

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Serat Tunggal

Data hasil pengujian serat tunggal daun nanas sesuai ASTM D 3379 ditunjukkan pada tabel 4.1, dimana rata-rata nilai kuat tarik, regangan tarik dan modulus elastisitas tarik serat nanas sebesar 168.75 ± 12.55 MPa, 2.87 ± 0.87 %, dan 7754.34 ± 2144.2 MPa. Hasil dari kuat tarik serat nanas pada penelitian ini jauh lebih rendah daripada hasil penelitian serat nanas milik George dkk (1997) yaitu sebesar 170 MPa dan penelitian Arbintarso (2015) yaitu sebesar 386 MPa. *Species* atau varietas nanas, faktor geografis, iklim dan intensitas sinar matahari mempengaruhi karakteristik mekanik dari serat daun nanas.

Tabel 4.1 Hasil uji tarik serat tunggal serat nanas.

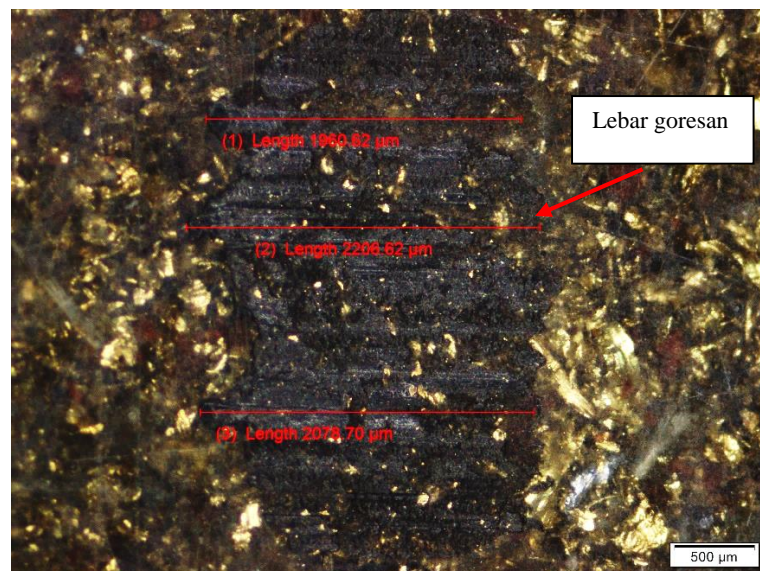
No	Diameter rata rata (mm)	Luas Area (mm ²)	Nilai Beban pembebanan (kgf)	F (N)	σ Tarik (MPa)	(L) standar ASTM D3379 (mm)	Measurement travel end / Δ L (mm)	ϵ Tarik (%)	E (MPa)
1	0,245	0,047	0,715	7,012	148,737	50	1,39	2,78	5673,391
2	0,209	0,034	0,617	6,051	176,376	50	2,04	4,08	7796,188
3	0,182	0,026	0,420	4,119	158,326	50	1,42	2,84	10280,923
4	0,201	0,032	0,561	5,502	173,387	50	1,11	2,22	8429,130
5	0,266	0,056	1,031	10,111	181,946	50	1,81	3,62	4812,953
6	0,189	0,028	0,497	4,874	173,732	50	0,86	1,72	9533,476
Minimum	0,182				148,737			1,720	4812,953
Maximum	0,266				181,946			4,080	10280,923
Rata-rata	0,215				168,751			2,877	7754,343
Standar Deviasi	0,033				12,552			0,870	2144,208

4.2 Pengujian Keausan

Besarnya goresan keausan pada spesimen uji menjadi parameter dalam menentukan tingkat dari keausan material spesimen uji tersebut. Gambar 4.1 menunjukkan hasil goresan dari spesimen uji yang kemudian dilihat lebar goresannya menggunakan mikroskop dengan perbesaran 50x (Gambar 4.2). Perhitungan nilai keausan bisa dilihat pada lampiran.

