

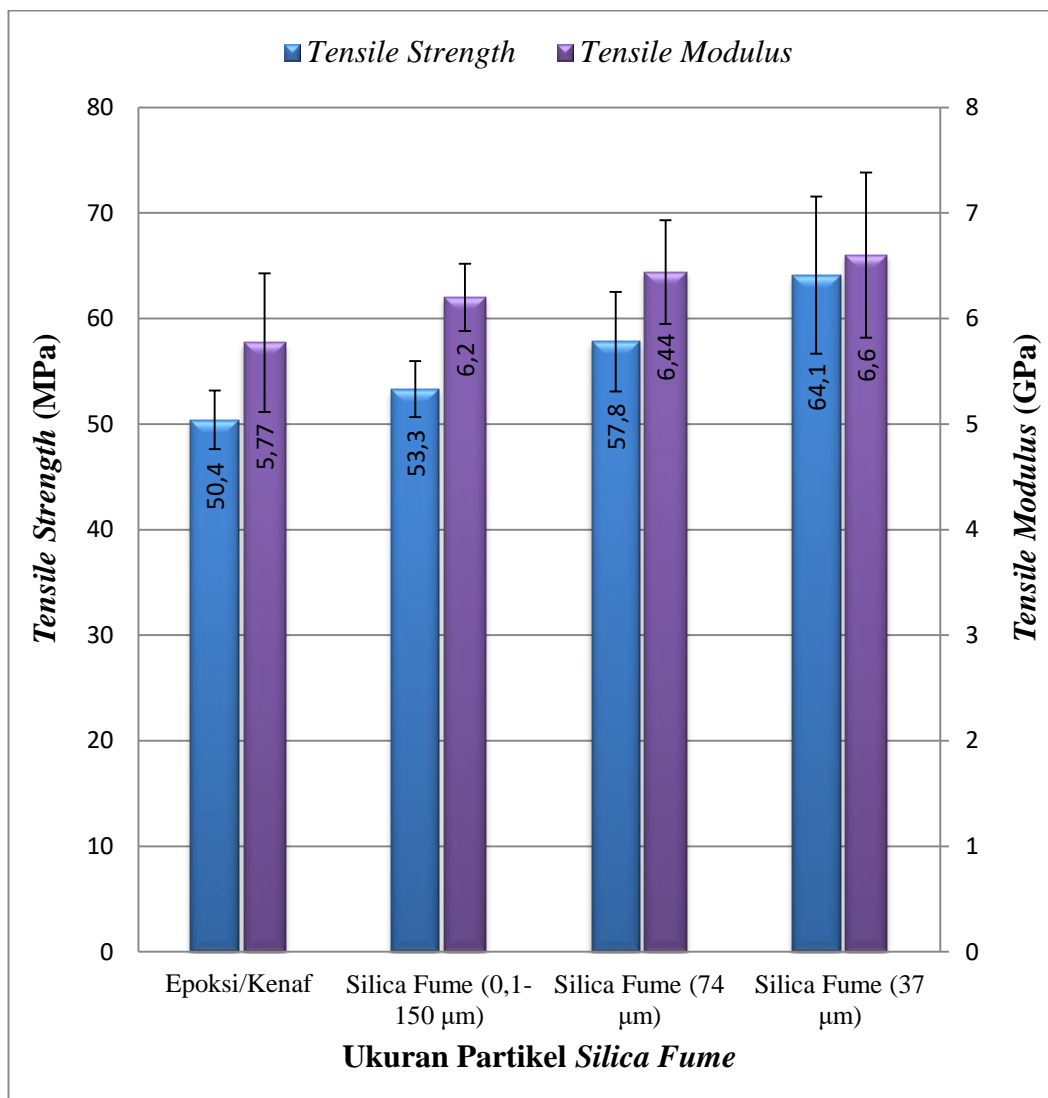
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

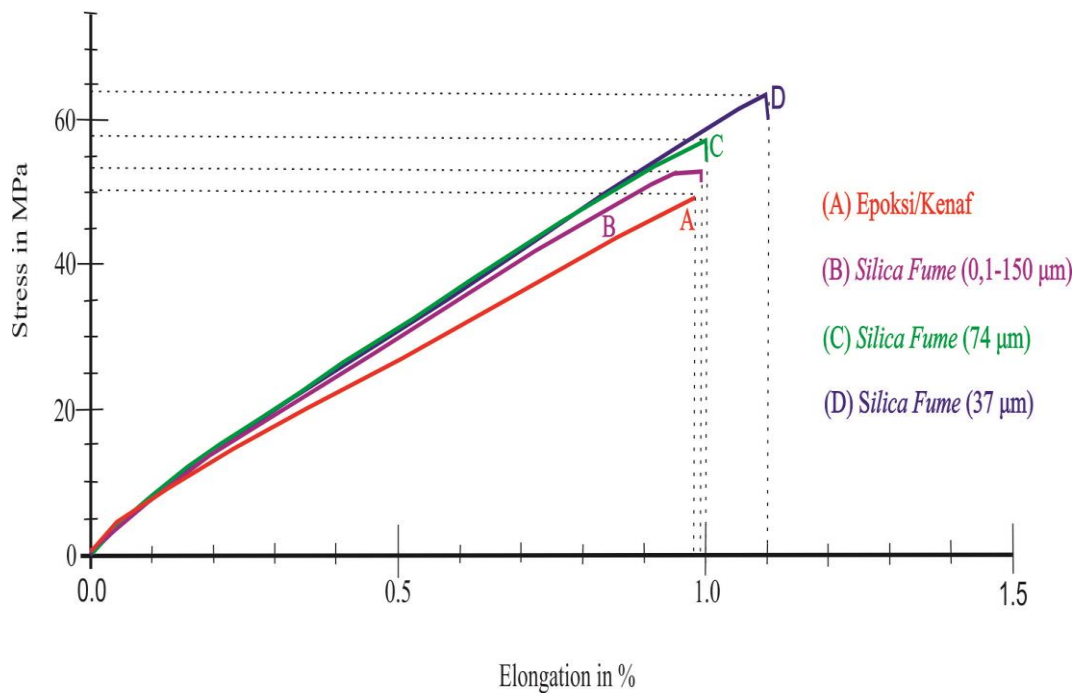
1.1 Sifat Tarik Komposit

1. Kuat Tarik dan Modulus Elastisitas Tarik Komposit

Gambar 4.1, Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 adalah grafik dan kurva hasil dari pengujian tarik komposit epoksi/kenaf/*silica fume*. Pengujian tarik menghasilkan nilai kuat tarik, modulus elastisitas dan regangan. Di bawah ini adalah grafik hasil pengujian tarik komposit epoksi/kenaf/*silica fume*:



Gambar 4.1 Grafik Kuat Tarik dan Modulus Elastisitas Hasil Uji Tarik Komposit



Gambar 4.2 Kurva Tegangan-Regangan Hasil Uji Tarik Komposit Epoksi/Kenaf/*Silica Fume*

