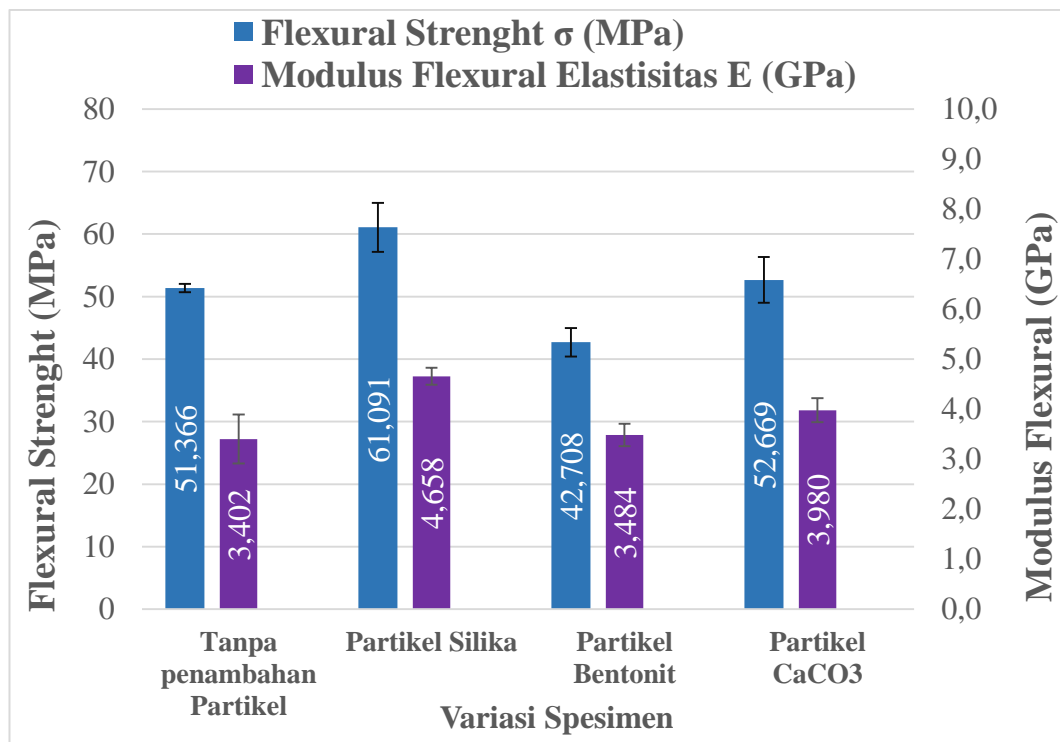


BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

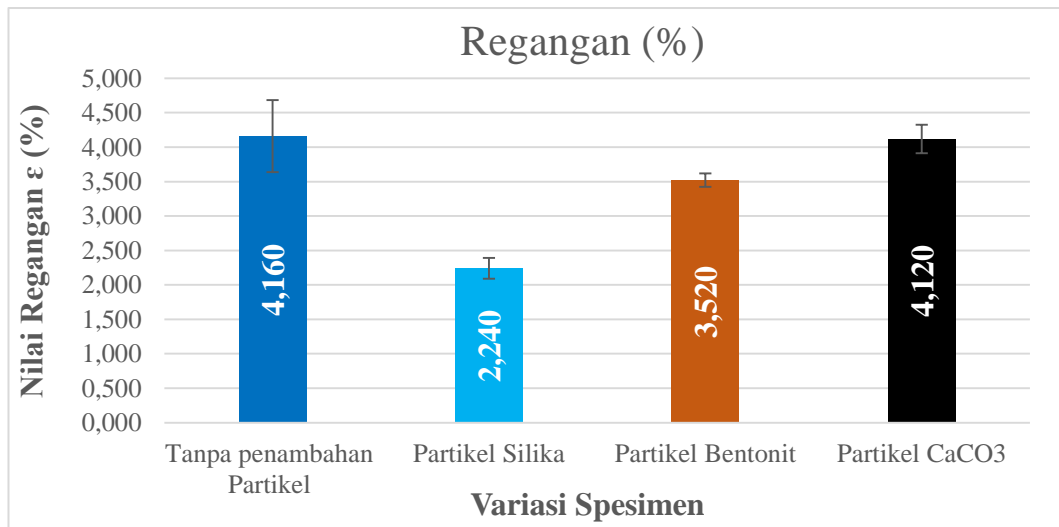
4.1 Hasil Pengujian Mekanis

4.1.1 Hasil Pengujian *Bending* ASTM D 790

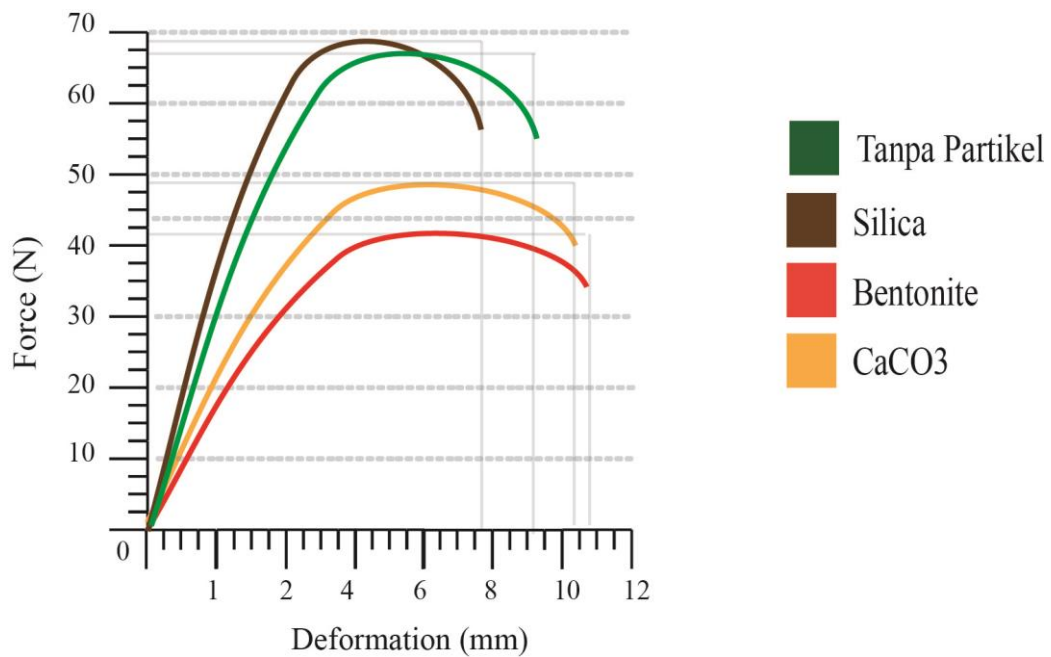
Pada Gambar 4.1 dan 4.2 adalah grafik hasil dari pengujian *bending* komposit hibrid serat kenaf /jenis partikel (silika,bentonit,CaCO₃)/epoksi. Pengujian ini menghasilkan kekuatan lentur, modulus lentur, dan regangan. Berikut ini adalah grafik hasil pengujian *bending* :