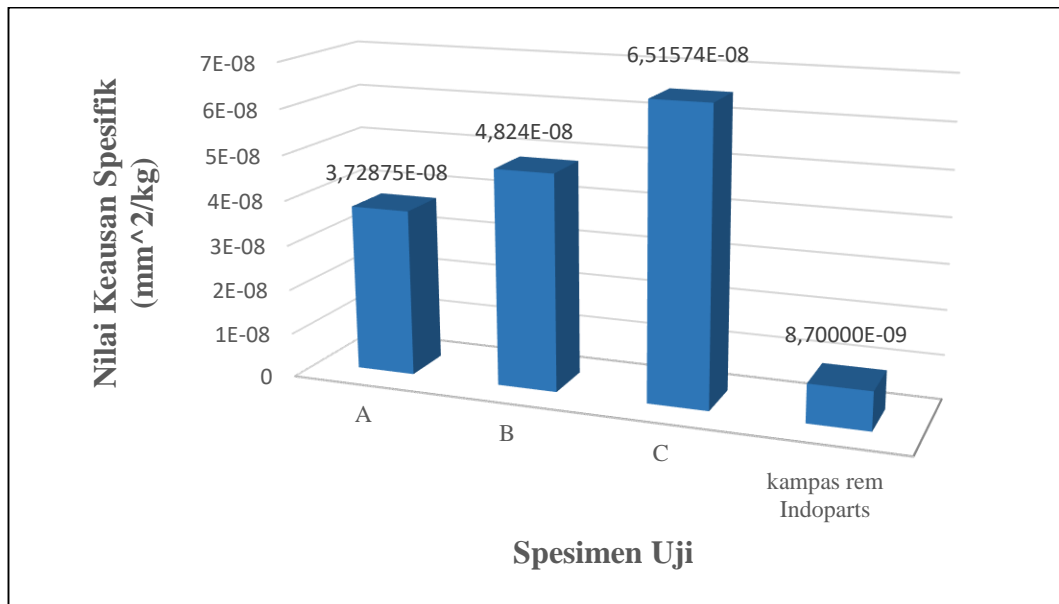


Gambar 4.1 Goresan keausan spesimen uji



Gambar 4.2 Goresan keausan dilihat dengan mikroskop

Kampas rem indopart yang ada dipasaran digunakan sebagai pembanding, dimana Prasetyo dkk (2013) sudah melakukan pengujian keausan dengan metode yang sama (*Ogoshi*) dan didapatkan nilai keausan spesifik kampas rem yang ada di pasaran yaitu sebesar $8,7 \times 10^{-9} \text{ mm}^2/\text{kg}$, sehingga bisa dilihat masing-masing nilai keausan rata-rata spesimen seperti pada gambar 4.3.

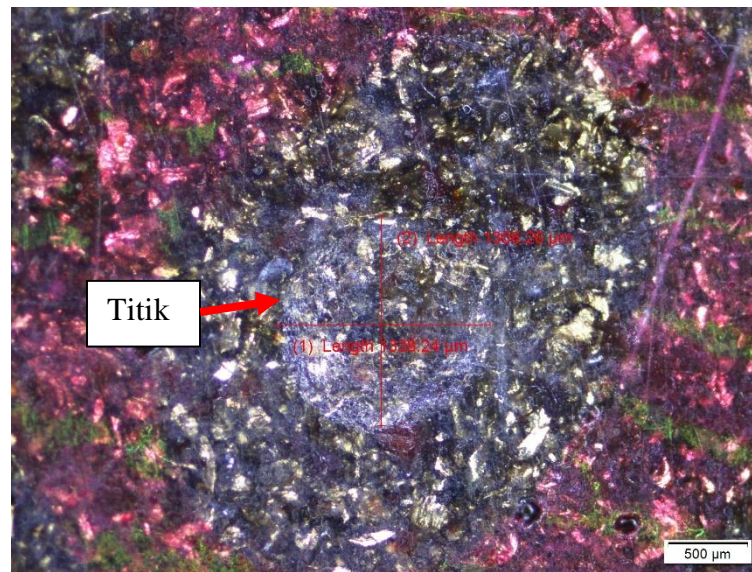


Gambar 4.3 Diagram nilai keausan rata-rata komposit serat nanas/epoksi

Berdasarkan diagram diatas, dapat diketahui bahwa spesimen uji A, B dan C memiliki nilai keausan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kampus rem di pasaran (Indoparts). Spesimen variasi A dengan perbandingan matrik dan *filler* sebesar 60/40 (%) dimana variasi *filler* pengisi yaitu serat daun nanas, serbuk kuning, dan MgO masing-masing sebesar 50/30/20 (%), memiliki tingkat nilai keausan $3,72875E-08 \text{ mm}^2/\text{kg}$ yang paling mendekati kampus rem pembanding. Dilihat dari komposisinya, semakin banyak serat daun nanas yang digunakan maka nilai keausannya akan semakin meningkat, sedangkan kandungan serbuk kuning yang semakin banyak akan menurunkan nilai keausan.