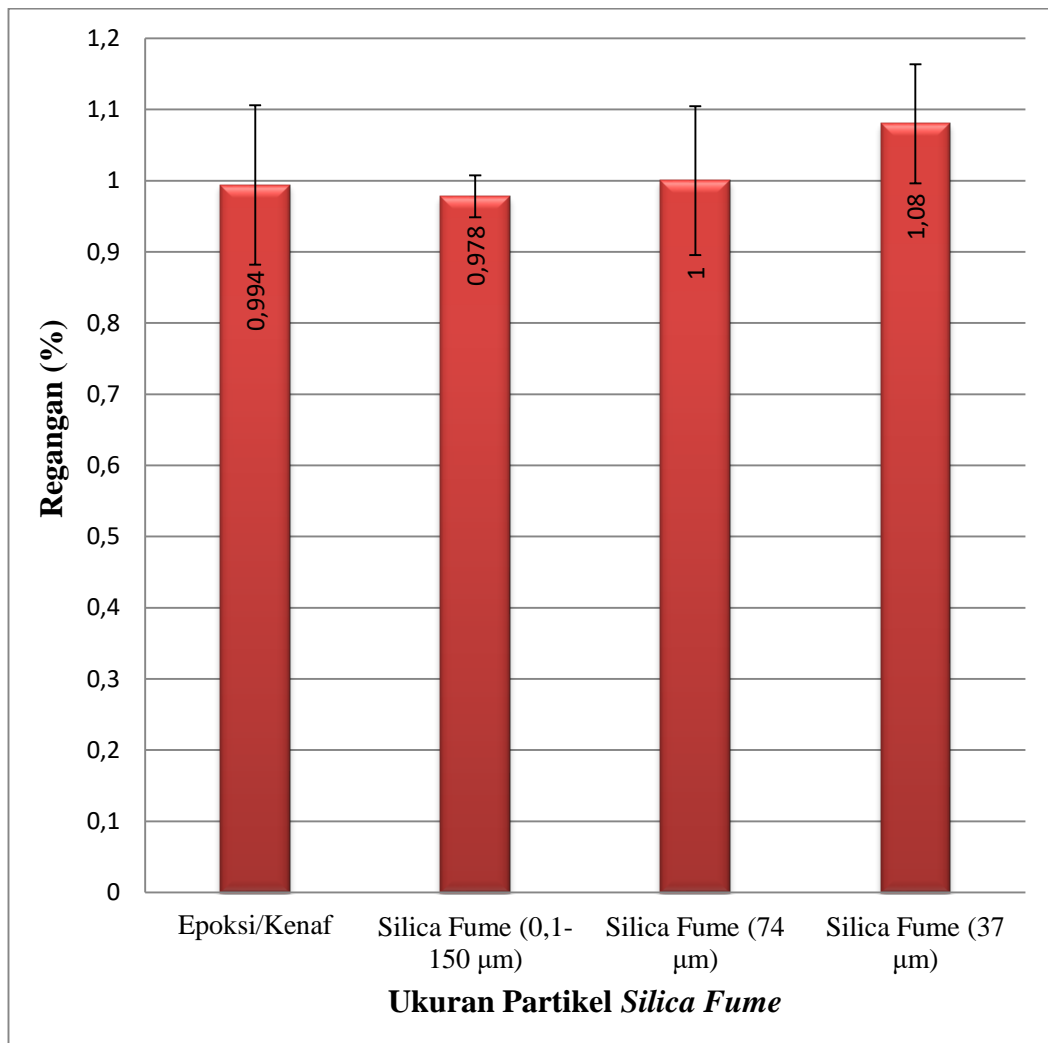
Grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 adalah grafik hubungan antara kuat tarik dan modulus elastisitas tarik terhadap ukuran partikel *silica fume*. Hasil pengujian tarik menunjukkan terjadi peningkatan nilai kuat tarik dengan penambahan *silica fume* 2% dan ukuran partikel *silica fume* yang semakin kecil. Nilai kuat tarik tertinggi yaitu pada komposit epoksi/kenaf/*silica fume* yang diayak dengan ukuran 37 μm yaitu sebesar 64,1 MPa. Hal ini disebabkan oleh ukuran partikel yang semakin kecil menyebabkan ikatan yang semakin kuat antara matriks dan *filler* (Nourbakhsh dkk., 2010).

Hasil uji tarik pada penelitian ini apabila dibandingkan dengan penelitian Bozkurt dkk. (2017) yang menggunakan penambahan volume *silica fume* sebesar 2% maka pada penelitian ini mempunyai nilai kekuatan tarik yang jauh lebih rendah, dimana pada penelitian Bozkurt dkk. (2017) nilai kekuatan tariknya yaitu sebesar 280,25 MPa. Hal ini disebabkan pada penelitian Bozkurt dkk. (2017) menggunakan serat *E-glass* yang kekuatan tariknya lebih tinggi yaitu sebesar 2,000-3,500 MPa dari pada serat kenaf yang hanya mempunyai kekuatan tarik sebesar 930 MPa dan serat *E-glass* juga mempunyai modulus elastisitas yang lebih tinggi yaitu

sebesar 70 GPa sedangkan serat kenaf hanya mempunyai modulus elastisitas 53 GPa (Holbery, 2006). Pada penelitian Bozkurt dkk. (2017) juga menggunakan ukuran partikel *silica fume* yang lebih kecil yaitu 1-100 nm yang mengakibatkan ikatan yang semakin kuat antara matriks dan *filler* (Nourbakhsh dkk., 2010).

Nilai modulus elastisitas juga meningkat dengan semakin kecilnya ukuran partikel *silica fume*. Hal ini juga terjadi pada penelitian Nourbakhsh dkk. (2017) nilai modulus elastisitas tarik tertinggi yaitu pada partikel serbuk kayu dengan ukuran 50 mesh dan 60 mesh yaitu sebesar 1,6 GPa dibanding dengan partikel serbuk kayu yang berukuran 40 mesh yang hanya sebesar 1,4 GPa. Pada Gambar 4.2 kurva tegangan-regangan hasil uji tarik komposit epoksi/kenaf/*silica fume* menunjukkan persentase elongation yang rendah, maka dapat diketahui bahwa komposit epoksi/kenaf/*silica fume* yang dihasilkan pada penelitian ini mempunyai sifat yang getas (*brittle*).