Gambar 4.1 Grafik kekuatan lentur dan modulus lentur



Gambar 4.2 Grafik Regangan komposit hibrid kenaf/jenis partikel(silika,bentonit,CaCO₃)/epoksi



Gambar 4.3 Kurva Regangan hasil uji *bending*



Gambar 4.4 Spesimen Hasil pengujian *Bending* ASTM D790

Gambar 4.1 dan 4.2 menunjukkan bahwa terdapat perbandingan kekuatan lentur, modulus lentur dan regangan terhadap komposit hibrid serat kenaf/jenis partikel 2% (silika, bentonit, CaCO_3)/epoksi.

Pada komposit hibrid yang ditambahkan 2% partikel jenis silika mendapatkan nilai kekuatan lentur dan modulus lentur paling tinggi yaitu sebesar 61,09 MPa dan 4,65 GPa. Hal ini disebabkan karena metode pelumuran matrik yang sudah tercampur dengan silika terserap secara merata kedalam serat kenaf dan partikel silika yang berperan sebagai penguat mampu meningkatkan kekuatan *bending* secara maksimum.

Dibandingkan penelitian yang dilakukan oleh Mutalikdesai, dkk (2017) tentang pengaruh penambahan 0%, 2%, 4%, dan 6% *silica fume* terhadap komposit *flax fiber*/epoksi dengan fraksi volume komposit epoksi/ *flax fiber* yaitu 60 :40 (tanpa partikel), 58:40, 56:40, dan 54:40. Hasil dari penelitian tersebut pada kekuatan lentur maksimum adalah sebesar 84.25 MPa. Hal ini disebabkan oleh penggunaan serat dan fraksi volume yang berbeda, sehingga pada penambahan 6% *silica fume* mampu meningkatkan kekuatan lentur terhadap komposit hibrid.

Pada komposit kenaf/epoksi yang ditambahkan 2% jenis partikel CaCO_3 menghasilkan kekuatan lentur dan modulus lentur yang mengalami penurunan yaitu sebesar 52,66 MPa dan 3,98 GPa. Hal ini disebabkan pada saat metode

fabrikasi partikel yang bercampur dengan matriks mengalami penggumpalan atau penumpukan pada komposit (*agglomelasi*).

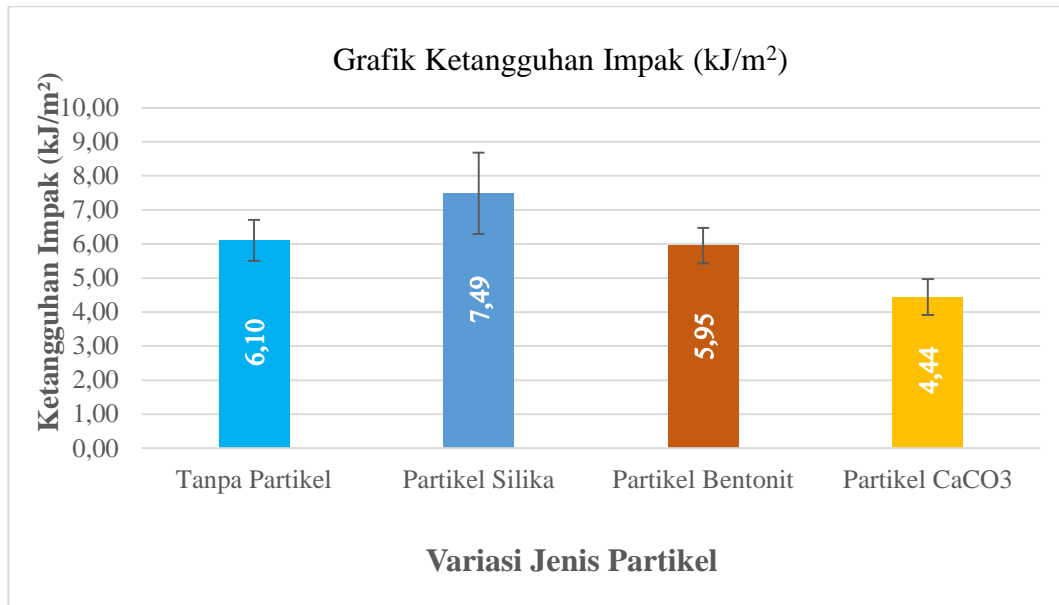
Hal tersebut berbanding terbalik dengan penelitian yang dilakukan oleh Sathiyamurthy, dkk (2011) tentang penambahan CaCO_3 dengan persentase 0%, 2%, dan 4% terhadap komposit *coir*-poliester. Metode laminasi yang digunakan pada fabrikasi pembuatan komposit hibrid mampu meningkatkan kekuatan lentur sebesar 27,4 MPa (panjang serat 50 mm, diameter 0,18 mm, dan 2% *filler*). Hal ini dikarenakan metode fabrikasi dan serat yang digunakan berbeda dengan penelitian ini. Kemudian metode pencampuran matriks dengan partikel juga mempengaruhi sifat mekanis komposit hibrid.

Sedangkan untuk komposit kenaf/epoksi yang ditambahkan 2% partikel jenis bentonit mendapatkan kekuatan lentur dan modulus lentur dengan nilai paling rendah yaitu 42,71 MPa dan 3,48 GPa. Hal ini dapat terjadi karena sifat dari partikel bentonit yang mudah mengeras ketika tercampur dengan matrik epoksi yang cair, sehingga pada saat pengujian *bending* komposit kenaf/epoksi/bentonit tidak mampu menahan beban secara maksimal. Jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Velmurugan, dkk (2018) yaitu dengan persentase 0%, 1%, 2%, dan 3% nano *clay* bentonit terhadap komposit serat kaca/epoksi dengan fabrikasi menggunakan metode laminasi dan menghasilkan kekuatan lentur pada penambahan 2% nano *clay* bentonit mampu meningkatkan kekuatan lentur sebesar 278.54 N/mm². Hal ini disebabkan oleh menggunakan serat, ukuran partikel dan metode fabrikasi yang berbeda, sehingga pada penelitian tersebut untuk penambahan 2% nano *clay* bentonit mampu mengisi kekosongan pada komposit/epoksi, sehingga kekuatan lentur dapat meningkat secara maksimum.

