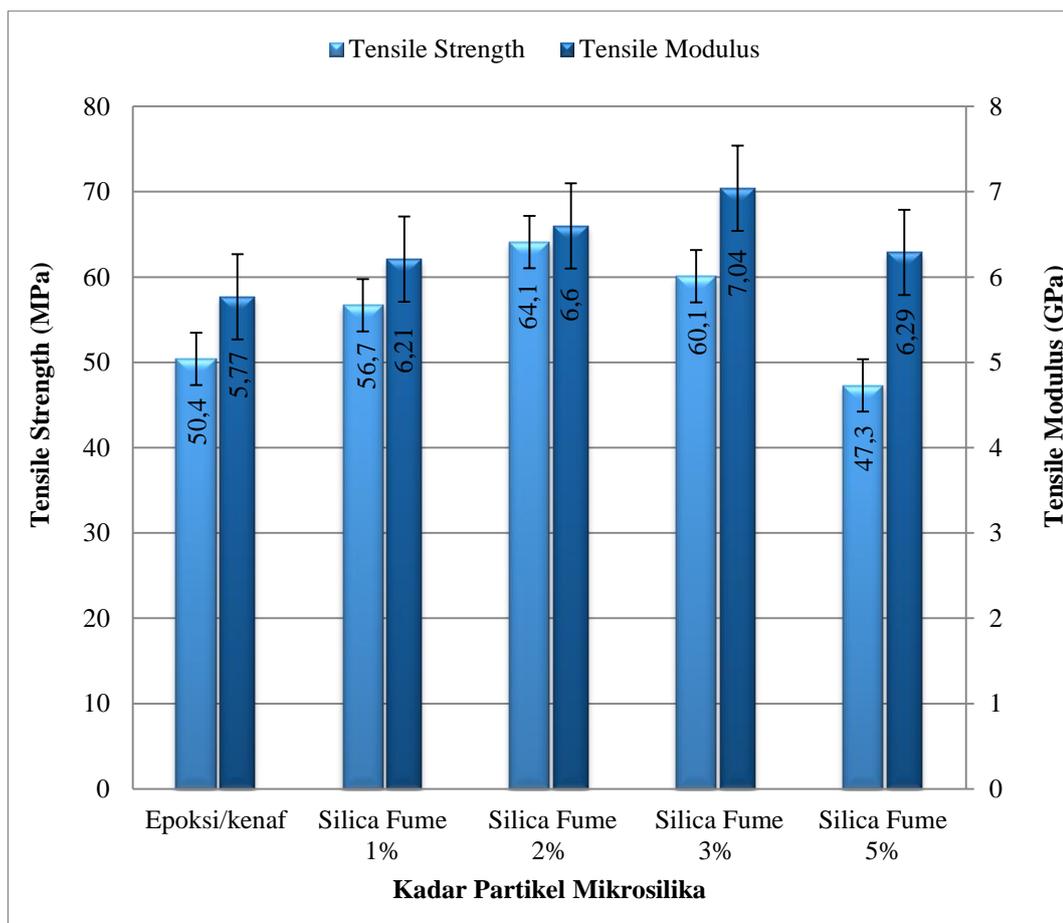


BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

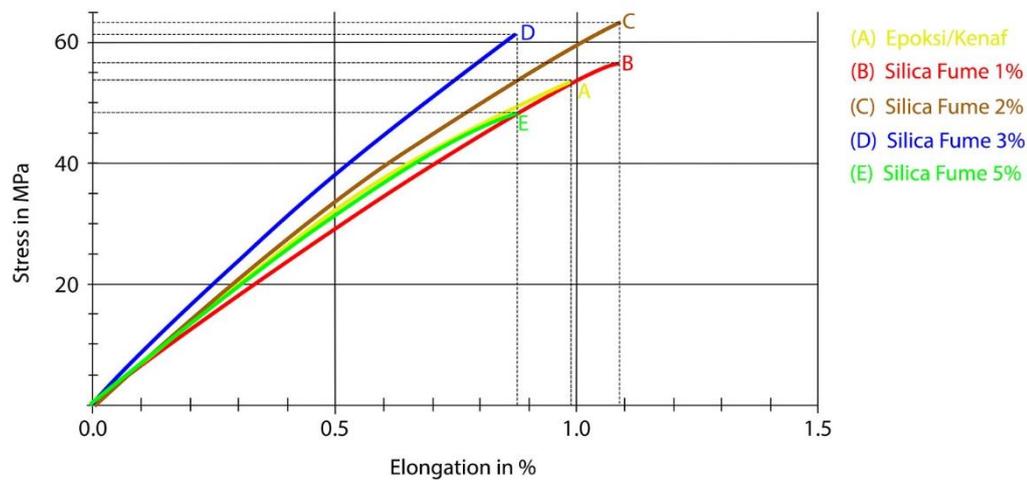
4.1 Hasil Pengujian Tarik Material Komposit

1. Kuat Tarik dan Modulus Elastisitas Tarik Komposit

Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 dan adalah grafik yang menunjukkan hasil dari pengujian tarik komposit kenaf/*silica fume*/epoksi yang telah dilakukan. Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik ini yaitu nilai kuat tarik, modulus elastisitas dan regangan. Di bawah ini merupakan hasil dari hasil pengujian kuat tarik komposit kenaf/ epoksi tanpa *silica fume* dan dengan *silica fume*.



Gambar 4.1 Grafik Kuat Tarik dan Modulus Elastisitas



Gambar 4.1 Kurva Tegangan-Regangan Hasil Uji Tarik Komposit Kenaf/*Silica Fume*/ Epoksi