2. Regangan Tarik



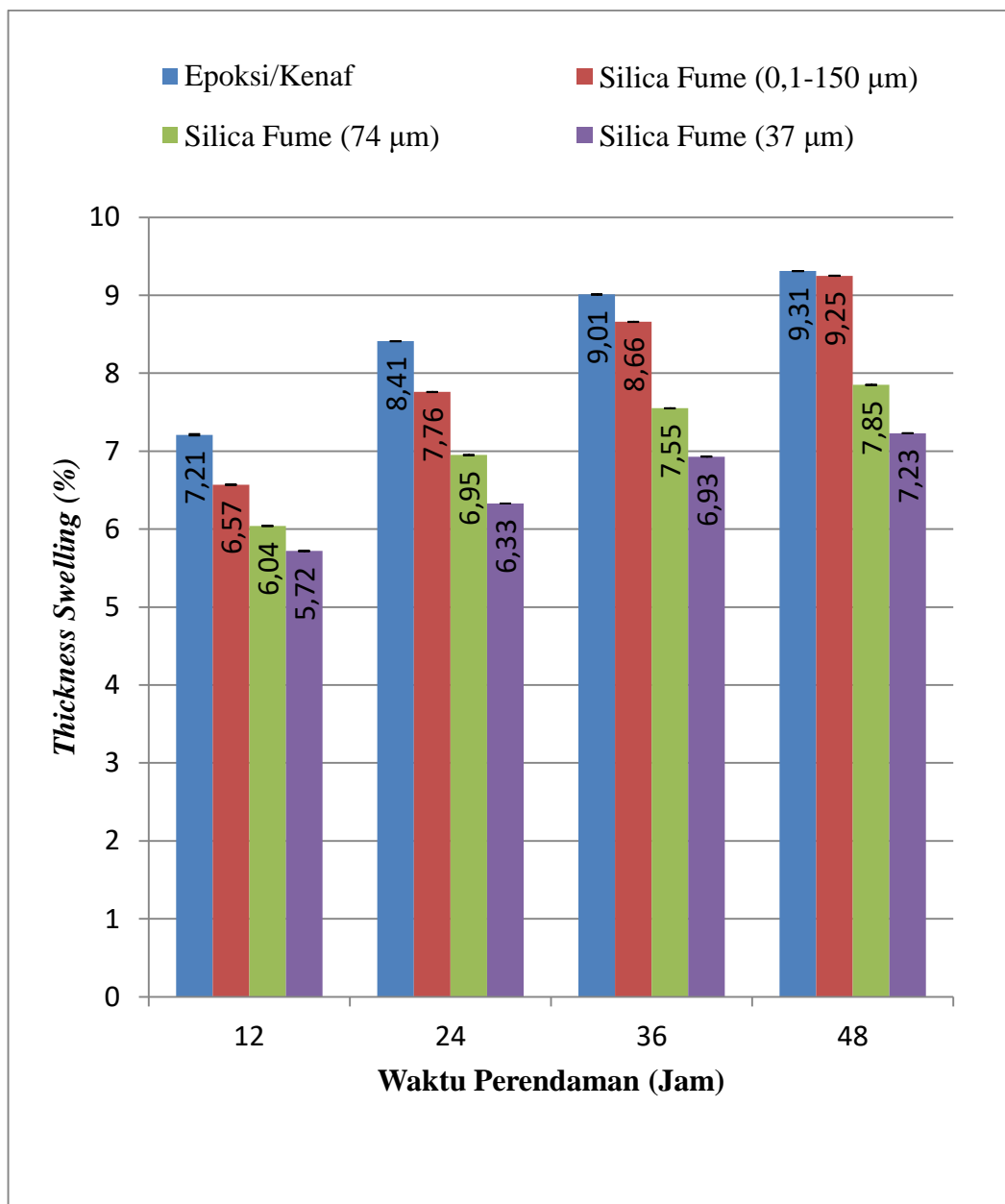
Gambar 4.3 Grafik Regangan Hasil Uji Tarik Komposit

Dari data pada Gambar 4.3 nilai regangan tarik tertinggi pada komposit epoksi/kenaf/*silica fume* yaitu pada ukuran partikel *silica fume* 37 µm sebesar 1,08%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran partikel *silica fume* semakin besar nilai regangannya serta semakin ulet materialnya, karena semakin kecil ukuran partikel *silica fume* maka akan semakin mudah terdispersi kedalam matriks dan memperlambat pemutusan pada saat dilakukan pengujian tarik (Yusmaniar dan Suryani, 2012). Namun dari Gambar 4.3 peningkatan nilai regangan tarik komposit tidak signifikan dan mempunyai nilai regangan tarik dengan elongation yang kecil. Hal ini dapat disimpulkan bahwa material tersebut mempunyai sifat yang getas (*brittle*).

1.2 Daya Serap Air (*Water Absorption*)

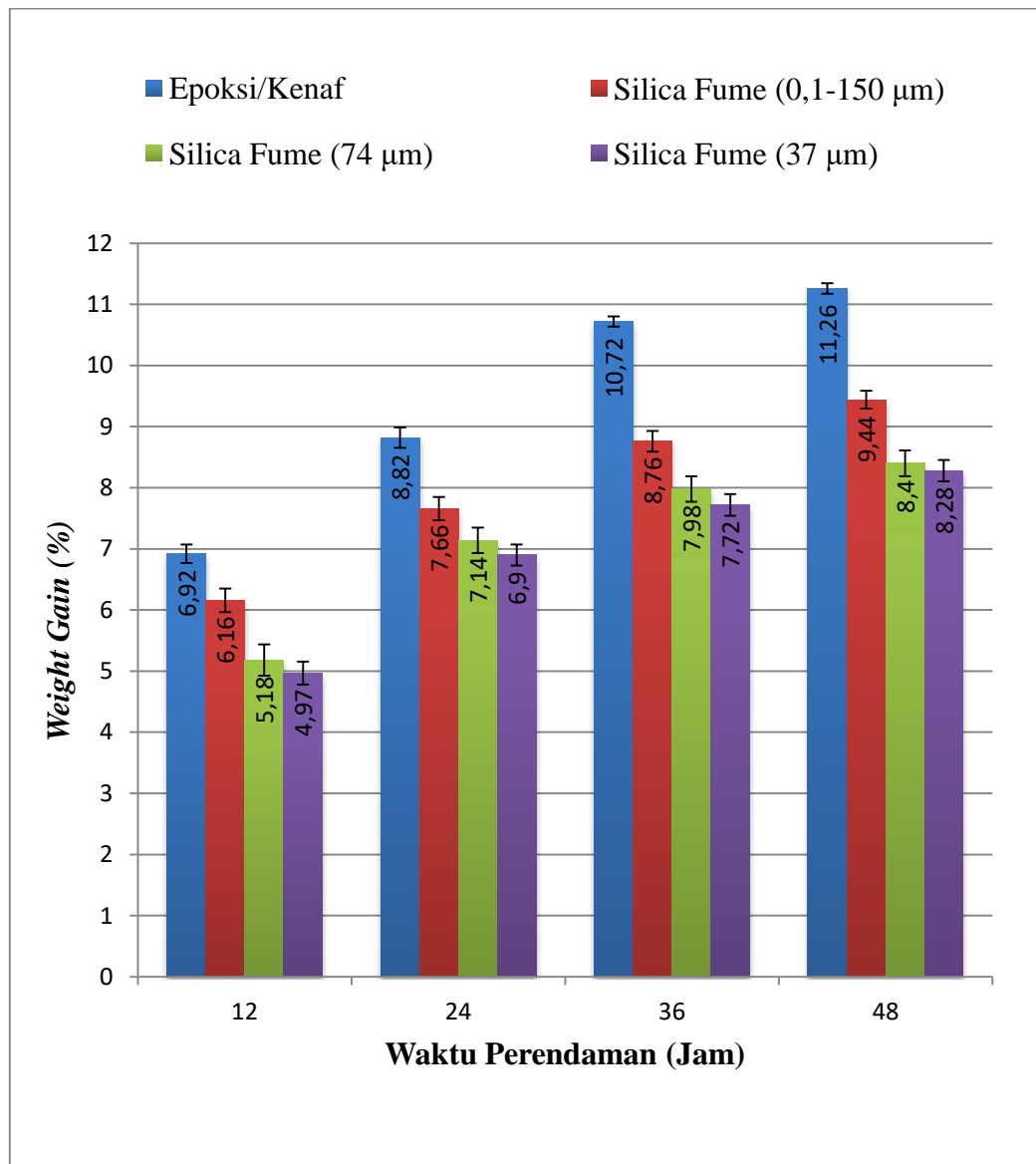
Gambar 4.4 dan 4.5 adalah grafik hasil dari pengujian daya serap air. Pengujian daya serap air menghasilkan nilai pertambahan tebal (*thickness swelling*) dan pertambahan berat (*weight gain*). Di bawah ini adalah grafik pertambahan tebal dan berat pada spesimen komposit uji daya serap air:

1. Grafik *Thickness Swelling*



Gambar 4.4 *Thickness Swelling* Akibat Penyerapan Air

2. Grafik *Weight Gain*

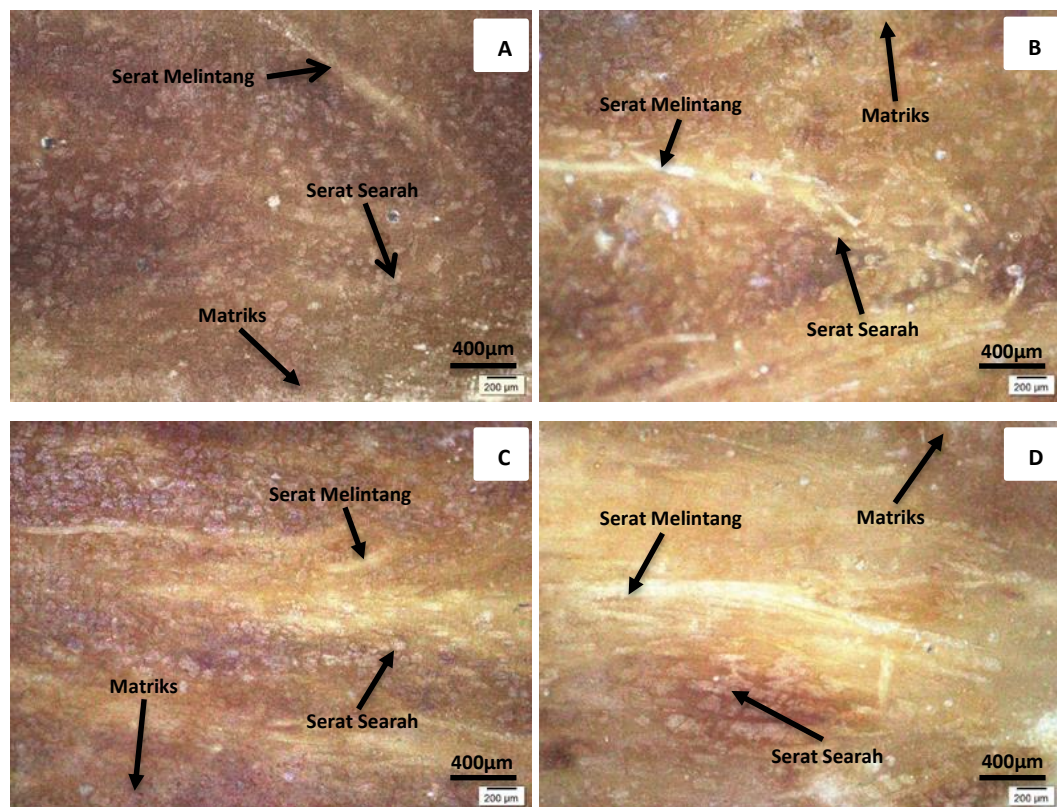


Gambar 4.5 Grafik *Weight Gain* Akibat Penyerapan Air

Dari data pada Gambar 4.4 dan 4.5 grafik pertambahan tebal (*thickness swelling*) dan pertambahan berat (*weight gain*) menunjukkan bahwa daya serap air tertinggi yaitu pada variasi spesimen komposit epoksi/kenaf tanpa *silica fume* sedangkan daya serap air terendah yaitu pada variasi spesimen komposit epoksi/kenaf dengan *silica fume* berukuran 37 µm disetiap waktu perendaman. Hal ini disebabkan karena sifat serat alam (kenaf) yang *hidrofilik* (menyerap air) dan tanpa terhalang oleh partikel *silica fume* akan lebih mudah dalam menyerap air. Penyerapan air akan semakin meningkat karena adanya ikatan matriks dan *filler*

yang buruk kemudian mengakibatkan *micro void* akan memungkinkan penyerapan air yang lebih (Shakeri, 2010). Namun, dengan adanya partikel *silica fume* yang ukurannya semakin kecil akan lebih merata untuk menghalangi serat alam (kenaf) dalam menyerap air dan membantu menutupi *micro void*. Daya serap air akan mengakibatkan spesimen komposit bertambah berat dan tebal.

1.3 Analisis Foto Makro Potongan Komposit menggunakan Mikroskop Optik

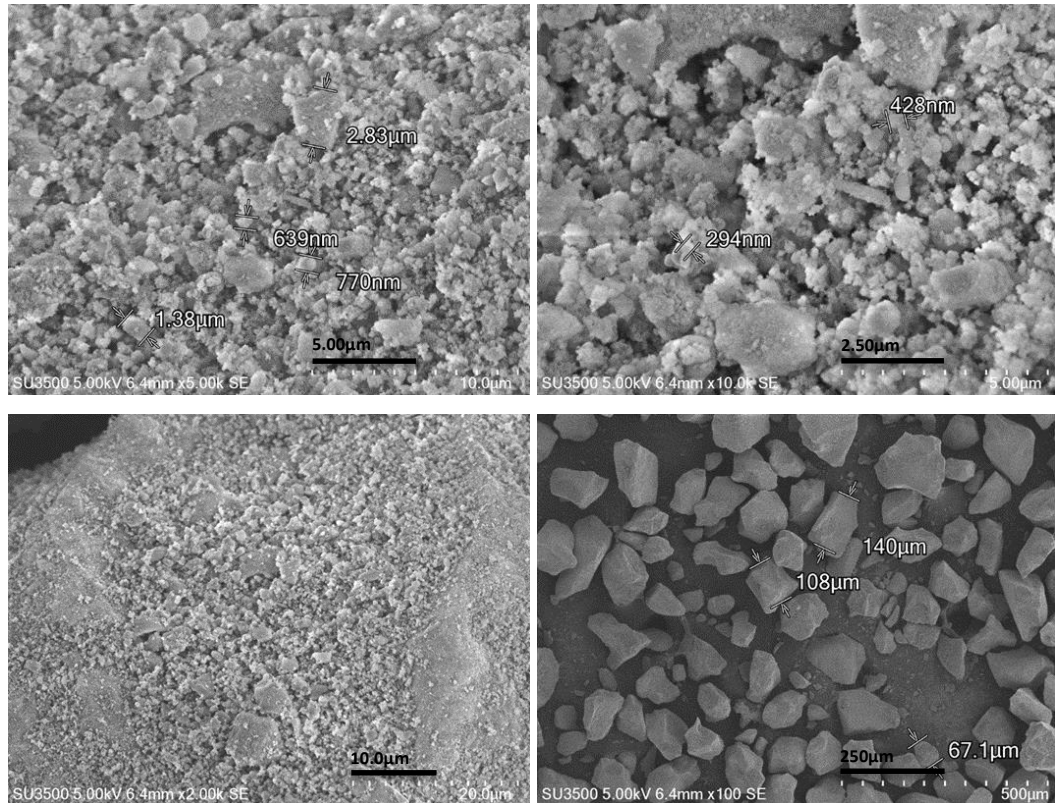


Gambar 4.6 Hasil Foto Makro menggunakan Mikroskop Optik (A) Tanpa *silica fume*; (B) *Silica fume* 0,1-150 μm ; (C) *Silica fume* 74 μm ; dan (D) *Silica fume* 37 μm

