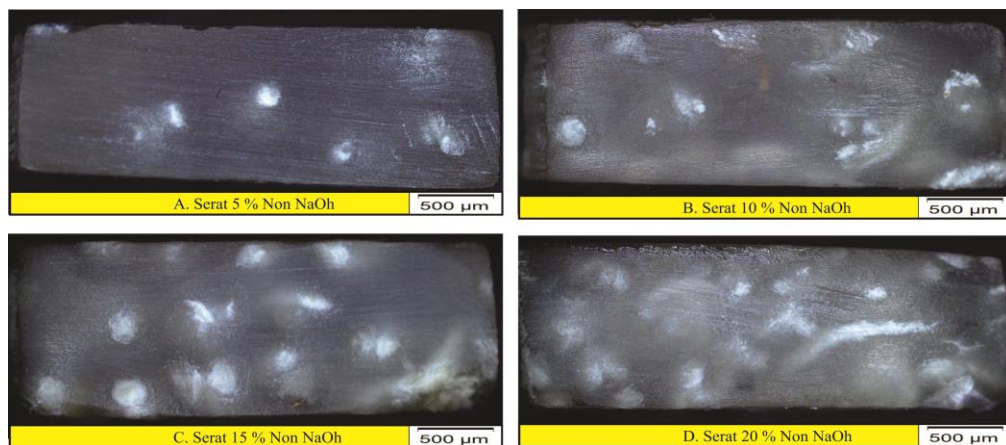


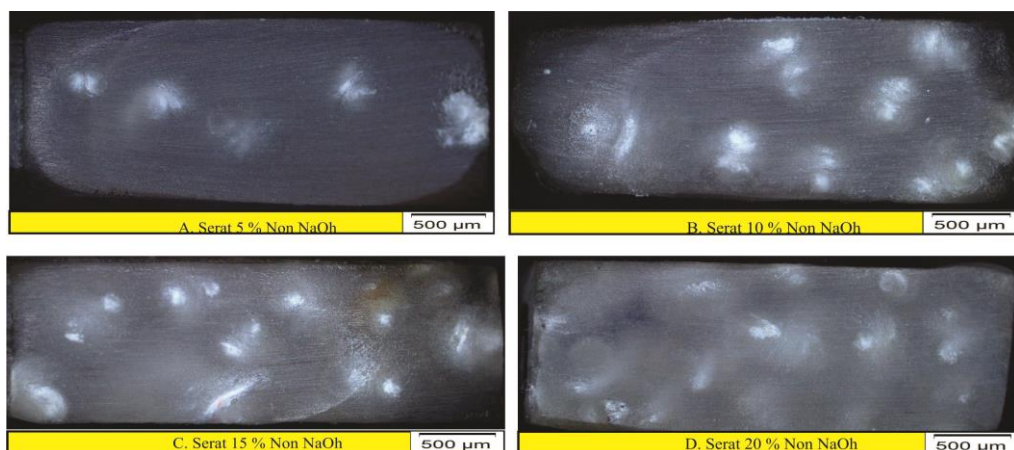
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi fraksi volume serat kapas *unidirectional polyester* terhadap kekuatan, regangan, modulus elastisitas tekan bahan komposit terhadap beban suatu material. Berdasarkan jenis dan analisa patahan material komposit.

4.1 Fraksi Volume Serat Aktual



Gambar 4.1. Foto makro spesimen tekan tanpa perlakuan NaOH (a) V_f 5 %; (b) V_f 10 %; (c) V_f 15 %; dan (d) V_f 20 %



Gambar 4.2. Foto makro spesimen tekan dengan perlakuan NaOH (a) V_f 5 %; (b) V_f 10 %; (c) V_f 15 %; dan (d) V_f 20 %

Gambar 4.1 adalah foto makro penampang spesimen uji patahan penampang tekan tanpa perlakuan NaOH dan 4.2. adalah patahan penampang tekan dengan perlakuan NaOH. Fraksi volume serat aktual dapat diketahui dengan menganalisa foto makro tersebut. Selain fraksi volume serat gambar hasil foto makro spesimen uji juga dapat digunakan untuk menganalisa merata atau tidaknya distribusi serat kapas. Analisa fraksi volume aktual serat spesimen dengan menggunakan bantuan perangkat lunak terbuka *ImageJ*.

Hasil analisa pengamatan pada foto makro menunjukkan bahwa pada setiap fraksi volume serat pada komposit serat kapas *unidirectional/polyester* sebaran serat tidak merata, persebaran serat yang kurang merata disebabkan bahwa dalam penyusunan serat dilakukan secara manual. Selanjutnya untuk penghitungan fraksi volume aktual diambil dari dua sampel spesimen uji fraksi volume serat dan hasilnya di tampilkan pada tabel 4.1 untuk spesimen tekan tanpa perlakuan NaOH dan tabel 4.2 untuk spesimen tekan dengan perlakuan NaOH.

