



Pengaruh Komposisi *Hibrid Precipitated Kalsium Karbonate* Dengan *Carboxyl Terminated Butadiene Acrylonitrile* Terhadap Kekuatan Tarik Komposit *Epoxy*

Effect of Hybrid Composition of Precipitated Calcium Carbonate with Carboxyl Terminated Butadiene Acrylonitrile on the Tensile Strength of Epoxy Composites

Sugiman, Julian Prayuda, Paryanto Dwi Setyawan*

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Jln. Majapahit No. 62 Mataram Nusa Tenggara Barat Kode Pos: 83125, Telp. (0370) 636087; 636126; ext 128 Fax (0370) 636087
Email:

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:
Received
Accepted
Available online

Keywords:
Epoxy
Filler
CaCO₃
Carboxyl Terminated Butadiene acrylonitrile
Tensile Strength

Composites are an alternative to produce materials with better mechanical properties than other materials. Epoxy thermosets belong to a group of polymers that can be used as adhesive coating materials, and as a matrix (binder) in composite materials. To increase the epoxy's elastic modulus properties, fillers need to be added. The purpose of this study was to determine the effect of volume fraction on the tensile properties of epoxy by using Carboxyl Terminated Butadiene Nitrile (CTBN) and CaCO₃ as fillers. The materials for this research were CTBN and CaCO₃ fillers with epoxy resin and epoxy hardener matrices. The heavy fraction of filler used was CTBN (0%, 5% and 10%) while the heavy fraction of CaCO₃ (0%, 2.5% and 5%) was in the composite. The test carried out is a tensile test referring to ASTM D638. Parameters measured were tensile strength, tensile strain, elastic modulus, and tensile toughness. The results showed that the lowest tensile strength value was for the heavy fractions of 5% CTBN and 5% CaCO₃ of 37.65 MPa, and the highest tensile strength value for the heavy fractions of CTBN and 0% CaCO₃ was 47.77MPa. The lowest tensile strain value



was for the heavy fraction of 0% CTBN with 0% and 2.5% CaCO₃ of 0.060 and the highest tensile strain value for the heavy fraction of 10% CTBN and CaCO₃2.5% was 0.090. The lowest elastic modulus value was in the heavy fraction of 5% CTBN with 5% CaCO₃ of 1536 MPa, and the highest elastic modulus value was in the heavy fraction of 0% CTBN with 5% CaCO₃ of 2319 MPa. The highest tensile toughness value was found in the composite with a weight fraction of 0% CTBN with 0% CaCO₃ particles with a value of 0.362 Mpa and the lowest toughness in the composite with a heavy fraction of 5% CTBN with 5% CaCO₃ with a value of 0.209 MPa.

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat mendorong banyaknya penemuan beberapa teknologi alternatif sebagai cara dalam memenuhi kebutuhan masyarakat. Khususnya pada bahan material, bahan material yang dibutuhkan adalah bahan material yang berkualitas dan memiliki sifat mekanik yang tinggi. Komposit adalah salah satu alternatif untuk menghasilkan material yang dari sifat mekaniknya lebih baik dari material lainnya.

Resin epoxy merupakan salah satu material *thermoset* yang dibentuk melalui reaksi kimia *non-reversible* dimana campuran mudah dan cepat mengeras pada temperatur 5°C sampai 150°C. *Resin epoxy* memiliki beberapa kelebihan diantaranya adalah tahan aus, tahan unsur kimia, penyusutan rendah, tahan terhadap *fatigue* dan *creep*, kemampuan *adhensi* baik sekali dan mudah dibentuk. Kekurangan pada *resin epoxy* antara lain bersifat getas, sensitif terhadap takik (*notch*), kekuatan rendah, keterbatasan temperatur operasi ($\approx 200^\circ\text{C}$), mudah menyerap uap air, koefisien ekspansi *thermal* tinggi. Aplikasi *resin epoxy* digunakan secara luas pada bidang transportasi, bidang olahraga, bidang kedokteran dan peralatan umum (Suyoko dkk, 2014).

Penelitian sebelumnya tentang komposit *hybrid* dengan *epoxy-filler* telah dilakukan beberapa peneliti seperti dilaporkan berikut. Simesi dkk (2018) meneliti tentang sifat tarik komposit hibrida *epoxy/kalsium karbonat* (CaCO₃)/serat salak. Untuk ini, berbagai variasi CaCO₃ yaitu 0, 2.5, 5, 7.5, 10, and 15 vol% ditambahkan ke dalam matriks *epoxy*. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa *epoxy* dengan 4 vol% CaCO₃ mempunyai kekuatan tarik terbaik.

Carboxyl Terminated Butadiene Nitrile (CTBN) merupakan karet cair sintesis. Di bidang polimer dan komposit, pemakaian karet telah banyak digunakan untuk memodifikasi polimer lain terutama polimer *thermoset* (*epoxy, polyester*) yang biasanya bersifat getas karena adanya ikatan silang yang menekan sifat plastisnya. Sifat getas ini untuk pemakaian bahan teknik, baik dalam bidang polimer maupun matriks suatu komposit tidak menguntungkan karena bahan getas mudah mengalami keretakan dan patah lebih awal akibat beban statis maupun beban dinamis. Atau jika ada retak, retak ini mudah merambat dengan perambatan tidak stabil yang dapat mengakibatkan kegagalan yang fatal. Pada penelitian yang dilakukan oleh Bian (2019), didapatkan hasil penelitian bahwa penambahan CTBN menurunkan densitas ikatan silang resin epoksi, suhu transisi gelas (T_g) komposit menurun, dan stabilitas termal menurun. Namun, ketika kandungan CTBN rendah (5-15 wt.%), penurunan kinerja termal berada dalam kisaran yang dapat diterima.

Dari kedua hal tersebut pada paragraf diatas akan menjadi dasar untuk mencoba membuat material rekayasa dengan pengkombinasian antara *epoxy resin* dengan karet cair (CTBN) dan CaCO₃ sebagai *filler*, dan dari pengkombinasian tersebut akan dapat meningkatkan kekuatan, kekakuan dan ketangguhan *epoxy* secara simultan.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan di Penelitian ini adalah metode eksperimen yang dilakukan di Ruang Lab. Material Teknik Mesin, Lantai 1 Gedung B, Fakultas Teknik, Universitas Mataram.

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut:

- Cutter*, yang digunakan sebagai alat potong.
- Jangka sorong, dengan ketelitian 0,01 mm untuk mengukur dimensi spesimen uji.
- Gelas plastik yang digunakan untuk wadah pencampuran adonan.
- Sendok dan hand blender untuk mengaduk campuran adonan agar partikel CaCO₃ dan CTBN lebih cepat tercampur dan homogen dengan *epoxy*
- Toples kaca digunakan untuk wadah pemacuman adonan

- f. Alat vacuum digunakan untuk menghilangkan *void* yang ada pada campuran adonan *epoxy*, partikel CaCO_3 dan CTBN sebelum dituang ke cetakan
 - g. Alat uji tarik dengan kapasitas 50 kg digunakan untuk menguji *specimen*
 - h. Timbangan digital dengan ketelitian 0,01g digunakan untuk menimbang berat bahan *epoxy resin*, *epoxy hardener*, CTBN dan CaCO_3 sebelum proses pembuatan *specimen*
 - i. Timbangan analitik dengan ketelitian 0,0001g digunakan untuk menimbang berat *specimen*.
 - j. Alat ukur tebal dengan ketelitian 0,001mm digunakan untuk mengukur tebal *specimen*.
 - k. Oven untuk melakukan proses curing dengan suhu 60°C dalam waktu 2 jam
- Sedangkan untuk bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:
- a. Filler yang digunakan pada penelitian ini adalah *Carboxyl Terminated Butadiene Nitrile* (CTBN)
 - b. *Filler* (partikel pengisi) yang digunakan pada penelitian ini adalah partikel CaCO_3
 - c. *Epoxy resin* (*Bisphenol A-epichlorohydrin*) dan *Epoxy Hardener polyaminoamide*

2.2 Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel dependen yang akan diteliti dan diukur selama penelitian. Pada penelitian ini yang menjadi variabel terikat yaitu: kekuatan tarik, modulus elastisitas, reganggang saat patah dan ketangguhan tarik.