Gambar 4.6 adalah foto makro komposit epoksi/kenaf/*silica fume* menggunakan mikroskop optik dilakukan untuk mengamati persebaran serat kenaf dan matriks epoksi. Hasil pada gambar diatas menunjukkan persebaran serat kenaf dari semua variasi komposit kurang merata, dan masih banyak susunan serat kenaf yang tidak searah dengan bentuk cetakan atau melintang. Susunan serat kenaf karena posisinya yang searah dengan bentuk cetakan akan terpotong, sebaliknya serat kenaf yang melintang atau tidak searah dengan cetakan tidak terpotong. Hal

ini disebabkan karena pembuatan spesimen komposit menggunakan *hand lay up* dan penyusunan seratnya secara acak. Komposit yang persebaran seratnya merata dan searah akan menghasilkan kekuatan tarik yang lebih tinggi. Pada Gambar (B), (C), dan (D) mempunyai persebaran serat yang lebih merata dibandingkan dengan Gambar (A), hal ini dapat mempengaruhi kekuatan mekanis yang lebih baik dibanding pada Gambar (A). Dari Gambar foto makro potongan komposit diatas tidak terlihat partikel *silica fume*, hal ini disebabkan ukuran partikel *silica fume* yang berukuran mikro tidak dapat terlihat oleh mikroskop optik. Pengamatan partikel *silica fume* akan diamati menggunakan *scanning electron microscopy* (SEM).

1.4 Analisis Foto Mikro Patahan Hasil Pengujian Tarik Komposit menggunakan SEM



Gambar 4.7 SEM *Silica Fume*

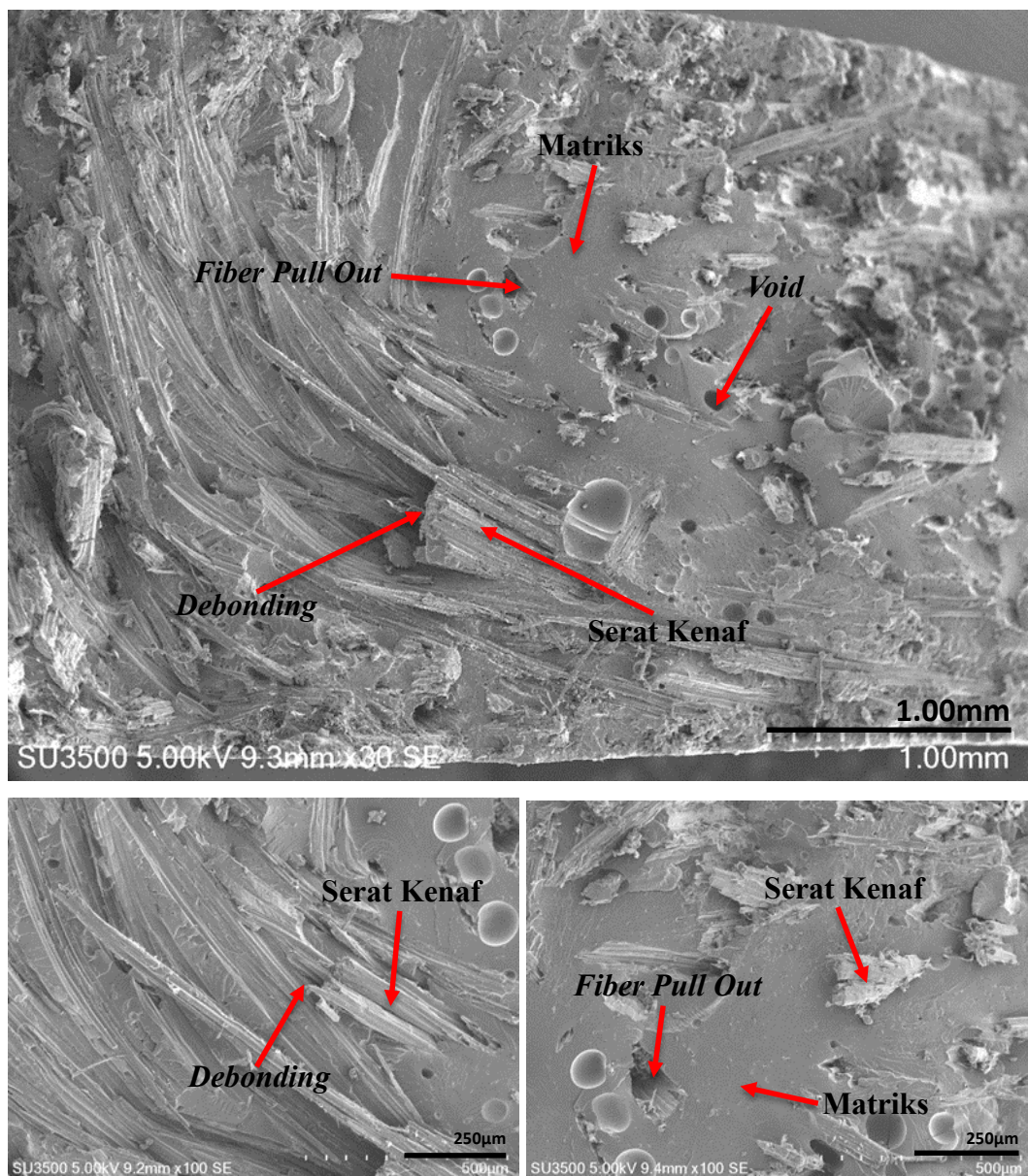
Tabel 4.1 Komposisi Unsur Kimia *Silica Fume* Hasil dari SEM EDX

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

Gambar 4.7 adalah citra SEM struktur partikel *silica fume* yang digunakan pada penelitian ini. Terlihat dengan perbesaran berbeda-beda yaitu 10.000 kali, 5.000 kali, 2.000 kali, dan 100 kali. Citra SEM *silica fume* dengan perbesaran yang lebih besar mempunyai ukuran partikel yang semakin kecil. Hal ini yang mengakibatkan semakin kecil ukuran partikel *silica fume* maka akan semakin mudah terdispersi kedalam matriks dan menghasilkan kuat tarik yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan ukuran partikel *silica fume* yang lebih besar.

