau serat yang terurai dengan ukuran dibawah 15 mikron. Sementara itu, pada ukuran serat diatas 80 mikron terlihat memiliki ikatan yang kuat, hal tersebut terjadi karena pengaruh dari ukuran CaCO_3 yang semakin kecil sehingga memberi persebaran yang lebih merata. Persebaran yang merata tersebut berfungsi untuk meminimalisir terhalangnya ikatan antara matriks dan *filler*.

Pada citra SEM diatas masih terdapat *micro void* pada struktur patahan KEC 200 mesh, yang akan dapat mengakibatkan melemahnya nilai ketangguhan impak. Adanya *micro void* karena ada udara yang terjebak, hal ini dikarena keterbatasan alat maupun kurang optimalnya proses fabrikasi komposit.



Gambar 4.10 Ukuran Mikro Partikel CaCO_3 400 mesh.



Gambar 4.11 Struktur patahan komposit hibrid KEC 400 mesh perbesaran 100x.

Ukuran partikel yang semakin kecil memiliki kemungkinan persebaran yang lebih merata, ukuran partikel 400 mesh dapat dilihat pada Gambar 4.10 yang mana pada citra SEM tersebut serbuk CaCO_3 memiliki ukuran partikel antara 23-12 mikron dan tidak menutup kemungkinan pada bagian lain terdapat ukuran yang lebih kecil maupun lebih besar.

Sementara itu, hasil uji SEM pada Gambar 4.10 juga menunjukkan terjadinya gumpalan kalsium karbonat (CaCO_3) yang menyebabkan matriks tidak bisa mengikat sempurna pada CaCO_3 , karena matriks tidak mampu masuk ke celah kecil pada gumpalan tersebut. Hal ini dapat ditunjukkan karena adanya *debonding* antara CaCO_3 dan epoxyresin yang menyebabkan terjadinya ikatan yang lemah. Penyebab lain terjadinya gumpalan dan *debonding* yaitu dikarenakan perbedaan massa jenis antara CaCO_3 dan epoxyresin serta perbedaan sifat antara CaCO_3 yang *higroskopis* dan epoxyresin dengan sifat *hidrofobik*, sehingga menyebabkan sulitnya mencapai ikatan homogen. Selain itu, terjadinya gumpalan dapat diakibatkan oleh kurang optimalnya proses *mixing* pada saat fabrikasi komposit, sehingga matriks dan *filler* tidak tercampur secara merata.

Adapun pada Gambar 4.11 dapat dilihat distribusi CaCO_3 sudah cukup merata keseluruh bagian walaupun dengan komposisi yang berbeda (sedikit dan banyak). Menurut Raharjo (2015) ciri dari ikatan yang kuat antara matriks dengan seratnya adalah kegagalan komposit ketika diberikan pembebanan yakni tidak adanya *fiber pull out* atau serat yang tertarik keluar. Pada Gambar 4.11 bagian yang terjadi gumpalan CaCO_3 , sangat rawan terjadinya ikatan matriks dan filler yang lemah, hal tersebut ditandai adanya *debonding dan fiber pull out* dengan ukuran yang cukup besar. Akan tetapi, berbeda dengan bagian yang tidak terjadi gumpalan CaCO_3 (CaCO_3 tersebar merata), dimana pada bagian tersebut terlihat adanya ikatan yang kuat antara matriks dan filler, dan *debonding* yang terlihat cenderung terjadi pada serat yang berukuran sangat kecil (serat mikro) sehingga ikatan yang kuat tersebut akan turut meningkatkan ketangguhan impaknya.

Namun demikian, pada citra SEM Gambar 4.11 juga masih terjadi ruang kosong dimana matriks tidak terisi filler, hal ini karena fraksi volume memiliki komposisi yang sama antara KEC 120 mesh (tanpa ayakan), KEC 200 mesh, dan KEC 400 mesh. Sementara itu, *debonding dan fiber pull out* yang terjadi pada KEC 400 mesh terlihat lebih sedikit dibanding KEC 120 mesh (tanpa ayakan) dan KEC 200 mesh. Hal tersebut dipengaruhi oleh ukuran CaCO_3 yang semakin kecil sehingga dapat menyebar secara merata dan mengurangi terjadinya ruang kosong tanpa filler, *debonding dan fiber pull out*. Setiawan (2013) mengemukakan bahwa semakin kecil ukuran partikel penguat pada komposit, menyebabkan lebih banyaknya ikatan antarmuka antara matriks dan partikel, sehingga akan meningkatkan kekuatan mekanik suatu material.

Pada citra SEM Gambar 4.11 juga tidak ditemukan *micro void* pada struktur patahan KEC 400 mesh, hal tersebut turut memberi pengaruh positif akan meningkatnya ketangguhan impak. Walaupun demikian, tidak menutup kemungkinan *micro void* masih ada namun dengan ukuran yang sangat kecil atau pada bagian lain sehingga tidak terlihat pada perbesaran 100x. Adanya *micro void* bisa terjadi dikarena keterbatasan alat maupun kurang optimalnya proses fabrikasi komposit sehingga menyebabkan terjadinya udara yang terjebak pada spesimen.