Tabel 4.1. Fraksi volume aktual spesimen tekan tanpa perlakuan NaOH.

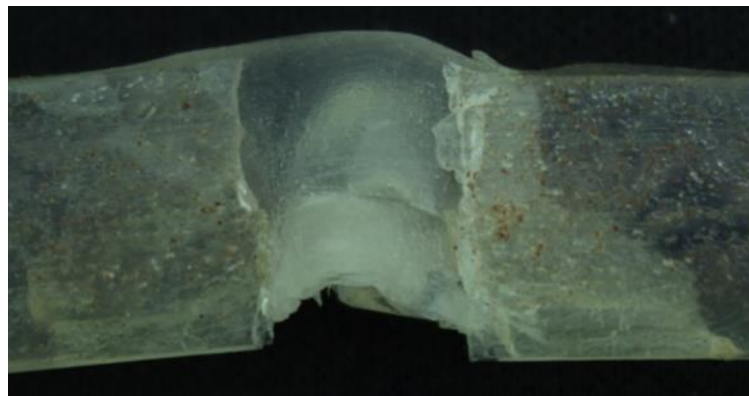
Fraksi Volume (%)	Spesimen	Fraksi Volume Aktual (%)	Rata-rata (%)
5	1	4,6	4,6
	2	4,7	
10	1	8,5	7
	2	5,5	
15	1	11,2	11,2
	2	11,3	
20	1	16,9	16,7
	2	16,4	

Tabel 4.2. Fraksi volume aktual spesimen tekan dengan perlakuan NaOH.

Fraksi Volume (%)	Spesimen	Fraksi Volume Aktual (%)	Rata-rata (%)
5	1	3,5	3,8
	2	4,2	
10	1	6,5	6,8
	2	7,1	
15	1	9,7	9,4
	2	9,2	
20	1	14,2	17,4
	2	20,6	

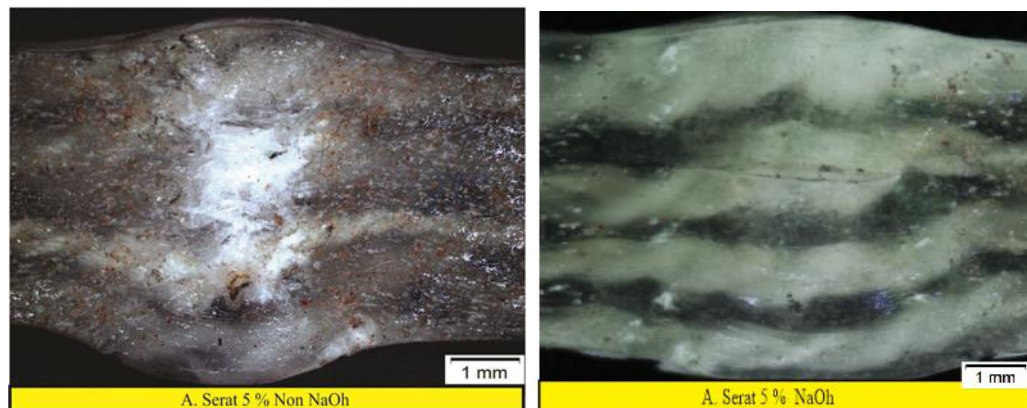
Pada Tabel 4.1. dan Tabel 4.2 di atas dilihat dari fraksi volume aktual terdapat nilai spesimen satu dengan dua mempunyai perbedaan nilai fraksi yang sangat jauh nilainya seperti pada fraksi aktual $V_f = 8,5 \%$ dengan $V_f = 5,5 \%$ (Tabel 4.1.) dan $V_f = 14,2 \%$ dengan $V_f = 20,6 \%$ (Tabel 4.2). Hal ini disebabkan karena ketika melakukan analisa melalui perangkat lunak imageJ pada specimen, gambar serat kapas di dalam matriks yang terlihat sangat jelas hanya kapas yang masih menyatu dengan pintalannya dan sebagiannya terdapat kapas yang memisah dari pintalannya mempunyai diameter yang sangat kecil sehingga susah untuk dilakukan analisa.

4.2 Analisa Foto Makro Patahan Komposit



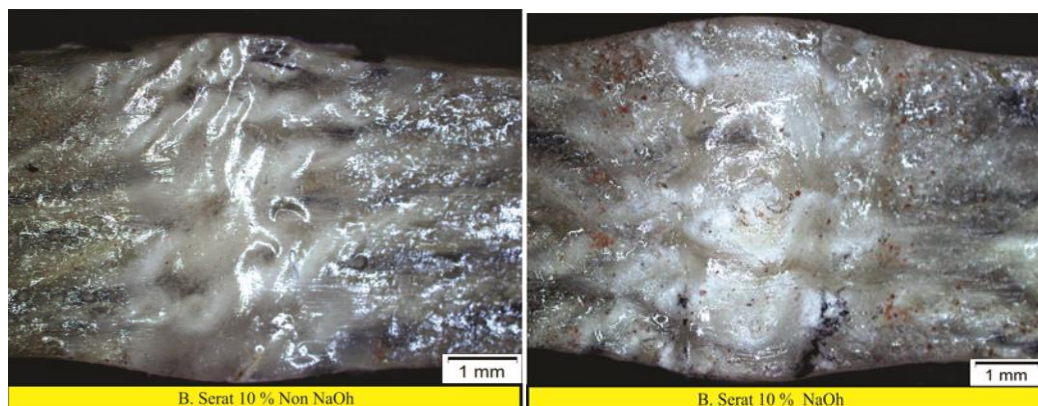
Gambar 4.3. Mode Gagal pada spesimen uji tekan dengan fraksi 0% serat.