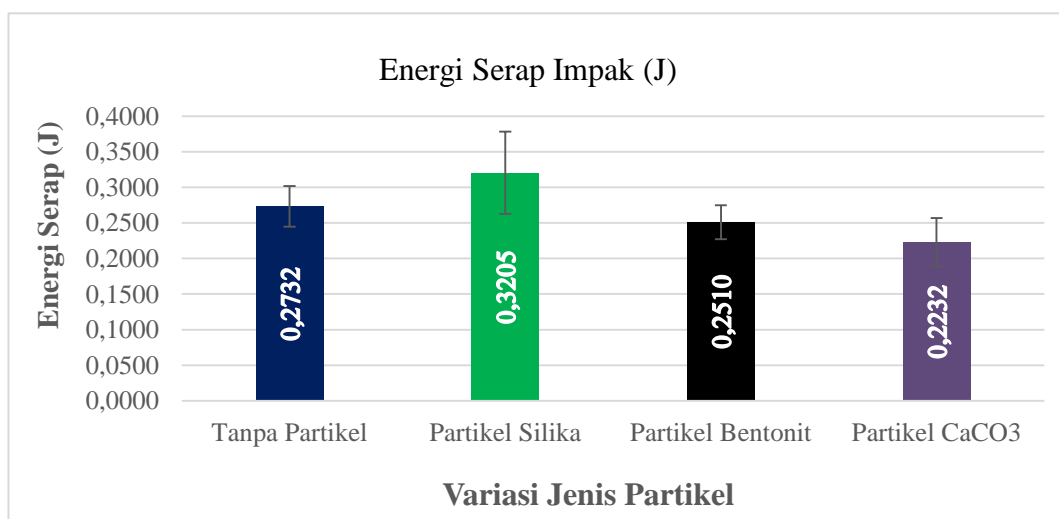
Pada Gambar 4.3 kurva regangan hasil pengujian *bending* dapat diamati bahwa pada penambahan 2% partikel silika komposit kenaf/epoksi mengalami penurunan dikarenakan sifatnya yang getas (*brittle*).

4.1.2 Hasil Pengujian Impak ASTM D 6110

Pada Gambar 4.5 dan 4.6 adalah grafik hasil dari pengujian Impak komposit hibrid serat kenaf /jenis partikel (silika, bentonit, CaCO_3) /epoksi. Pengujian ini menghasilkan nilai ketahanan terhadap beban kejut dan energi serap. Berikut ini adalah grafik hasil pengujian Impak.



Gambar 4.5 Grafik hasil Uji impak dari komposit kenaf/epoksi/jenis partikel



Gambar 4.6 Grafik energi serap dari komposit kenaf /jenis partikel/epoksi



Gambar 4.7 Spesimen Hasil Pengujian Impak

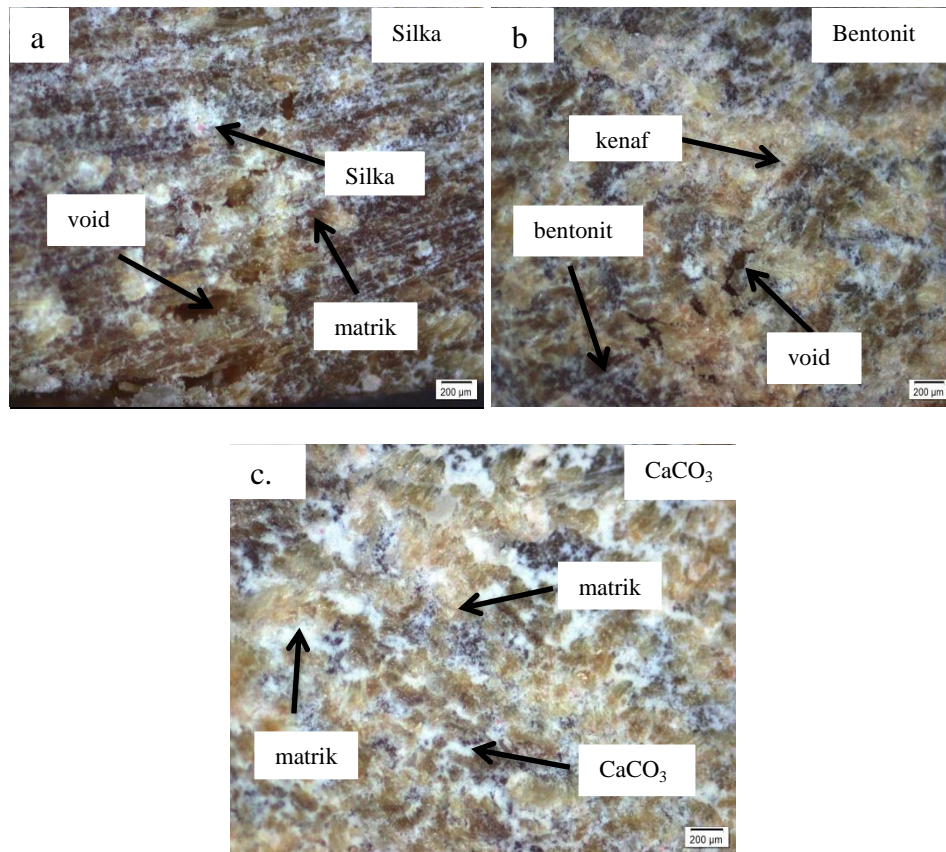
Gambar 4.5 dan 4.6 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan dari nilai ketangguhan impak dan energi serap terhadap komposit hibrid serat kenaf/epoksi dengan 2% jenis partikel (silika, bentonit, CaCO_3). Pada komposit hibrid kenaf/epoksi dengan 2% silika mendapatkan nilai tertinggi untuk ketangguhan impak dan energi serap yaitu sebesar $7,49 \text{ kJ/m}^2$ dan $0,32 \text{ J}$. Jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Mutalikdesai, dkk (2017) tentang pengaruh penambahan 0%, 2%, 4%, dan 6% *silica fume* terhadap komposit *flax fiber*/epoksi dengan fraksi volume komposit epoksi/ *flax fiber* yaitu 60 :40 (tanpa partikel), 58:40, 56:40, dan 54:40. Teknik pencampuran partikel *silica fume* dengan matriks epoksi adalah *hand lay-up*. Hasil dari penelitian tersebut mendapatkan kekuatan impak sebesar $9,55 \text{ kJ/m}^2$ untuk 6% penambahan *silica fume*. Hal ini disebabkan oleh penambahan lebih dari 2% partikel silika dengan *flax fiber* mampu meningkatkan kekuatan impak dan partikel silika yang tercampur dengan resin epoksi mampu membuat sifat komposit hibrid menjadi kuat.