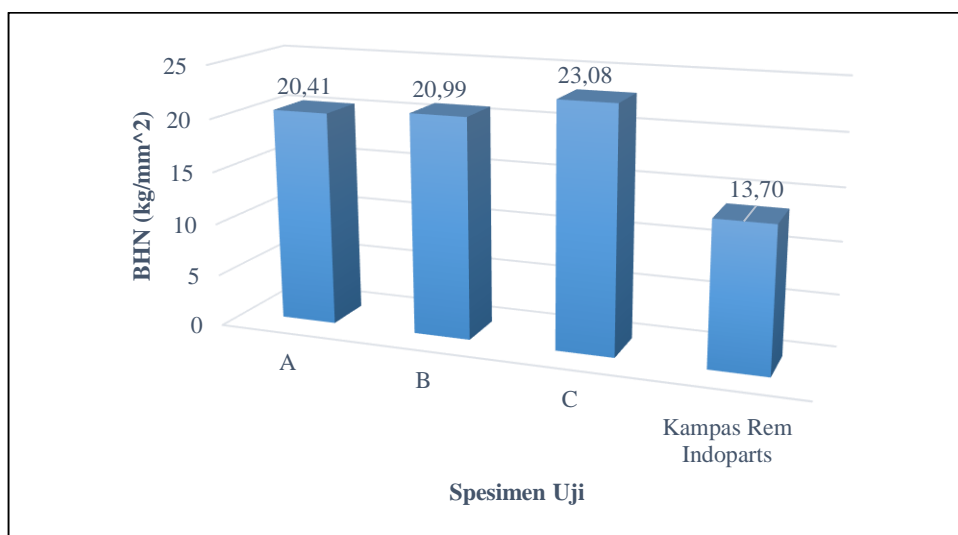
4.3 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan sesuai dengan standar ASTM E10. Hasil pengujian berupa titik bekas penekanan indentor yang ditunjukkan pada gambar 4.4 dilihat menggunakan mikroskop.



Gambar 4.4 Titik hasil uji kekerasan

Nilai kekerasan kanvas rem Indoparts digunakan sebagai pembandingan, dimana Purboputro (2016) sudah melakukan penelitian nilai kekerasan *brinell* kanvas rem yang ada dipasaran yaitu sebesar 13,7 BHN. Gambar 4.5 menunjukkan diagram nilai kekerasan komposit serat nanas/epoksi dan kanvas rem Indoparts. Nilai kekerasan dihitung menggunakan persamaan 2.5 yang bisa dilihat pada lampiran.



Gambar 4.5 Diagram nilai kekerasan *brinell* komposit serat nanas/epoksi

Diagram hasil uji kekerasan menunjukkan peningkatan nilai kekerasan seiring dengan bertambahnya komposisi serat nanas yang digunakan, namun

