

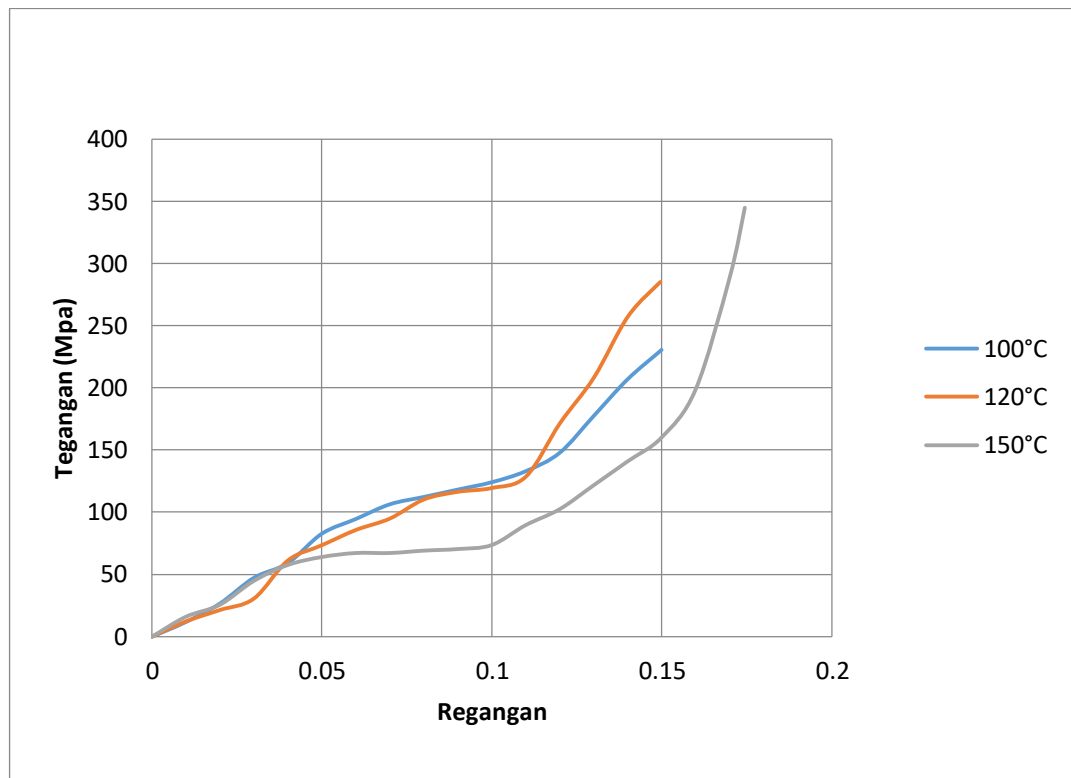
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian Uji Tarik

Pada pengujian tarik komposit tabung *carbon aramid/epoxy* pada variasi *curing* dan *post curing* diperoleh 3 parameter parameter data kekuatan mekanis komposit seperti tegangan tarik, regangan tarik dan modulus elastisitas tarik. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat uji *Zwick roll Z020* dengan kecepatan uji sebesar 50 mm/min.

Berikut hasil data pengujian tarik pada variasi temperatur *curing* 100°C, 120°C, 150°C sebagai berikut:

4.1.1 Grafik kurva tegangan regangan temperatur *curing* 100°C, 120°C, 150°C.



Gambar 4.1 Grafik nilai rata-rata tegangan tarik dan regangan tarik variasi *curing*.

4.1.2 Tegangan

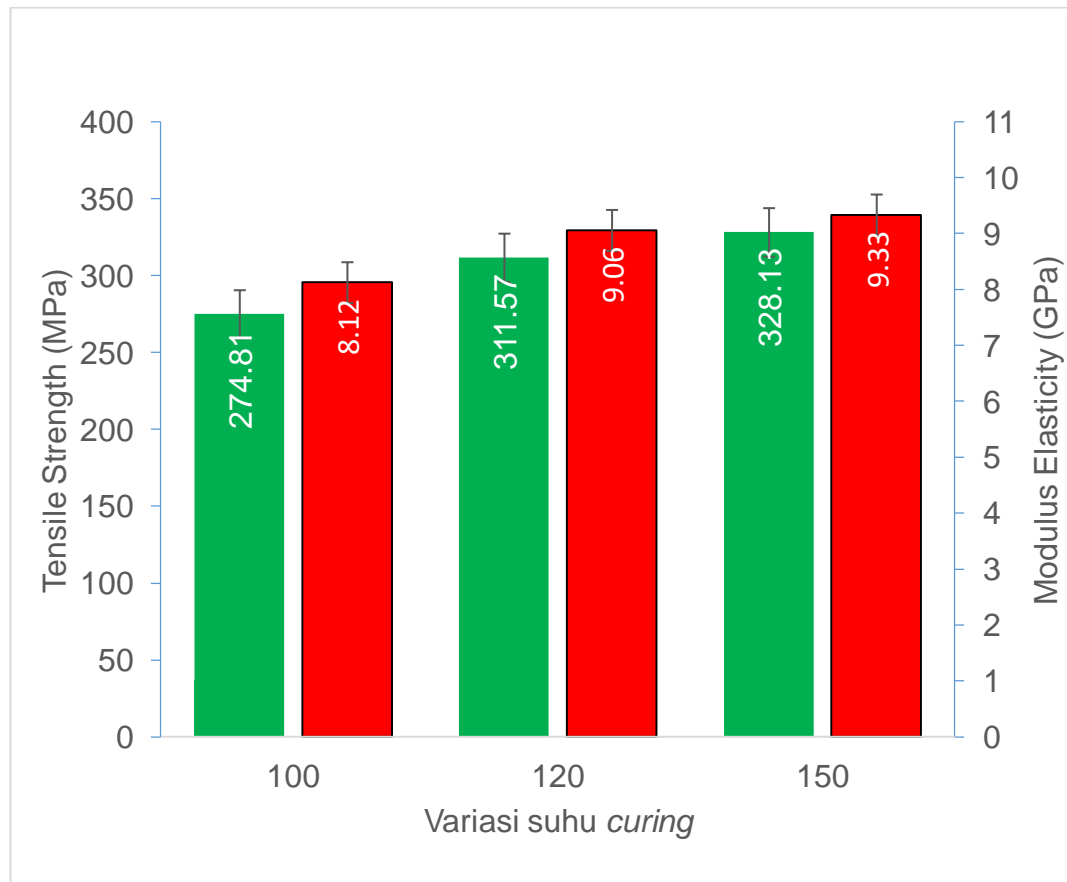
Tabel 4.1 Hasil perhitungan nilai tegangan kuat tarik material komposit *carbon aramid/epoxy* pada temperatur *curing* 100°C, 120°C, 150°C.

Nilai Kuat Tarik (Mpa)			
No.	Variasi Temperatur		
	100°C	120°C	150°C
1	273,11	373,50	341,46
2	281,85	365,69	280,46
3	259,10	323,05	368,05
4	300,79	223,27	303,60
5	254,01	272,35	354,83
AVERAGE	274,81	311,57	328,13
STDEV	17,45	63,70	36,54
MAX	300,79	373,50	368,05
MIN	254,01	223,27	280,46

4.1.3 Modulus Elastisitas

Tabel 4.2 Hasil perhitungan nilai modulus elastisitas material komposit *carbon aramid/epoxy* pada temperatur *curing* 100°C, 120°C, 150°C.

Modulus Elastisitas (Gpa)			
No.	Variasi Temperatur		
	100°C	120°C	150°C
1	7,8	10	9,2
2	8,2	11,4	8
3	8,3	9,2	10,5
4	9,1	6,9	9,2
5	7	7,5	9,8
AVERAGE	8,1	9	9,3
STDEV	0,54	1,8	0,92
MAX	8,3	10	10,5
MIN	7	6,9	8

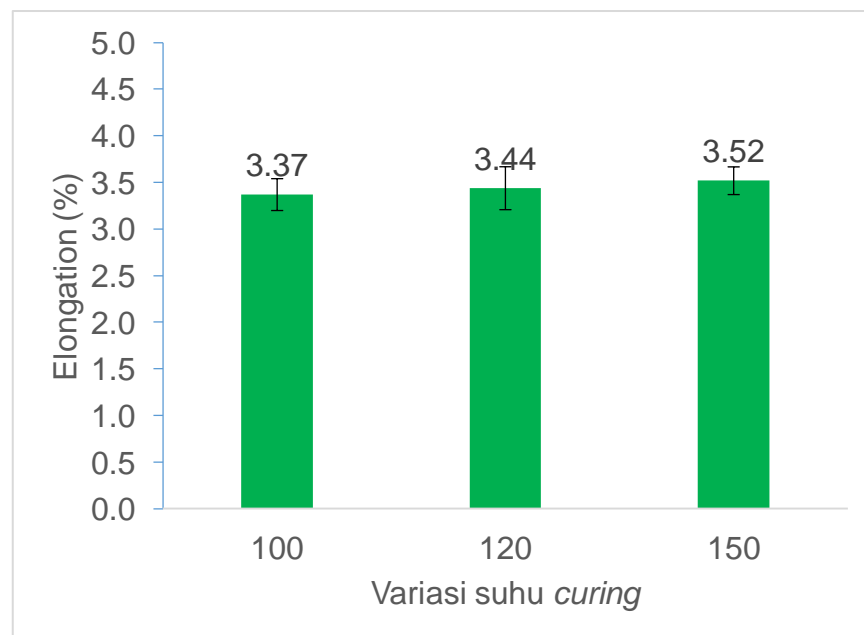


Gambar 4.2 Grafik nilai rata-rata tegangan tarik dan modulus elastisitas.

4.1.4 Regangan

Tabel 4.3 Hasil perhitungan nilai regangan tarik material komposit *carbon aramid/epoxy* pada temperatur *curing* 100°C, 120°C, 150°C.