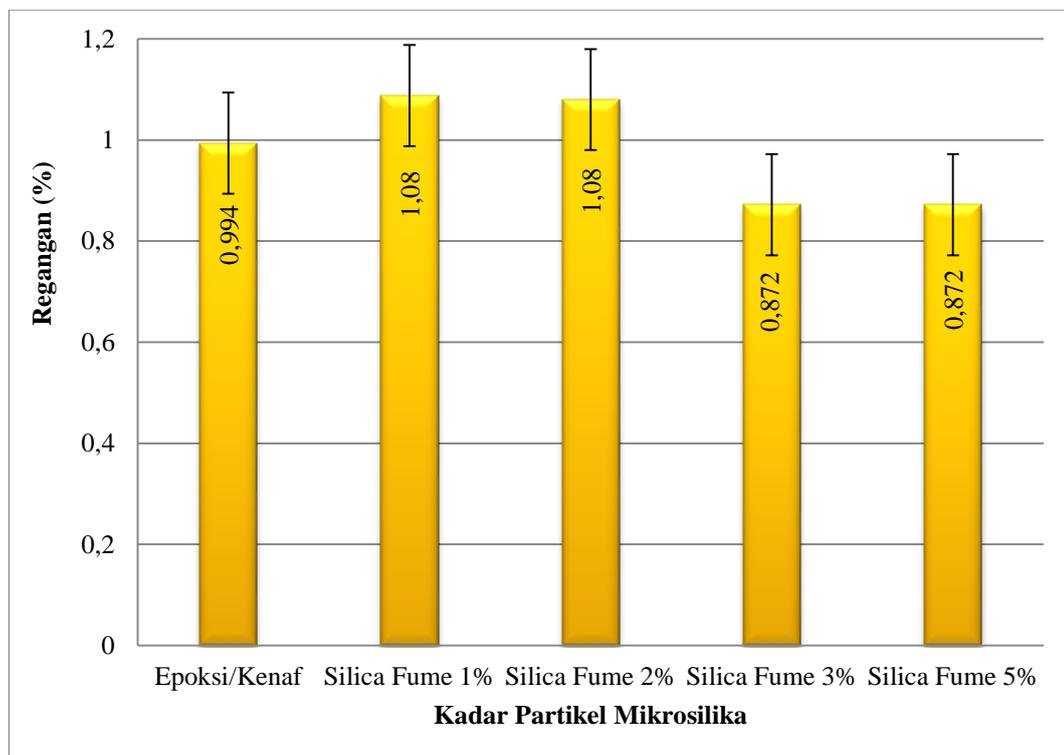
Gambar 4.1 di atas adalah hubungan antara kuat tarik dan modulus elastisitas tarik terhadap perbandingan fraksi volume mirkosilika (*silica fume*). Dari hasil pengujian tarik yang telah dilakukan terdapat peningkatan nilai kuat tarik dengan *silica fume* yang diayak dengan ukuran $37 \mu\text{m}$. Nilai kuat tarik tertinggi didapat pada komposit kenaf/*silica fume*/ epoksi dengan fraksi volume *silica fume* 2wt% yaitu sebesar 64,1 MPa. Hal ini disebabkan karena pada penelitian ini menggunakan serat kenaf dan penambahan *silica fume* yang paling efektif terdapat pada presentase 2wt%.

Jika hasil uji tarik pada penelitian ini dibandingkan dengan hasil uji tarik penelitian Mutalikdesai dkk. (2017) yang menggunakan fraksi volume mikrosilika (*silica fume*) pada penelitiannya, maka penelitian ini memiliki hasil uji tarik yang lebih tinggi, dimana pada penelitian Mutalikdesai dkk. (2017) memiliki hasil uji tarik tertinggi sebesar 49,5 MPa dengan penambahan 6wt% *silica fume* sedangkan pada penelitian ini hasil uji tarik optimum sebesar 64,1 MPa dengan penambahan 2% *silica fume*. Hal ini di karenakan pada Penelitian Mutalikdesai dkk (2017) menggunakan serat *flax* dimana kekuatannya lebih rendah yaitu sebesar 500-1500 MPa di bandingkan dengan serat *kenaf* yang memiliki kekuatan tarik sebesar 930 MPa dan serat *flax* mempunyai nilai modulus elastisitas yang lebih rendah juga

di banding serat *kenaf*, yaitu sebesar 27,6 GPa untuk modulus elastisitas serat *flax* dan 53 GPa untuk modulus elastisitas serat *kenaf* (Holbery, 2006).

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Bozkurt dkk. (2017) nilai kekuatan tarik meningkat dengan penambahan partikel *silica fume* 2% sebesar 280,25 MPa, Hal ini juga terjadi pada penelitian ini dimana nilai tertinggi terdapat pada penambahan partikel *silica fume* sebanyak 2% sebesar 64,1 MPa. Hal ini disebabkan penelitian Bozkurt dkk. (2017) menggunakan serat *E-glass* yang kekuatan tariknya lebih tinggi dari serat *kenaf* yaitu sebesar 2,000-3,500 MPa dan modulus elastisitas sebesar 70 GPa (Holbery, 2006).

2. Regangan Tarik



Gambar 4.3 Grafik Regangan Hasil Uji Tarik Komposit

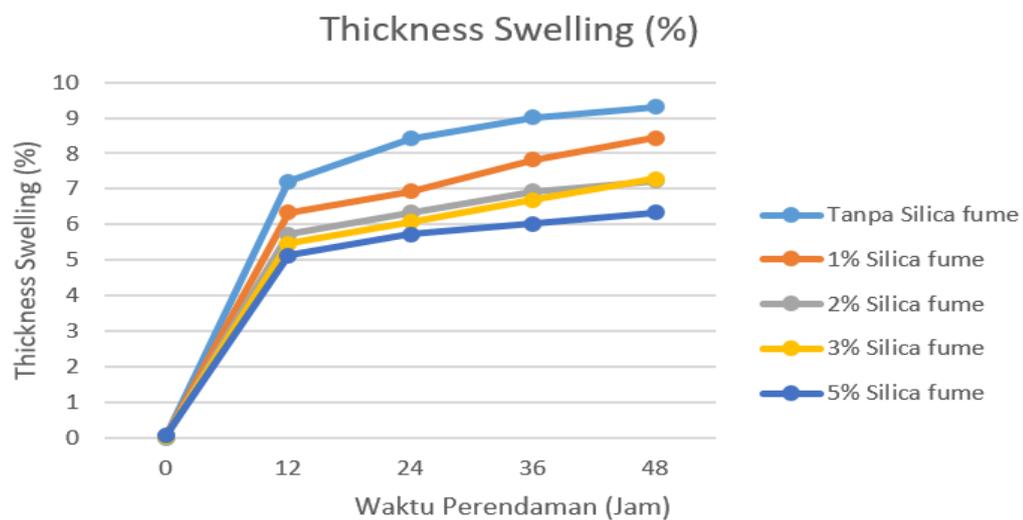
Dari Gambar 4.3 nilai tertinggi regangan tarik terdapat pada komposit *kenaf/silica fume/epoksi* dengan jumlah *Silica fume* 1% dan 2% yaitu sebesar 1,08. Hal ini menunjukkan bahwa dengan penambahan *silica fume* dengan jumlah tertentu dapat meningkatkan nilai regangan serta semakin ulet materialnya, karena dengan jumlah penambahan *silica fume* yang pas akan semakin merata terdispersi kedalam

matrik dan memperlambat pemutusan pada saat dilakukan pengujian tarik (Bozkurt dkk, 2017).