Pada gambar 4.3 di atas terjadi mode gagal pada spesimen uji tekan bermatriks poliester yaitu dengan fraksi tanpa serat. Bahwa spesimen uji yang diberi pengujian tekan matriks mengalami beban tekuk sehingga terjadi perpecahan atau patah getas. Matriks tidak mampu menahan beban yang diberikan karena tidak memiliki kandungan serat di dalamnya.



Gambar 4.4. Mode Gagal pada spesimen uji tekan dengan fraksi 5% serat.

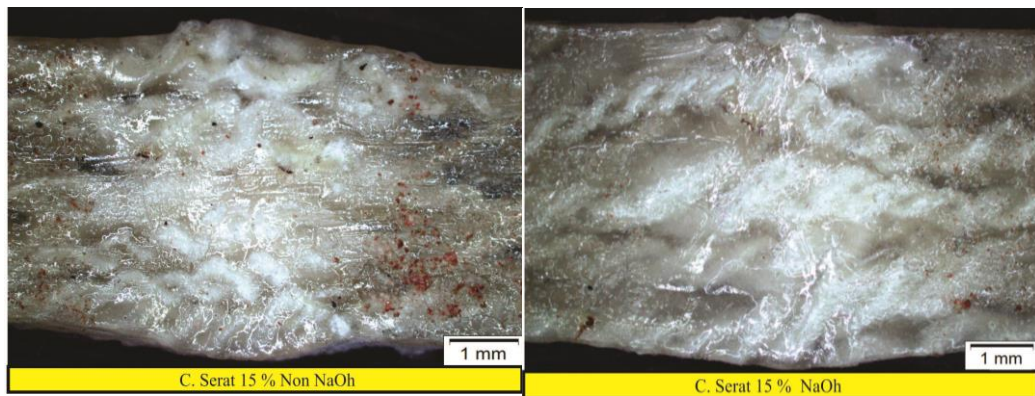
Pada Gambar 4.4. di atas terdapat dua spesimen material komposit serat kapas /polyester yaitu tanpa perlakuan NaOH dengan $V_f = 4,6 \%$ dan perlakuan NaOH dengan $V_f = 3,8 \%$, bahwa keduanya terjadi mode gagal yaitu serat tertekuk dalam fasa matriks dan bentuk serat kapas berubah menjadi mengembang dari diameter awal, hal ini disebabkan karena sifat kapas yang mempunyai daya serap yang bagus terhadap benda cair dan mudah menyatu dengan polyester. Sehingga ketika spesimen ditebuk serat akan mengikuti arah dan gerak matriks. Matriks terjadi perpecahan akibat fraksi volume serat yang sedikit sehingga ketika ditebuk mengalami penurunan kekuatan matriks.



Gambar 4.5. Mode Gagal pada spesimen uji tekan dengan fraksi 10%

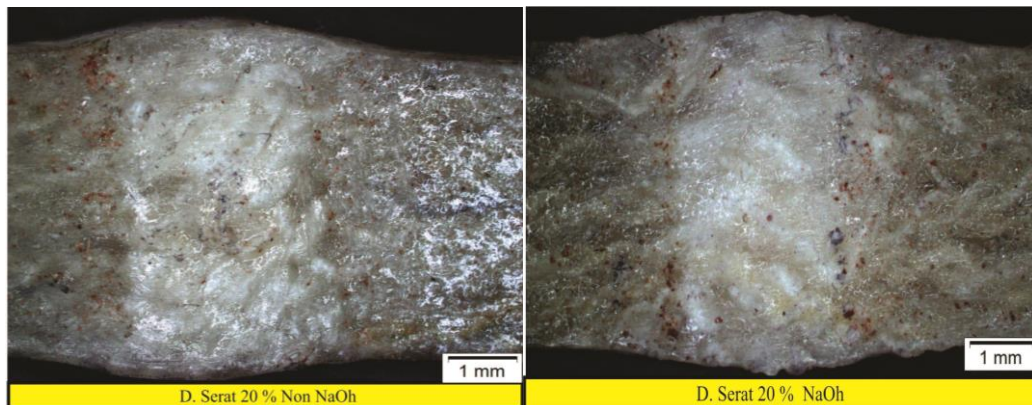
Pada Gambar 4.5. di atas terdapat dua spesimen material komposit serat kapas /polyester yaitu tanpa perlakuan NaOH dengan $V_f = 7 \%$ dan perlakuan NaOH dengan $V_f = 6,8 \%$, bahwa keduanya terjadi mode gagal yaitu serat tertekuk di