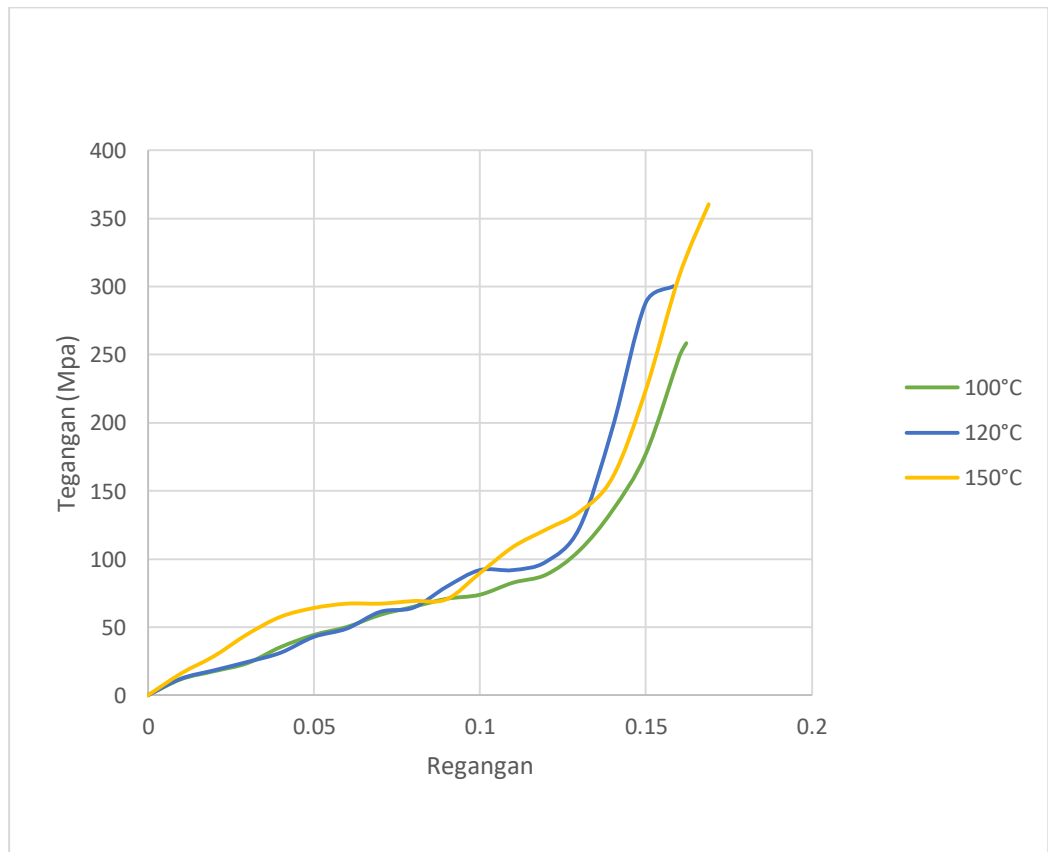
Nilai Regangan Tarik (%)			
No.	Variasi Temperatur		
	100°C	120°C	150°C
1	3,50	3,70	3,70
2	3,40	3,20	3,50
3	3,10	3,50	3,50
4	3,30	3,20	3,30
5	3,60	3,60	3,60
AVERAGE	3,37	3,44	3,52
STDEV	0,17	0,23	0,15
MAX	3,60	3,70	3,70
MIN	3,10	3,20	3,30



Gambar 4.3 Grafik nilai rata-rata regangan tarik.

Berikut hasil data pengujian tarik pada variasi temperatur *post curing* 100°C, 120°C, 150°C sebagai berikut:

4.1.5 Grafik kurva tegangan regangan temperatur *post curing* 100°C, 120°C, 150°C.



Gambar 4.4 Grafik nilai rata-rata tegangan tarik dan regangan tarik variasi *post curing*.

4.1.6 Tegangan

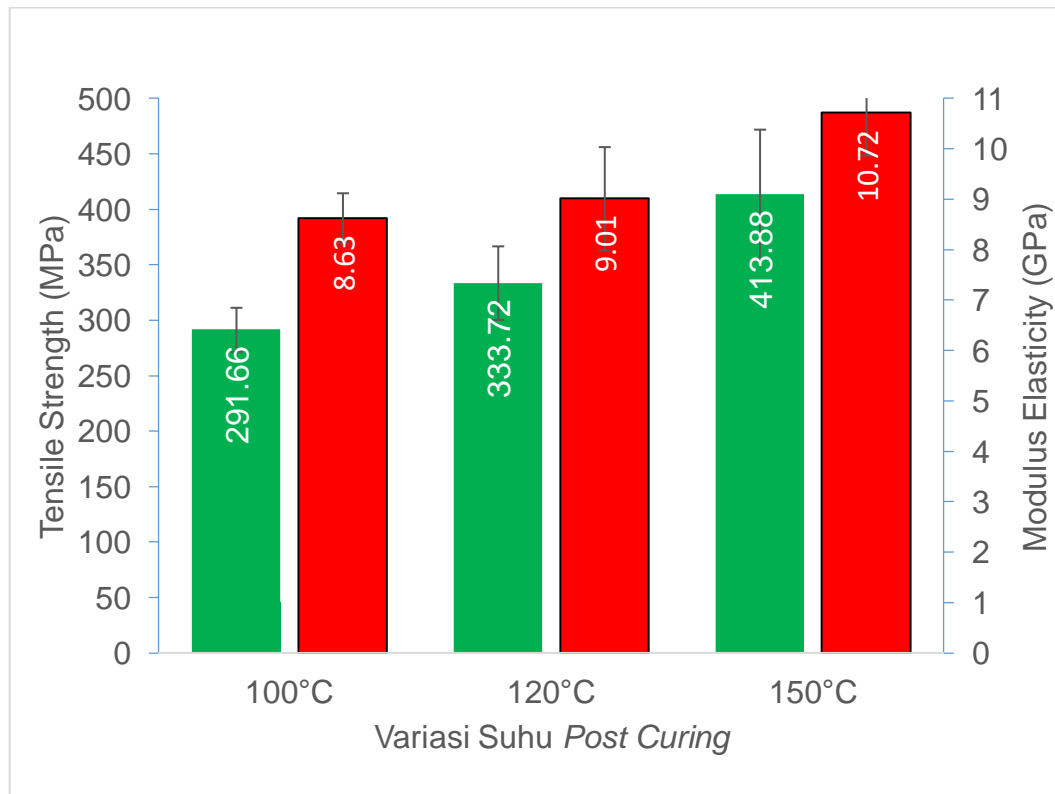
Tabel 4.4 Hasil perhitungan nilai tegangan kuat tarik material komposit *carbon aramid/epoxy* pada temperatur *post curing* 100°C, 120°C, 150°C.

Nilai Kuat Tarik (Mpa)			
No.	Variasi Temperatur		
	100°C	120°C	150°C
1	319,61	349,32	369,11
2	281,85	365,72	437,36
3	274,20	343,88	386,87
4	292,62	278,74	497,07
5	279,52	330,94	354,83
AVERAGE	291,66	333,72	413,88
STDEV	19,85	33,17	58,26
MAX	319,61	365,72	497,07
MIN	274,20	278,74	354,83

4.1.7 Modulus Elastisitas

Tabel 4.5 Hasil perhitungan nilai modulus elastisitas material komposit *carbon aramid/epoxy* pada temperature *post curing* 100°C, 120°C, 150°C.

Nilai Modulus Elastisitas (Gpa)			
No.	Variasi Temperatur		
	100°C	120°C	150°C
1	9,1	7,4	9,9
2	9	9,6	11,2
3	8	10,1	10,4
4	8,8	8,7	11,8
5	7,9	9,1	9,8
AVERAGE	8,6	9	10,7
STDEV	0,49	1	0,84
MAX	9,1	10,1	11,8
MIN	7,9	7,4	9,8

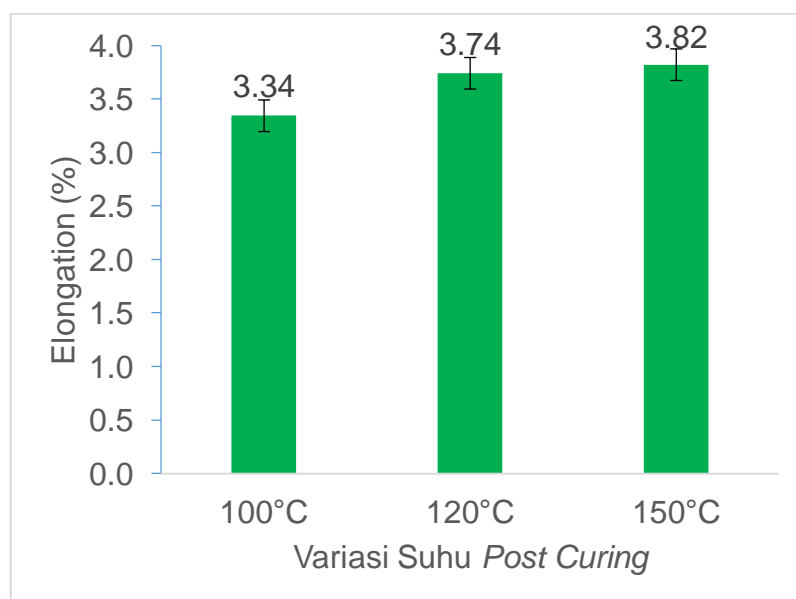


Gambar 4.5 Grafik nilai rata-rata tegangan tarik dan modulus elastisitas.

4.1.8 Regangan

Tabel 4.6 Hasil perhitungan nilai regangan tarik material komposit *carbon aramid/epoxy* pada temperature *post curing* 100°C, 120°C, 150°C

Nilai Regangan (%)			
No.	Variasi Temperatur		
	100°C	120°C	150°C
1	3,50	4,70	3,70
2	3,10	3,80	3,90
3	3,40	3,40	3,70
4	3,30	3,20	4,20
5	3,50	3,60	3,60
AVERAGE	3,34	3,74	3,82
STDEV	0,17	0,58	0,24
MAX	3,50	4,70	4,20
MIN	3,10	3,20	3,60



Gambar 4.6 Grafik nilai rata-rata regangan tarik.