4.2 Daya Serap Air (*Water absorption*)

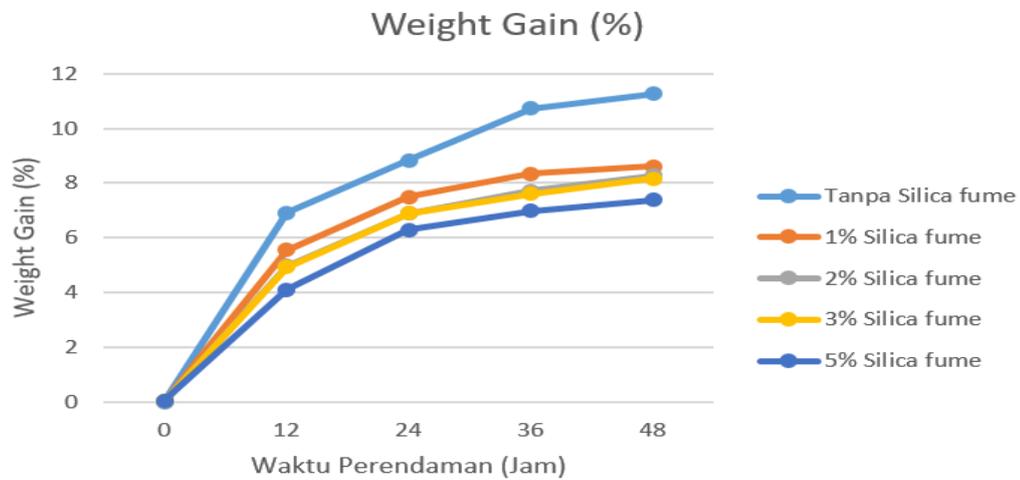
Grafik hasil dari pengujian daya serap air akan ditunjukkan pada Gambar 4.4 dan 4.5. pengujian daya serap air ini akan menghasilkan pertambahan tebal (*thickness swelling*) dan pertambahan berat (*weight gain*). Di bawah ini adalah Grafik yang menunjukkan partambahan tebal dan pertambahan berat pada spesimen komposit pengujian daya serap air:

1. Grafik *Thickness Swelling*



Gambar 4.4 Grafik *Thickness Swelling* Akibat Penyerapan Air

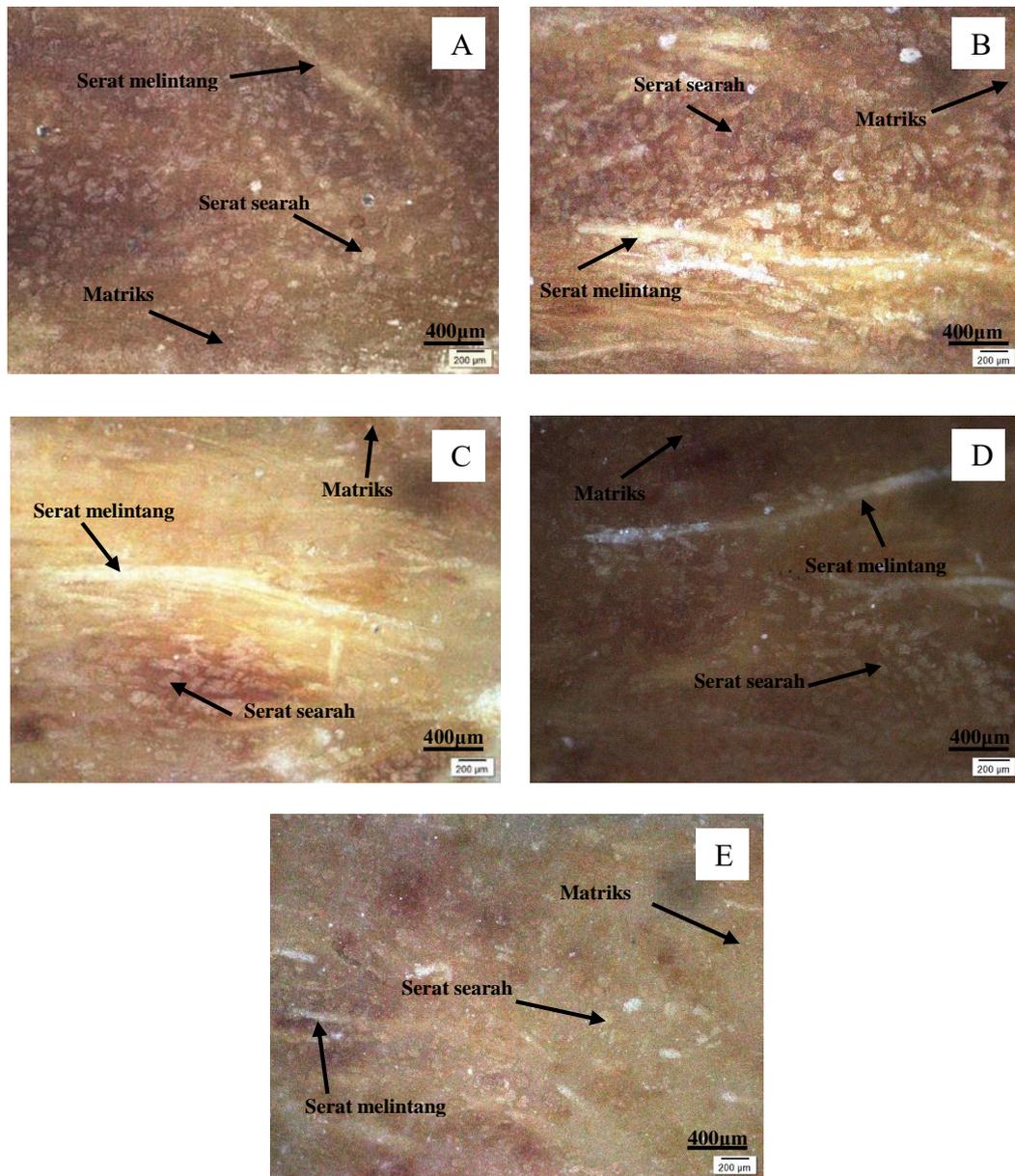
2. Grafik *Weight Gain*



Gambar 4.5 Grafik *Weight Gain* akibat Penyerapan Air

Dari data yang terdapat pada Gambar 4.4 dan 4.5 grafik pertambahan tebal (*Thickness Swelling*) dan grafik pertambahan berat (*Weight Gain*) menunjukkan bahwa daya serap air tertinggi terdapat pada variasi komposit kenaf/ epoksi tanpa *silica fume* sedangkan daya serap air terendah terdapat pada variasi komposit kenaf/ epoksi dengan *silica fume* sebanyak 5% di setiap waktu perendamannya. Hal ini dikarenakan karena sifat dari serat alam (kenaf) yang *hidrofilik* (menyerap air) dan tanpa adanya penghalang oleh partikel *silica fume* akan lebih mudah dalam menyerap air. Peningkatan penyerapan air akan semakin meningkat karena adanya ikatan matriks dan *filler* yang buruk kemudian akan menyebabkan *micro void* yang memungkinkan penyerapan air yang lebih (Shakeri, 2010). Namun dengan adanya penambahan dari *silica fume* yang ukurannya semakin kecil dan semakin banyak jumlah yang ditambahkan akan lebih merata untuk menghalangi serat alam (kenaf) dalam menyerap air dan membantu menutupi *micro void*. Daya serap air ini akan mengakibatkan pertambahan berat dan tebal dari spesimen komposit.