dalam fasa matriks dan matriks tidak mengalami perpecahan tetapi terjadi perubahan bentuk. Jika dilihat dari bentuknya yaitu matriks mengalami keuletan, matriks mengikuti perubahan pada volume serat. Hal ini disebabkan antara matriks dengan serat mempunyai pengaruh yang sangat besar yaitu mempunyai ikatan yang sangat menyatu sehingga kekuatan matriks tergantung pada penyerapan serat.



Gambar 4.6. Mode Gagal pada spesimen uji tekan dengan fraksi 15% serat.

Pada Gambar 4.6. di atas terdapat dua spesimen material komposit serat kapas /polyester yaitu tanpa perlakuan NaOH dengan $V_f = 11,2 \%$ dan perlakuan NaOH dengan $V_f = 9,4 \%$, terjadi mode gagal yaitu serat tertekuk di dalam fasa dan serat mengalami perubahan bentuk menjadi mengembang antara serat satu dengan lainnya saling menempel. Ini terjadi karena ketika penekanan serat mengikat dan menahan matriks untuk terjadinya mode gagal.

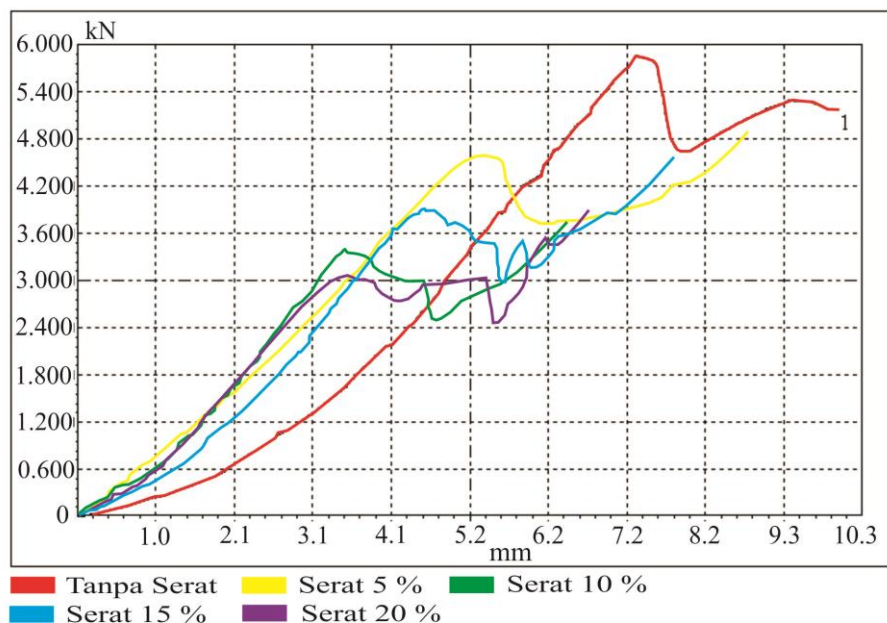


Gambar 4.7. Mode Gagal pada spesimen uji tekan dengan fraksi 20%

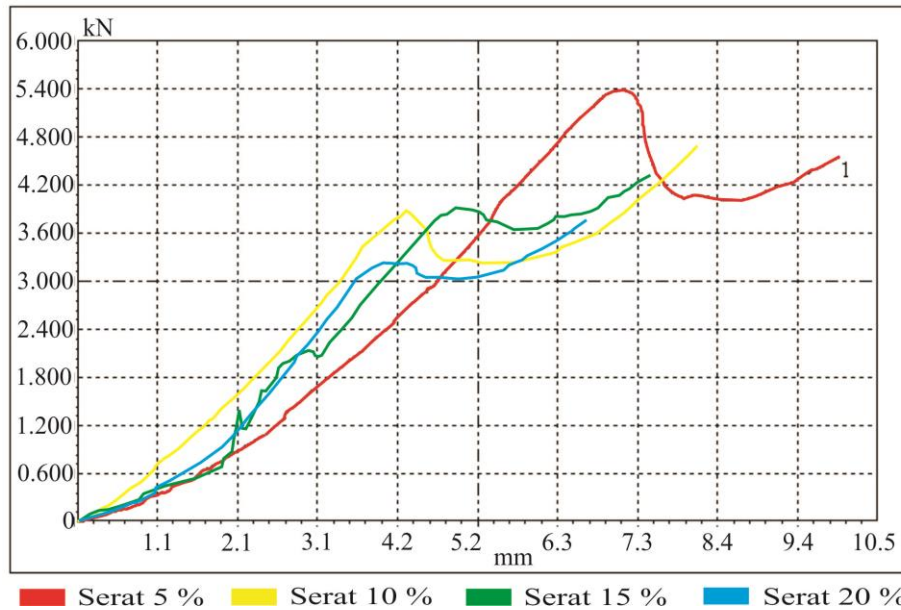
Pada Gambar 4.7. di atas terdapat dua spesimen material komposit serat kapas /polyester yaitu tanpa perlakuan NaOH dengan $V_f = 16,7\%$ dan perlakuan NaOH dengan $V_f = 17,4\%$, juga sama terjadi mode gagal akan tetapi serat yang terkandung di dalam matriks mengalami perubahan yaitu pengembangan serat satu dengan lainnya hampir menyatu seakan jika ditekan saling menguatkan dengan serat lainnya.