4.2 Pembahasan Uji Tarik

Pada pengujian tarik didapatkan komposit dengan variasi *curing* pada temperatur 150°C memiliki kekuatan tarik rata-rata tertinggi sebesar 328,13 Mpa dengan regangan sebesar 3,52% dan modulus elastisitas sebesar 9,3 Gpa. Sedangkan variasi *post curing* dengan temperatur 150°C memiliki rata-rata kekuatan tarik tertinggi sebesar 413,88 Mpa dengan regangan sebesar 3,82% dan modulus elastisitas sebesar 10,7 Gpa. Perlakuan *post curing* memiliki pengaruh yang besar, perlakuan *post curing* 150°C membuat kenaikan yang signifikan antara kekuatan tarik dari nilai rata-rata komposit *curing*. Hal ini dikarenakan proses *curing* sudah dimulai pada saat proses pembentukan komposit pada suhu kamar yang akan menghasilkan komposit dengan nilai kekuatan yang masih rendah. Menurut Malau (2010) proses *curing* sebenarnya terjadi pada saat pemanasan diatas suhu kamar dan dimulai setelah bahan komposit menjadi padat.

Pada gambar 4.2 dari hasil data pengujian variasi temperatur *curing* material komposit tabung *carbon aramid/epoxy* dapat dianalisa bahwa terdapat peningkatan tegangan tarik. Variasi temperatur *curing* 150°C memiliki nilai rata-rata kekuatan tarik tertinggi sebesar 328,13 Mpa. Peningkatan kekuatan tarik ini disebabkan oleh peningkatan ikatan (terjadi *crosslink*) dari *epoxy* sebagai matrik seiring dengan naiknya temperatur *curing*. Menurut Emanuel (2017) bahwa kenaikan temperatur *curing* lebih besar dari suhu kamar dapat menimbulkan terjadinya peningkatan kecepatan *curing* yang diikuti dengan kenaikan kekuatan ikatan antar bahan pembentuknya, kondisi ini akan memberi *crosslinking* pada komposit yang diikuti dengan pemadatan matrik yang dapat mengurangi terjadinya *void* sehingga dapat menghasilkan kekuatan yang lebih optimal. Sedangkan nilai rata-rata modulus elastisitas komposit mengalami peningkatan, modulus elastisitas tertinggi terdapat pada temperatur *curing* 150°C sebesar 9,3 Gpa. Modulus elastisitas menunjukkan sifat kekakuan atau ketahanan terhadap deformasi elastis, hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur *curing* maka akan semakin kaku.

Pada gambar 4.3 dijelaskan dari hasil data pengujian tarik terjadi peningkatan regangan tarik, nilai regangan tarik tertinggi terdapat pada variasi

temperatur *curing* 150°C didapat nilai rata-rata regangan tarik sebesar 3.52%. Hal ini dikarenakan meningkatnya temperatur *curing* akan menyebabkan matrik menjadi semakin baik dalam mengikat serat. Menurut Emanuel (2017) bahwa nilai regangan dapat dipengaruhi perlakuan temperatur *curing* yang memberikan pengaruh pada matrik yang digunakan untuk semakin baik dalam mengikat serat.

Pada gambar 4.5 dan gambar 4.6 dijelaskan dari hasil data pengujian tarik terjadi peningkatan kekuatan tarik, regangan tarik dan modulus elastisitas tarik. Nilai kekuatan tarik tertinggi terdapat pada variasi temperatur *post curing* 150°C diperoleh nilai rata-rata kekuatan tarik sebesar 413,88 Mpa nilai regangan tarik sebesar 3,82% dan modulus elastisitas sebesar 10,7 Gpa. Hal ini dikarenakan seiring meningkatnya temperatur *post curing* akan menyebabkan meningkatnya ikatan *crosslink* sehingga komposit menjadi semakin padat yang juga menyebabkan meningkatnya regangan komposit. Menurut Ritonga (2014) bahwa peningkatan temperature *post curing* akan menyebabkan molekul-molekul matrik atau resin bergerak lebih cepat untuk menyusun ulang dan membentuk ikatan *crosslink* yang lebih besar.

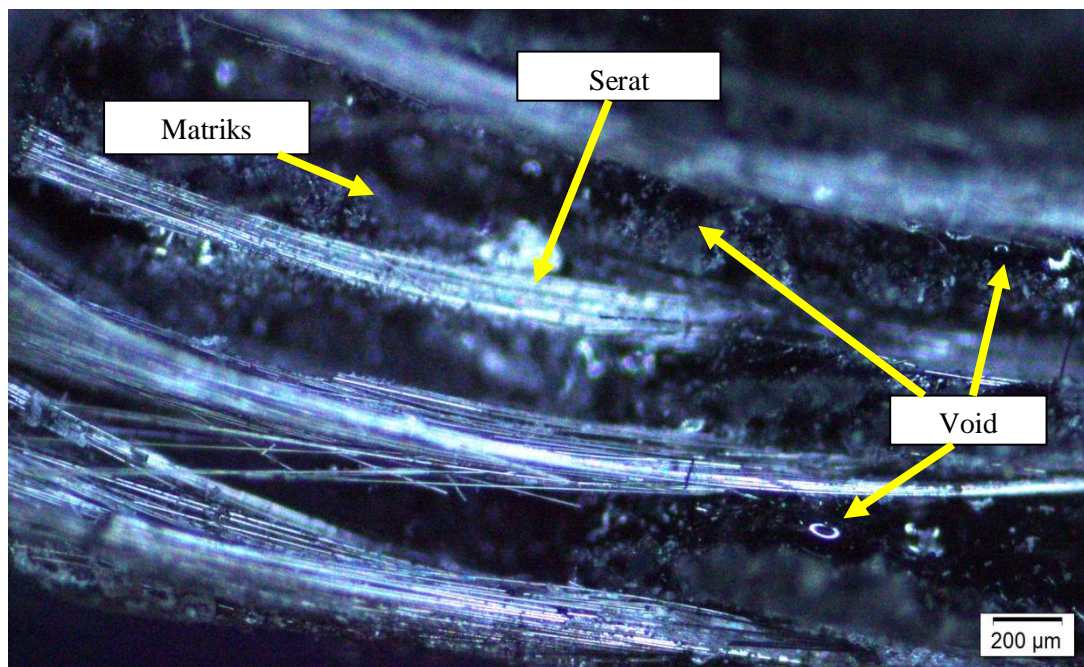
Selain pengaruh proses *curing* dan *post curing*, jenis serat komposit yang digunakan juga mempengaruhi terhadap kekuatan, regangan dan sifat mekanis lainnya. Komposit dengan susunan serat jenis serat anyaman (*woven roving*) memiliki ketahanan dan kekuatan yang lebih baik dari jenis susunan lainnya, karena memiliki susunan serat yang teratur saling mengikat antar serat lainnya.

Dibandingkan dengan penelitian Yakub (2013) yang menganalisa kondisi optimum desain rangka sepeda material komposit *carbon aramid/epoxy* dengan metode taguchi dan analisi ANOVA dengan beban pengendara sebesar 90 kg. Pengujian yang dilakukan adalah uji tarik dengan variasi jumlah layer 2, 4 dan 6. Dari hasil uji tersebut didapatkan hasil uji tarik sebesar 225.40 Mpa pada variasi 2 layer, 225.10 Mpa pada variasi 4 layer dan 194.40 Mpa pada variasi 6 layer. Hasil tersebut jauh lebih rendah dari hasil uji tarik penelitian ini, dimana hasil tertinggi yang didapatkan pada variasi *curing* 150°C sebesar 328,13 Mpa dan variasi *post curing* 150°C 413,88 Mpa. Perlakuan *curing* dan *post curing* sangat berpengaruh

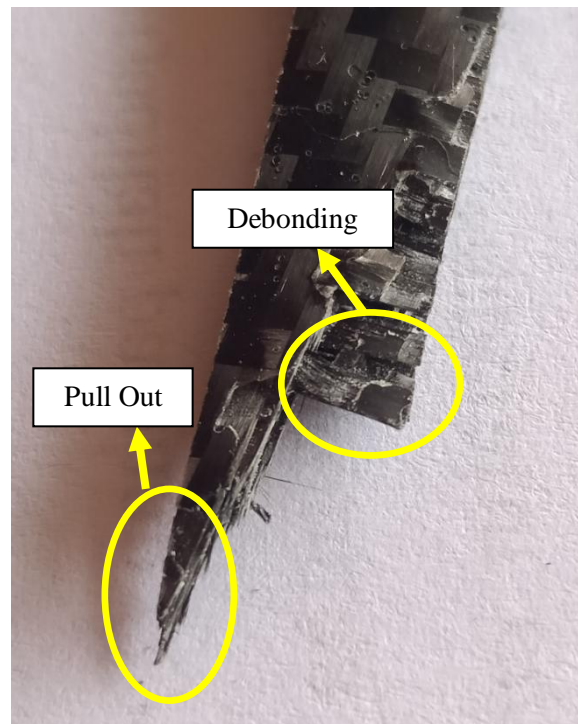
terhadap kekuatan material komposit *carbon aramid/epoxy*, selain itu juga dapat mempercepat pengeringan material komposit

4.3 Hasil Fraktografi Pengujian Tarik

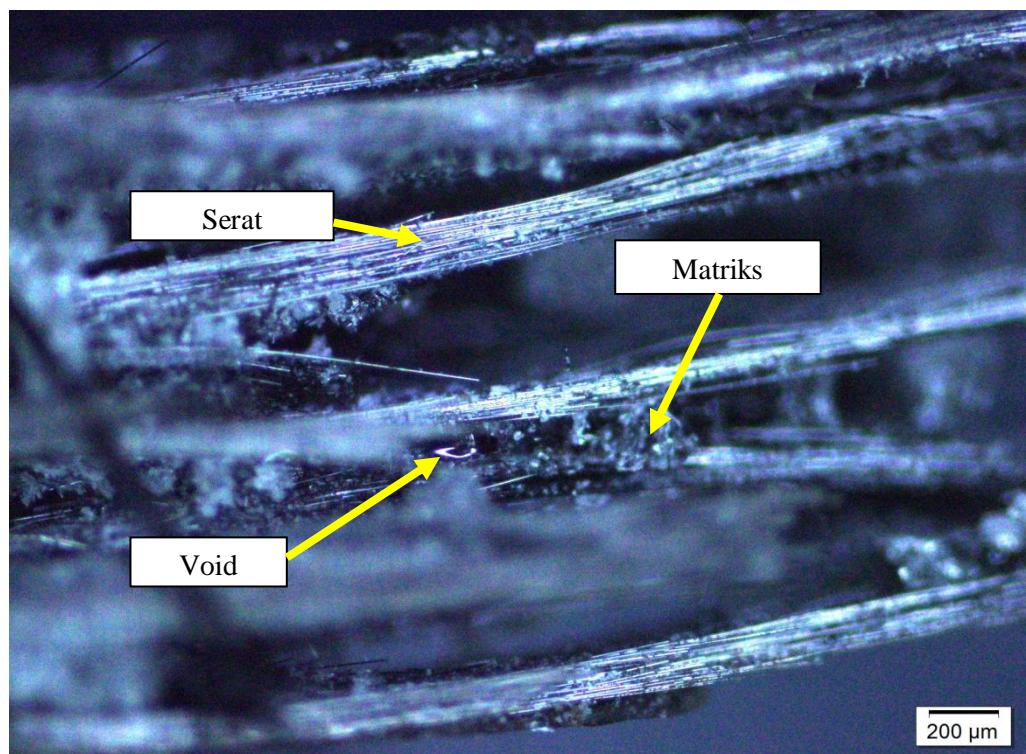
Pada pengujian ini spesimen hasil uji tarik dipotong pada bagian patahan tarik kurang lebih 2 cm, untuk dapat diamati perbedaan variasi temperatur *curing* dan *post curing* menggunakan makro optik digital. Hasil makro ditunjukkan pada gambar berikut :