4.3 Analisis Foto Makro Potongan Komposit menggunakan Mikroskop Optik

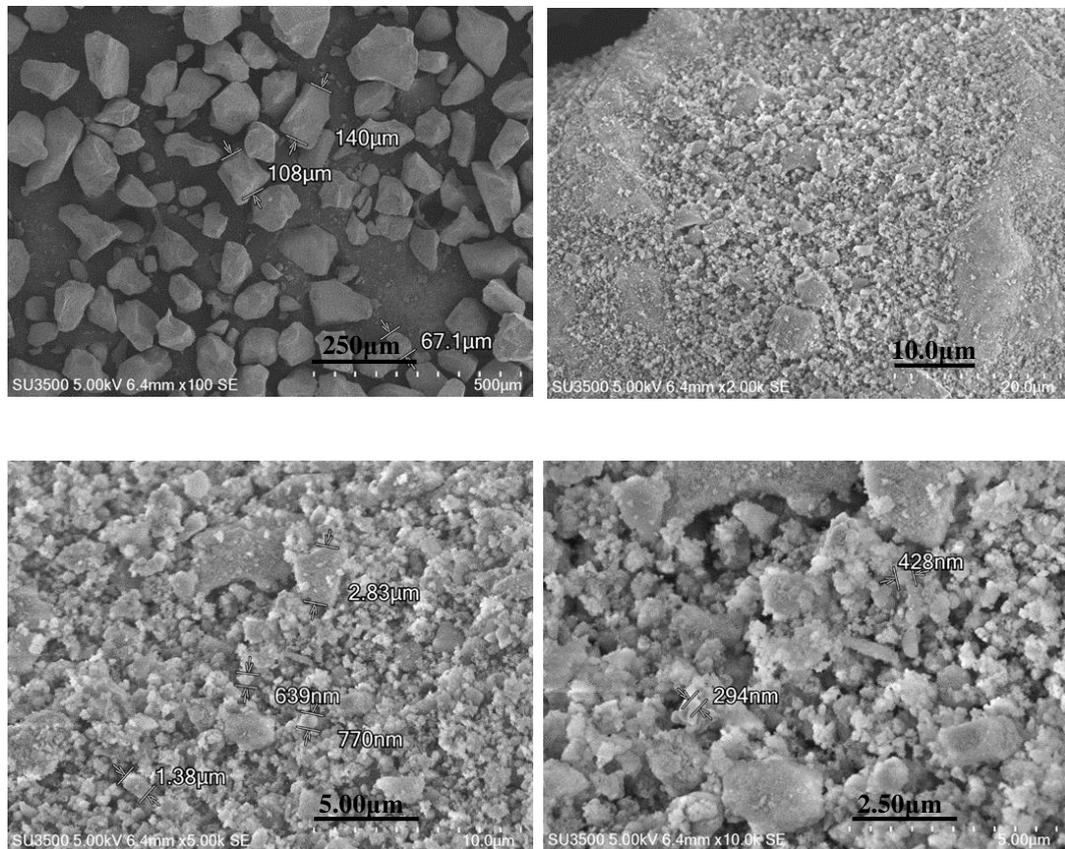


Gambar 4.6 Hasil Foto Makro menggunakan Mikroskop Optik (A) Tanpa *silica fume*; (B) *Silica fume* 1%; (C) *Silica fume* 2%; (D) *Silica fume* 3%; dan (E) *Silica fume* 5%.

Gambar 4.6 adalah foto makro dari potongan spesimen komposit kenaf/*silica fume*/ epoksi yang difoto dengan mikroskop optik dilakukan untuk mengetahui persebaran serat alam (*kenaf*) dan matriks (epoksi). Hasil dari gambar di atas

menunjukkan bahwa persebaran serat kenaf tidak merata pada semua variasi komposit, dan masih ada susunan serat kenaf yang tidak searah dengan bentuk melintang. Susunan serat kenaf yang searah akan terlihat terpotong seperti pada gambar dan sebaliknya susunan serat kenaf melintang terlihat tidak terpotong pada gambar. Hal ini dikarenakan pembuatan spesimen komposit ini dilakukan secara *hand lay up* dan penyusunan serat secara acak. Komposit yang disusun secara merata dan searah akan menghasilkan kekuatan tarik yang tinggi. pada Gambar (A) persebaran serat tidak lebih merata dibandingkan dengan Gambar (B), (C), dan (D). hal ini dapat berpengaruh pada kekuatan mekanis yang rendah dibanding Gambar (B), (C), dan (D). Dari Gambar foto makro potongan spesimen komposit di atas partikel *silica fume* tidak terlihat, dikarenakan ukuran dari partikel *silica fume* yang berukuran mikro tidak dapat terlihat pada mikroskop optik. Dan untuk mengetahui partikel *silica fume* akan diamati dengan menggunakan *scanning electron microscopy* (SEM).

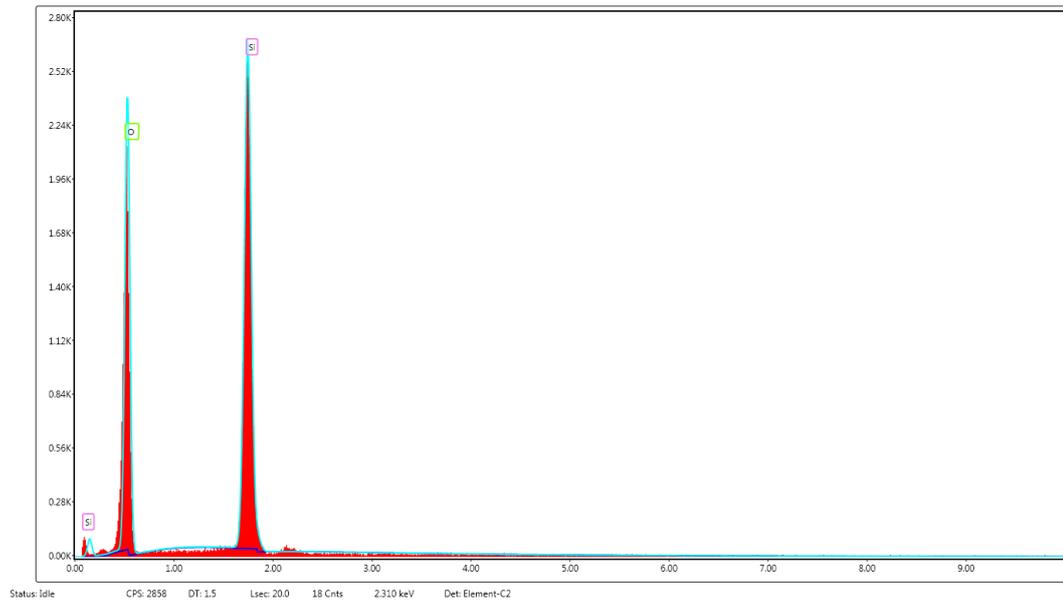
4.4 Analisis Foto Mikro Patahan Spesimen Komposit Hasil Pengujian Tarik menggunakan SEM