Diikuti dengan komposit hibrid serat/epoksi/bentonit yang mendapatkan penurunan kekuatan impak dan energi serap yaitu sebesar $6,01 \text{ kJ/m}^2$ dan $0,25 \text{ J}$. jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Alvian, dkk (2016) melakukan penelitian tentang komposit hibrid epoksi dengan berpenguat bentonit termodifikasi.

surfaktan *cetyltrimethylammonium bromide* (CTAB) dengan variasi konsentrasi CTAB sebesar 0,05 M, 0,1 M, dan 0,15 M serta ditambahkan TiO_2 . Pengisi bentonit termodifikasi dengan komposisi sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat komposit dicampurkan dengan resin epoksi dan dicetak menggunakan metode *hand lay-up*. Hasil pada penelitian tersebut menghasilkan kekuatan impact tertinggi yaitu sebesar $12,5 \text{ kJ/m}^2$ pada penambahan 5% bentonit. Peningkatan kekuatan impact pada penelitian tersebut, karena komposit yang dibuat tidak menggunakan serat dan bentonit sudah dimodifikasi (CTAB), akan tetapi kemungkinan dengan penambahan partikel bentonit lebih dari 2% terhadap komposit serat kenaf/epoksi mampu meningkatkan sifat mekanis.

Kekuatan impact dan energi serap yang memiliki nilai terendah terdapat pada komposit hibrid kenaf/epoksi dengan 2% CaCO_3 yaitu sebesar $5,36 \text{ kJ/m}^2$ dan 0,22 J, yang disebabkan oleh penambahan partikel CaCO_3 dan serat kenaf yang terdistribusi tidak merata. Apabila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Mohaideen, dkk (2018) yaitu penambahan jenis partikel yang berbeda yaitu CaCO_3 , *titanium oxide* (TiO_2), dan *graphite powder* dengan persentase 0%, 2%, dan 4% terhadap komposit *Kevlar49 fiber/epoksi*. Hasil dari penelitian tersebut memiliki kekuatan impact yang juga mengalami menurun pada penambahan 2% CaCO_3 yaitu sebesar $28,9 \text{ kJ/m}^2$. Hal ini disebabkan oleh penggumpalan partikel CaCO_3 yang terjadi pada komposit/epoksi. Ketika diberikan beban kejut serat terlepas dengan matriks dan juga persebaran partikel yang tidak merata membuat komposit hibrid menjadi rapuh serta menimbulkan *crack* atau retak.

4.2 Analisis Hasil Foto Makro Spesimen dari pengujian *Bending* menggunakan Mikroskop Optik

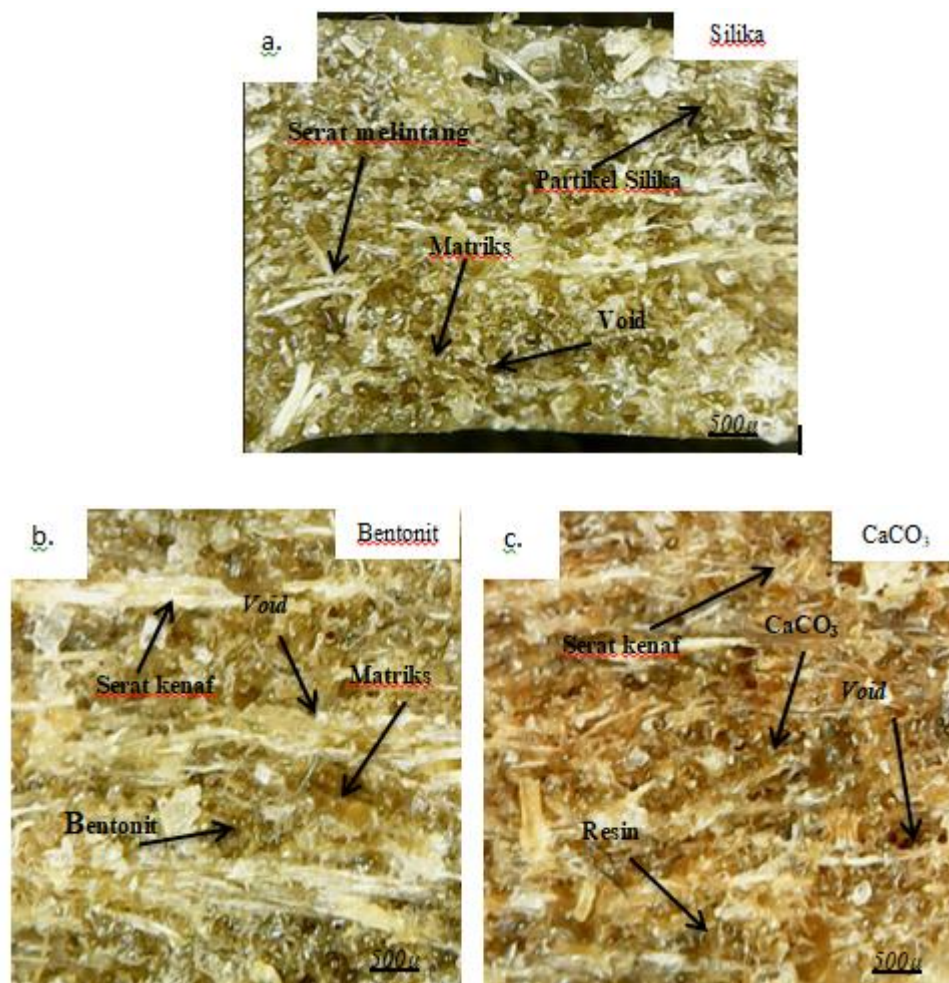


Gambar 4.8 Hasil Foto makro spesimen dari pengujian *bending* komposit/epoksi
a) Silika; b) Bentonit; c) CaCO_3