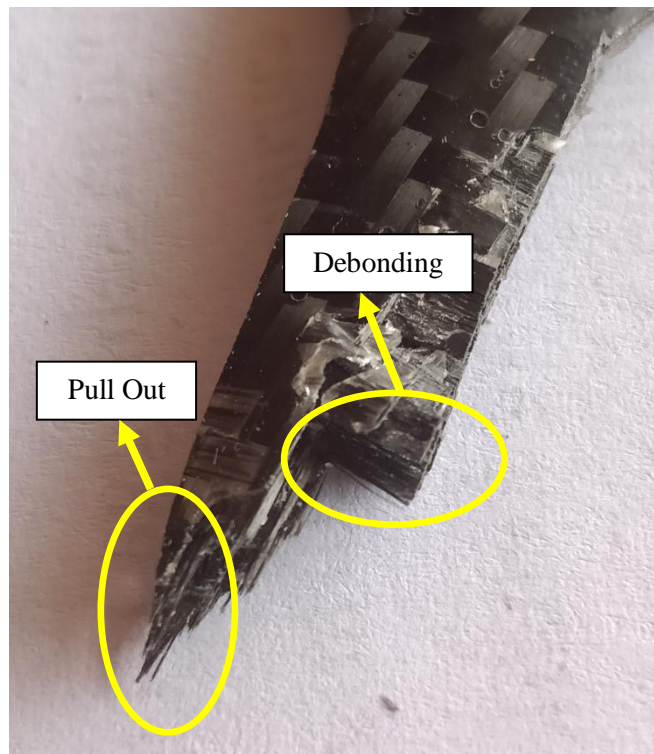
Gambar 4.7 Fraktografi uji tarik variasi temperatur *curing* 100°C.



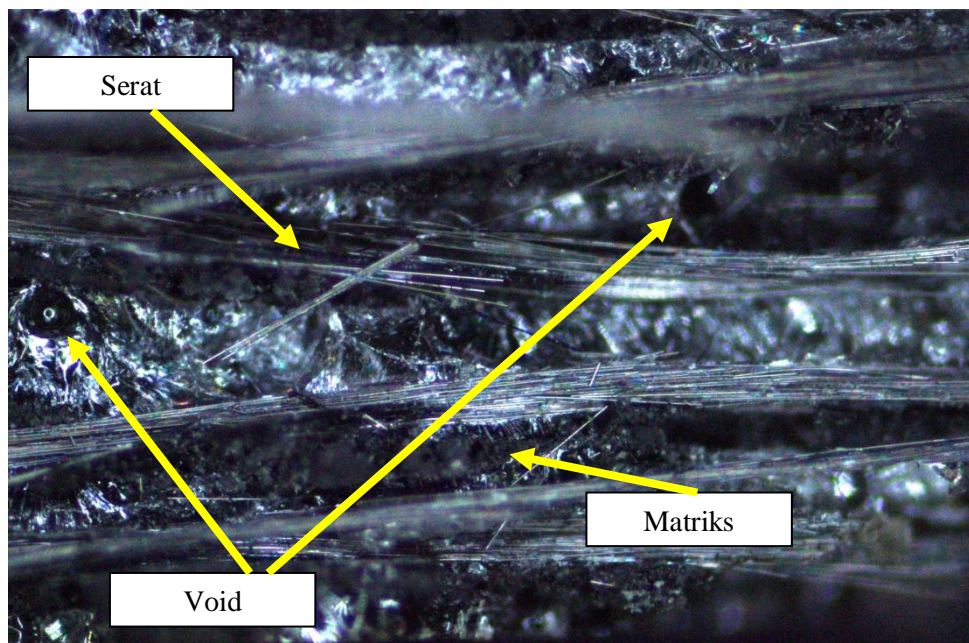
Gambar 4.8 Foto spesimen uji tarik variasi temperatur *curing* 100°C.



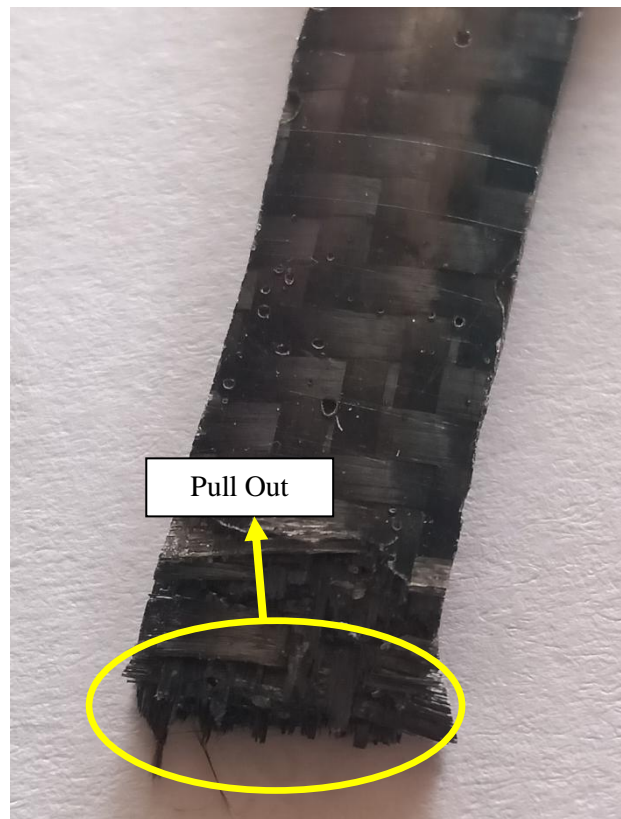
Gambar 4.9 Fraktografi uji tarik variasi temperatur *curing* 120°C.



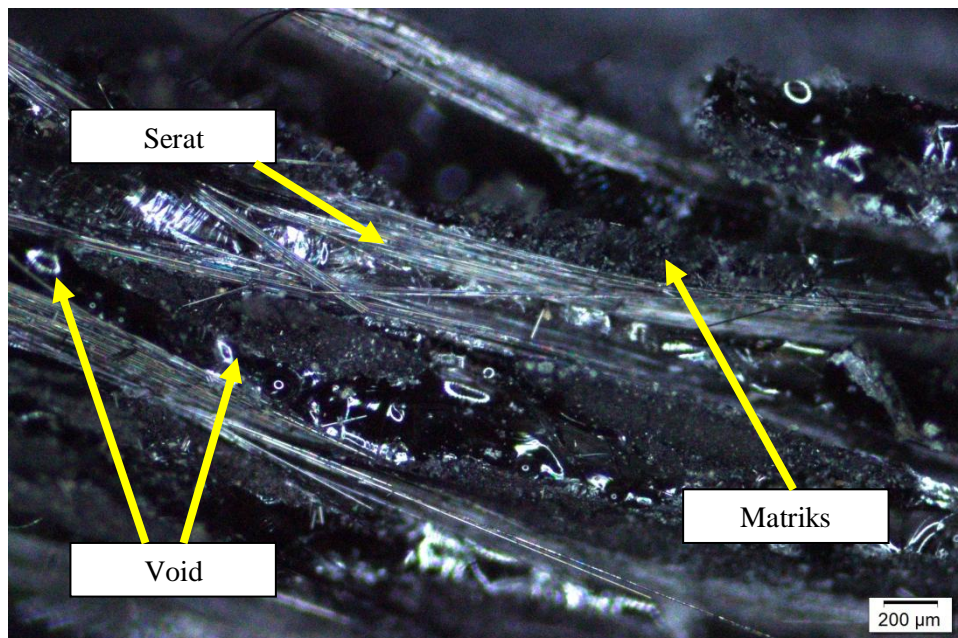
Gambar 4.10 Foto spesimen uji tarik variasi temperatur *curing* 120°C.



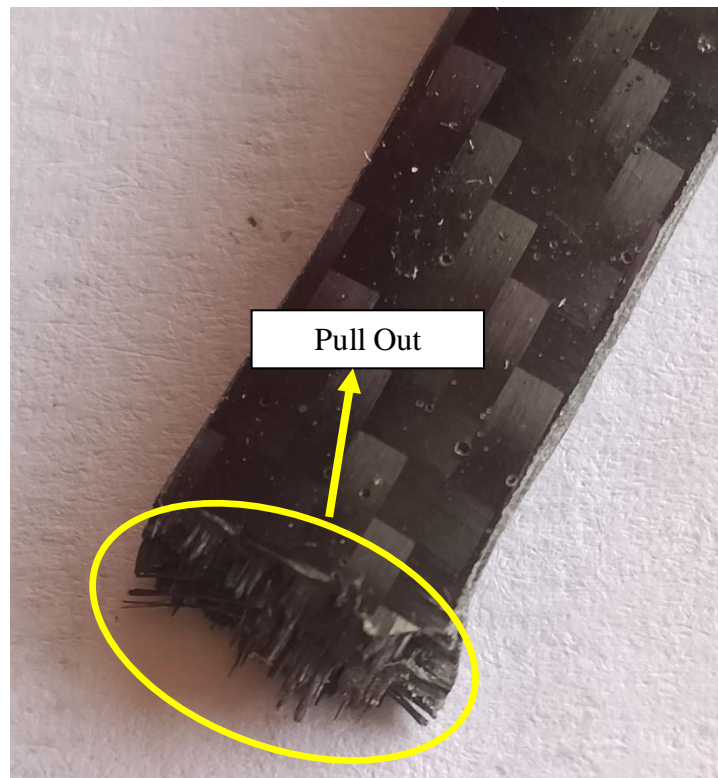
Gambar 4.11 Fraktografi uji tarik variasi temperatur *curing* 150°C.