Gambar 4.7 SEM *Silica Fume*

Gambar 4.7 merupakan citra SEM struktur partikel *silica fume* yang digunakan di penelitian ini. Terlihat bahwa adanya perbesaran berbeda-beda yaitu 100 kali, 2.000 kali, 5.000 kali, dan 10.000 kali. citra SEM *silica fume* semakin adanya perbesaran maka akan mempunyai ukuran partikel yang semakin kecil. Hal ini dapat menyebabkan semakin kecil ukuran partikel *silica fume* akan semakin mudah terdispersi kedalam matriks dan akan menghasilkan kekuatan tarik yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan ukuran partikel *silica fume* yang lebih besar.

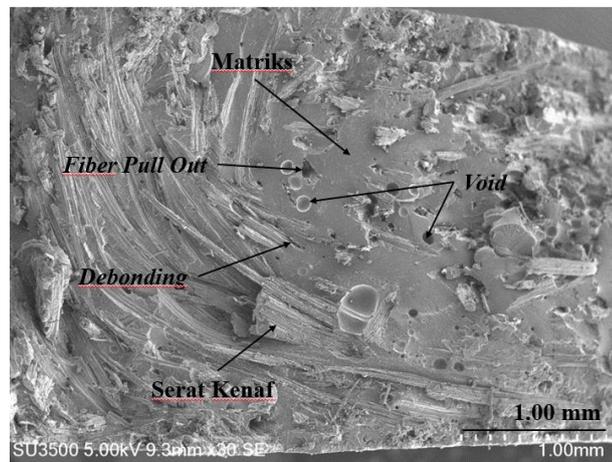
Pada Tabel 4.1 adalah Komposisi unsur kimia dari *silica fume* yang digunakan pada penelitian ini. Dari hasil yang ada pada Tabel 4.1 Komposisi unsur kimia yang terdapat dalam *silica fume* mengandung unsur O (*oksigen*) sebesar 52,45 wt% dan Si (*silicon*) sebesar 47,55 wt%. Bisa disimpulkan bahwa *silica fume* yang digunakan pada penelitian ini memiliki kandungan silika (SiO_2) 100%.



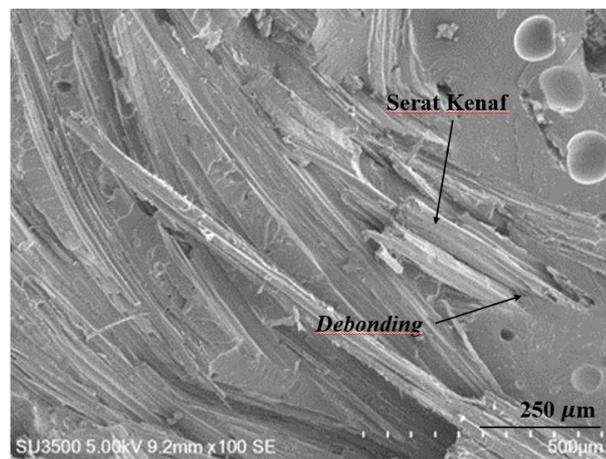
Gambar 4.8 Kurva/Spectrum EDX SEM

Tabel 4.1 Komposisi Unsur Kimia *Silica Fume* Hasil dari SEM EDX

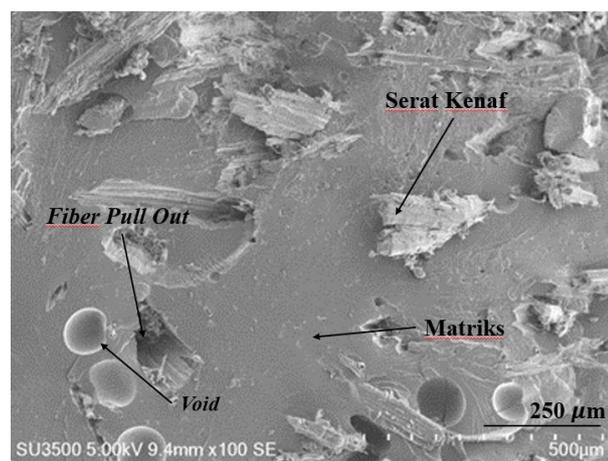
Element	Weight %	Atomic %	Error %
O K	52,45	65,95	7,48
Si K	47,55	34,05	3,15



a. SEM dengan Perbesaran x30



b. SEM dengan Perbesaran x100

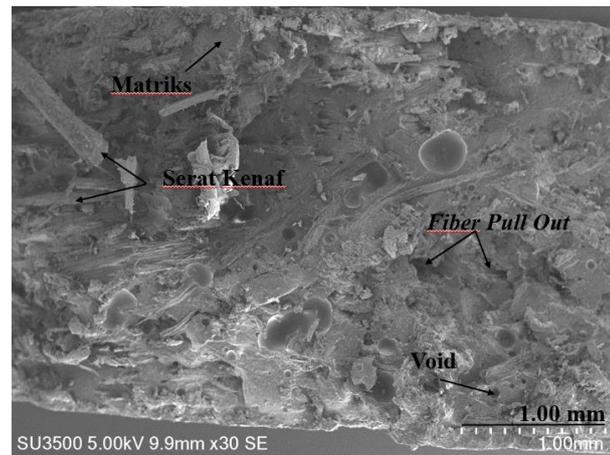


c. SEM dengan Perbesaran x100

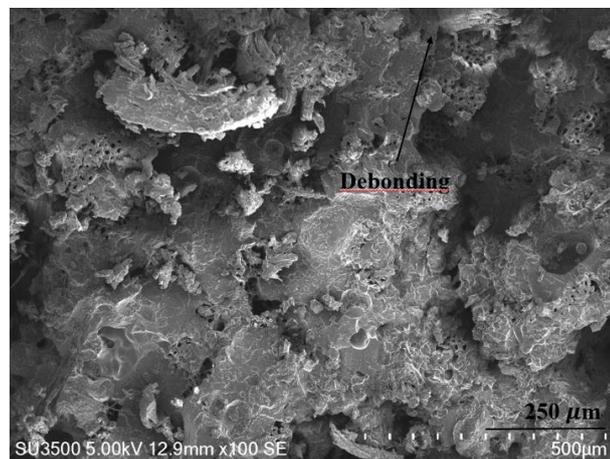
Gambar 4.9 SEM Struktur Patahan Komposit Kenaf/ Epoksi