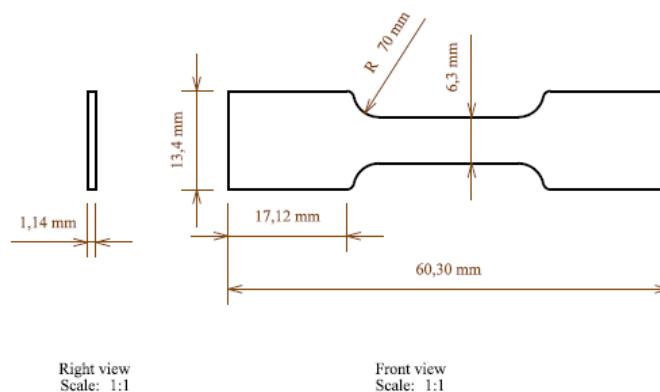
2.3 Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel independen yang akan mempengaruhi variabel dependen atau terikat. Pada penelitian ini yang menjadi variabel bebas yaitu: persentase (%berat) partikel CaCO_3 dan persentase (%berat) CTBN.

2.4 Pembuatan spesimen uji tarik

Hal pertama yang pertama dilakukan dalam pembuatan spesimen ini adalah menyiapkan alat dan bahan seperti *filler*, alat vakum, timbangan, mixer, gelas plastik, sendok, tisu, *epoxy resin* dan *epoxy hardener* serta mempersiapkan cetakan. Selanjutnya melakukan pencampuran kalsium karbonat (CaCO_3) (dalam fraksi berat) dan dilarutkan menggunakan aseton, kemudian ditambahkan *epoxy resin* lalu diblender selama ± 60 menit dan mencampur *Carboxyl Terminated Butadiene Nitrile* (CTBN) (dalam fraksi berat). Setelah itu tahap selanjutnya mencampurkan partikel CaCO_3 yang sudah dicampuri *epoxy resin* dengan CTBN, kemudian diblender selama ± 15 menit sampai tercampur secara homogen. Selanjutnya proses vakum selama ± 30 menit untuk mengangkat gelembung udara yang terjebak dalam campuran tersebut. Tahap selanjutnya ditambahkan *epoxy hardener*, kemudian diaduk menggunakan sendok sampai homogen. Setelah *epoxy hardener* dicampur, kemudian dilakukan proses pemvakuman lagi dengan durasi selama ± 20 sampai 35 menit agar gelembung udara yang terjebak benar-benar hilang, Setelah proses pemvakuman selesai, barulah adonan dituangkan ke dalam cetakan dan dibiarkan sampai kering atau didiamkan selama sehari. Tahap diatas dilakukan secara berturut-turut dengan filler CaCO_3 0, 2,5 dan 5 (%berat), CTBN 0, 5, dan 10(%berat) dengan rasio *epoxy resin* dan *hardener* adalah 60 : 40

Setelah itu barulah spesimen uji bisa dilepas dari cetakan dan didiamkan selama 3 hari di suhu ruang agar *specimen* menjadi keras, kemudian ke proses selanjutnya yaitu proses *finishing*. Proses *finishing* ini sangat perlu dilakukan agar *specimen* yang dibuat sesuai dengan standar ASTM D638-14 pada gambar 1 yang dipakai pada masing-masing pengujian. Proses *finishing* yang dilakukan pengamplasan agar ukuran *specimen* sesuai standar yang digunakan seperti yang di tunjukkan pada Gambar 1



Gambar 1 Spesimen Uji Tarik ASTM D638

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

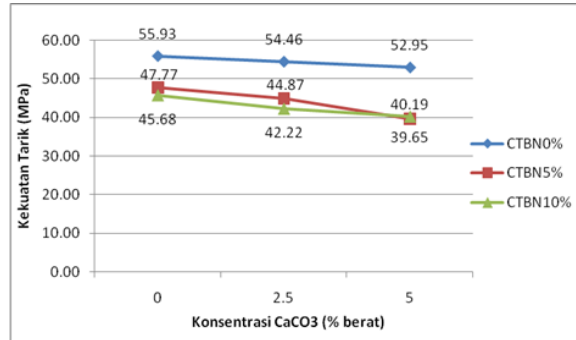
3.1. Analisa Kekuatan Tarik

Uji tarik dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh hybrid partikel CaCO_3 (CC) dengan *Carboxyl Terminated Butadiene Nitrile* (CTBN) terhadap kekuatan tarik komposit epoxy setelah dilakukan perendaman. Konsentrasi partikel CTBN adalah 0, 5 dan 10 (% berat) dan CaCO_3 0, 2.5 dan 5 (% berat) terhadap resin epoxy. Dari hasil pengujian tarik diperoleh nilai rata-rata kekuatan tarik, regangan tarik, modulus elastisitas dan nilai ketangguhan tarik. nilai ini dapat dilihat pada table 1 di bawah ini.

Tabel 1 Data hasil pengujian tarik komposit CTBN dengan CaCO_3

| Kode | Kadar material penyusunan dalam komposit (% berat) | | | Kekuatan Tarik (MPa) | Regangan saat patah (ϵ) | Modulus Elastisitas (E) (MPa) | Ketangguhan Tarik Ut (MPa) |
|--------------------------------------|--|------|-----------------|----------------------|------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| | Epoxy | CTBN | CaCO_3 | | | | |
| CTBN ₀ CC ₀ | 100 | 0 | 0 | 58,36 | 0,058 | 2189 | 0,425 |
| | | | | 54,95 | 0,061 | 2159 | 0,330 |
| | | | | 54,47 | 0,061 | 2159 | 0,331 |
| Rata-rata | | | | 55,93 | 0,060 | 2169 | 0,362 |
| CTBN ₀ CC _{2,5} | 97,5 | 0 | 2,5 | 53,95 | 0,058 | 2177 | 0,425 |
| | | | | 54,95 | 0,061 | 2170 | 0,321 |
| | | | | 54,47 | 0,06 | 2164 | 0,319 |
| Rata-rata | | | | 54,46 | 0,060 | 2170 | 0,355 |
| CTBN ₀ CC ₅ | 95 | 0 | 5 | 52,86 | 0,064 | 2464 | 0,174 |
| | | | | 52,55 | 0,084 | 2179 | 0,294 |
| | | | | 53,45 | 0,061 | 2313 | 0,342 |
| Rata-rata | | | | 52,95 | 0,070 | 2319 | 0,270 |
| CTBN ₅ CC ₀ | 95 | 5 | 0 | 47,62 | 0,081 | 1915 | 0,294 |
| | | | | 47,15 | 0,075 | 1837 | 0,309 |
| | | | | 48,54 | 0,084 | 1929 | 0,336 |
| Rata-rata | | | | 47,77 | 0,080 | 1894 | 0,313 |
| CTBN ₅ CC _{2,5} | 92,5 | 5 | 2,5 | 44,81 | 0,080 | 1920 | 0,285 |
| | | | | 43,86 | 0,075 | 1845 | 0,295 |
| | | | | 45,94 | 0,084 | 1986 | 0,248 |
| Rata-rata | | | | 44,87 | 0,0797 | 1917 | 0,276 |
| CTBN ₅ CC ₅ | 90 | 5 | 5 | 37,64 | 0,071 | 1491 | 0,158 |
| | | | | 42,15 | 0,065 | 1585 | 0,278 |
| | | | | 39,15 | 0,048 | 1533 | 0,192 |
| Rata-rata | | | | 39,65 | 0,061 | 1536 | 0,209 |
| CTBN ₁₀ CC ₀ | 90 | 10 | 0 | 46,40 | 0,084 | 1885 | 0,236 |
| | | | | 46,61 | 0,080 | 1770 | 0,368 |
| | | | | 44,03 | 0,046 | 1977 | 0,144 |
| Rata-rata | | | | 45,68 | 0,070 | 1877 | 0,249 |
| CTBN ₁₀ CC _{2,5} | 87,5 | 10 | 2,5 | 42,28 | 0,090 | 1731 | 0,253 |
| | | | | 41,19 | 0,087 | 1939 | 0,240 |
| | | | | 43,2 | 0,092 | 1722 | 0,240 |
| Rata-rata | | | | 42,22 | 0,090 | 1797 | 0,245 |
| CTBN ₁₀ CC ₅ | 85 | 10 | 5 | 39,53 | 0,065 | 1771 | 0,242 |
| | | | | 38,06 | 0,055 | 1820 | 0,256 |
| | | | | 42,99 | 0,060 | 2074 | 0,256 |
| Rata-rata | | | | 40,19 | 0,060 | 1888 | 0,252 |