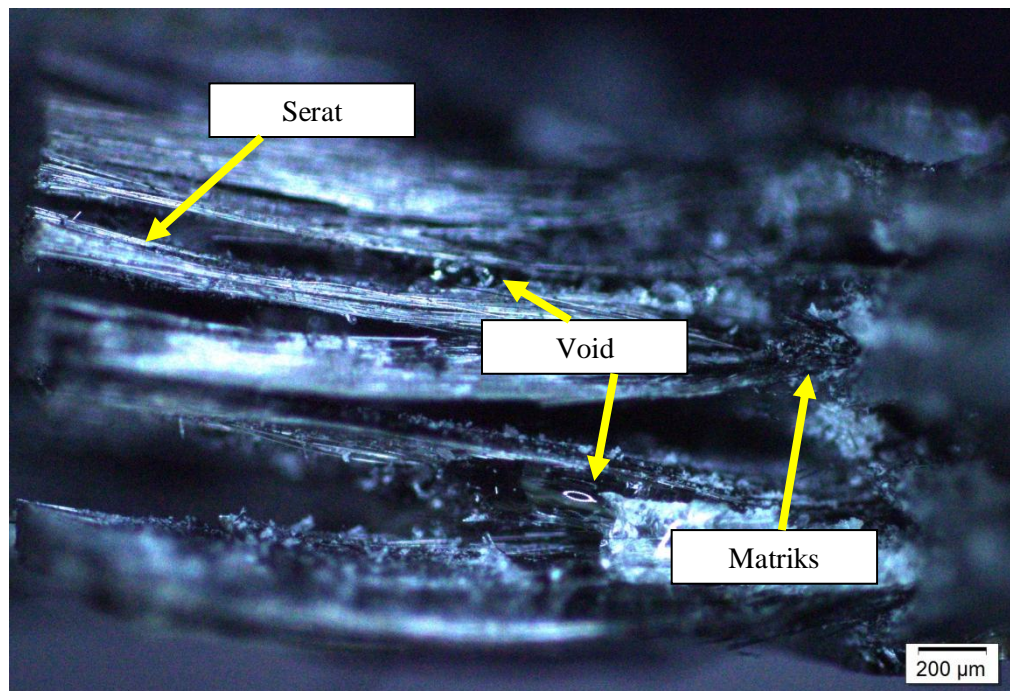
Gambar 4.12 Foto spesimen uji tarik variasi temperatur *curing* 150°C.



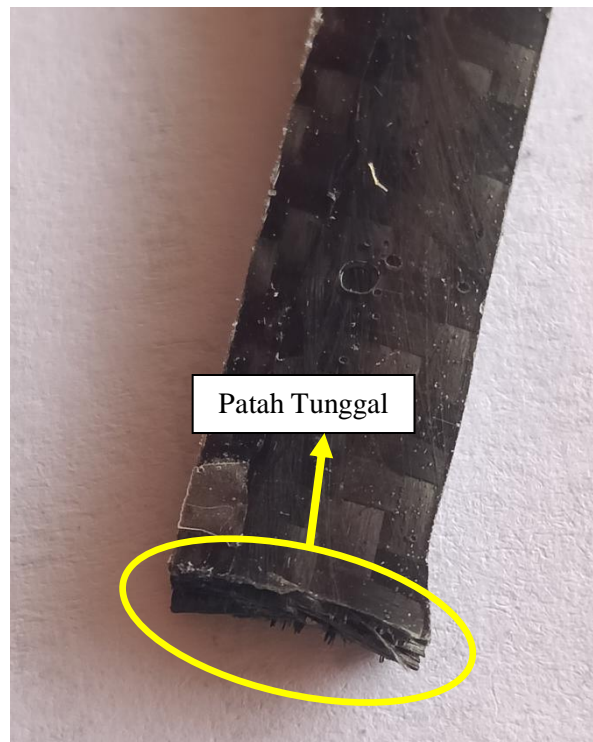
Gambar 4.13 Fraktografi uji tarik variasi temperatur *post curing* 100°C.



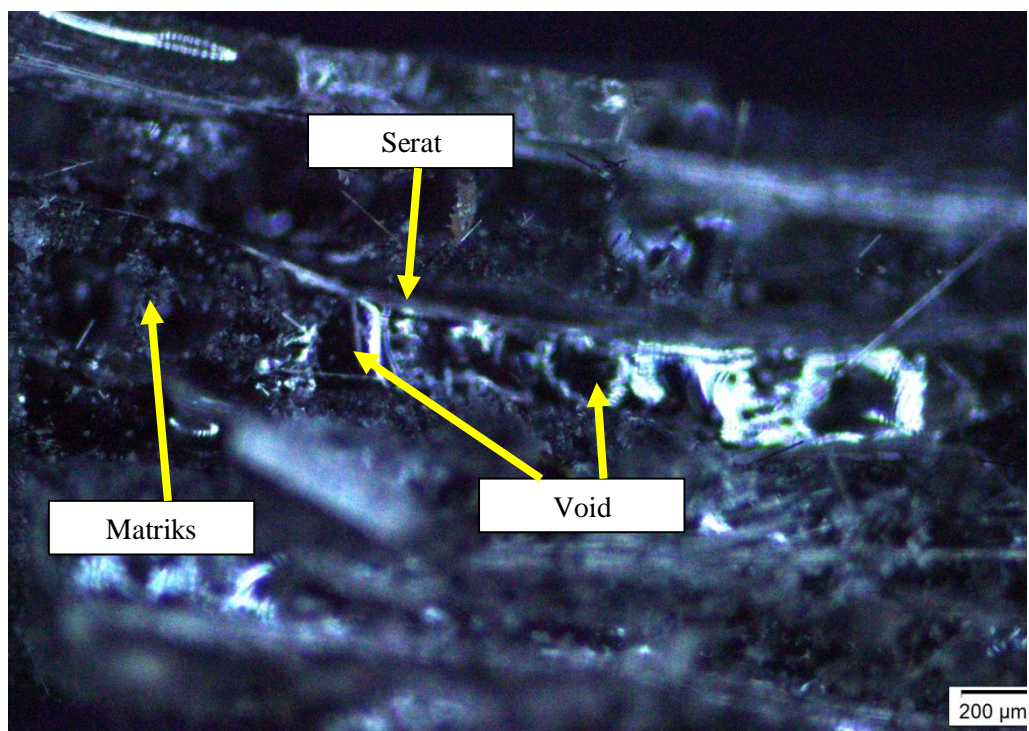
Gambar 4.14 Foto spesimen uji tarik variasi temperatur *post curing* 100°C.



Gambar 4.15 Fraktografi uji tarik variasi temperatur *post curing* 120°C.



Gambar 4.16 Foto spesimen uji tarik variasi temperatur *post curing* 120°C.



Gambar 4.17 Fraktografi uji tarik variasi temperatur *post curing* 150°C.



Gambar 4.18 Foto spesimen uji tarik variasi temperatur *post curing* 150°C.

4.4 Pembahasan Fraktografi Uji Tarik

Dari hasil pengujian fraktografi dapat dilihat bahwa setiap variasi temperatur pada spesimen terdapat rongga (void) yang akan mengakibatkan penurunan sifat mekanis. Ada beberapa penyebab void pada spesimen yaitu tidak adanya tekanan ke spesimen pada waktu proses *curing*, proses pengadukan resin *epoxy* dan *hardener* menciptakan banyak rongga (void), dan proses *hand lay-up* juga menciptakan banyak *void*. Pada gambar 4.7 menunjukkan hasil fraktografi spesimen serat *carbon aramid/epoxy* variasi temperatur 100°C terdapat banyak rongga (void), begitu pula dengan variasi temperatur curing 120°C dan 150°C yang ditunjukkan pada gambar 4.9 dan gambar 4.11. Akan tetapi, setiap kenaikan temperatur *curing* mengurangi jumlah rongga (void) pada spesimen. Menurut Emanuel (2017) bahwa kenaikan temperatur *curing* lebih besar dari suhu kamar dapat menimbulkan terjadinya peningkatan kecepatan *curing* yang diikuti dengan kenaikan kekuatan ikatan antar bahan pembentuknya, kondisi ini akan memberi

crosslinking pada komposit yang diikuti dengan pemadatan matrik yang dapat mengurangi terjadinya *void* sehingga dapat menghasilkan kekuatan yang lebih optimal.

Pada variasi temperatur *post curing* jumlah rongga (*void*) lebih sedikit dari pada variasi temperatur *curing* yang di tunjukkan pada gambar 4.13, gambar 4.15 dan gambar 4.17. Hal ini dikarenakan peningkatan temperatur *post curing* akan menyebabkan molekul-molekul matrik bergerak lebih cepat untuk menyusun ulang dan membentuk ikatan *crosslink* yang lebih besar dan mengurangi *void* (Ritonga, 2014).

Analisa kegagalan uji tarik di tunjukkan pada gambar 4.8, gambar 4.10, gambar 4.12 dan gambar 4.14 dengan patahan *pull out* dan *de bounding*. Patahan *pull out* terjadi karena tercabutnya serat dari matriks yang disebabkan ketika matriks retak akibat beban tarik, kemampuan untuk menahan beban akan berkurang, namun komposit masih mampu menahan beban walaupun beban yang mampu ditahan lebih kecil daripada beban maksimum. *De bounding* terjadi dikarenakan lepasnya ikatan pada bidang kontak matrik dan serat, hal ini terjadi dikarenakan tidak adanya tekanan saat pembuatan komposit sehingga serat dan matriks tidak terikat sempurna. Pada gambar 4.16 dan gambar 4.18 patahan terlihat lebih rapi atau disebut dengan patahan tunggal, patahan ini lebih baik karena karena ikatan antara matriks dan serat terikat dengan sempurna.