Pada Gambar 4.9 struktur patahan komposit kenaf/epoksi tanpa *silica fume* terlihat adanya ikatan yang kurang bagus (*debonding*) antara serat kenaf dan matriks epoksi yang menyebabkan kekuatan tarik dari komposit menjadi rendah. Sifat dari serat alam yang *hidrofilik* (menyerap air) dan sebaliknya matriks epoksi memiliki sifat *hidrofobik* (tidak menyerap air). Hal seperti ini dapat mengakibatkan terjadinya *debonding* antara serat kenaf dan matriks epoksi. Adanya *micro void* dan *fiber pull out* dari foto patahan spesimen komposit kenaf/ epoksi tanpa *silica fume* yang menyebabkan kuat tarik dari komposit menurun. Pada proses fabrikasi terdapat udara yang terjebak serta sifat serat kenaf yang *hidrofilik* (menyerap air), hal ini yang memungkinkan terbentuknya *micro void*.

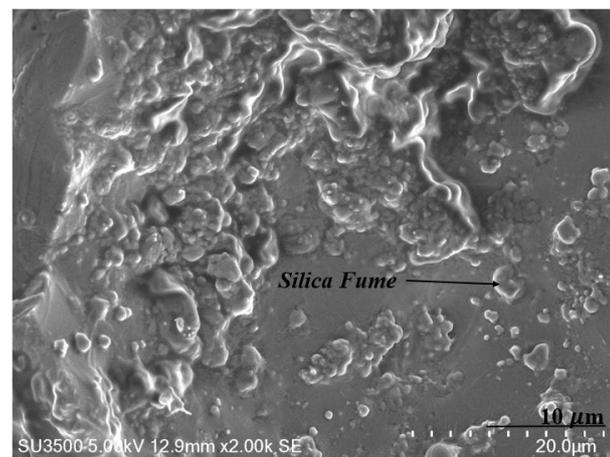
Ciri-ciri ikatan yang kuat antara serat dan matriks yaitu dengan tidak adanya *fiber pull out* atau serat yang tertarik keluar ketika adanya pembebanan dan adanya serat yang patah atau putus ketika adanya pembebanan, hal ini terjadi karena adanya ikatan serat dan matriks yang kuat. Raharjo (2015). Terlihat permukaan patahan komposit yang halus pada Gambar 4.9 komposit kenaf/ epoksi tanpa mikrosilika (*silica fume*). Ini dikarenakan tidak adanya partikel *silica fume* pada permukaan patahan spesimen komposit.



a. SEM dengan Perbesaran x30



b. SEM dengan Perbesaran x100



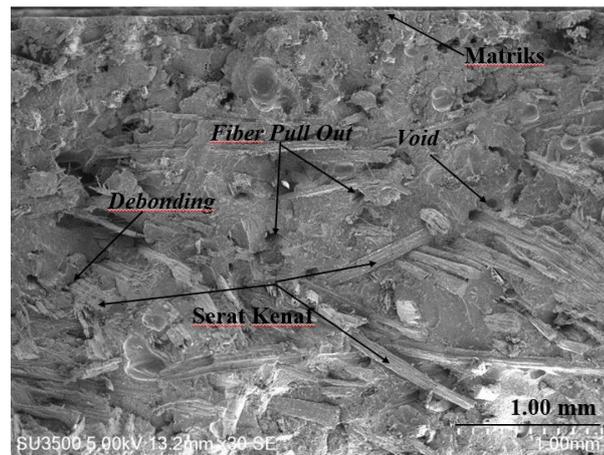
c. SEM dengan Perbesaran x2.00k menunjukkan Partikel *Silica fume*

Gambar 4.10 SEM Struktur Patahan Komposit Kenaf/Epoksi dengan *Silica fume* (1%).

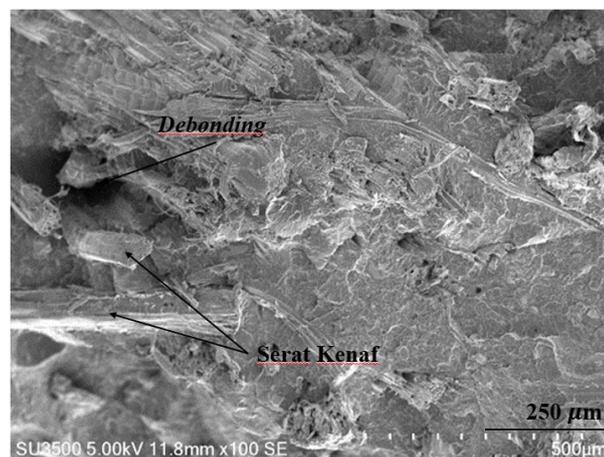
Pada Gambar 4.10 struktur patahan komposit kenaf/epoksi dengan *silica fume* 1% terdapat *micro void* yang berakibat kuat tarik dari komposit menurun. Adanya *micro void* ini dikarenakan pada saat proses fabrikasi terdapat udara yang terjebak serta sifat dari serat kenaf yang *hidrofilik* (menyerap air) yang memungkinkan terbentuknya *micro void*. Dan adanya *fiber pull out* pada komposit kenaf/ epoksi dengan *silica fume* 1% menandakan bahwa terdapat ikatan yang tidak kuat antara matriks dengan seratnya, karena menurut Raharjo, dkk (2015) ciri-ciri ikatan yang kuat antara matriks dengan serat yaitu dengan tidak adanya *fiber pull out* atau serat yang tertarik keluar pada saat terjadi pembebanan dan ketika ada serat yang putus atau patah saat terjadi pembebanan.

Terdapat ikatan yang tidak bagus (*debonding*) antara matriks dan serat pada patahan komposit kenaf/epoksi dengan *silica fume* 1%, hal ini dapat mengakibatkan kuat tarik dari kompositnya menurun. Hal yang memungkinkan terjadinya *debonding* adalah sifat dari serat alam yang *hidrofilik* (menyerap air) berbanding terbalik dengan sifat matriks epoksi yang *hidrofobik* (tidak menyerap air).