Dari gambar 4.8 menunjukkan hasil foto makro spesimen komposit kenaf /jenis partikel (silika, bentonit, CaCO_3) /epoksi. Jika diamati masih terdapat *crack* atau retak dari komposit kenaf/epoksi dengan penambahan partikel (silika, bentonit, CaCO_3). Hal ini disebabkan karena pada saat spesimen atau komposit diberikan beban serat dan matriks terputus dan tidak mampu terikat dengan kuat. Penambahan jenis partikel (silika, bentonit, CaCO_3) tidak tercampur merata dengan matriks epoksi, sehingga menyebabkan penggumpalan (*aglomelasi*) pada bagian komposit yang menciptakan suatu celah atau lubang (*void*) pada komposit hibrid.

4.3 Analisis Hasil Foto Makro Potongan spesimen dari pengujian Impak menggunakan Mikroskop Optik

Pada gambar 4.9 adalah hasil foto makro patahan dari pengujian impak komposit hibrid serat kenaf /jenis partikel (silika,bentonit,CaCO₃) /epoksi. Dapat diamati hasil dari foto yang menunjukkan serat,matriks dan jenis partikel. Berikut ini adalah hasil foto makro dengan menggunakan mikroskop optik :



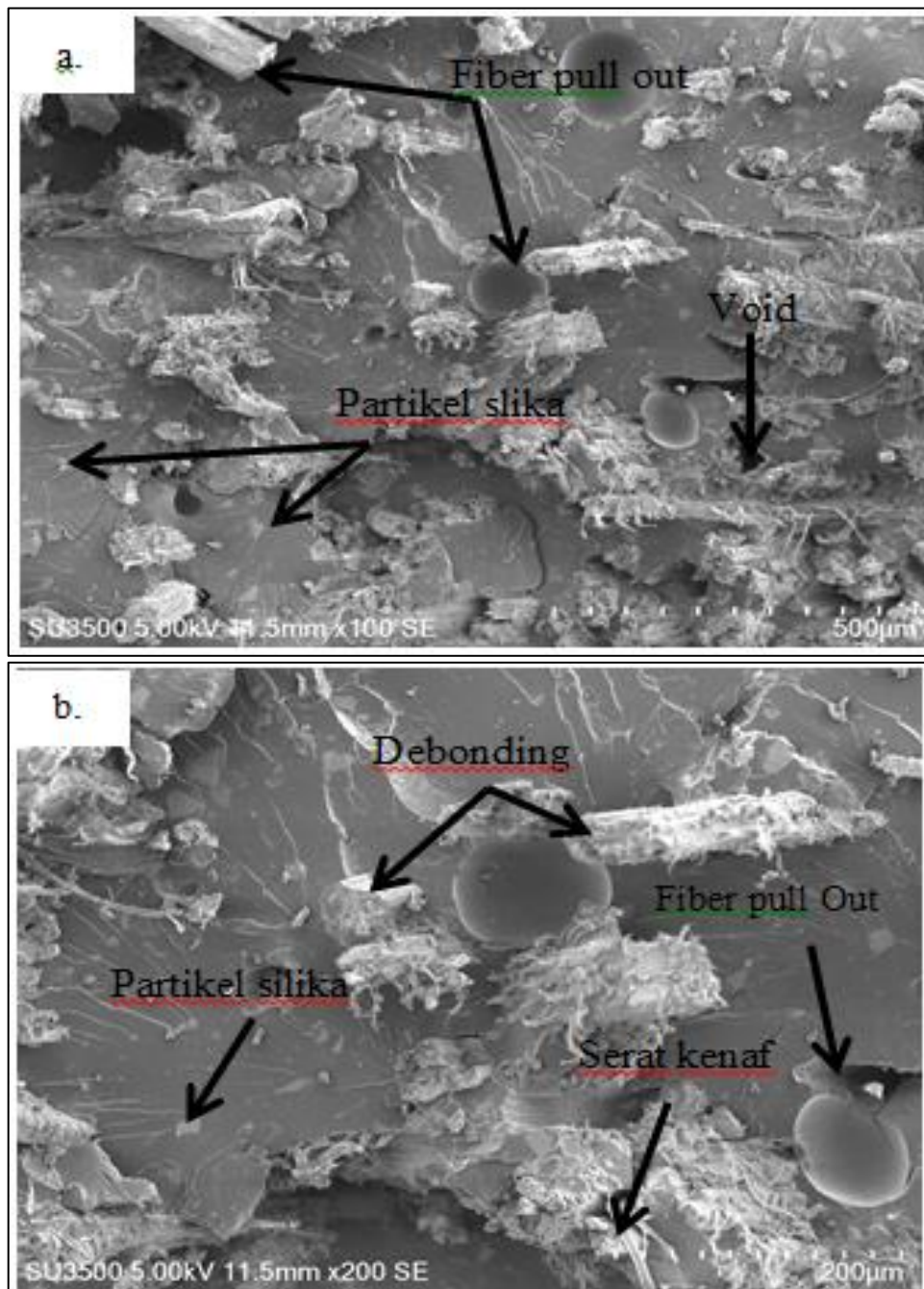
Gambar 4.9 Hasil foto patahan menggunakan mikroskop optik : a.) Silika ; b.) Bentonit; c.) CaCO₃

Gambar 4.9 merupakan analisis yang didapat dari ketiga gambar tersebut adalah persebaran serat dan partikel ada pada komposit. Pada gambar 4.9 a.), b.) dan c.) bisa diamati ada beberapa serat yang masih menggumpal dan menyatu dengan resin epoksi. Terdapat juga *void* yang diakibatkan penataan serat yang