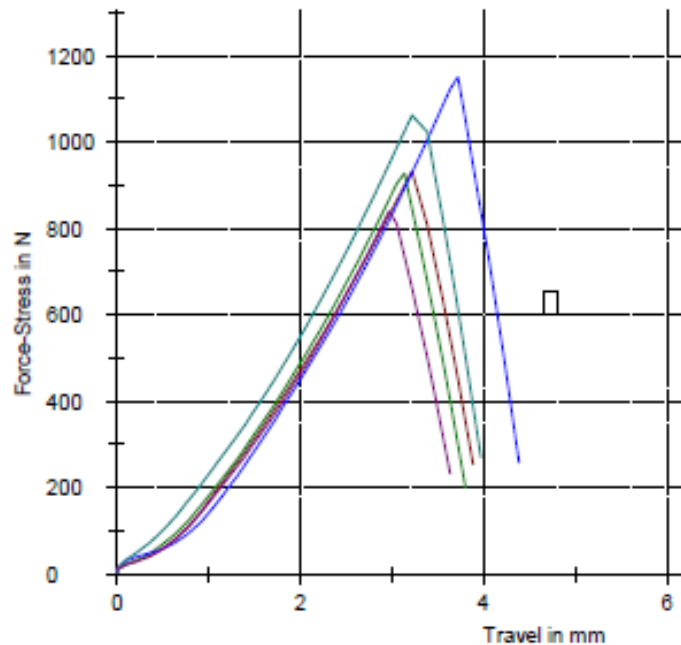
peningkatan nilai kekerasan yang dihasilkan tidak begitu ada perbedaan yang cukup jauh, dimana standar deviasinya yaitu 2,67 BHN. Nilai kekerasan komposit serat nanas lebih tinggi dibandingkan kanvas rem yang ada di pasaran, dimana variasi A dengan nilai kekerasan 20,41 BHN paling mendekati nilai kekerasan kanvas rem pembanding yaitu 13,7 BHN. Dari hasil pengujian kekerasan dapat diketahui bahwa komposit serat nanas/epoksi memiliki nilai kekerasan yang cukup tinggi, sehingga memungkinkan untuk dikembangkan sebagai bahan alternatif kanvas rem.

4.4 Pengujian Tarik

Dari pengujian tarik ini, diperoleh data pembebanan dan *displacement* yang kemudian dapat diolah untuk mencari kekuatan tarik (σ), regangan tarik (ε) dan modulus elastisitas tarik (E). Tabel 4.2 dan Gambar 4.6 merupakan korelasi beban tarik dan *displacement* hasil pengujian tarik. Gambar 4.6 menunjukkan titik awal pengukuran hingga titik dimana spesimen mengalami patah. Selanjutnya grafik untuk variasi fraksi volume yang lain dapat dilihat pada lampiran hasil pengujian tarik.

Tabel 4.2 Korelasi beban tarik dan *displacement* hasil uji tarik

Legends	Nr	Fmax Lm kgf	Measurement travel end mm
	1	95,030	3,88
	2	94,519	3,79
	3	117,327	4,38
	4	108,266	3,96
	5	85,680	3,63



Gambar 4.6 Korelasi beban tarik dan *displacement* hasil uji tarik

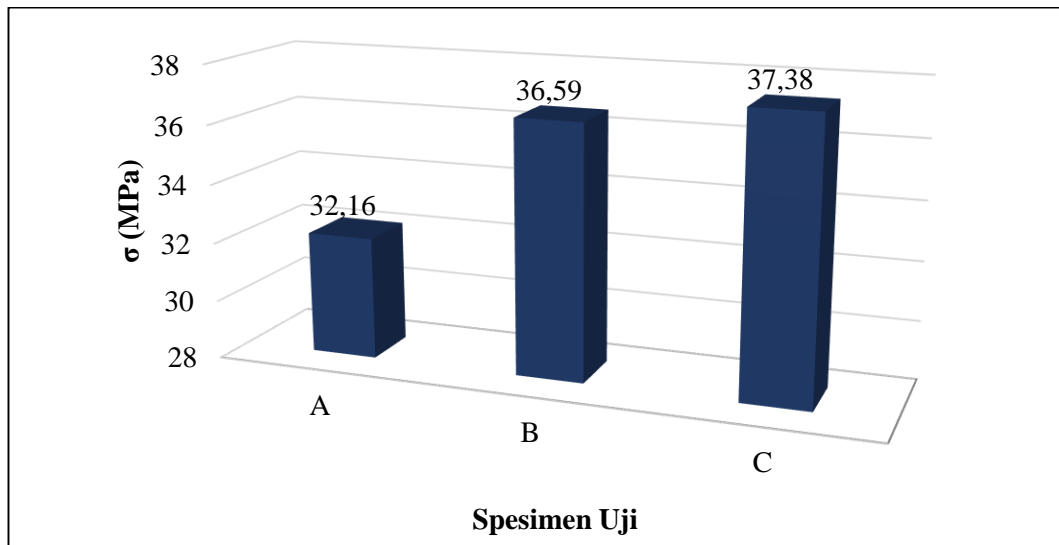
4.4.1 Kekuatan Tarik

Besarnya harga kekuatan tarik diperoleh dari gaya longitudinal maksimum hingga spesimen mengalami patah. Dari pengujian tarik yang telah dilakukan didapatkan data berupa grafik dengan harga gaya tarik maksimum (F_{max}) dan *displacement* (ΔL). Data pembebanan (Kgf) dan perpanjangan (mm) dari masing-masing spesimen uji dapat dilihat pada lampiran.