4.5 Hasil Penelitian Uji Tekan

Pada pengujian tekan komposit tabung *carbon aramid/epoxy* diperoleh 3 parameter parameter data kekuatan mekanis komposit seperti tegangan tekan, regangan tekan dan modulus elastisitas tekan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat uji *Zwick roll Z020* dengan kecepatan uji sebesar 2 mm/min.

Berikut hasil data pengujian tekan pada variasi temperatur *curing* 100°C, 120°C, 150°C sebagai berikut:

4.5.1 Tegangan

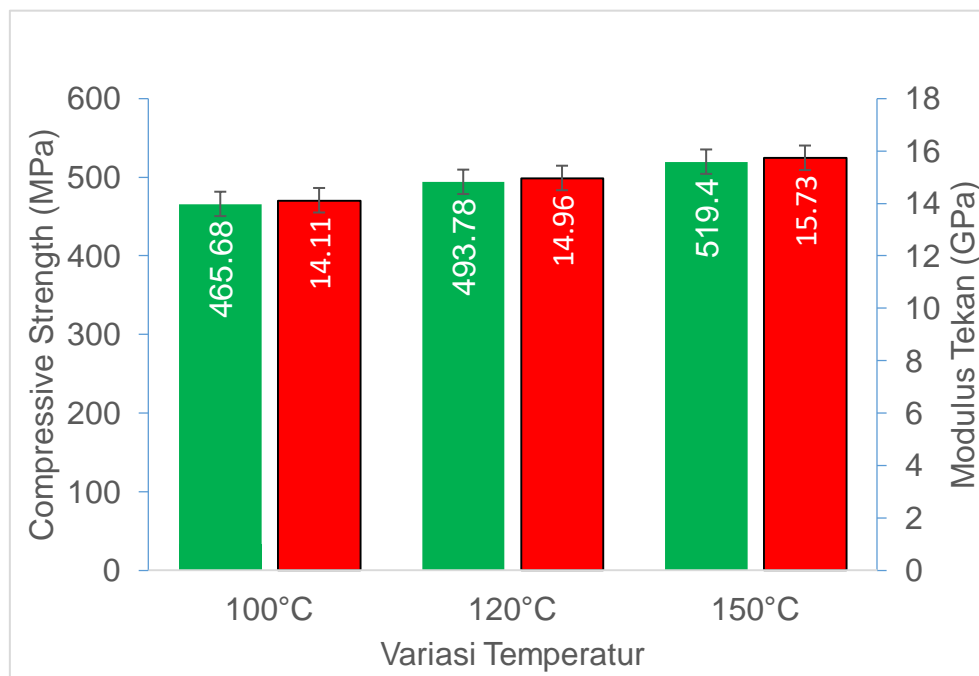
Tabel 4.7 Hasil perhitungan nilai tegangan kuat tekan material komposit *carbon aramid/epoxy* pada temperatur *curing* 100°C, 120°C, 150°C.

Nilai Tegangan Tekan (Mpa)			
No.	Variasi Temperatur		
	100°C	120°C	150°C
1	482	506	558
2	422	483	524
3	513,4	522	493
4	452	492,92	526
5	459	465	496
AVERAGE	465,68	493,78	519,4
STDEV	34,21	21,74	26,45
MAX	513,4	522	558
MIN	422	465	493

4.5.2 Modulus Tekan

Tabel 4.8 Hasil perhitungan nilai modulus tekan material komposit *carbon aramid/epoxy* pada temperatur *curing* 100°C, 120°C, 150°C.

Nilai Modulus Tekan (Mpa)			
No.	Variasi Temperatur		
	100°C	120°C	150°C
1	14,6	15,3	16,9
2	12,78	14,63	15,87
3	15,55	15,8	14,93
4	13,69	14,93	15,93
5	13,9	14	15
AVERAGE	14,11	14,96	15,73
STDEV	1,03	0,65	0,8
MAX	15,55	15,8	16,9
MIN	12,78	14	14,93



Gambar 4.19 Grafik nilai rata-rata tegangan tekan dan modulus tekan.

Berikut hasil data pengujian tekan pada variasi temperatur *post curing* 100°C, 120°C, 150°C sebagai berikut:

4.5.3 Tegangan

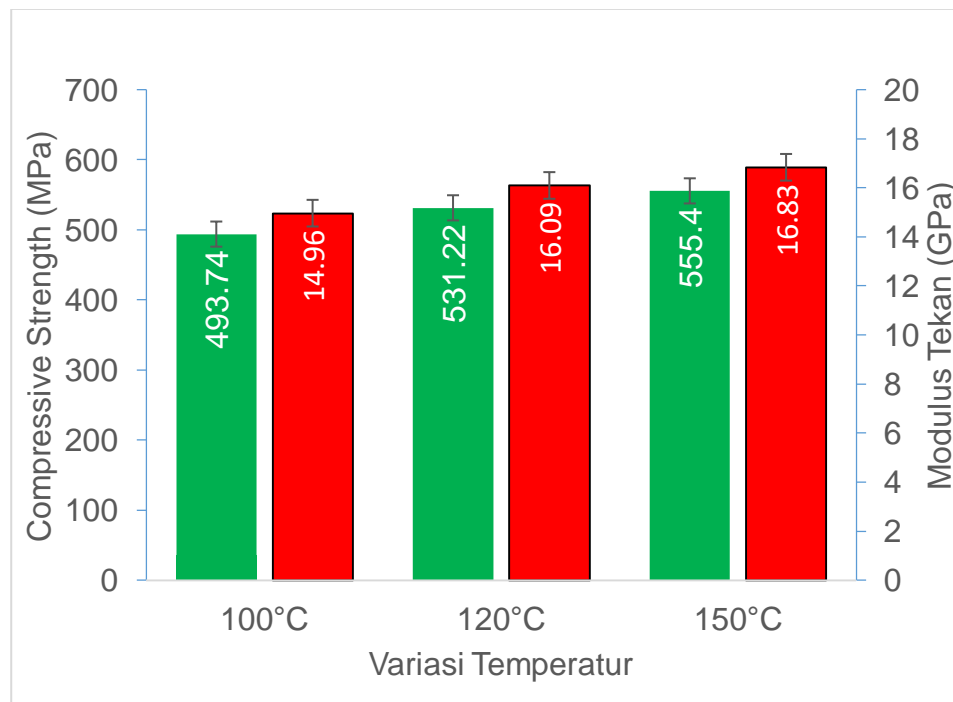
Tabel 4.9 Hasil perhitungan tegangan nilai kuat tekan material komposit *carbon aramid/epoxy* pada temperatur *post curing* 100°C, 120°C, 150°C.

Nilai Tegangan Tekan (Mpa)			
No.	Variasi Temperatur		
	100°C	120°C	150°C
1	502	548	598
2	452	488	584
3	523,71	592	493
4	492	513,13	526
5	499	515	576
AVERAGE	493,74	531,22	555,4
STDEV	26,16	40,1	44,2
MAX	523,71	592	598
MIN	492	488	493

4.5.4 Modulus Tekan

Tabel 4.10 Hasil perhitungan nilai modulus tekan material komposit *carbon aramid/epoxy* pada temperatur *post curing* 100°C, 120°C,150°C.

Nilai Modulus Tekan (Mpa)			
No.	Variasi Temperatur		
	100°C	120°C	150°C
1	15,21	16,6	18,12
2	13,69	14,78	17,69
3	15,87	17,93	14,93
4	14,9	15,54	15,93
5	15,12	15,6	17,45
AVERAGE	14,96	16,09	16,83
STDEV	0,79	1,21	1,33
MAX	15,87	17,93	17,69
MIN	13,69	14,78	15,93

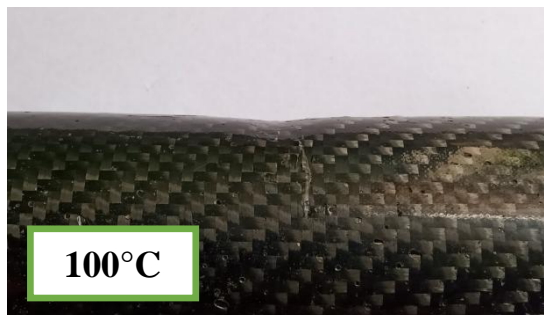


Gambar 4.20 Grafik nilai rata-rata tegangan tekan dan modulus tekan.

4.6 Pembahasan Uji Tekan

Diketahui pada gambar 4.19 dijelaskan dari hasil data variasi *curing* pengujian tekan terjadi peningkatan pada tegangan tekan dan modulus elastisitas tekan. Nilai tegangan tekan dan modulus elastisitas terbesar terdapat pada variasi 150°C sebesar 558 Mpa dan modulus tekan sebesar 16,9 Mpa. Hal ini dikarenakan terjadinya peningkatan ikatan crosslink seiring naiknya temperatur *curing*. Namun peningkatan tegangan tekan tidak terlalu signifikan pada proses *curing*, hal ini karena tidak adanya peningkatan waktu pada proses *curing*.

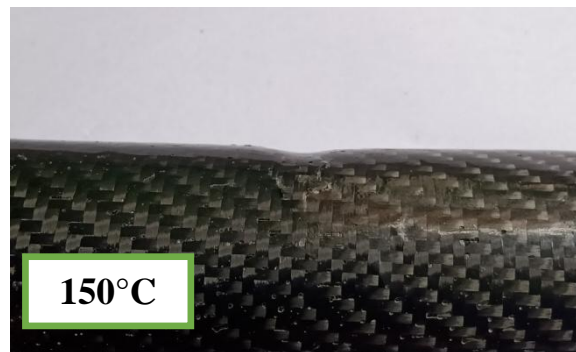
Pada gambar 4.20 dijelaskan dari hasil data variasi *post curing* pengujian tekan mengalami peningkatan pada nilai tegangan tekan dan nilai modulus tekan. Nilai tegangan tekan dan modulus tekan terbesar terjadi pada variasi 150°C sebesar 598 Mpa dan modulus elastisitas 17,69 Mpa. Hal ini dikarenakan terjadi peningkatan ikatan *crosslink* antara serat dan matriks yang membentuk molekul matriks menjadi lebih besar pada saat proses *post curing* yang membuat komposit menjadi lebih kuat dan kaku.