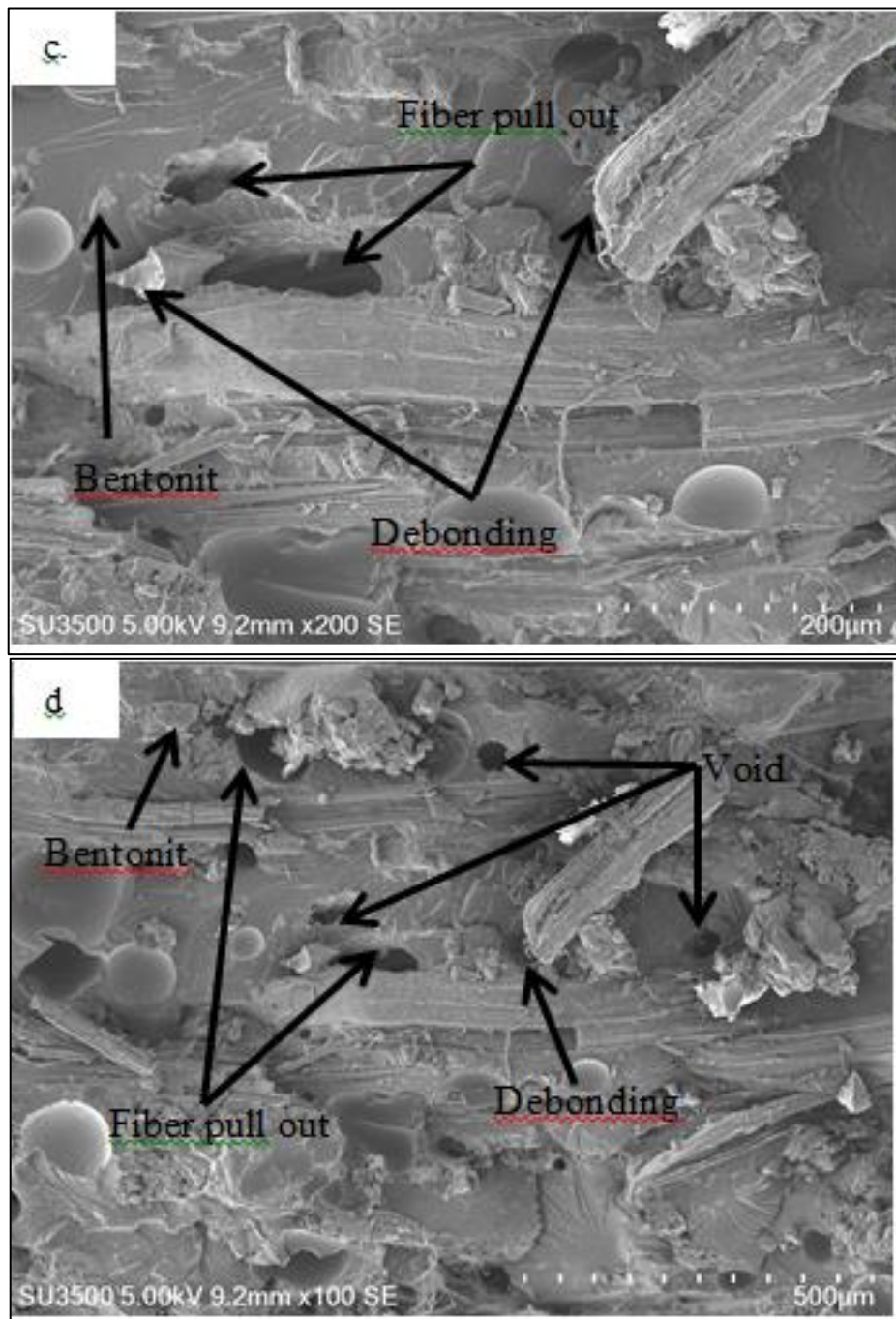
masih kurang rapi, dan penuangan resin yang bercampur partikel tidak merata atau bisa dibilang penyerapannya dengan serat tidak sempurna. Hal ini disebabkan metode *hand lay-up* dan penyusunan serat yang acak, penyeberan serat masih ada yang menyatu dengan serat yang lainnya tidak benar-benar memisah. Perbedaan yang dominan adalah warna dari spesimen yang berbeda sehingga untuk melihat partikel kita dapat membedakannya, akan tetapi pada analisa menggunakan mikroskop optik, belum bisa melihat dengan jelas bentuk dari partikel tersebut. Oleh karena itu, pengamatan akan dilanjutkan dengan menggunakan SEM.

4.4 Analisis Foto Mikro Patahan Hasil Pengujian Impak Komposit dengan Menggunakan SEM

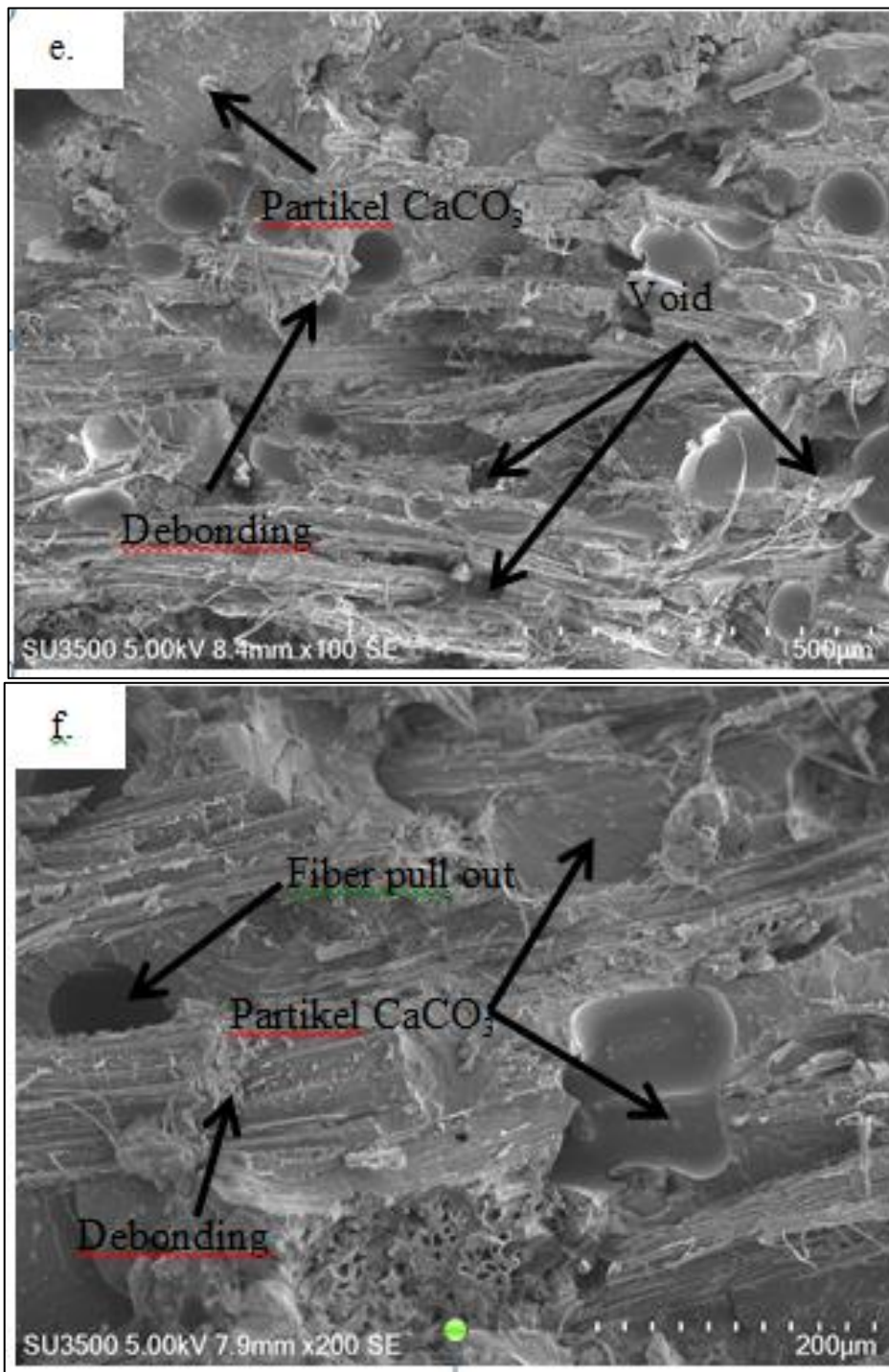
Gambar 4.10, 4.11, dan 4.12 adalah hasil analisis dari foto mikro patahan dari pengujian SEM yang menunjukkan adanya *fiber pull out*, *void*, dan *debonding*. Hal ini terjadi karena persebaran partikel yang tidak merata, lepasnya ikatan antar muka dan tidak menyatunya resin dengan partikel, sehingga pada saat diberi beban kejut serat yang menyatu dengan matriks akan mudah rapuh atau patah.