4.3 Hasil Pengujian Tekan

Dari hasil pengujian tekan diketahui harga kekuatan tekan, perpendekan tekan dan *modulus elastisitas* tekan material komposit serat kapas unidireksional dengan matrik poliester. Hasil pengujian ini diperoleh harga gaya tekan (F_{max}) dan *deformasi* (ΔL). Harga kekuatan tekan didapat dari besarnya gaya *longitudinal* maksimum sampai spesimen tertekuk. Sedangkan *deformasi* didapat dari perpendekan panjang spesimen ketika ditekan dengan mesin uji. Berikut adalah hasil dari grafik pengujian Tekan dilihat pada Gambar 4.8. spesimen tanpa perlakuan NaOH dan Gambar 4.9. spesimen menggunakan perlakuan NaOH.



Gambar 4.8. Hubungan gaya *longitudinal* dan *deformasi* pada variasi V_f teoritis tanpa perlakuan NaOH



Gambar 4.9. Hubungan gaya *longitudinal* dan *deformasi* pada variasi V_f teoritis dengan perlakuan NaOH

4.3.1 Kekuatan Tekan

Selanjutnya dilakukan pengujian tekan dan didapatkan hasil pembebanan maksimal dari spesimen uji tekan dengan luasan penampang dilihat pada Tabel 4.3. adalah spesimen tanpa perlakuan NaOH dan Tabel 4.4. adalah spesimen menggunakan NaOH. kemudian hubungan antara fraksi volume serat kapas *unidirectional*/poliester terhadap kekuatan tekan digambarkan dalam sebuah grafik, adapun grafik tersebut di tunjukan seperti pada Gambar 4.10. yaitu spesimen Non NaOH dan NaOH. Contoh perhitungan kuat tekan V_f 0 % untuk spesimen satu yaitu:

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{5864,4 \text{ N}}{40 \text{ mm}^2} = 146,61 \text{ MPa}$$

Adapun rincian semua perhitungan tegangan tekan untuk semua variasi V_f dan spesimen ada di Lampiran 1 dan 2.

Tabel 4.3. Nilai kuat tekan serat kapas non NaOH *unidirectional/polyester*.

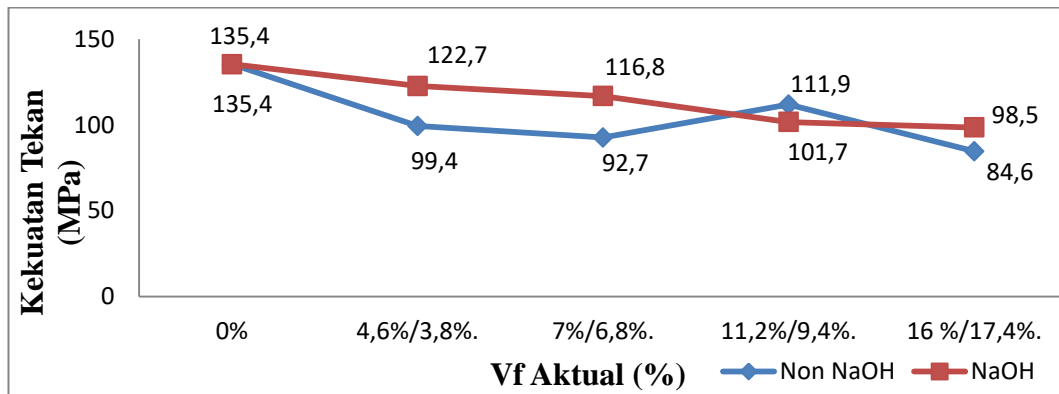
Kekuatan Tekan Non NaOH (MPa)					
No	0% Serat	4,6 % Serat	7 % Serat	11,2 % Serat	16,7 % Serat
1	133,2	109,5	93	112,8	85,1
2	138	95,3	94,1	109,5	85,8
3	134,9	93,2	91	113,3	83
Rata-rata	135,4	99,4	92,7	111,9	84,6
STDEV	2,3	8,8	1,5	2	1,4

Nilai hasil dari pengujian tekan pada komposit serat kapas *unidirectional /polyester* tanpa perlakuan NaOH pada Tabel 4.3. di atas menunjukkan bahwa kekuatan tekan rata-rata pada variasi fraksi volume $V_f = 0\%$ sebesar 135,4 MPa. Namun kekuatan tekan terus turun pada variasi fraksi volume $V_f = 4,6\%$ sebesar 99,4 MPa, $V_f = 7\%$ sebesar 92,7 MPa, namun nilai kekuatan tekan kembali naik pada $V_f = 11,2\%$ sebesar 111,9 MPa dan kembali turun pada $V_f = 16,7\%$ sebesar 84,6 MPa.