Tabel 4.1 adalah komposisi unsur kimia *silica fume* yang digunakan dalam penelitian ini. Dari hasil yang ditunjukkan pada Tabel 4.1 Komposisi unsur kimia

yang terdapat pada *silica fume* tersebut mengandung unsur O (*oksigen*) sebesar 52,45 wt% dan Si (*silicon*) sebesar 47,55 wt%. Dapat disimpulkan bahwa *silica fume* yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai kandungan silika (SiO_2) yang 100%.

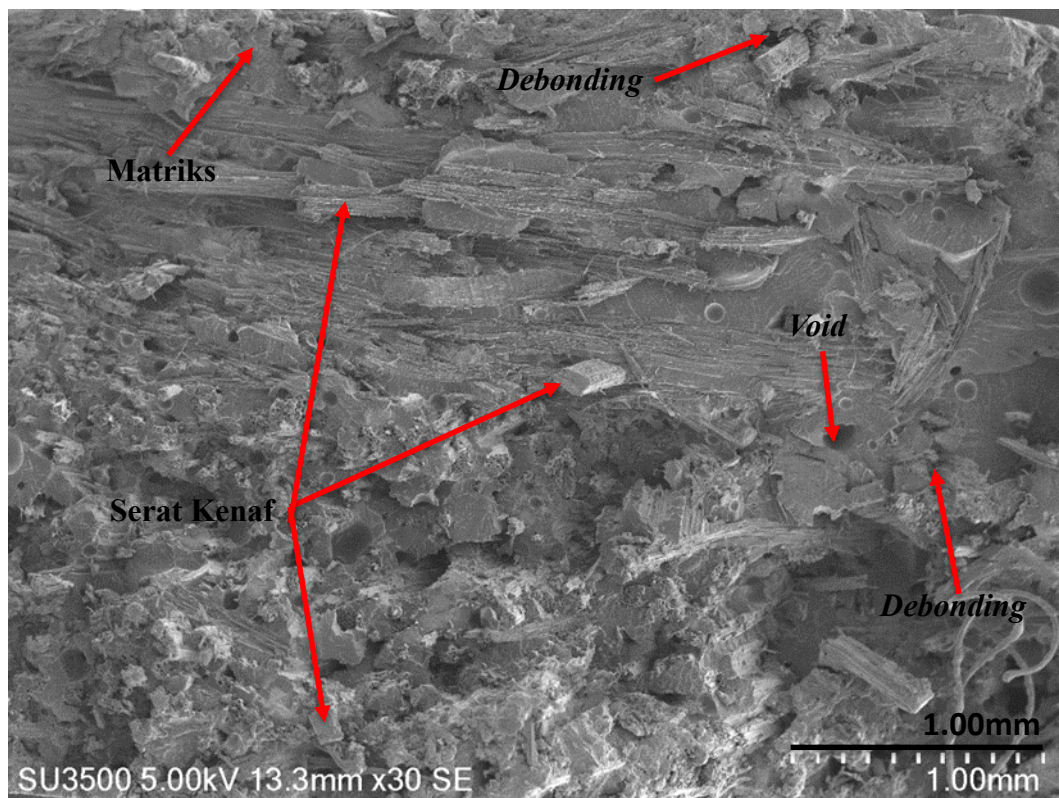


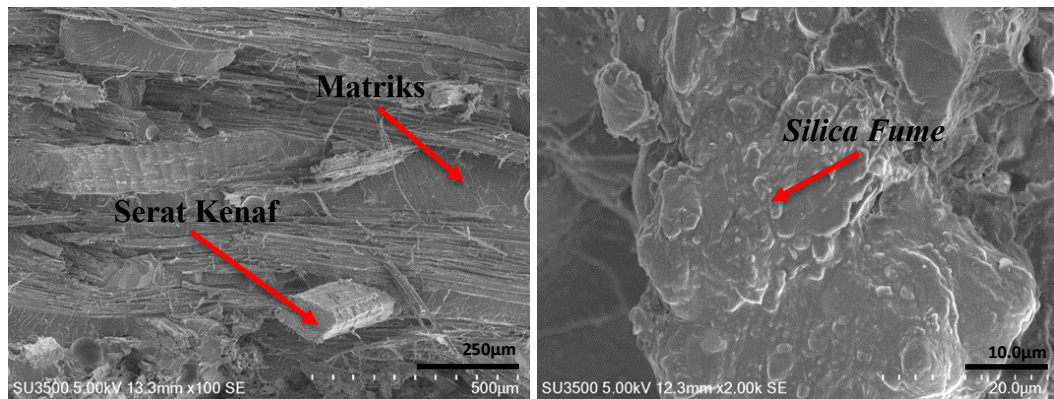
Gambar 4.8 SEM Struktur Patahan Komposit Epoksi/Kenaf

Dari citra SEM Gambar 4.8 struktur patahan komposit epoksi/kenaf tanpa *silica fume* ada ikatan yang tidak bagus (*debonding*) antara matriks epoksi dengan serat kenaf yang mengakibatkan kuat tarik dari komposit rendah. Sifat dari serat alam yang *hidrofilik* (menyerap air) bertolak belakang dengan sifat dari matriks

epoksi yang *hidrofobik* (tidak menyerap air). Hal inilah yang menyebabkan *debonding* antara serat kenaf dengan matriks epoksi. Terdapat *micro void* dan *fiber pull out* dari foto patahan komposit epoksi/kenaf tanpa *silica fume* yang mengakibatkan kuat tarik dari komposit menurun. Adanya *micro void* karena ketika proses fabrikasi ada udara yang terjebak serta sifat serat kenaf yang *hidrofilik* (menyerap air) yang juga memungkinkan terbentuknya *micro void*.

Menurut Raharjo (2015) ciri-ciri dari ikatan yang kuat antara matriks dengan seratnya yakni tidak adanya *fiber pull out* atau serat yang tertarik keluar ketika adanya pembebanan dan ketika adanya serat yang putus atau patah akibat adanya pembebanan. Hal ini terjadi karena adanya ikatan yang kuat antara matriks dan serat. Dari hasil analisa foto patahan pada Gambar 4.8 komposit epoksi/kenaf tanpa mikrosilika (*silica fume*) terlihat permukaan patahan komposit halus. Hal ini disebabkan karena tidak adanya partikel *silica fume* yang terdapat pada permukaan patahan komposit.