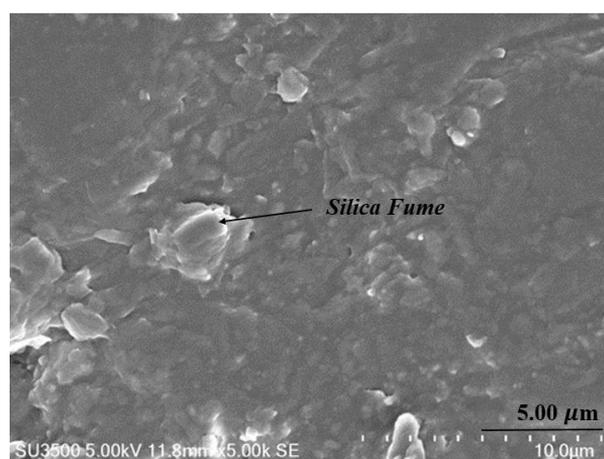
Hasil analisa dari Gambar 4.10 komposit kenaf/epoksi dengan *silica fume* 1% terlihat permukaan yang agak kasar jika dibandingkan dengan permukaan patahan komposit kenaf/epoksi tanpa *silica fume*. Hal ini disebabkan karena adanya penambahan *silica fume* pada komposit sehingga *silica fume* dapat terdispersi oleh matriks dan mengakibatkan bertambahnya kuat tarik dari komposit kenaf/epoksi dengan *silica fume* 1%. Menurut Gowthami dkk. (2013) *silica fume* dapat meningkatkan kuat tarik komposit.



a. SEM dengan Perbesaran x30



b. SEM dengan Perbesaran x100



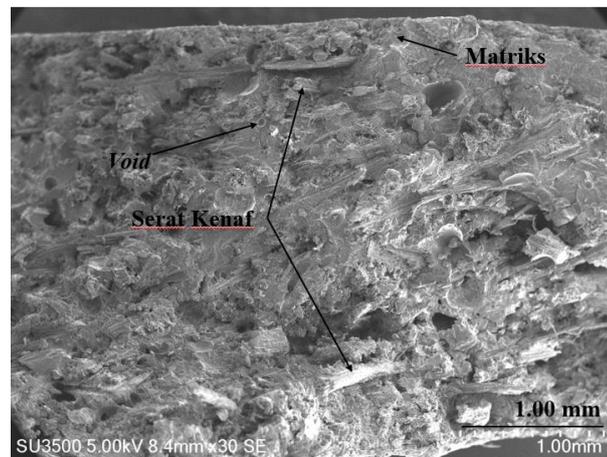
c. SEM dengan Perbesaran x5.00k menunjukkan Partikel *Silica fume*

Gambar 4.11 SEM Struktur Patahan Komposit Kenaf/Epoksi dengan *Silica fume* (2%).

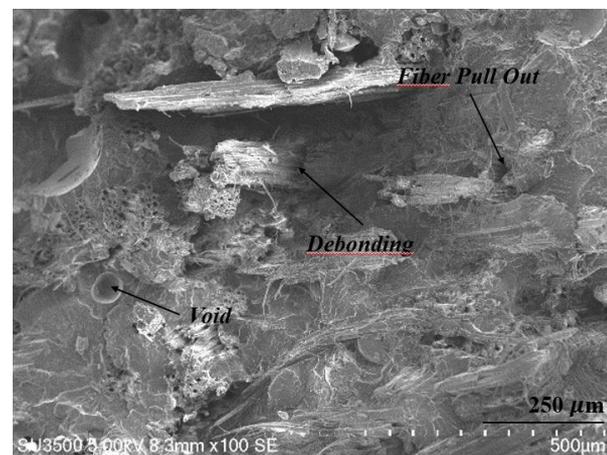
Pada Gambar 4.11 struktur patahan komposit kenaf/epoksi dengan *silica fume* 2% terlihat adanya *micro void* yang mengakibatkan penurunan kuat tarik dari komposit. Adanya *micro void* ini disebabkan pada saat proses fabrikasi terdapat udara yang terjebak serta sifat dari kenaf yang *hidrofilik* (menyerap air) yang memungkinkan terbentuknya *micro void*. Dan terlihat juga adanya *fiber pull out* pada komposit kenaf/epoksi dengan *silica fume* 2% menandakan adanya ikatan yang tidak kuat antara serat dan matriksnya. Menurut Raharjo, dkk (2015) ciri dari ikatan yang kuat adalah tidak adanya *fiber pull out* atau serat yang tertarik keluar pada saat diberi pembebanan dan ketika ada serat yang putus atau patah saat terjadi pembebanan.

Terdapat ikatan yang tidak bagus (*debonding*) antara serat dan matrik pada komposit kenaf/epoksi dengan *silica fume* 2%, hal ini menyebabkan kuat tarik dari komposit menurun. *Debonding* ini bisa terjadi karena sifat dari serat alam yang *hidrofilik* (menyerap air) berbanding terbalik dengan matrik epoksi yang bersifat *hidrofobik* (tidak menyerap air).

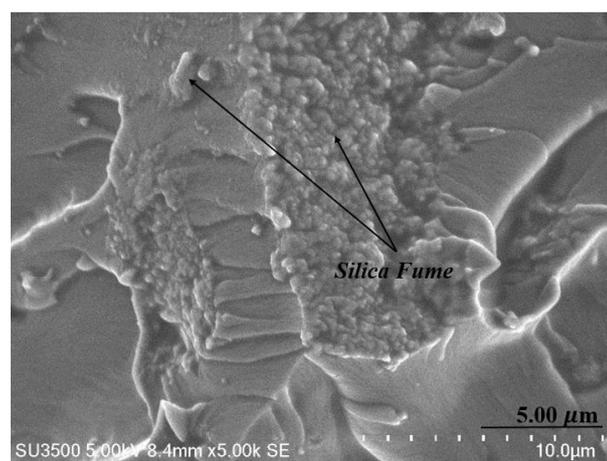
Hasil analisa Gambar 4.11 komposit kenaf/epoksi dengan *silica fume* 2% terlihat permukaan yang lebih halus jika dibandingkan dengan gambar 4.10 dan gambar 4.12. hal ini disebabkan dengan penambahan jumlah partikel *silica fume* sebanyak 2% hampir terdiseprsi secara menyeluruh dan merata oleh matriks epoksi. Hal inilah yang membuat komposit kenaf/epoksi dengan *silica fume* 2% memiliki kekuatan tarik tertinggi dari variasi komposit yang lain. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Bozkurt dkk. (2017) nilai kekuatan tarik tertinggi didapat dengan penambahan partikel *silica fume* dengan jumlah tertentu menyesuaikan matriks dan seratnya.



a. SEM dengan Perbesaran 30x



b. SEM dengan Perbesaran 100x



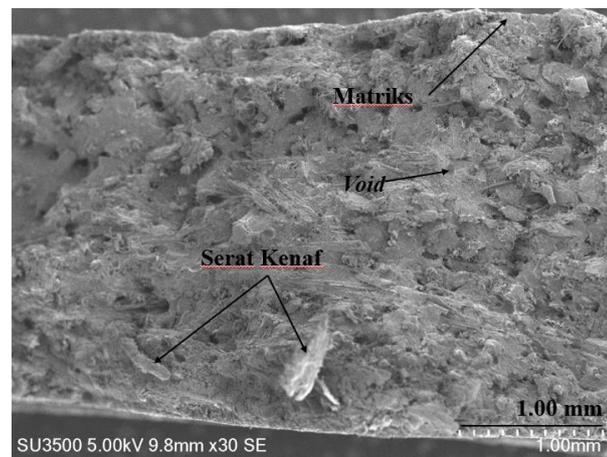
c. SEM dengan Perbesaran x5.00k menunjukkan Partikel *Silica fume*

Gambar 4.12 SEM Struktur Patahan Komposit Kenaf/Epoksi dengan *Silica fume* (3%).