Gambar 4.10 Foto Hasil SEM dari komposit kenaf /partikel silika/epoksi perbesaran a.) 100x dan b.) 200x



Gambar 4.11 Foto Hasil SEM dari komposit kenaf/partikel bentonit/epoksi perbesaran c.) 100x dan d.) 200x



Gambar 4.12 Foto Hasil SEM dari komposit kenaf /partikel CaCO₃/epoksi perbesaran e.) 100x dan f.) 200x

Pada Gambar 4.10 Hasil SEM dari struktur patahan dari spesimen uji impact menunjukkan bahwa penuangan matriks yang bercampur partikel silika yang tidak merata atau tidak meresap dengan benar menyebabkan lepasnya ikatan antara partikel dengan matriks sehingga mengalami *debonding*. Kemudian terdapat *void* yang terjadi akibat udara yang terjebak didalam pada saat fabrikasi komposit. Hampir disetiap gambar hasil pengujian SEM diatas ditemukan *fiber pull out*, yang terjadi karena tidak menyatunya resin dengan partikel, sehingga pada saat pengujian impact diberi pembebanan serat dengan matriks akan mudah rapuh atau patah.

Menurut Purwanto dkk, (2014) kekuatan mekanis dapat meningkat apabila persebaran partikel merata dan dapat terikat dengan baik oleh matriks, semakin tinggi fraksi volume partikel akan mempengaruhi kualitas ketangguhan dari komposit. Dan matriks yang semakin sedikit menyebabkan munculnya *filler* yang menggumpal akibat persebaran partikel yang tidak merata.

Dari citra SEM Gambar 4.11 menunjukkan bahwa serat berpenguat partikel bentonit untuk persebaran partikelnya sudah merata, akan tetapi masih ada *fiber pull out* yang mendominasi, terjadi akibat pembebanan pada komposit, sehingga ikatan serat dengan matriks tidak kuat. Dapat dilihat juga dari beberapa gambar terdapat *void* dan *debonding*. *Void* terjadi karena penuangan atau pada saat metode *hand lay-up* masih ada gelembung pada campuran matriks dan partikel yang menyebabkan terjebaknya udara dan campuran matriks dengan partikel yang tidak meresap dengan sempurna. Sedangkan *debonding* terjadi karena persebaran serat yang tidak merata yang mengakibatkan lepasnya ikatan dengan partikel bentonit dan 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.

Menurut Alvian dkk, (2016) penambahan partikel mampu memperkuat sifat mekanis suatu komposit. Penambahan partikel dengan persentase 5% bentonit terhadap matriks mampu meningkatkan kekuatan impact dan mengurangi *void* yang terdapat didalam komposit, dengan persebaran partikel bentonit yang merata

dengan resin epoksi sebelum melakukan fabrikasi, agar mendapatkan hasil komposit yang lebih baik.

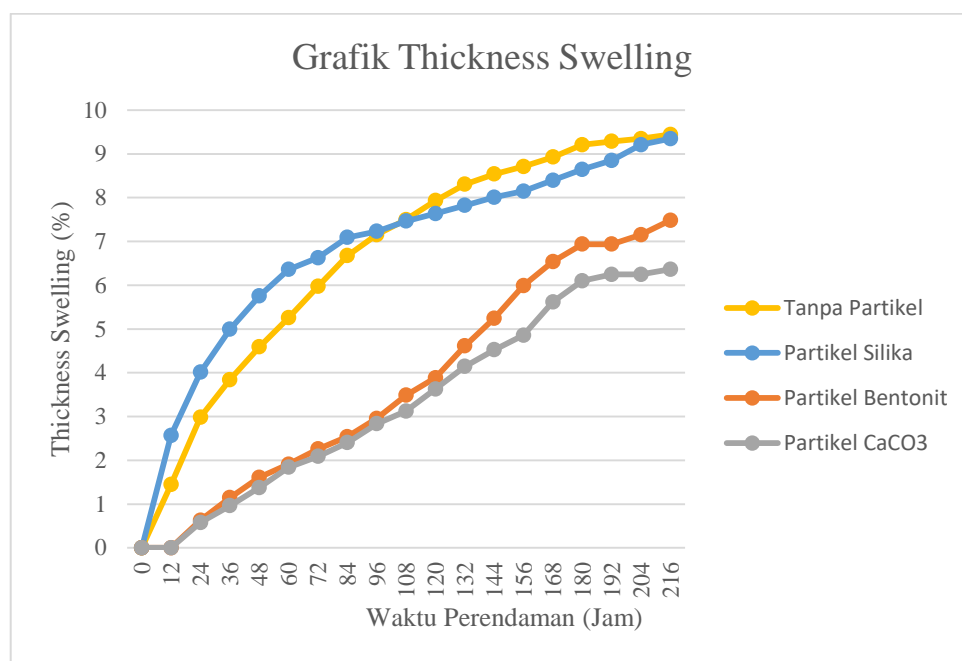
Dari citra SEM Gambar 4.12 menunjukkan struktur patahan komposit serat kenaf /CaCO₃/epoksi, setelah diberi pembebanan. Dapat dilihat dari beberapa gambar putus atau patahnya ikatan antar serat dengan matriks (*debonding*), karena persebaran serat yang acak dan metode penuangan matriks tidak merata. Adanya adhesi yang menyebabkan serat kenaf dengan matriks mengalami kerapuhan pada saat pembebanan impak dilakukan. Terdapat juga *void* yang disebabkan oleh metode penuangan yang dilakukan terburu-buru, sehingga matriks tidak terserap dengan sempurna. Kemudian pada saat pencampuran resin epoksi dengan partikel CaCO₃ muncul gelembung, sehingga pada saat fabrikasi gelembung terjebak lalu menghasilkan lubang-lubang pada komposit.