Dari tabel 1 di atas diperoleh grafik hubungan kekuatan tarik rata-rata pada epoxy dengan variasi fraksi berat filler (partikel CTBN dengan CaCO_3) seperti yang ditunjukkan pada gambar 2 di bawah ini.

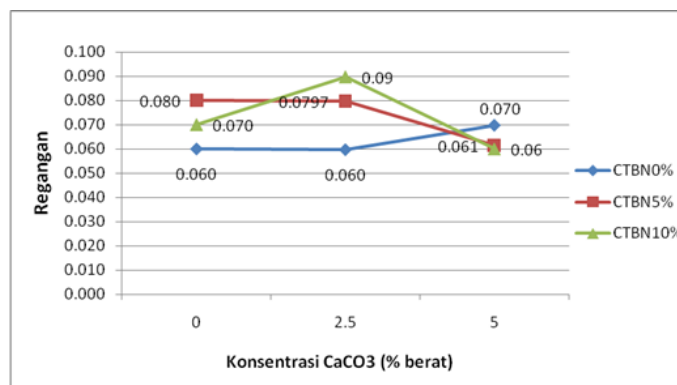


Gambar 2 Grafik hubungan kekuatan tarik rata-rata dengan variasi fraksi berat *filler* (Partikel CTBN dan CaCO₃).

Gambar 2 di atas, menunjukkan perbandingan nilai kekuatan tarik rata-rata pada *epoxy* dengan variasi fraksi berat *filler*. Dari gambar grafik di atas, menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik tertinggi cenderung menurun dengan bertambahnya kandungan CaCO₃. Kekuatan tarik tertinggi terjadi pada konfigurasi *epoxy* 100% (CTBN₀CC₀) atau kandungan CTBN 0% dan kandungan CaCO₃ 0% dengan nilai kekuatan tarik sebesar 55,93 MPa. Penambahan CTBN menurun lebih jauh kekuatan tarik *epoxy* karena CTBN bersifat lunak. Penurunan kekuatan tarik karena penambahan CTBN lebih besar dibandingkan penambahan CaCO₃. Penambahan CaCO₃ 5% menurunkan kekuatan tarik sekitar 5%, sedangkan penambahan CTBN 5% saja menurunkan kekuatan tarik 14,6%. Nilai kekuatan tarik terendah terjadi pada konfigurasi *epoxy* 90% (CTBN₅CC₅) atau kandungan CTBN 5% dan kandungan CaCO₃ 5% dengan nilai kekuatan tarik sebesar 39,65 MPa. Penurunan nilai kekuatan tarik ini dipengaruhi oleh penambahan partikel CTBN maupun partikel CaCO₃. Hasil ini berbanding lurus dengan penelitian yang dilakukan oleh Erwinsyah (2021), dalam penelitiannya, ia melakukan pengujian kekuatan tarik *epoxy* terhadap pencampuran partikel karet dengan CaCO₃, dan hasil penelitiannya menunjukkan bahwa adanya penambahan partikel CaCO₃ menyebabkan sedikit penurunan kekuatan tarik namun tidak terlalu signifikan. Selain itu penelitian ini juga berbanding lurus dengan penelitian yang dilakukan oleh Angga (2021), dalam penelitiannya, ia melakukan pengujian kekuatan tarik *epoxy* terhadap pencampuran arang dengan CTBN. Dari hasil pengujian yang dilakukan, kekuatan tarik komposit menurun seiring dengan bertambahnya fraksi berat CTBN dan fraksi berat partikel arang.

3.2. Analisa Regangan Tarik Saat Patah

Pada pengujian tarik ini dilakukan pencampuran antara partikel *Carboxyl Terminated Butadiene Nitrile* (CTBN) dengan kandungan 0%, 5% dan 10% dengan CaCO₃ dengan tiga variasi yaitu 0%, 2,5% dan 5%. Nilai regangan rata-rata dapat dilihat pada tabel 1 di atas. Berdasarkan tabel 1 di atas didapatkan grafik hubungan regangan saat patah variasi fraksi berat *filler* (partikel CTBN dengan CaCO₃) seperti yang ditunjukkan pada gambar 3 di bawah ini.

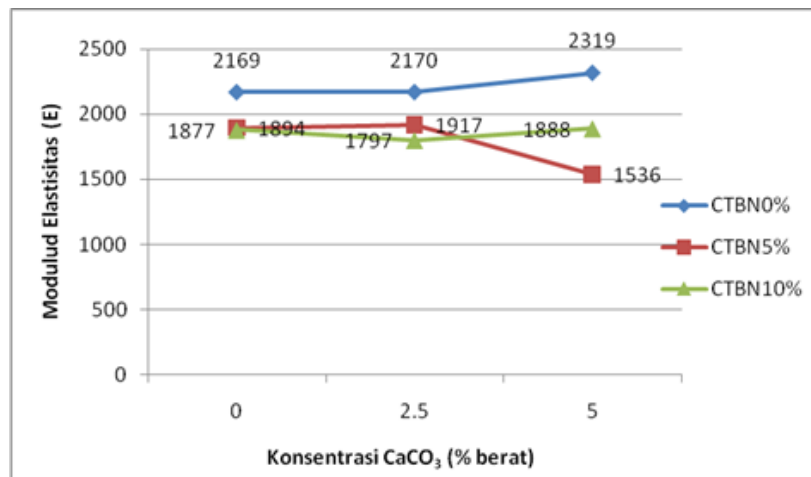


Gambar 3 Grafik hubungan regangan tarik dengan variasi fraksi berat *filler* (Partikel CTBN dan CaCO₃).