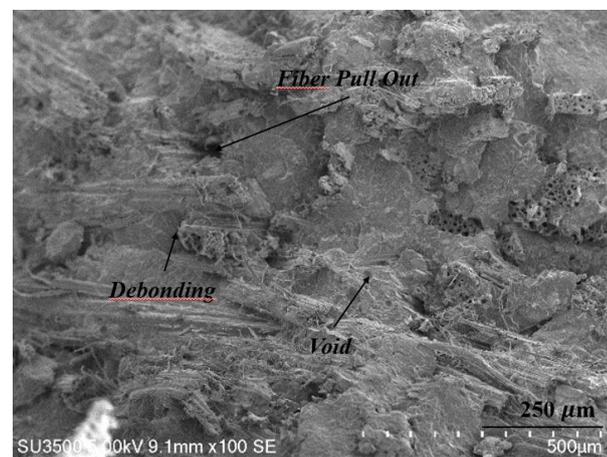
Dari Gambar 4.12 struktur patahan komposit kenaf/epoksi dengan *silica fume* 3% terlihat adanya ikatan yang tidak bagus (*debonding*) antara serat alam kenaf dan matriks epoksi yang mengakibatkan kaut tarik dari komposit menurun. Sifat dari serat alam yang *hidrofilik* (menyerap air) bertolak belakang dengan sifat dari matriks epoksi yang *hidrofobik* (tidak menyerap air) hal inilah yang menyebabkan terbentuknya *debonding* antara serat kenaf dengan matriks epoksi.

Terdapat *micro void* pada patahan komposit kenaf/epoksi dengan *silica fume* 3% yang dapat menurunkan kuat tarik dari material komposit. *Micro void* ada dikarenakan pada saat proses fabrikasi terdapat udara yang terjebak serta sifat serat kenaf yang *hidrofilik* (menyerap air) juga memungkinkan terbentuknya *micro void*. Pada komposit kenaf/epoksi dengan *silica fume* 3% terlihat adanya *fiber pull out*. Menurut Raharjo, dkk (2015) ciri dari ikatan yang kuat dari matriks dengan seratnya yakni tidak adanya *fiber pull out* atau serat yang tertarik keluar pada saat pembebanan dan adanya serat yang putus akibat dari pembebanan. Hal ini yang memungkinkan kekuatan tarik komposit kenaf/epoksi dengan *silica fume* 3% yang didapatkan kurang maksimal.

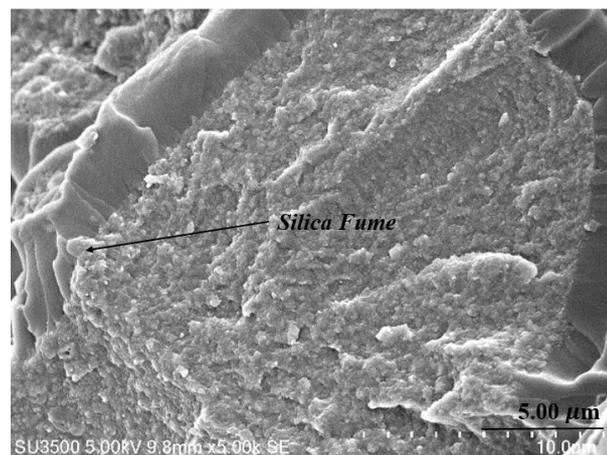
Analisa dari gambar 4.12 komposit kenaf/epoksi dengan *silica fume* 3% terlihat bahwa permukaan komposit tidak lebih halus jika dibandingkan dengan gambar 4.11, tapi jika dibandingkan dengan gambar 4.10 dan 4.13, maka permukaan pada gambar ini lebih halus, karena *silica fume* dapat terdispersi dengan baik oleh matriks epoksi.



a. SEM dengan Perbesaran 30x



b. SEM dengan Perbesaran 100x



c. SEM dengan Perbesaran x5.00k menunjukkan Partikel *Silica fume*

Gambar 4.13 SEM Struktur Patahan Komposit Kenaf/Epoksi dengan *Silica fume* (5%).

Terlihat adanya ikatan yang tidak bagus (*debonding*) antara matriks epoksi dan serat kenaf pada gambar 4.13 struktur patahan komposit kenaf/epoksi dengan *silica fume* 5%, yang dapat mengakibatkan penurunan kuat tarik dari komposit. Sifat alam yang *hidrofilik* (menyerap air) bertolakan dengan sifat matriks epoksi yang *hidrofobik* (tidak menyerap air). Hal inilah yang mengakibatkan adanya *debonding* antara serat kenaf dan matriks epoksi.

Dari citra SEM Gambar 4.13 struktur patahan komposit kenaf/epoksi dengan *silica fume* 5% terlihat adanya *micro void* yang mengakibatkan kuat tarik dari komposit menurun. Adanya udara yang terjebak pada saat proses fabrikasi dan sifat serat kenaf yang *hidrofilik* (menyerap air) memungkinkan adanya *micro void*. Terdapat *fiber pull out* pada komposit kenaf/epoksi dengan *silica fume* 5% menandakan bahwa terdapat ikatan yang tidak kuat antara matriks dengan seratnya, karena menurut Raharjo, dkk (2015) ciri-ciri ikatan yang kuat antara matriks dengan serat yaitu dengan tidak adanya *fiber pull out* atau serat yang tertarik keluar pada saat terjadi pembebanan dan ketika ada serat yang putus atau patah saat terjadi pembebanan.

Dari hasil analisa foto patahan komposit kenaf/epoksi dengan *silica fume* 5% terlihat permukaan yang berbeda dibandingkan dengan variasi komposit yang lain, hal ini disebabkan *silica fume* terlihat lebih dominan dibanding epoksi kenaf yang mengakibatkan komposit itu menjadi getas karena semakin banyak *silica fume* yang di tambahkan akan menambah *micro void* itu sendiri, inilah yang menyebabkan komposit kenaf/epoksi dengan *silica fume* 5% memiliki kuat tarik yang rendah dibanding variasi yang lain.