Tabel 4.4. Nilai kuat tekan serat kapas NaOH *unidirectional/polyester*.

Kekuatan Tekan NaOH (MPa)					
No	0% Serat	3,8 % Serat	6,8 % Serat	9,4 % Serat	17,4 % Serat
1	133,2	122,3	115,7	101,6	98,1
2	138	121,3	117,4	100,9	100,4
3	134,9	124,4	117,2	102,5	97
Rata-Rata	135,4	122,7	116,8	101,7	98,5
STDEV	2,3	1,5	0,9	0,8	1,7

Nilai dari hasil pengujian tekan pada komposit serat kapas /polyester menggunakan perlakuan NaOH pada Tabel 4.4. di atas menunjukkan bahwa kekuatan tekan rata-rata pada variasi fraksi volume $V_f = 0\%$ sebesar 135,4 MPa. Namun kekuatan tekan terus turun pada variasi fraksi volume $V_f = 3,85\%$ sebesar 122,7 MPa, $V_f = 6,8\%$ sebesar 116,8 MPa, $V_f = 9,4\%$ sebesar 101,7 MPa dan terakhir turun pada $V_f = 17,4\%$ sebesar 98,5 MPa.



Gambar 4.10. Perbandingan Nilai Tekan Spesimen Non NaOH dengan NaOH.

Jika dilihat pada Gambar 4.10. di atas menunjukkan $V_f = 0\%$ sebesar 135,4 MPa tanpa serat memiliki kekuatan tekan tertinggi diantara fraksi volume serat lainnya. Dan nilai tinggi yang terkandung serat yaitu pada fraksi $V_f = 11,2\%$ sebesar 111,9 MPa untuk spesimen tanpa perlakuan NaOH dan nilai tertinggi untuk spesimen yang mengalami perlakuan NaOH yaitu pada $V_f = 3,8\%$ sebesar 122,7 MPa. Spesimen yang mengalami perlakuan NaOH memiliki kekuatan nilai yang paling tinggi diantara spesimen dengan tanpa perlakuan NaOH. Hal yang disebabkan turunnya nilai spesimen kekuatan komposit adalah jumlah fraksi serat yang terlalu banyak sehingga mengurangi jumlah matriks di dalamnya. Pada fraksi $V_f = 11,2\%$ sebesar 111,9 MPa (Gambar 4.10.) masih unggul nilainya jika dibandingkan dengan penelitian Harsi (2015) berdasarkan standar ASTM D-695 harga kekuatan tekan rata-rata komposit serat *hybrid* kapas/gelas khususnya pada variasi fraksi volume 20%:10% dan 0%:30% yakni dengan harga berturut-turut sebesar 37,74 MPa dan 47,53 MPa.

4.3.2 Regangan Tekan

Setelah menghitung rata-rata kekuatan tekan selanjutnya menghitung nilai regangan tekan berikut adalah hasil nilai regangan tekan ditujukan pada spesimen tanpa NaOH pada Tabel 4.6. dan yang menggunakan NaOH pada Tabel 4.7. Untuk rincian perhitungan pada lampiran 1 dan 2, sedangkan grafik hubungan fraksi volume serat terhadap regangan tekan dapat dilihat pada Gambar 4.11.

Tabel 4.5. Tabel Nilai Regangan Tekan Serat kapas Non NaOH Poliester.

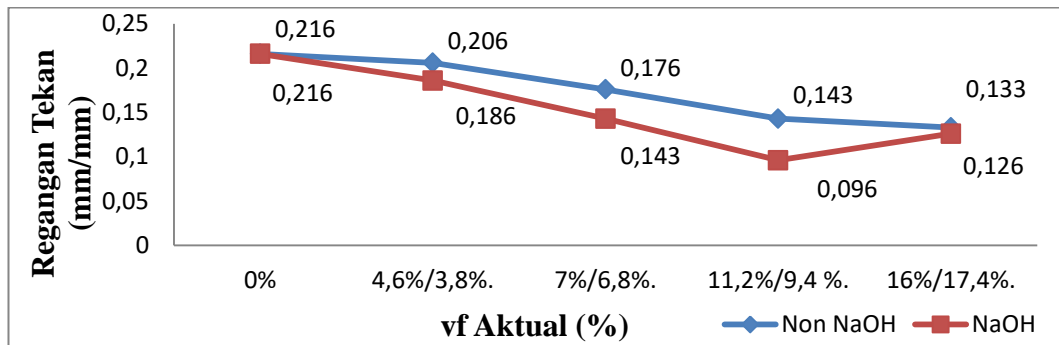
Regangan Tekan Non NaOH (mm/mm)					
No	0% Serat	4,6% Serat	7 % Serat	11,2% Serat	16,7% Serat
1	0,14	0,2	0,16	0,14	0,16
2	0,31	0,22	0,17	0,18	0,14
3	0,2	0,2	0,2	0,11	0,1
Rata-rata	0,216	0,206	0,176	0,143	0,133
STDEV	0,086	0,011	0,020	0,020	0,030