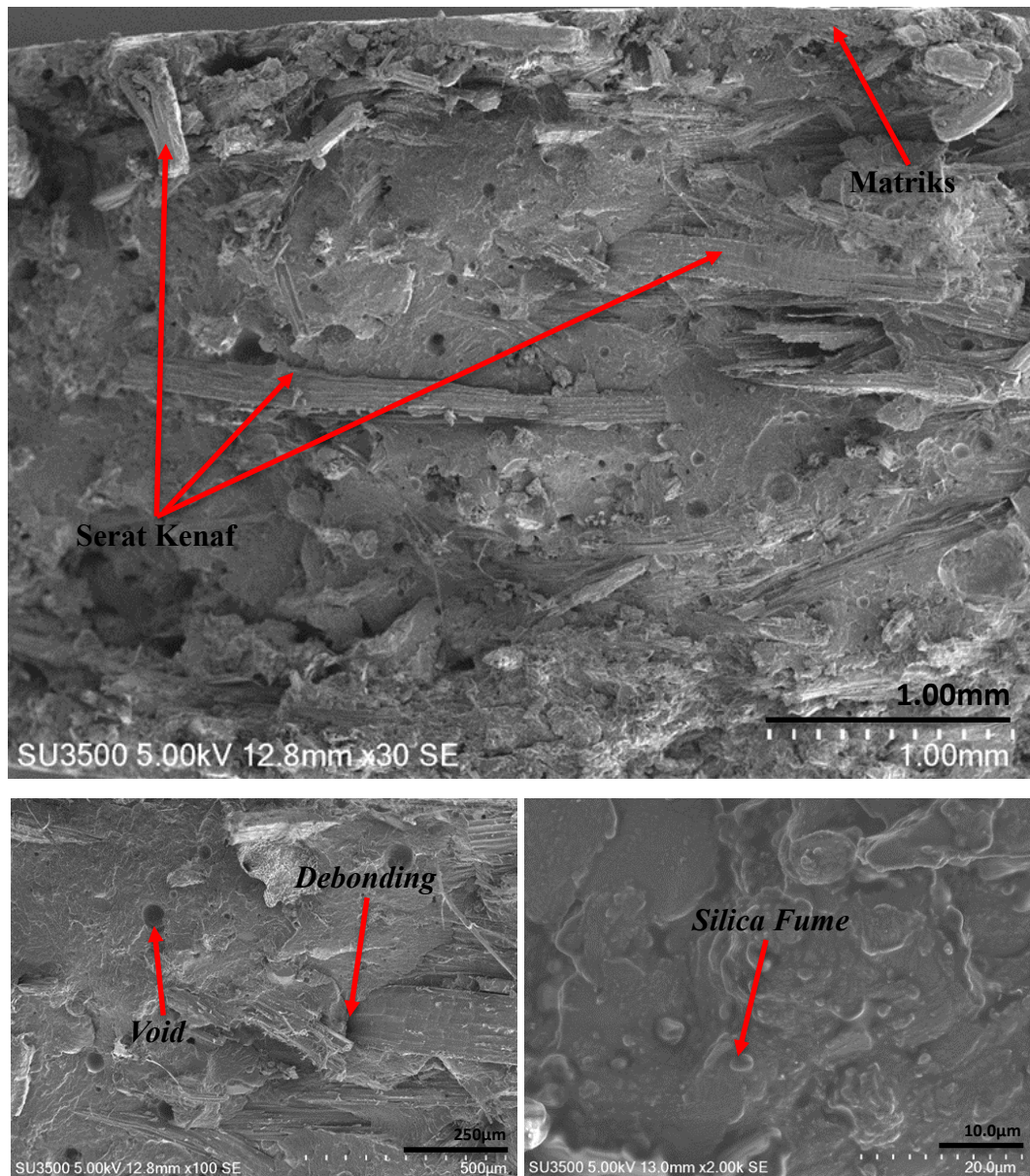
Gambar 4.9 SEM Struktur Patahan Komposit Epoksi/Kenaf/*Silica Fume* (0,1-150 μm)

Dari citra SEM Gambar 4.9 struktur patahan komposit epoksi/kenaf dengan partikel *silica fume* berukuran 0,1-150 μm ada ikatan yang tidak bagus (*debonding*) antara matriks epoksi dengan serat kenaf yang mengakibatkan kuat 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 *debonding* antara serat kenaf dengan matriks epoksi.

Terdapat *micro void* dari foto patahan komposit epoksi/kenaf dengan *silica fume* berukuran 0,1-150 μm yang mengakibatkan kuat tarik dari komposit menurun. Adanya *micro void* karena ketika proses fabrikasi ada udara yang terjebak serta sifat serat kenaf yang *hidrofilik* (menyerap air) yang juga memungkinkan terbentuknya *micro void*. Tidak terdapat *fiber pull out* pada komposit epoksi/kenaf dengan *silica fume* berukuran 0,1-150 μm . Menurut Raharjo (2015) ciri-ciri dari ikatan yang kuat antara matriks dengan seratnya yakni tidak adanya *fiber pull out* atau serat yang tertarik keluar ketika adanya pembebanan dan ketika adanya serat yang putus atau patah akibat adanya pembebanan. Hal ini terjadi karena adanya ikatan yang kuat antara matriks dan serat.

Dari hasil analisa foto patahan pada Gambar 4.9 komposit epoksi/kenaf dengan *silica fume* berukuran 0,1-150 μm terlihat permukaan patahan komposit yang kasar. Hal ini disebabkan karena partikel *silica fume* yang berukuran cukup besar dan sulit terdispersi oleh matriks dan mengakibatkan kuat tarik komposit epoksi/kenaf dengan *silica fume* berukuran 0,1-150 μm lebih rendah jika

dibandingkan dengan komposit epoksi/kenaf dengan *silica fume* berukuran 74 dan 37 μm . Namun kuat tarik komposit epoksi/kenaf dengan *silica fume* lebih tinggi jika dibandingkan dengan komposit epoksi/kenaf tanpa *silica fume*. Menurut Gowthami dkk. (2013) *silica fume* dapat meningkatkan kuat tarik komposit.