Berdasarkan gambar 3 di atas, dapat dilihat bahwa penambahan partikel CTBN dan partikel CaCO_3 mempengaruhi regangan tarik. Tanpa CTBN, penambahan CaCO_3 sampai 5% tidak memberikan perubahan regangan saat patah secara signifikan. Penambahan CTBN cenderung meningkatkan regangan saat patah sekitar 15% pada konsentrasi CTBN 10% karena CTBN yang merupakan karet mengurangi kekakuan epoxy dan meningkatkan kemampuan deformasi epoxy. Namun demikian hybrid CaCO_3 5% dan CTBN (5 dan 10%) tidak memberikan perubahan regangan saat patah dibanding tanpa CTBN pada kandungan CaCO_3 5%. Nilai regangan tarik tertinggi terjadi pada konfigurasi epoxy 87,5% (CTBN₁₀CC_{2,5}) atau kandungan partikel CTBN 10% dan kandungan partikel CaCO_3 2,5% dengan nilai regangan tarik saat patah sebesar 0,09. Sedangkan nilai regangan tarik terkecil terjadi pada komposisi epoxy 100% dengan nilai regangan tarik sebesar 0,06. Perubahan nilai regangan ini dipengaruhi oleh nilai pertambahan panjang (ΔL). Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Abanat *et. al.* (2012) bahwa, semakin besar nilai pertambahan panjang (ΔL) maka regangan tarik akan bertambah besar. Selain itu, nilai regangan tarik ini berpengaruh pada nilai modulus elastisitas tarik, semakin rendah nilai modulus elastisitas maka nilai regangan tarik semakin meningkat dan sebaliknya semakin meningkat nilai modulus elastisitas maka nilai regangan tariknya pun menurun. Hal ini dapat dilihat pada table 1 pada nilai rata-rata regangan tarik.

3.3. Analisa modulus elastisitas tarik

Dari data Tabel 1 diperoleh grafik hubungan modulus elastisitas rata-rata pada epoxy dengan variasi fraksi berat filler CaCO_3 dengan presentase 0%, 2,5% dan % seperti pada gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4.3 Grafik hubungan Modulus Elastisitas dengan variasi fraksi berat filler (Partikel CTBN dan CaCO_3).

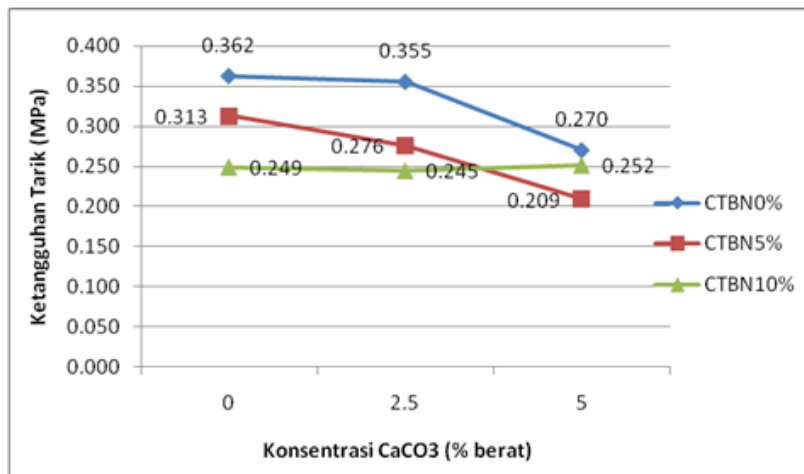
Dari gambar 4 terlihat bahwa secara umum penambahan partikel CaCO_3 (tanpa CTBN) sampai 5% meningkatkan modulus elastis epoxy. Seiring bertambahnya partikel CTBN dan partikel CaCO_3 menyebabkan penurunan nilai modulus elastisitas. Hal ini terjadi karena CTBN merupakan karet yang lunak sehingga mengurangi kekakuan epoxy. Pengaruh CTBN lebih kuat dibanding pengaruh penambahan CaCO_3 . Dapat dilihat pada gambar 4 di atas, nilai modulus elastisitas tertinggi terjadi pada konfigurasi epoxy 95% (CTBN₀CC₅) atau kandungan partikel CTBN 0% dan kandungan partikel CaCO_3 5% dengan nilai sebesar 2319 MPa. Sedangkan nilai modulus elastisitas terendah terjadi pada konfigurasi epoxy 90% (CTBN₅CC₅) atau dengan kandungan partikel CTBN 5% dan kandungan partikel CaCO_3 5% dengan nilai modulus elastisitas sebesar 1536 MPa. Nilai modulus elastisitas ini dipengaruhi oleh nilai regangan tarik, semakin tinggi nilai regangan tarik maka semakin rendah nilai modulus elastisitasnya. Namun sebaliknya, semakin rendah nilai regangan tarik, maka semakin tinggi nilai modulus elastisitasnya. Artinya, nilai modulus elastisitas ini mempengaruhi sifat kekakuan dari suatu material. Semakin tinggi nilai modulus elastisitas suatu material maka sifat kekakuan dari material tersebut semakin tinggi. Hal ini sama dengan yang dikatakan oleh Haygreen (2003) bahwa semakin tinggi nilai modulus elastisitas bahan, maka semakin sedikit perubahan bentuk yang terjadi apabila diberi gaya. Karena itu semakin besar nilai modulus elastisitas maka semakin kecil nilai regangan elastisitas yang terjadi atau sifatnya semakin kaku.

3.4. Analisa Ketangguhan Tarik

Pada pengujian tarik ini dilakukan pencampuran antara partikel *Carboxyl Terminated Butadiene Nitrile* (CTBN) dengan kandungan 0%, 5% dan 10% dengan CaCO_3 dengan tiga variasi yaitu 0%, 2,5% dan 5%. Nilai rata-rata ketangguhan tarik adalah hasil integrasi dari kurva tegangan-

regangan uji tarik sampai specimen patah. Nilai rata-rata ketangguhan tarik dapat dilihat pada tabel 1 di atas.

Berdasarkan tabel di atas, didapatkan grafik hubungan ketangguhan tarik dengan variasi fraksi berat *filler* (Partikel CTBN dan CaCO_3) seperti yang ditunjukkan pada gambar 5 di bawah ini.

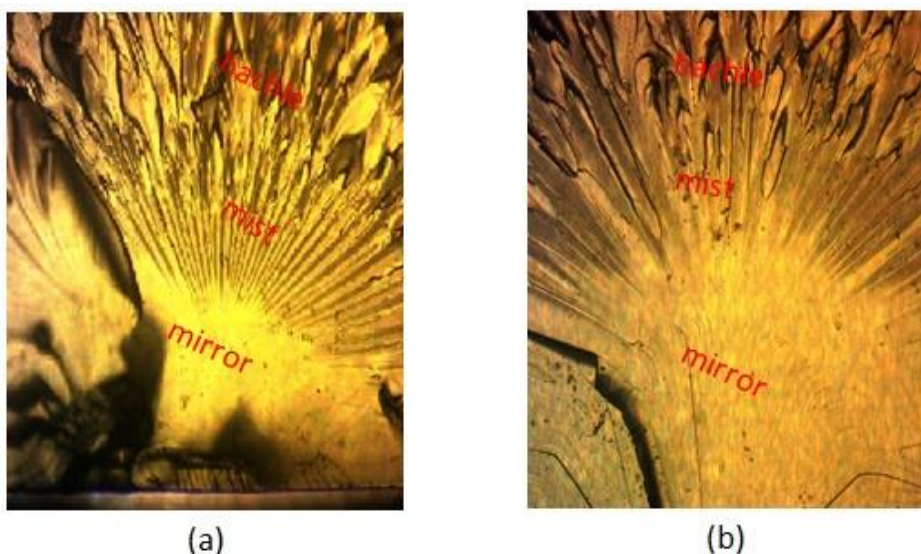


Gambar 5 Grafik hubungan ketangguhan tarik dengan variasi fraksi berat *filler* (Partikel CTBN dan CaCO_3).