Menurut Aziz dan Mohamed (2016) penambahan partikel CaCO₃ mempengaruhi kualitas komposit. Begitu juga dengan persebarannya terhadap matriks, agar tidak terjadi aglomerasi CaCO₃ dengan matriks yang menyebabkan menurunnya kekuatan komposit pada saat pengujian mekanis. Persentase partikel sebagai penguat didalam komposit juga berpengaruh dalam hasil mikroskopik. Semakin banyak partikel yang ditambahkan untuk campuran matriks, maka sifat mekanis suatu komposit akan melemah.

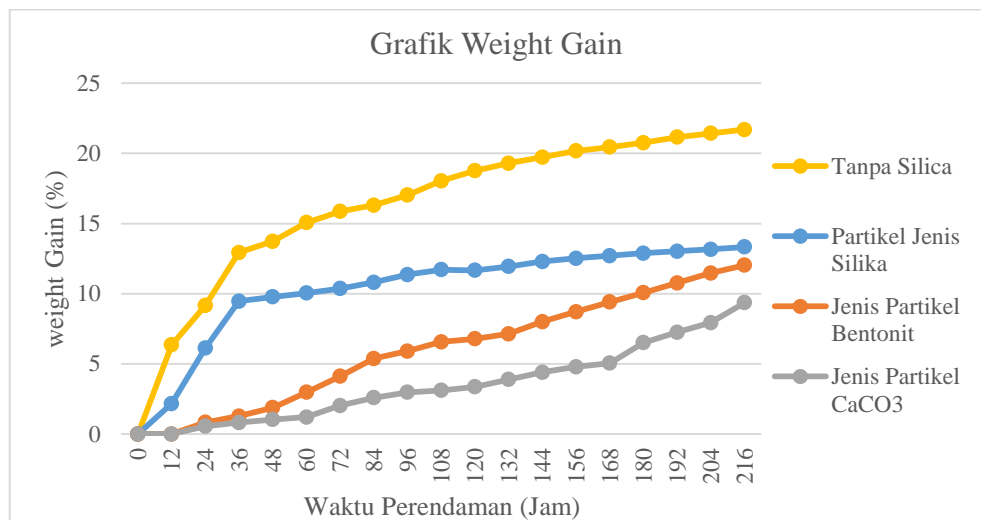
4.5 Pengujian Fisis

4.5.1 Pengujian Daya Serap Air (*Water Absorption*) ASTM D570

Pada Gambar 4.5 dan 4.6 adalah hasil dari grafik pengujian daya serap air (*water absorption*) terhadap komposit serat kenaf /jenis partikel (silika, bentonit, CaCO_3) selama 216 jam. Pengujian ini menghasilkan pertambahan tebal (*Thickness Swelling*) dan pertambahan berat (*Weight Gain*). Berikut ini adalah grafik dari hasil pengujian daya serap air.



Gambar 4.13 Pertamabahan tebal akibat serapan air pada komposit hibrid



Gambar 4.14 Pertambahan berat akibat serapan air pada komposit hibrid

Dari gambar 4.13 dan 4.14 grafik perbandingan pertambahan tebal (*thickness swelling*) dan pertambahan berat (*weight gain*) dapat dilihat hasil yang menunjukkan daya serap air yang paling tinggi dari variasi penambahan jenis partikel (silika, bentonit, CaCO₃) adalah pada penambahan partikel silika, nilai yang didapatkan untuk pertambahan tebal (*Thickness Swelling*) dan pertambahan berat (*weight gain*) pada komposit hibrid serat kenaf /silika/epoksi yaitu 9,34% dan 13,33%. Artinya pada penambahan partikel silika mampu menyerap air hingga nilai maksimum. Hal ini disebabkan oleh banyaknya *void* dan pada saat perendaman per 12 jam komposit/silika/epoksi tidak mampu menahan serapan air secara maksimum. Sedangkan pada variasi penambahan partikel CaCO₃ mendapatkan nilai terendah pada pertambahan tebal (*Thickness Swelling*) dan pertambahan berat (*weight gain*) yaitu sebesar 6,36% dan 9,36%. Hal ini disebabkan oleh partikel CaCO₃ yang mampu menutupi ruang yang kosong atau celah pada komposit, sehingga mampu menahan serapan air dengan baik.

Perbedaan dari hasil tersebut dapat terjadi karena sifat serat kenaf yang cenderung *hidrofobik* yang menyebabkan daya serap air secara signifikan meningkat. Kemudian pada teknik pengadukan yang terjadi pada saat pencampuran matriks dengan jenis partikel munculnya gelembung, sehingga pada saat penuangan (*Hand lay-up*) ke cetakan gelembung tersebut terjebak dan menghasilkan *void*. Ada beberapa kemungkinan kesalahan pada saat pengambilan data yaitu saat pengukuran spesimen dengan mikrometer untuk pengujian pertambahan tebal (*Thickness Swelling*) terjadi kesalahan pada pembacaan yang dilakukan dengan menggunakan mikrometer.