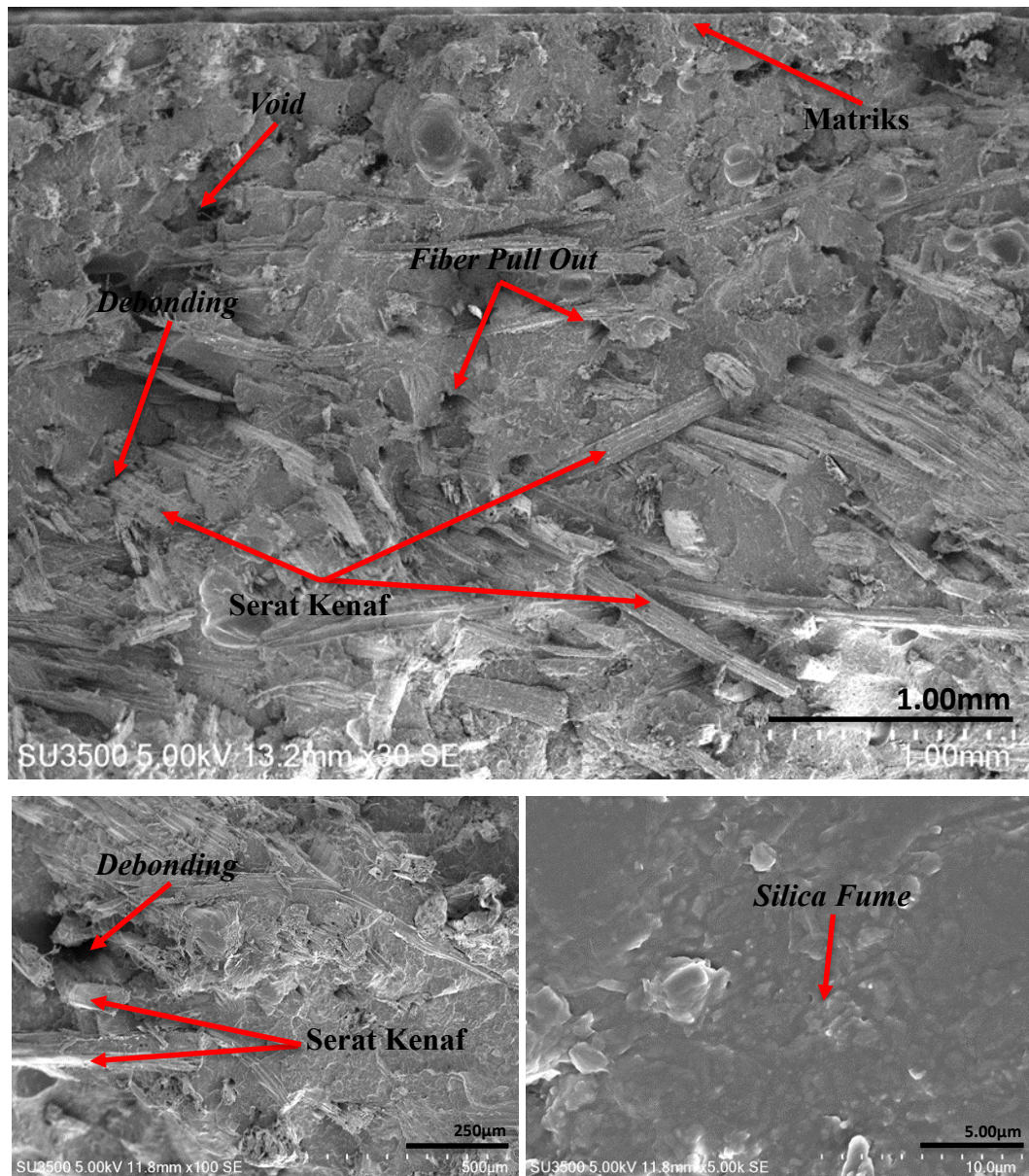
Gambar 4.10 SEM Struktur Patahan Komposit Epoksi/Kenaf/*Silica Fume* (74 μm)

Dari citra SEM Gambar 4.10 struktur patahan komposit epoksi/kenaf dengan partikel *silica fume* berukuran 74 μm ada ikatan yang tidak bagus (*debonding*) antara matriks epoksi dengan serat kenaf yang mengakibatkan kuat 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 *debonding* antara serat kenaf dengan matriks epoksi.

Terdapat *micro void* dari foto patahan komposit epoksi/kenaf dengan *silica fume* berukuran 74 μm yang mengakibatkan kuat tarik dari komposit menurun. Adanya *micro void* karena ketika proses fabrikasi ada udara yang terjebak serta sifat serat kenaf yang *hidrofilik* (menyerap air) yang juga memungkinkan terbentuknya *micro void*. Tidak terdapat *fiber pull out* pada komposit epoksi/kenaf dengan *silica fume* berukuran 37 μm . Menurut Raharjo (2015) ciri-ciri dari ikatan yang kuat antara matriks dengan seratnya yakni tidak adanya *fiber pull out* atau serat yang tertarik keluar ketika adanya pembebanan dan ketika adanya serat yang putus atau patah akibat adanya pembebanan. Hal ini terjadi karena adanya ikatan yang kuat antara matriks dan serat.

Dari hasil analisa foto patahan pada Gambar 4.10 komposit epoksi/kenaf dengan *silica fume* berukuran 74 μm terlihat permukaan patahan komposit yang lebih halus dari pada Gambar 4.9. Hal ini disebabkan karena partikel *silica fume* yang berukuran lebih kecil dibandingkan pada Gambar 4.9. Namun *silica fume* berukuran 74 μm masih belum terdispersi secara menyeluruh oleh matriks dan mengakibatkan kuat tarik komposit epoksi/kenaf dengan *silica fume* berukuran 74 μm lebih rendah jika dibandingkan dengan komposit epoksi/kenaf dengan *silica fume* berukuran 37 μm . Menurut Yusmaniar dan Suryani (2012) ukuran partikel yang lebih besar memiliki kecenderungan yang lebih besar pula untuk menghalangi kekompakan dari matriks dalam menahan beban yang diberikan sehingga mempercepat proses pemutusan pada saat dilakukan uji tarik, sedangkan hal sebaliknya terjadi pada partikel yang ukurannya lebih kecil, karena mudah terdispersi lebih baik kedalam matriks.



Gambar 4.11 SEM Struktur Patahan Komposit Epoksi/Kenaf/Silica Fume (37 μm)

Dari citra SEM Gambar 4.11 struktur patahan komposit epoksi/kenaf dengan partikel *silica fume* berukuran 37 μm ada ikatan yang tidak bagus (*debonding*) antara matriks epoksi dengan serat kenaf yang mengakibatkan kuat 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 *debonding* antara serat kenaf dengan matriks epoksi.

Terdapat *micro void* dari foto patahan komposit epoksi/kenaf dengan *silica fume* berukuran 37 μm yang mengakibatkan kuat tarik dari komposit menurun.

Adanya *micro void* karena ketika proses fabrikasi ada udara yang terjebak serta sifat serat kenaf yang *hidrofilik* (menyerap air) yang juga memungkinkan terbentuknya *micro void*. Terdapat *fiber pull out* pada komposit epoksi/kenaf dengan *silica fume* berukuran 37 μm . Menurut Raharjo (2015) ciri-ciri dari ikatan yang kuat antara matriks dengan seratnya yakni tidak adanya *fiber pull out* atau serat yang tertarik keluar ketika adanya pembebanan dan ketika adanya serat yang putus atau patah akibat adanya pembebanan. Hal ini terjadi karena adanya ikatan yang kuat antara matriks dan serat.

Dari hasil analisa foto patahan pada Gambar 4.11 komposit epoksi/kenaf dengan *silica fume* berukuran 37 μm terlihat permukaan patahan komposit yang lebih halus dari pada Gambar 4.9 dan Gambar 4.10. Hal ini disebabkan karena partikel *silica fume* yang berukuran lebih kecil dibandingkan pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.9. Terlihat pada Gambar 4.11 *silica fume* berukuran 37 μm hampir terdispersi secara menyeluruh oleh matriks dan mengakibatkan kuat tarik komposit epoksi/kenaf dengan *silica fume* berukuran 37 μm lebih tinggi jika dibandingkan dengan komposit epoksi/kenaf dengan *silica fume* berukuran 74 μm dan 0,1-150 μm . Menurut Yusmaniar dan Suryani (2012) ukuran partikel yang lebih besar memiliki kecenderungan yang lebih besar pula untuk menghalangi kekompakan dari matriks dalam menahan beban yang diberikan sehingga mempercepat proses pemutusan pada saat dilakukan uji tarik. Sedangkan hal sebaliknya terjadi pada partikel yang ukurannya lebih kecil, karena mudah terdispersi lebih baik kedalam matriks.