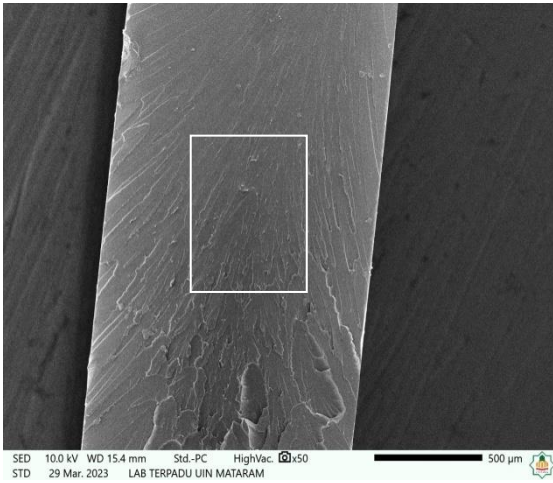
Berdasarkan gambar grafik yang ditunjukkan pada gambar 5 di atas, dapat dilihat bahwa nilai ketangguhan tarik tertinggi terjadi pada konfigurasi epoxy 100% (CTBN_0CC_0) atau kandungan CTBN 0% dan kandungan CaCO_3 0% dengan nilai ketangguhan tarik sebesar 0,362 MPa. Sedangkan nilai ketangguhan tarik terendah terjadi pada konfigurasi epoxy 90% (CTBN_5CC_5) atau kandungan CTBN 5% dan kandungan CaCO_3 5% dengan nilai ketangguhan tarik sebesar 0,209 MPa. Walaupun penambahan CTBN mampu meningkatkan regangan saat patah namun penurunan kekuatan tarik yang dihasilkan lebih tinggi dibanding penambahan regangan saat patah. Sehingga CTBN tidak mampu meningkatkan ketangguhan epoxy.

3.5. Analisa uji *Scanning Electron Mycroscope* (SEM)

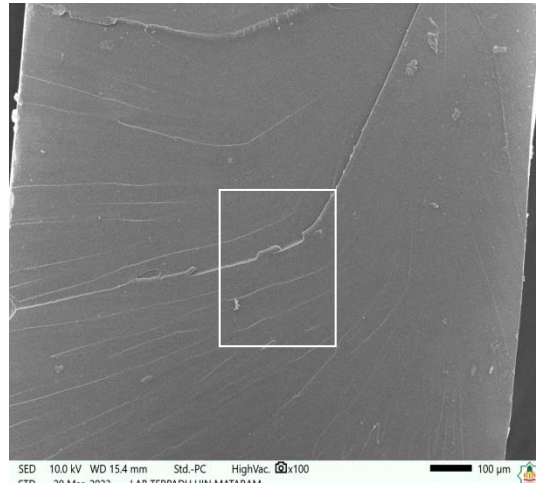
Uji SEM dilakukan pada permukaan patah komposit pada kandungan CTBN 5% dengan konsentrasi partikel CaCO_3 0% dan 5%, kemudian pada kandungan CTBN 10% dengan konsentrasi partikel CaCO_3 0%, 2,5% dan 5%. Hasil uji SEM menunjukkan struktur permukaan dari material yang diperbesar mulai dari 50 kali sampai dengan 1000 kali. Gambar 6-11 menunjukkan hasil mikroskop optic dan uji SEM pada permukaan patah komposit.



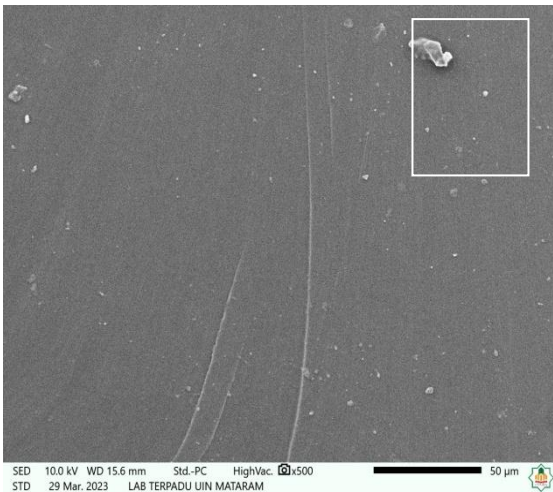
Gambar 6 Hasil uji *compound light microscope* (a) perbesaran 50x (b) perbesaran 100x



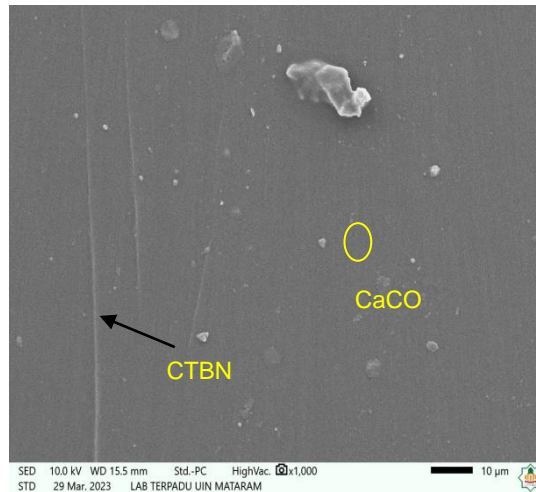
(a)



(b)

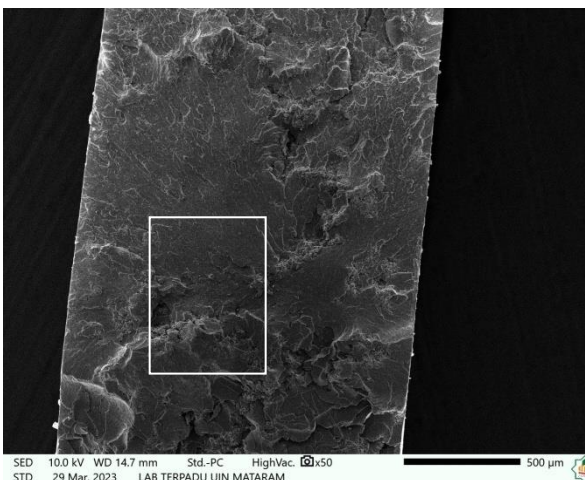


(c)

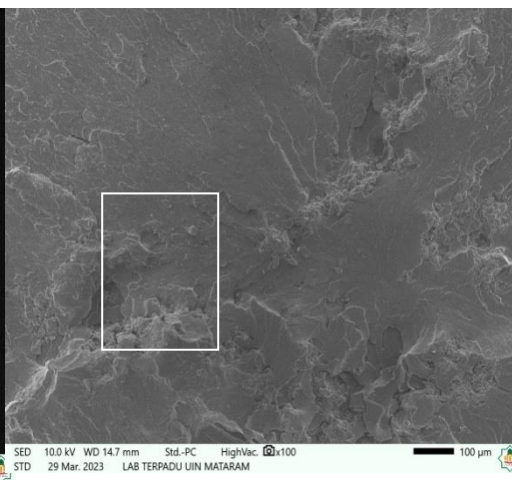


(d)

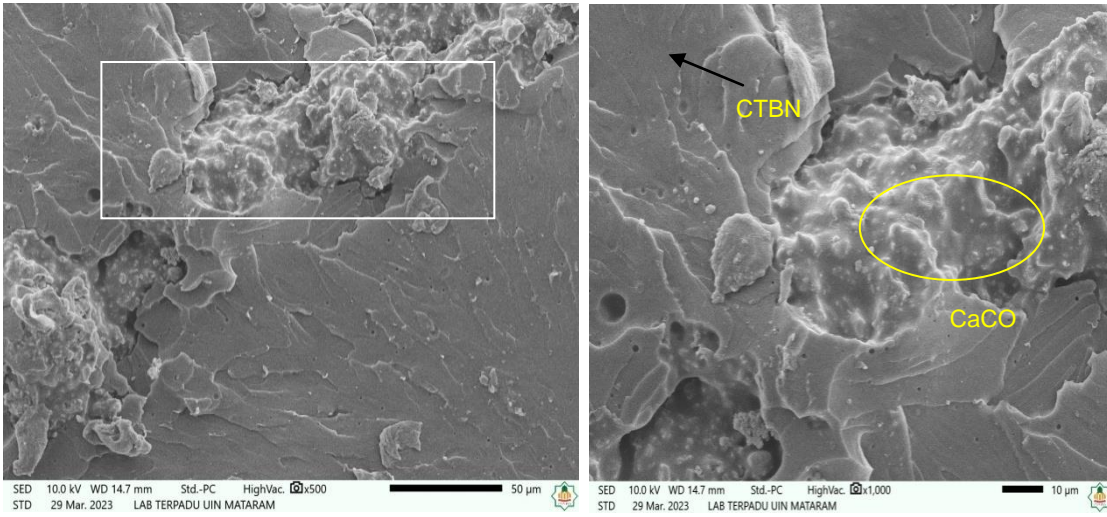
Gambar 7 Hasil uji SEM 5% partikel CTBN dan 0% partikel CaCO_3
(a) perbesaran 50x (b) perbesaran 100x (c) perbesaran 500x (d) perbesaran 1000x