Dengan menggunakan persamaan 2.1 bisa dihitung besar dari kekuatan tarik (σ) material komposit serat nanas/epoksi. Besar kuat tarik rata-rata dari masing-masing material komposit serat nanas/epoksi dapat dilihat pada tabel 4.3 dan gambar 4.7.

Tabel 4.3 Hasil perhitungan pengujian kuat tarik

Spesimen	σ (MPa)			Standar deviasi
	Minimum	Maximum	Rata-rata	
A	28,27	37,50	32,16	3,59
B	31,33	41,89	36,59	4,24
C	29,61	40,70	37,38	4,42



Gambar 4.7 Kuat tarik material komposit serat nanas/epoksi

Berdasarkan tabel dan diagram diatas, material komposit variasi C dengan komposisi *filler* serat daun nanas, serbuk kuningin dan MgO yaitu 70/10/20, memiliki kekuatan tarik tertinggi yaitu 37,38 MPa. Hasil kuat tarik komposit serat nanas/epoksi ini lebih tinggi apabila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan Chandrabakty (2014) dan Joni (2010) dengan hasil kuat tarik komposit serat sabut kelapa/epoksi dan komposit serat kayu khombouw/epoksi yaitu sebesar 17,56 MPa dan 11,33 MPa. Dari hasil pengujian ini membuktikan bahwa penambahan komposisi serat mempengaruhi kekuatan tarik dari suatu komposit, semakin banyak serat yang digunakan maka semakin kuat pula kekuatan tarik dari komposit tersebut. Ini disebabkan karena serat merupakan penopang kekuatan dari komposit, tegangan yang diterima komposit awalnya diterima oleh matriks kemudian akan diteruskan kepada serat, sehingga beban maksimum akan ditahan oleh serat.

4.4.2 Regangan Tarik

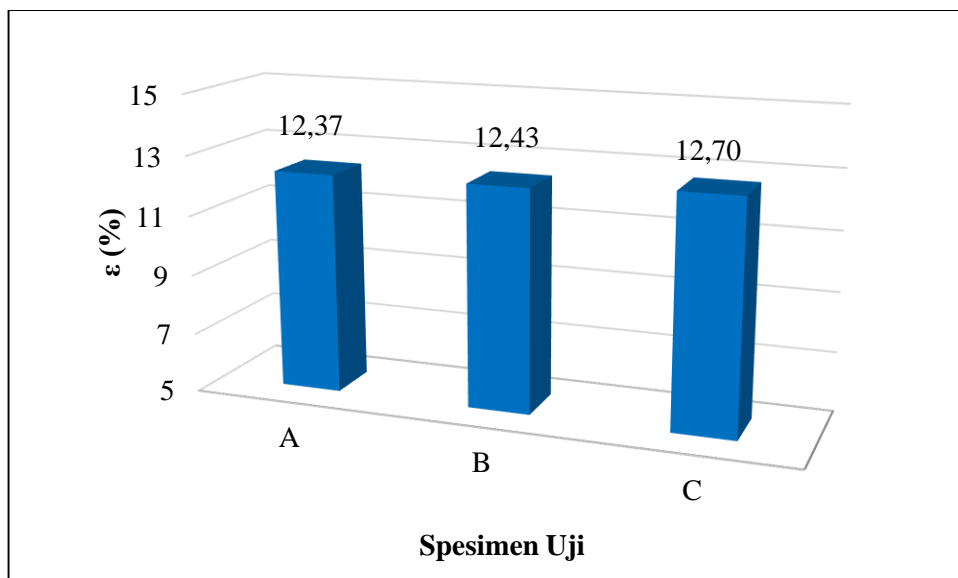
Setelah data nilai kuat tarik spesimen komposit didapatkan, maka regangan tarik rata-rata dapat dihitung menggunakan persamaan 2.2. Nilai dari regangan ini adalah regangan proporsional yang didapat dengan cara membuat garis proporsional pada grafik tegangan hasil uji tarik komposit.