(a)

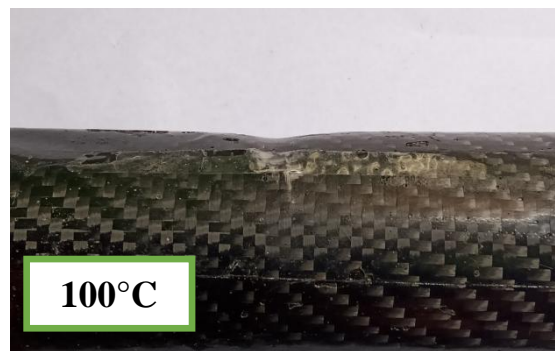


(b)

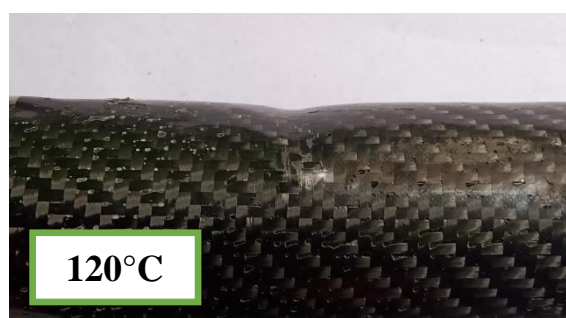


(c)

Gambar 4.21 Spesimen hasil pengujian tekan variasi temperatur *curing*
(a) 100°C (b) 120°C (c) 150°C.



(a)



(b)



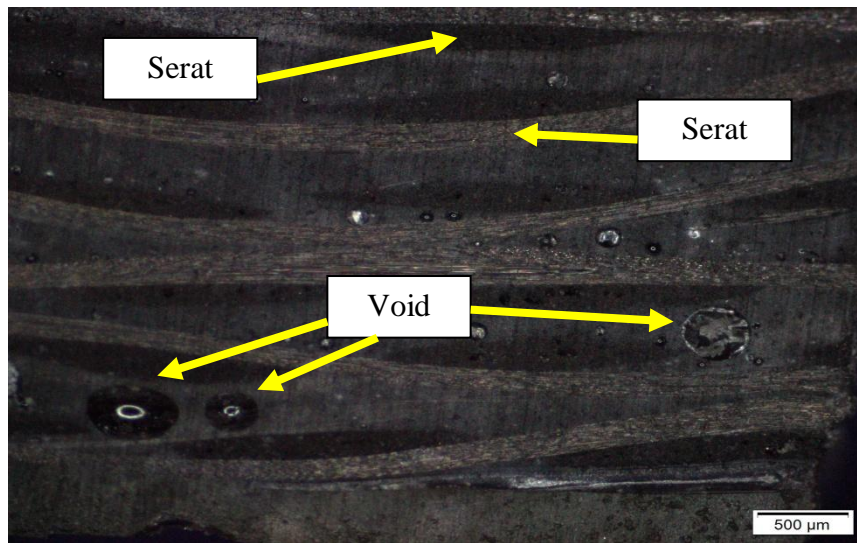
(c)

Gambar 4.22 Spesimen hasil pengujian tekan variasi temperatur *post curing* (a) 100°C (b) 120°C (c) 150°C.

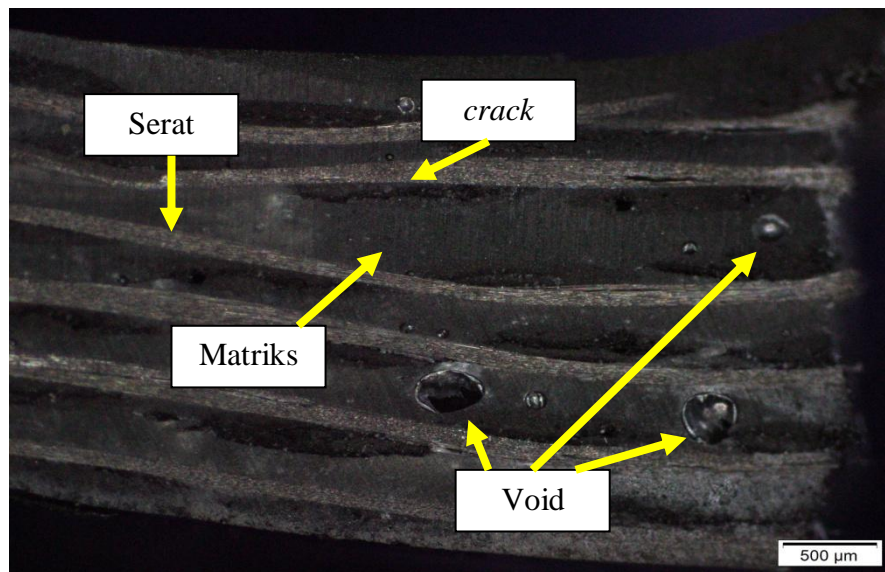
Menurut Bodja (2010) pada waktu proses *post curing* material mencapai *glass transition temperature* dimana pada kondisi ini molekul–molekul resin menerima lebih banyak energi dan meningkatkan pergerakan molekul–molekul tersebut. Molekul–molekul tersebut tersusun ulang dan membentuk ikatan *crosslink*. Hal ini menyebabkan material menjadi lebih fleksibel. Ketika material tersebut didinginkan maka mobilitas dari molekul akan turun kembali dan menyebabkan material menjadi kaku kembali. Fenomena ini menyebabkan material mengalami peningkatan kekuatan.

4.7 Hasil Makro Pengujian Tekan

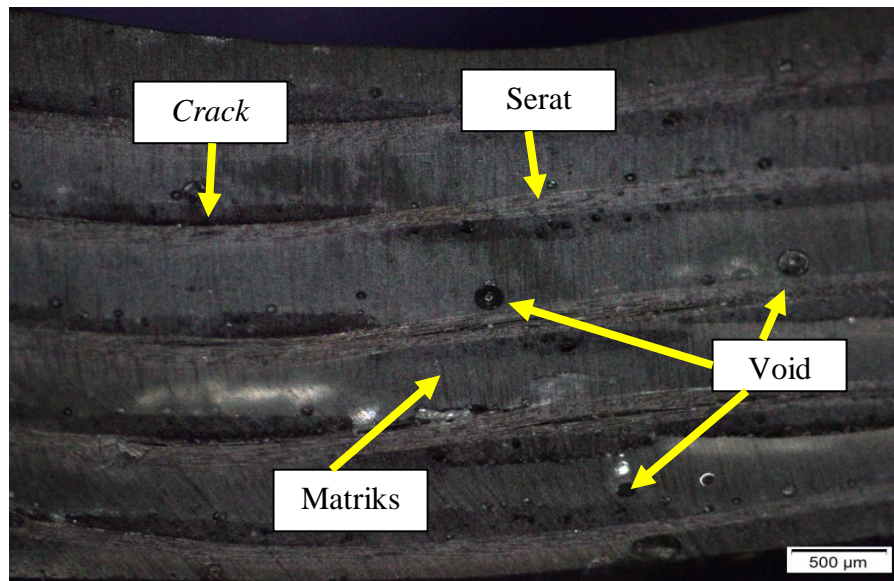
Pada pengujian ini spesimen hasil uji tekan dipotong pada bagian lengkungan tekan kurang lebih 2 cm, untuk dapat diamati perbedaan variasi temperatur *curing* dan *post curing* menggunakan mikroskop optik digital. Hasil makro ditunjukkan pada gambar berikut :



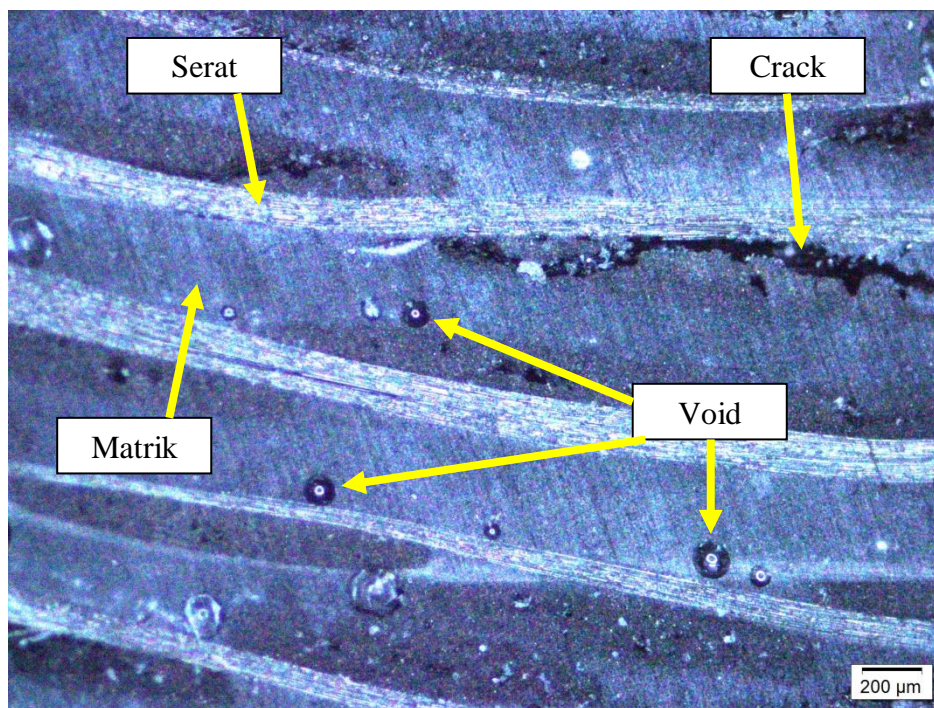
Gambar 4.23 Foto Makro uji tekan variasi temperatur *curing* 100°C.



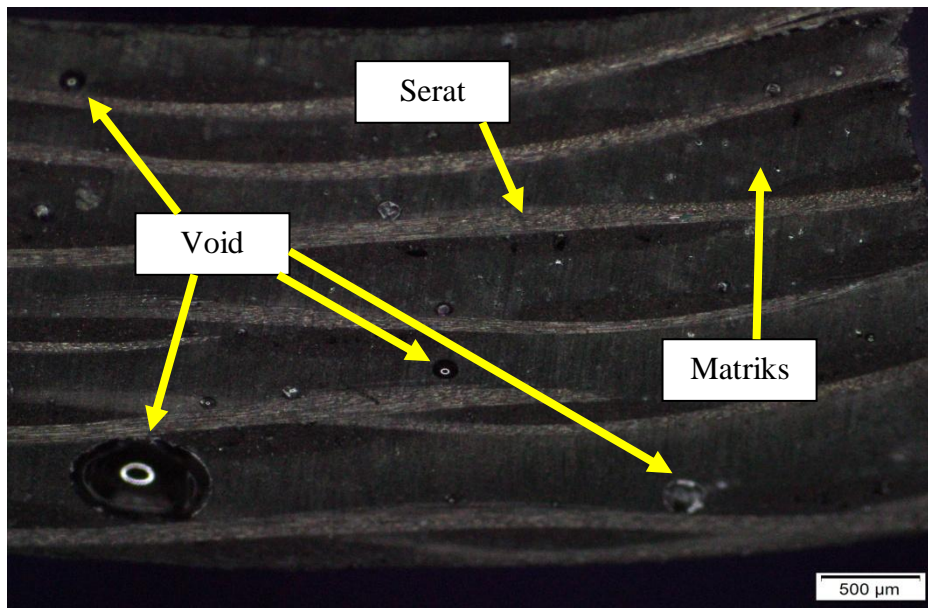
Gambar 4.24 Foto Makro uji tekan variasi temperatur *curing* 120°C.



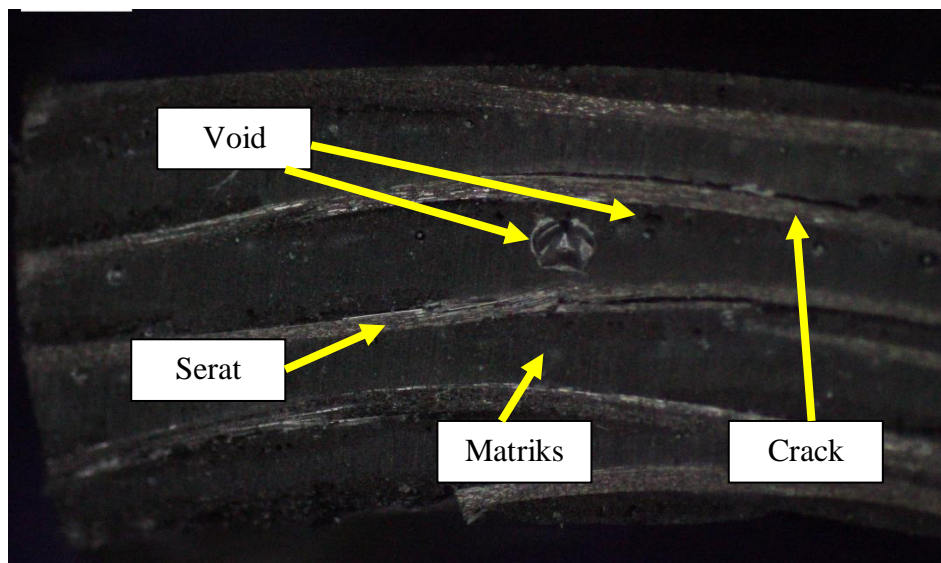
Gambar 4.25 Foto Makro uji tekan variasi temperatur *curing* 150°C.



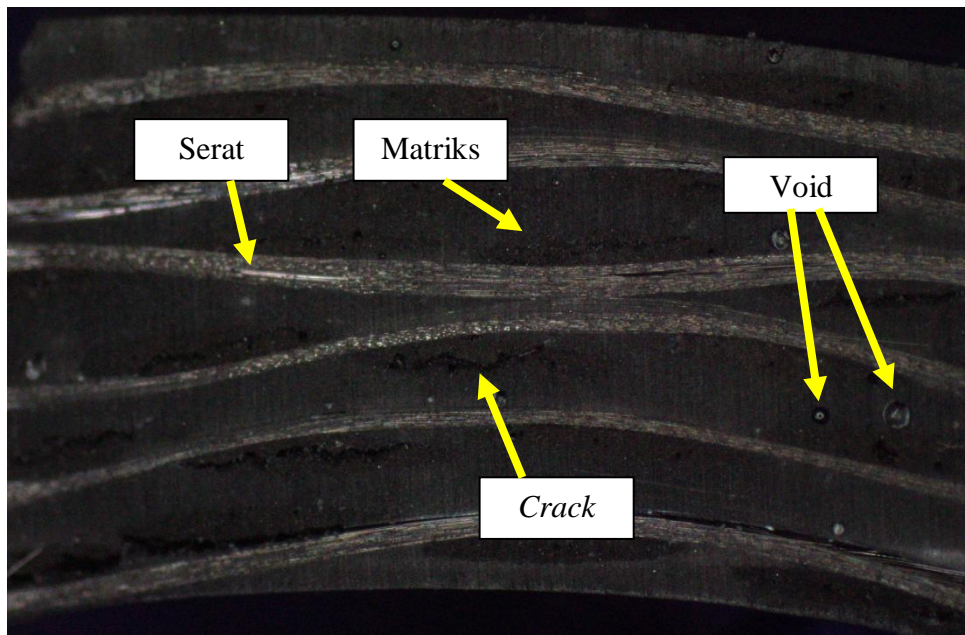
Gambar 4.26 Foto Makro uji tekan variasi temperatur *curing* pembesaran 45 kali.



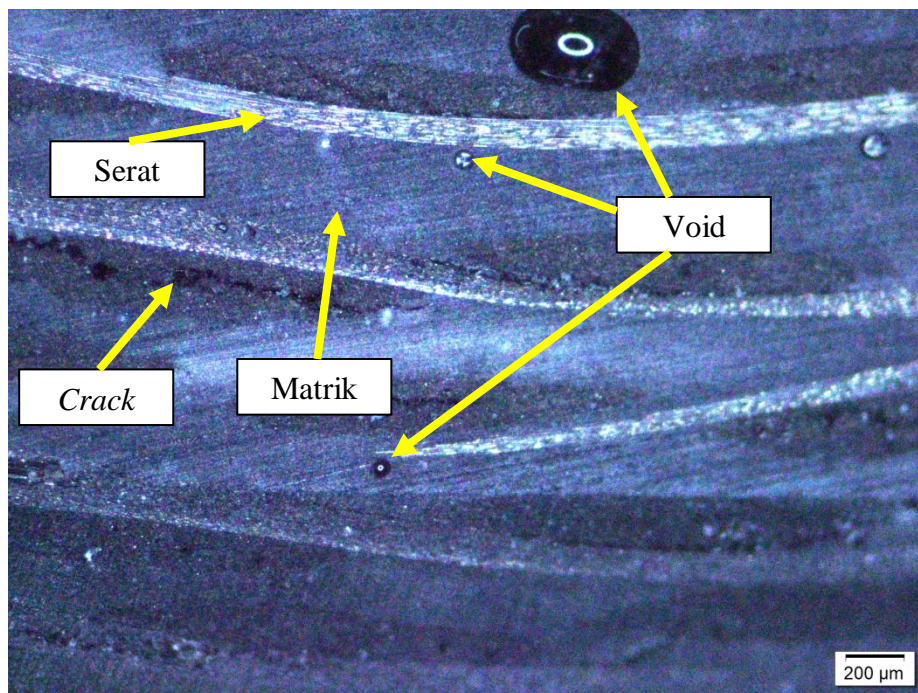
Gambar 4.27 Foto Makro uji tekan variasi temperatur *post curing* 100°C.



Gambar 4.28 Foto Makro uji tekan variasi temperatur *post curing* 120°C.



Gambar 4.29 Foto Makro uji tekan variasi temperatur *post curing* 150°C.



Gambar 4.30 Foto Makro uji tekan variasi temperatur *post curing* pembesaran 45 kali.

4.8 Pembahasan Hasil Makro Uji Tekan

Diketahui dari hasil pengujian bahwa setiap variasi temperatur pada spesimen terdapat rongga (*void*) yang akan mengakibatkan penurunan sifat mekanis tekan. Ada beberapa penyebab *void* pada spesimen karena tidak adanya tekanan ke spesimen pada waktu proses *curing*, proses pengadukan resin *epoxy* dan *hardener* menciptakan banyak rongga (*void*), dan proses *hand lay-up* juga menciptakan banyak *void*. Pada gambar 4.23 menunjukkan hasil makro spesimen serat *carbon aramid/epoxy* variasi temperatur 100°C terdapat banyak rongga (*void*), begitu pula dengan variasi temperatur curing 120°C dan 150°C yang ditunjukkan pada gambar 4.24 dan gambar 4.25. Selain itu, terdapat patahan (*crack*) yang di ditunjukkan pada gambar 4.24, gambar 4.25 dan gambar 4.26 pembesaran 15 kali terlihat jauh lebih jelas. Pada gambar 4.28, gambar 4.29 dan gambar 4.30 pembesaran 15 kali patahan (*crack*) terlihat lebih jelas. Patahan (*crack*) terjadi dikarenakan pada waktu pengujian tekan matriks dan serat tidak terikat sempurna sehingga terjadilah patahan (*crack*). Akan tetapi, setiap kenaikan temperatur *curing* mengurangi jumlah rongga (*void*) pada spesimen. Menurut Emanuel (2017) bahwa kenaikan temperatur *curing* lebih besar dari suhu kamar dapat menimbulkan terjadinya peningkatan kecepatan *curing* yang diikuti dengan kenaikan kekuatan ikatan antar bahan pembentuknya, kondisi ini akan memberi *crosslinking* pada komposit yang diikuti dengan pemadatan matrik yang dapat mengurangi terjadinya *void* sehingga dapat menghasilkan kekuatan yang lebih optimal.

Pada variasi temperatur *post curing* jumlah rongga (*void*) lebih sedikit dari pada variasi temperatur *curing* yang di tunjukkan pada gambar 4.27, gambar 4.28 dan gambar 4.29. Hal ini dikarenakan peningkatan temperatur *post curing* akan menyebabkan molekul-molekul matrik atau resin bergerak lebih cepat untuk menyusun ulang dan membentuk ikatan *crosslink* yang lebih besar dan mengurangi *void* (Ritonga, 2014).