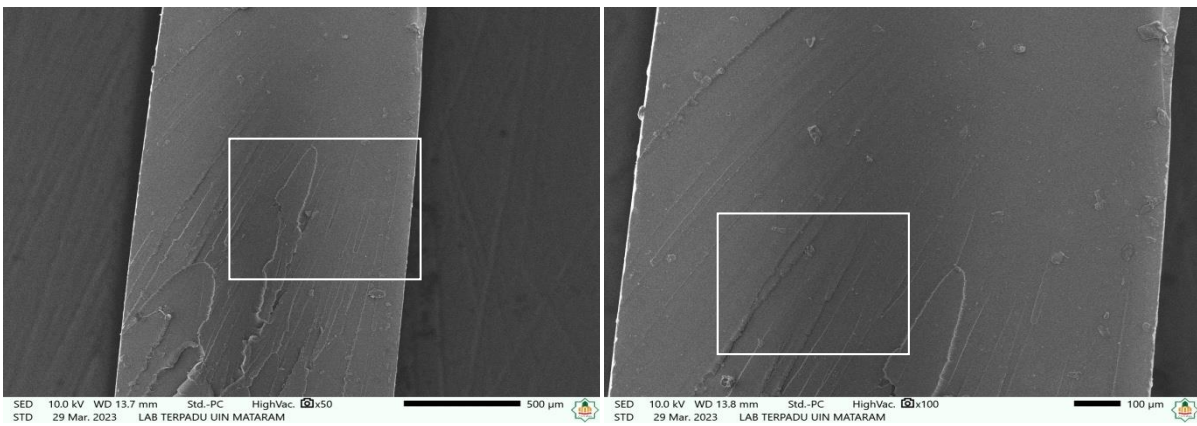
(a)



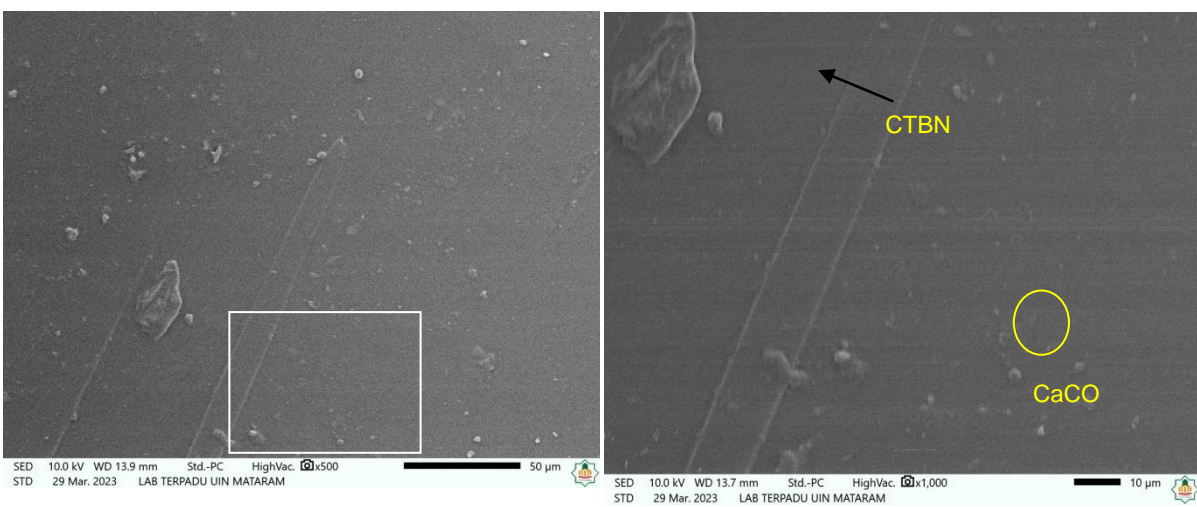
(b)



(c) (d)
Gambar 8 Hasil uji SEM 5% partikel CTBN dan 5% partikel CaCO₃
 (a) perbesaran 50x (b) perbesaran 100x (c) perbesaran 500x (d) perbesaran 1000x

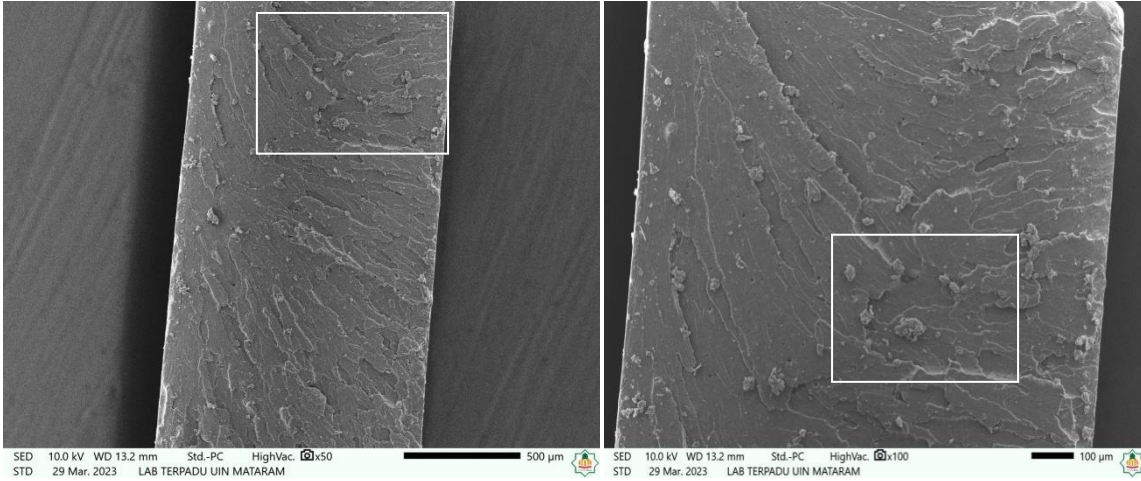


(a) (b)