Nilai Δl didapatkan dari pengurangan antara L_f (*displacement*) dan L_0 , kemudian besarnya nilai dari panjang daerah tarik L (*gage length*). Data pengukuran L_0 , L_f dan Δl dapat dilihat pada lampiran.

Besar regangan tarik rata-rata dari masing-masing material komposit serat daun nanas/*epoxyresin* dapat dilihat pada tabel 4.4 dan gambar 4.8 dibawah ini.

Tabel 4.4 Hasil perhitungan regangan tarik

spesimen	ϵ (%)			standar deviasi
	Minimum	maximum	rata-rata	
A	11,60	13,60	12,37	0,97
B	11,32	13,12	12,43	0,78
C	11,80	13,64	12,70	0,67



Gambar 4.8 Regangan tarik material komposit serat nanas/epoksi

Berdasarkan diagram regangan diatas, dapat dilihat bahwa regangan tarik semakin meningkat seiring dengan penambahan komposisi serat daun nanas. Spesimen dengan variasi *filler* C (70/10/20) memiliki regangan tarik tertinggi yaitu 12,7% kemudian disusul oleh variasi B dan A yaitu 12,43 dan 12,37%. Standar deviasi regangan yang dihasilkan dari ketiga spesimen menunjukkan hasil yang tidak terpaut begitu jauh yaitu sekitar 0,33%, ini menunjukkan bahwa distribusi

filler (serat daun nanas, serbuk kuning dan MgO) merata, sehingga ikatan antara matrik dan *filler* menjadi kuat.

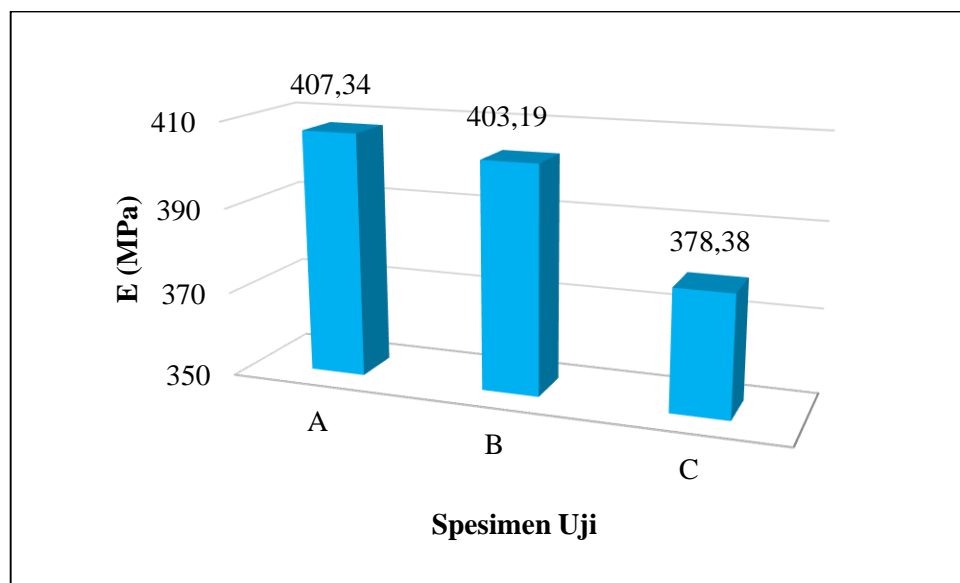
4.4.3 Modulus Elastisitas Tarik

Besarnya nilai dari modulus elastisitas komposit yang juga merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan pada daerah proporsional, yaitu dengan membuat segitiga siku pada garis proporsional (lurus) untuk mendapatkan nilai ΔF dan ΔLf . Dengan menggunakan persamaan 2.3 kita dapat mencari nilai dari modulus elastisitas yang dapat dilihat pada lampiran.