Hasil pengujian nilai regangan tekan pada komposit serat kapas /polyester tanpa perlakuan NaOH pada Tabel 4.5. di atas menunjukkan bahwa nilai regangan tekan rata-rata pada variasi fraksi volume $V_f = 0\%$ sebesar 0,216 mm/mm. Namun kekuatan tekan terus mengalami penurunan pada variasi fraksi volume $V_f = 4,6\%$ sebesar 0,206 mm/mm, $V_f = 7\%$ sebesar 0,176 mm/mm, $V_f = 11,2\%$ sebesar 0,143 mm/mm dan $V_f = 16,7\%$ sebesar 0,133 mm/mm.

Tabel 4.6. Tabel Nilai Regangan Tekan Serat kapas NaOH Poliester.

Regangan Tekan NaOH (mm/mm)					
No	0% Serat	3,8 % Serat	6,8 % Serat	9,4 % Serat	17,4 % Serat
1	0,14	0,2	0,2	0,15	0,14
2	0,31	0,27	0,12	0,1	0,16
3	0,2	0,09	0,11	0,04	0,08
Rata-Rata	0,216	0,186	0,143	0,096	0,126
STDEV	0,086	0,090	0,049	0,055	0,041

Hasil pengujian nilai regangan tekan pada komposit serat kapas *unidirectional/polyester* dengan perlakuan NaOH pada Tabel 4.6. di atas menunjukkan bahwa nilai regangan tekan rata-rata pada variasi fraksi volume $V_f = 0\%$ sebesar 0,216 mm/mm. Kekuatan tekan terus mengalami penurunan pada variasi fraksi volume $V_f = 3,8\%$ sebesar 0,186 mm/mm, $V_f = 6,8\%$ sebesar 0,143 mm/mm, $V_f = 9,4\%$ sebesar 0,096 mm/mm, namun nilai regangan tekan kembali mengalami kenaikan pada $V_f = 17,4\%$ sebesar 0,126 mm/mm.



Gambar 4.11. Perbandingan Nilai Regangan Spesimen Non NaOH dengan NaOH.

Nilai tertinggi pada Gambar 4.11. di atas untuk nilai regangan tekan yaitu pada fraksi volume $V_f = 0\%$ sebesar 0,216 mm/mm. Dan nilai yang tinggi specimen yang terkandung serat di dalamnya yaitu pada fraksi volume $V_f = 4,6\%$ sebesar 0,206 mm/mm tanpa NaOH dan fraksi volume $V_f = 3,8\%$ sebesar 0,186 mm/mm untuk perlakuan NaOH. Semakin rendah nilai regangannya specimen semakin ulet, hal ini disebabkan peningkatan fraksi volume meningkatkan jumlah serat kapas dan nilai kuat tekan.

4.3.3 Modulus Elastisitas Tekan

Perhitungan nilai *modulus elastisitas* dilakukan dengan melihat nilai perubahan tegangan ($\Delta\sigma$) dan perubahan regangan ($\Delta\varepsilon$) dari grafik hasil pengujian specimen tekan. Sedangkan hubungan antara fraksi volume serat kapas unidirectional/poliester terhadap nilai modulus tekan digambarkan dalam sebuah grafik, adapun grafik tersebut ditunjukkan seperti pada Gambar 4.12. Adapun rincian semua perhitungan *modulus elastisitas* tekan untuk semua variasi V_f dan specimen ada di lampiran 1 dan 2.

Tabel 4.7. Tabel Nilai *Modulus Elastis* Tekan Serat kapas Non NaOH Poliester.

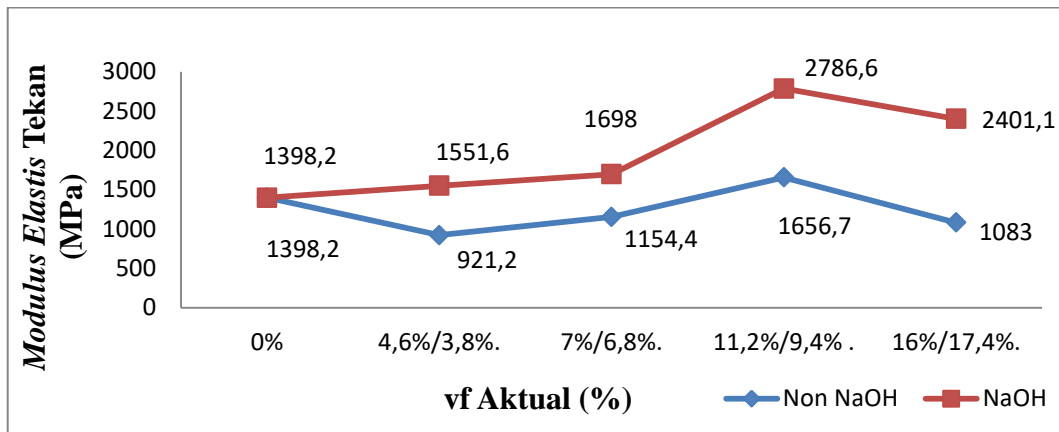
Modulus Elastisitas Tekan Non NaOH (MPa)					
No	0% Serat	4,6 % Serat	7 % Serat	11,2 % Serat	16,7 % Serat
1	2.017,6	1.021	1.190,4	1.821,5	833,3
2	957,7	869,5	942,8	963,3	1.161,1
3	1.219,5	873	1330	2.185,3	1.254,7
Rata-Rata	1.398,2	921,2	1.154,4	1.656,7	1.083
STDEV	552	86,4	196	627,4	221,2

Hasil dari nilai hubungan antara *modulus elastisitas* (MPa) pengujian tekan pada komposit serat kapas /polyester tanpa perlakuan NaOH pada Tabel 4.7. di atas menunjukkan bahwa nilai modulus tekan rata-rata pada variasi fraksi volume variasi $V_f = 0\%$ sebesar 1.398,2 MPa. Namun nilai *modulus* tekan turun pada variasi fraksi volume $V_f = 4,6\%$ sebesar 921,2 MPa, kemudian terus mengalami kenaikan pada fraksi $V_f = 7\%$ sebesar 1154,4 MPa, $V_f = 11,2\%$ MPa sebesar 1.656,7 MPa, dan turun pada $V_f = 16,7\%$ sebesar 1.083 MPa.

Tabel 4.8. Tabel Nilai Modulus Elastis Tekan Serat kapas NaOH Poliester.

Modulus Elastisitas Tekan NaOH (MPa)					
No	0% Serat	3,8 % Serat	6,8 % Serat	9,4 % Serat	17,4 % Serat
1	2.017,6	1.318,6	1.016,8	1.173,4	1.447,6
2	957,7	1.024,6	1.685	1.985,9	1.546,3
3	1.219,5	2.311,6	2.392,3	5.200,6	4.209,4
Rata-Rata	1.398,2	1.551,6	1.698	2.786,6	2.401,1
STDEV	552	674,3	687,8	2.129,6	1.566,8

Hasil dari nilai hubungan antara *modulus elastisitas* (MPa) pengujian tekan pada komposit serat kapas /polyester menggunakan NaOH pada Tabel 4.8. di atas menunjukkan bahwa nilai modulus tekan rata-rata pada variasi fraksi volume variasi $V_f = 0\%$ sebesar 1.398,2 MPa. Namun nilai modulus tekan terus naik pada variasi fraksi volume $V_f = 3,85\%$ sebesar 1.551,6 MPa, $V_f = 6,8\%$ sebesar 1.698 MPa, $V_f = 9,4\%$ sebesar 2786,6 MPa, dan kembali turun pada $V_f = 17,4\%$ sebesar 2.401,1 MPa.



Gambar 4.12. Perbandingan Nilai Modulus Elastis Spesimen Non NaOH dengan NaOH.

Dilihat pada Gambar 4.12. di atas untuk nilai *modulus elastis* tekan yang tertinggi adalah pada fraksi $V_f = 9,4\%$ sebesar 2.786,6 MPa pada spesimen yang mengalami perlakuan NaOH dan nilai tertinggi untuk tanpa perlakuan NaOH adalah pada $V_f = 11,2\%$ sebesar 1.656,7 MPa. Peningkatan fraksi volume serat kapas/*polyester* menyebabkan naiknya nilai *modulus elastis* tekan. Hal ini disebabkan peningkatan fraksi volume meningkatkan jumlah serat kapas dan menurunkan jumlah matrik. Semakin tinggi nilai *modulus elastis* tekan maka menunjukkan spesimen tersebut semakin kaku. Akan tetapi jika nilai fraksi volume serat terlalu tinggi dan volume fraksi matriks terlalu sedikit yang terkandung di dalam spesimen, maka akan menurunkan nilai *modulus elastis* tekan seperti pada Gambar 4.12 nilai fraksi aktual $V_f = 20\%$ NaOH/Non NaOH. Nilai *modulus elastis* tekan pada fraksi $V_f = 9,4\%$ sebesar 2.786,6 MPa (Gambar 4.12) mempunyai nilai yang lebih rendah jika dibandingkan dengan Penelitian yang dilakukan oleh Abdi (2017) yaitu *modulus elastisitas* sebesar 4790,5 N/m².