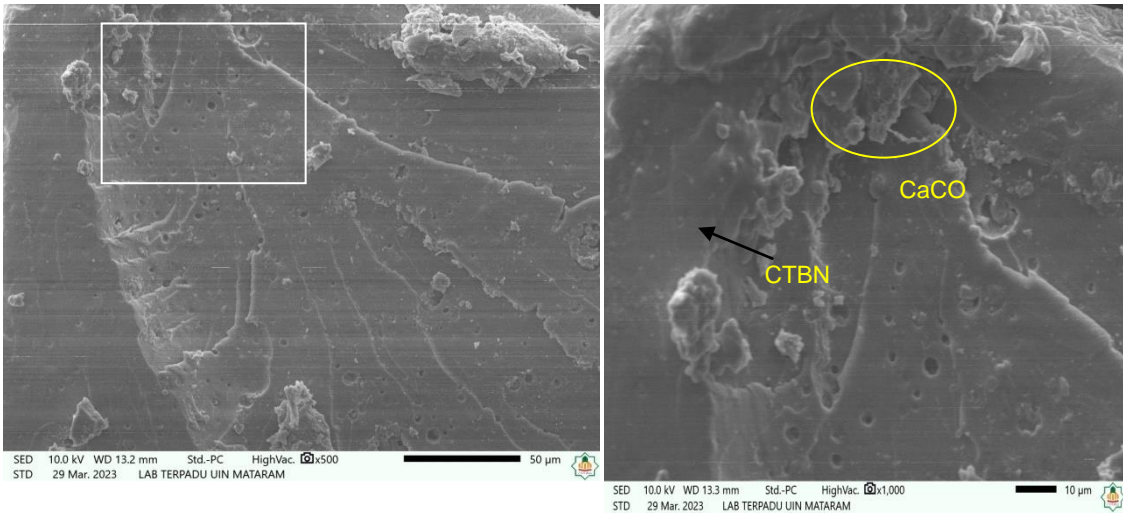
(c) (d)

Gambar 9 Hasil uji SEM 10% partikel CTBN dan 0% partikel CaCO₃
 (a) perbesaran 50x (b) perbesaran 100x (c) perbesaran 500x (d) perbesaran 1000x



(a)

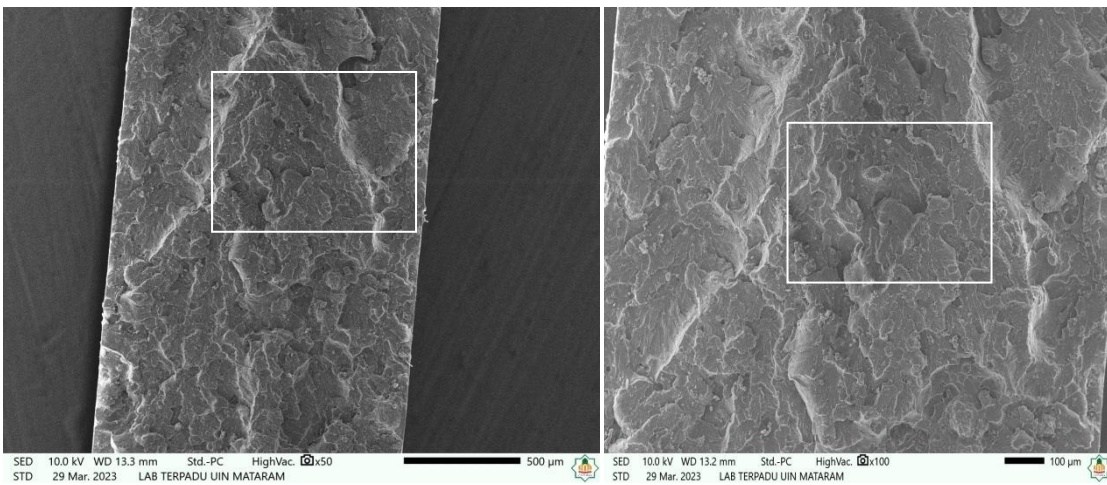
(b)



(c)

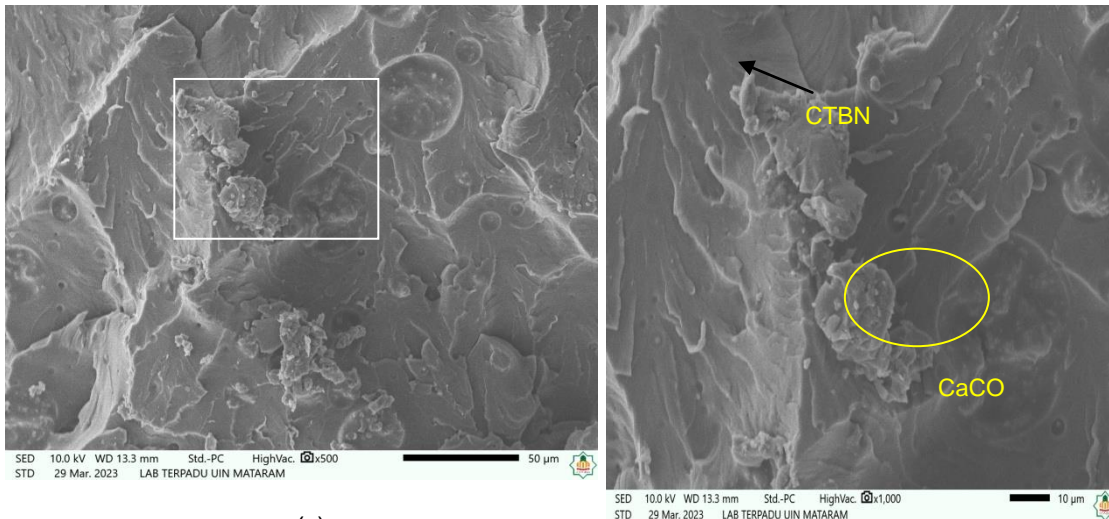
(d)

Gambar 10 Hasil uji SEM 10% partikel CTBN dan 2,5% partikel CaCO_3
 (a) perbesaran 50x (b) perbesaran 100x (c) perbesaran 500x (d) perbesaran 1000x



(a)

(b)



(c)

(d)

Gambar 11 Hasil uji SEM 10% partikel CTBN dan 5% partikel CaCO_3
 (a) perbesaran 50x (b) perbesaran 100x (c) perbesaran 500x (d) perbesaran 1000x

Berdasarkan gambar 6 menunjukkan hasil mikroskop optik dimana hasil ini memperlihatkan gambar daerah dari patahan spesimen. Patahan spesimen dimulai karena adanya void, kemudian disekitar void terlihat lebih halus (*mirror zone*) setelah itu menjalar seperti kabut atau bisa disebut dengan (*mist zone*) selanjutnya lagi akan membentuk daerah yang lebih kasar atau disebut juga patahan akhir (*hackle zone*). Semakin besar atau semakin terlihat jelas *mirror zone*, *mist zone* dan *hackle zone* dari suatu specimen, maka kekuatan tarikannya akan semakin tinggi, namun sebaliknya, semakin rendah atau semakin tidak terlihat *mirror zone*, *mist zone* dan *hackle zone* dari suatu specimen, maka kekuatan tarikannya akan semakin menurun.

Berdasarkan penjelasan tersebut, gambar 7 di atas menunjukkan hasil uji SEM komposit CTBN5CC0. Terlihat bahwa proses perpatahan memiliki struktur yang cukup halus dan tidak terlihat rongga/ruang kosong pada *interface* dan *matriks* yang menunjukkan ikatan antara CTBN dan *matriks* yang cukup baik. Berbeda dengan gambar 9 yang menunjukkan hasil uji SEM komposit CTBN10CC0, terlihat memiliki permukaan yang lebih halus jika dibandingkan dengan CTBN5CC0. Pada spesimen CTBN10CC0 juga memiliki daerah *mirror*, *mist*, dan *hackle* lebih kecil dibandingkan CTBN5CC0 yang mengakibatkan kekuatan tarik pada specimen CTBN5CC0 lebih besar dibandingkan dengan CTBN10CC0. Sementara pada spesimen CTBN5CC5 (Gambar 8) terlihat bahwa dengan adanya penambahan partikel CaCO_3 pada spesimen struktur patahannya lebih kasar dibandingkan dengan CTBN5CC0 yang tidak ditambahkan partikel CaCO_3 dan tidak terlihat daerah *mirror*, *mist*, dan *hackle*. Hal ini menunjukkan bahwa kekuatan tarik pada spesimen akan terjadi penurunan yang disebabkan oleh daerah *interface* yang lemah antara CaCO_3 dan epoxy. Void yang tercipta di *interface* menjadi sumber retak baru membuat permukaan patahan menjadi kasar. Penambahan hybrid CaCO_3 dan CTBN membuat CTBN membentuk partikel dan terlihat seperti void di permukaan patahannya, membuat permukaan patahan menjadi kasar. Sama halnya yang ditunjukkan pada spesimen CTBN10CC2,5 (Gambar 4.9) dan CTBN10CC5 (Gambar 11) yang memiliki permukaan yang lebih kasar dibandingkan dengan CTBN5CC0 ataupun CTBN10CC0.