Besar Modulus elastisitas rata-rata dari masing-masing material komposit serat nanas/epoksi dapat dilihat pada tabel 4.5 dan gambar 4.9 dibawah ini.

Tabel 4.5 Hasil perhitungan modulus elastisitas tarik

Spesimen	E (MPa)			Standar deviasi
	Minimum	Maximum	Rata-rata	
A	356,06	466,61	407,34	47,40
B	349,59	468,11	403,19	46,47
C	309,09	422,94	378,38	43,96

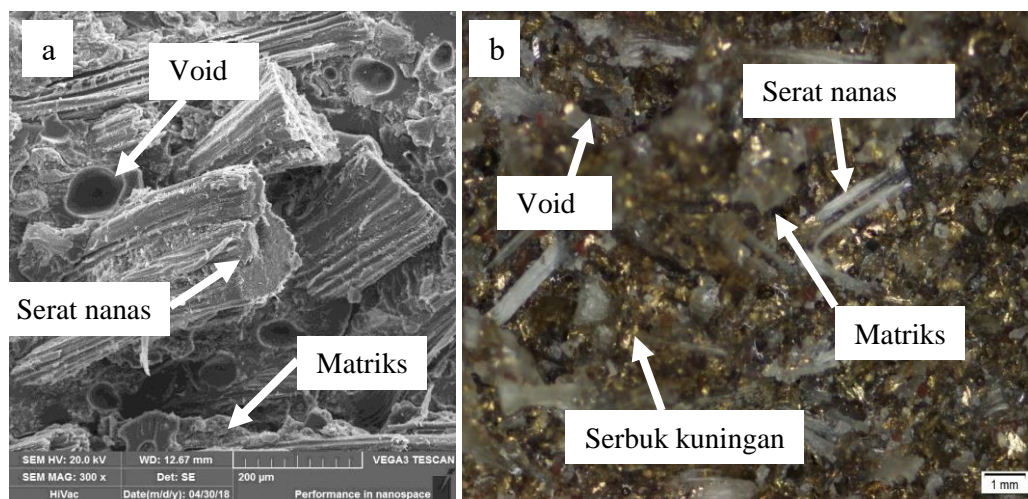


Gambar 4.9 Modulus elastisitas tarik komposit serat nanas/epoksi

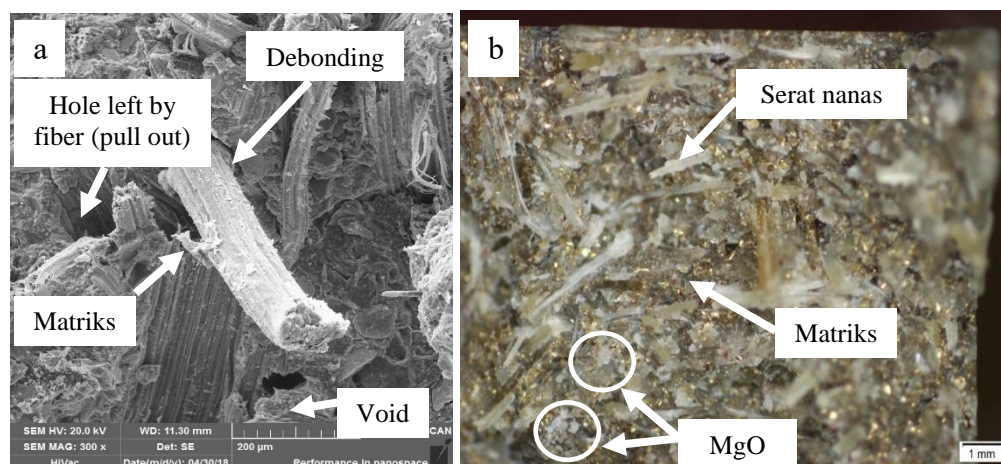
Berdasarkan diagram data diatas, modulus elastisitas komposit serat daun nanas cenderung mengalami penurunan seiring bertambahnya komposisi serat pada *filler*. Sesuai dengan rumus modulus elastisitas yaitu tegangan dibagi regangan, yang berarti modulus elastisitas suatu benda berbanding terbalik dengan tegangan dan regangan yang dihasilkan. Spesimen variasi A memiliki nilai modulus elastisitas terbesar yaitu 407,34 MPa, yang berarti spesimen ini memiliki tingkat perubahan bentuk atau perpanjangan yang lebih kecil dibanding variasi B dan C.

4.5 Karakterisasi Patahan Menggunakan SEM dan Foto Makro

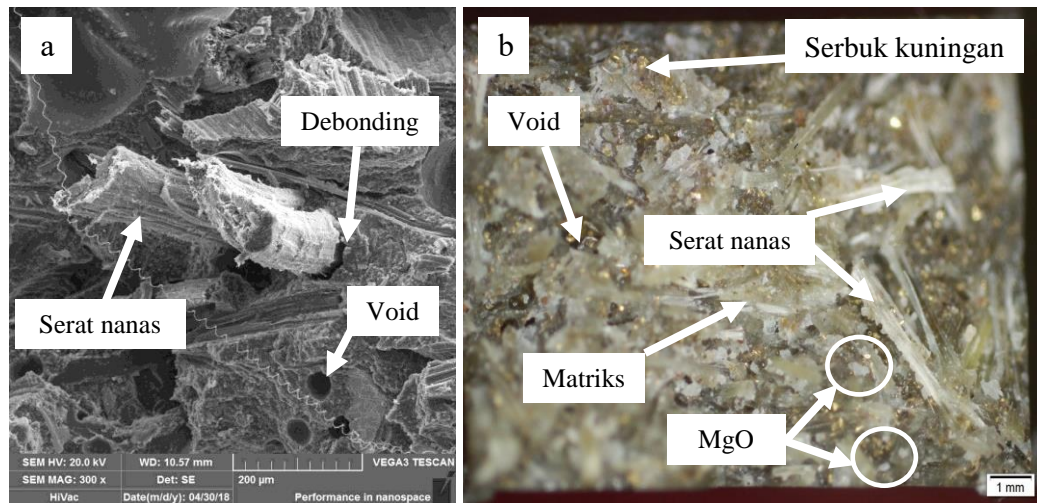
Hasil dari pengujian SEM dan foto makro spesimen A, B dan C dapat dilihat pada gambar 4.10, 4.11 dan 4.12.



Gambar 4.10 (a) Hasil SEM spesimen A, (b) foto makro spesimen A



Gambar 4.11 (a) Hasil SEM spesimen B, (b) foto makro spesimen B



Gambar 4.12 (a) Hasil SEM spesimen C, (b) foto makro spesimen C

Hasil foto makro menunjukkan bahwa distribusi *filler* (serat nanas, serbuk kuningan dan MgO) cukup merata pada setiap sisi patahan komposit. Dari hasil pengujian SEM bisa dilihat bahwa matrik terlihat menempel pada serat, hal ini menunjukkan bahwa ikatan yang terjadi antara matrik dan *filler* relatif baik. Banyaknya void dan *debonding* yang terbentuk akibat dari penekanan yang kurang baik pada saat proses fabrikasi, menyebabkan penurunan kekuatan mekanis material komposit serat nanas/epoksi.

Gambar foto makro spesimen A (Gambar 4.10) menunjukkan penyebaran serbuk kuningan cukup merata dan lebih dominan. Keberadaan serbuk kuningan menyebabkan penurunan tingkat keausan material komposit, ini dibuktikan oleh hasil uji keausan dimana spesimen A memiliki nilai keausan yang paling rendah. Namun masih banyak terdapat void seperti yang ditunjukkan pada hasil uji SEM (Gambar 4.10) yang menyebabkan penurunan nilai kekerasan dan kuat tarik dari spesimen A. Pada hasil uji SEM spesimen B (Gambar 4.11) terlihat adanya lubang bekas tercabutnya serat (*pull out*), ini menunjukkan bahwa masih adanya kegagalan pada komposit. Hasil uji SEM spesimen C (Gambar 4.12) menunjukkan adanya cacat berupa void dan *debonding*, namun dikarenakan banyaknya komposisi serat yang digunakan, membuat pembebanan yang diterima komposit menyebar pada setiap serat sehingga nilai kuat tarik dari spesimen C menjadi lebih tinggi dibanding spesimen A dan B.