4. Kesimpulan

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh komposisi hybrid CaCO_3 dengan *Carboxyl Terminated Butadiene Nitrile* (CTBN) terhadap kekuatan tarik epoxy. Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan tersebut dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

- Penambahan CTBN dan partikel CaCO_3 menurunkan kekuatan tarik pada komposit. Nilai kekuatan tarik terendah pada fraksi berat partikel CTBN 5% dan CaCO_3 5% sebesar 39,65 MPa, dan nilai kekuatan tarik tertinggi pada fraksi berat partikel CTBN dan CaCO_3 0% sebesar 47,77 MPa.
- Penambahan CTBN dan partikel CaCO_3 cenderung meningkatkan regangan saat patah. Nilai regangan tarik terendah pada fraksi berat partikel CTBN 0% dengan 0% dan 2,5%

CaCO₃ sebesar 0,060 dan nilai regangan tarik tertinggi pada fraksi berat partikel CTBN 10% dan CaCO₃ 2,5% sebesar 0,090.

- c. Penambahan CTBN saja tanpa CaCO₃ menurunkan modulus elastisitas, tetapi penambahan CaCO₃ saja tanpa CTBN meningkatkan modulus elastisitas. Hybrid CTBN dan CaCO₃ menyebabkan nilai modulus elastisitas semakin menurun dengan bertambahnya konsentrasi hybrid. Nilai modulus elastisitas terendah pada fraksi berat partikel CTBN 5% dengan 5% CaCO₃ sebesar 1536 MPa, dan nilai modulus elastisitas tertinggi pada fraksi berat partikel CTBN 0% dengan 5% CaCO₃ sebesar 2319 MPa.
- d. Penambahan CTBN dan partikel CaCO₃ menyebabkan penurunan nilai ketangguhan tariknya. Untuk ketangguhan tarik yang diperoleh adalah yang tertinggi pada komposit dengan fraksi berat partikel CTBN 0% dengan partikel CaCO₃ 0% dengan nilai sebesar 0,362 Mpa dan ketangguhan terendah pada komposit dengan fraksi berat partikel CTBN 5% dengan 5% CaCO₃ yang bernilai sebesar 0,209 Mpa.

DAFTAR PUSTAKA

- Abanat, JDJ, Purnowidodo, A., & Irawan, YS. (2012). *Pengaruh Fraksi Volume Serat Pelepah Gebang (Corypha Utan Lamarck) Terhadap Sifat Mekanik Pada Komposit Bertmatrik Epoksi*. Jurnal Rekayasa Mesin. 3(2), 352-361
- Alat Uji site," Pengujian Struktur Baja Dengan Menggunakan Uji Tarik", <https://www.alatuji.com/article/detail/927/pengujian-struktur-baja-dengan-menggunakan-uji-tarik>. Diakses pada 10 Oktober. 2022.
- Andri Sulian, 2008, *Komposit Partikel*, Academic Pres, Bandung
- American Society for Testing and Materials. (2016). ASTM D638-14, Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics. ASTM International, 82(C), 1–15. <https://doi.org/10.1520/D0638-14.1>
- Bian X, Tuo R, Yang W, Zhang Y, Xie Q, Zha J, Lin J, He S. Mechanical, Thermal, and Electrical Properties of BN-Epoxy Composites Modified with Carboxyl-Terminated Butadiene Nitrile Liquid Rubber. *Polymers (Basel)*. 2019 Sep 23;11(10):1548. doi: 10.3390/polym11101548.
- Bowyer, J.L., Shmulsky, R., & Haygreen, J.G. (2003). *Forest Products and Wood Science : an introduction*.
- Darmawan, W., 2008, *Pengaruh Kandungan Serat Partikel Karet Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekuatan Impact Komposit Serat Nanas Bali (Agave Weberi)/Epoxy*, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram.
- Ditjen POM (1995). *Farmakope Indonesia*, Edisi IV, Departemen Kesehatan Republik Indonesia, Jakarta
- Drs. Sumanto, MA. *Pengetahuan Bahan Untuk Mesin Dan Listrik*. 1994.
- Erwinsyah, E. (2021). *Pengaruh Fraksi Volume Filler Hybrid CaCO₃ Dan Partikel Karet Ban Bekas Terhadap Kekuatan Tarik Epoxy*. Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Mataram.
- Hartomo, A.J., (Anton J.); Hardjanto, D.; Rusdiharsono, A.. (1992). *Memahami polimer dan perekat / A.J. Hartomo, A. Rusdiharsono, D. Hardjanto*. Yogyakarta :: Andi Offset,.
- Jones, R.M., 1999, *Mechanics of Composite Materials Second Edition*, Blacksburg: Taylor & Francis.
- Keemperl, J macek J, Precipitation of calcium carbonate From Hydrated lime of Variable reactivity, *granulation and optical properties, Science Direct: Int J Miner*, 2009 ,Pp 84-88
- Lalu, A. W. (2021). *Pengaruh Carboxyl Terminated Butadiene Acrylonitrile (CTBN)-Partikel Arang Terhadap Sifat Tarik Komposit Partikel Bermatrik Epoxy*. Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Mataram.
- Rudy Dwi Wahyusyah site," Mengetahui sifat mekanik material dengan uji tarik", <https://rudydwi.wordpress.com/2010/03/28/mengetahui-sifat-mekanik-material-dengan-uji-tarik/> . Diakses pada 10 Oktober. 2022.
- Somesi, L., Wildan, M. W., & Rochardjo, H. S. B. (2018). Study on tensile properties of salak fiber (Salacca zalacca) reinforced CaCO₃/epoxy resin hybrid composites. Seminar Nasional Pendidikan Teknik Otomotif, Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan-Universitas Muhammadiyah Purworejo, 216–223.
- Semerdjiev, S., 1970, *Metal to Metal Adhesive Bonding*, Business Book Limited, London.
- Soine. 1961. dalam Mutiara, PA. 2010. *Penetapan Kadar Kalsium pada Kulit Telur Ayam Ras, Kulit Telur Ayam Non-Ras, dan Kulit Talur Itik*. <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/16191/4/Chapter%20II.pdf>.
- Sugiman, Putra, I.K.P., Gozali, H. M., Setyawan, P. D., 2015, *Penyerapan Air Pada Epoxy Dan Poliester Tak Jenuh Dan Pengaruhnya Pada Kekuatan Tarik*, In: Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin Indonesia Xiv, 7-8 Oktober 2015, Banjarmasin.
- Surdia, T., Chijiwa, K., 2000, *Teknik Pengecoran Logam*, Cetakan Ke-8, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Suyoko Y, Nugroho K., 2014. *Ketangguhan Retak Dan Kekuatan Impak Komposit Epoxy-Serbuk Karet Ban Bekas*. Surakarta : Jurusan Teknik Mesin Politeknik Pratama Mulia. Politeknosains Vol. Xiii No. 1
- Wirawijaya, N., 2018. *Pengaruh Fraksi Volume Filler (Fly Ash, CaCO₃ dan Semen) Terhadap Kekuatan Tarik Epoxy*, Skripsi Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram.