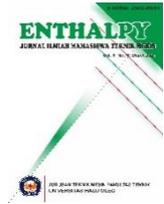




ENTHALPY: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin

Journal homepage: <http://ojs.uho.ac.id/index.php/ENTHALPY>



Pengaruh Pola Susunan Laminasi Terhadap Distribusi Tegangan Dan Regangan Tarik Pada Komposit CFRP Yang Berlubang

Hamzah Alfian¹⁾, Sudarsono²⁾, Nanang Endriatno³⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Halu Oleo

^{2,3)} Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo

Jl. H.E.A. Makadompit, Kampus Hijau Bumi Tridarma Andounohu, Kendari 93232

Email: hamzahalfian043@gmail.com

Article Info

Available online September 10, 2021

Abstrak

Perkembangan teknologi material semakin pesat, khususnya di bidang industry manufaktur. Salah satu material yang paling sering digunakan dan dikembangkan saat ini yaitu material komposit. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pola susunan laminasi pada distribusi tegangan dan regangan tarik pada komposit CFRP yang berlubang. Metode penelitian yang dilakukan yaitu pengujian tarik menggunakan software abaqus, spesimen didesain dengan 8 laminasi dan arah serat di variasikan. Spesimen dibuat dengan standar uji ASTM D 5766 dan properti yang di gunakan adalah komposit carbon fiber type T800S/3900-2B. Dari hasil simulasi uji tarik di dapatkan nilai tegangan tertinggi pada komposit dengan variasi arah serat 0°, 45°, -45°, 90°, 90°, -45°, 45°, 0° nilai tegangan maximumnya mencapai 356,9 N/mm², sedangkan tegangan terkecil terjadi pada komposit arah serat 0°, 0°, 0°, 0°, 0°, 0°, 0°, 0° dengan nilai tegangan maximumnya mencapai 165,7 N/mm. Tegangan dan regangan tertinggi yang terjadi pada masing-masing spesimen terletak pada tepi lubang tegak lurus arah gaya, tegangan dan regangan naik berdasarkan variasi arah serat pada komposit, semakin jauh orientasi arah serat terhadap arah gaya yang di berikan maka konsentrasi tegangan yang terjadi akan semakin besar pula..

Kata kunci: Uji tarik, komposit CFRP, software abaqus

Abstract

The development of material technology is growing rapidly, especially in the manufacturing industry. One of the materials that are most often used and developed today is composite materials. The purpose of this study was to determine the effect of the pattern of laminate arrangement on the distribution of stress and tensile strain in perforated CFRP composites. The research method carried out is tensile testing using abaqus software, the specimen is designed with 8 laminates and the fiber direction is varied. The specimens were made with the ASTM D 5766 test standard and the properties used were carbon fiber composite type T800S/3900-2B. From the tensile test simulation results, it is found that the highest stress value in the composite with variations in fiber direction 0°, 45°, -45°, 90°, 90°, -45°, 45°, 0° the maximum stress value reaches 356.9 N/mm², while the smallest stress occurs in the composite fiber direction 0°, 0°, 0°, 0°, 0°, 0°, 0°, 0° with the maximum stress value reaching 165.7 N/mm. The highest stress and strain that occurs in each specimen is located at the edge of the hole perpendicular to the direction of the force, the stress and strain increase based on variations in the direction of the fiber in the composite, the farther the orientation of the fiber direction to the direction of the applied force, the greater the stress concentration that occurs also.

Keywords: Tensile test, CFRP composite, abaqus software

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi material semakin pesat khususnya di bidang industri. Salah satu

material yang paling sering digunakan saat ini yaitu material komposit. Untuk mendapatkan bahan material yang sesuai, telah dilakukan banyak penelitian dan berbagai jenis material digunakan,

termasuk komposit. Penggunaan komposit direkomendasikan sebagai alternatif bahan logam atau sebagai alternatif berbagai produk yang diproduksi oleh perusahaan, mengingat keunggulan daya tahan pada komposit dan mudah di bentuk.

Penerapan material komposit, khususnya pada variasi arah serat komposit yang berlubang, distribusi tegangan dan regangan tarik pada variasi arah serat komposit yang berlubang memudahkan dalam penerapan pola susunan laminasi komposit berlubang dan sambungan pada proses pemboran dimana konsentrasi tegangan dapat terjadi di daerah sekitar lubang. Variasi arah serat komposit yang berlubang menjadi pertimbangan dan parameter penting dalam mendesain material komposit. Telah dilakukan penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan hal tersebut, tentang Pengaruh Orientasi Arah Serat Terhadap Kekuatan Tarik dan Impact Material Komposit Serat Alam (Serat Agave dan Serat Sansivera) menggunakan metode konvensional atau *hand lay up*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada sudut orientasi arah $0^\circ/45^\circ$ memiliki nilai uji tarik dan impact tertinggi dari posisi sudut serat lainnya pada komposit [1]. Salah satu material penyusun komposit adalah serat *carbon*. Sifatnya yang kuat dan ringan sehingga serat *carbon* menjadi salah satu bahan penguat komposit. Serat *carbon* sering menjadi bahan utama dalam suatu material karena memiliki beberapa kelebihan, Serat *carbon* sering digunakan sebagai penguat pada alat transportasi maupun struktur lainnya, hal tersebut diakibatkan karena kekuatannya yang tinggi meskipun seratnya lebih ringan dibandingkan logam [2]. Serat *carbon* menjadi salah satu bahan utama dalam pembentukan komposit *CFRP* yang mempunyai bobot yang ringan, kuat tarik yang tinggi dan superior dalam daktilitas. *CFRP* sendiri merupakan jenis komposit perkuatan struktur tahan terhadap korosi [3].

Dalam rangka meningkatkan fungsi guna komposit *CFRP* yang sering digunakan di dunia industri, perlu dilakukan penelitian dan pengembangan komposit *CFRP* dan mengetahui kekurangan pada kinerja komposit *CFRP*, seperti pada pola susunan laminasi komposit *CFRP* berlubang. Oleh karena itu, peneliti ingin mempelajari sifat tegangan dan regangan tarik komposit *CFRP* berlubang menggunakan *software Abaqus*.

1.1. Definisi Komposit

Komposit termasuk jenis benda *multi fasa* yang terdiri dari dua bahan penyusun atau lebih. Bahan penyusun komposit yaitu matriks sebagai bahan pengikat dan *filler* sebagai penguat. *Filler* atau bahan penguat dapat berupa bentuk serat, partikel atau lembaran. Polimer, keramik dan logam dapat menjadi material penguat dan matriks. Material-material yang kuat namun ringan umumnya digunakan sebagai salah satu bahan penyusun penguatan komposit. Sedangkan matriks menggunakan material yang mempunyai sifat liat dan mudah dibentuk [4].

Komposit terdiri atas dua bahan yaitu *Filler* dan matriks. *Filler* merupakan bahan penguat dan bentuknya bisa berupa serat. Serat yang digunakan termasuk serat *E-glass*, boron karbon dan lainnya. Matriks adalah fasa campuran dengan fraksi terbesar (*mayor*) atau volume. Substrat komposit terbuat dari polimer, logam atau keramik [5].

1.2. Komposit Serat

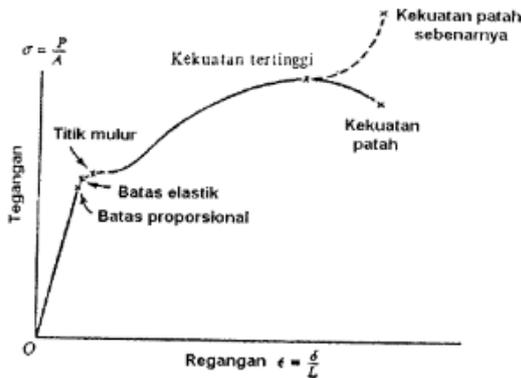
Komposit serat adalah komposit yang menggunakan serat sebagai bahan penguat. Komposit serat terdiri dari beberapa jenis serat, diantaranya serat panjang yang memiliki kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang berbentuk curah (*bulk*). Komposit yang menggunakan penguat berupa serat atau *fiber* merupakan jenis komposit yang terdiri dari hanya satu lamina. Beberapa jenis *fiber* yang umumnya digunakan yaitu berupa *carbon fibers*, *fibers glass*, aramid *fibers (poly aramide)*, dan lain sebagainya. Sudut orientasi dalam bentuk anyaman, acak dan bahkan orientasi tertentu dapat disusun pada orientasi serat ini [6].

1.3. Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)

Komposit *CFRP* adalah komposit yang menggunakan serat *carbon* sebagai bahan penguat dan matriks atau bahan pengikat serat yaitu epoxy. Terdapat beberapa daerah dan istilah penyebutan pada beberapa material penyusun komposit tersebut. *Interphase* yaitu perekat antara dua penyusun komposit dan *interface* yaitu yang berbatasan dengan fasa lain. Ikatan antar permukaan serat dan matriks terjadi akibat adanya gaya adhesi dan kohesi. Karakteristik maupun beberapa hal yang menentukan sifat komposit, antara lain bentuk dan penyusunan structural dari penyusun, interaksi antar penyusun dan material yang menjadi penyusun komposit [7].

1.4. Tegangan Dan Regangan

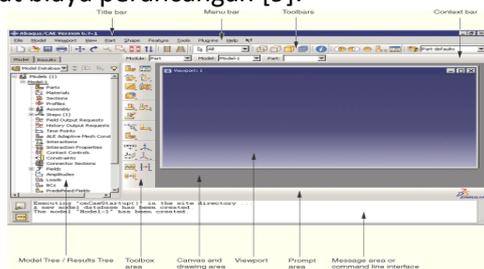
Kekuatan material (*strength of materials*) yaitu mempelajari tentang hubungan yang terjadi pada benda elastis dengan tegangan dan regangan dalam yang disebabkan oleh gaya yang bekerja. Apabila suatu benda ditarik maka bentuk benda tersebut akan mengalami perubahan (*extension*). Hubungan tegangan regangan dinyatakan dengan tegangan yaitu gaya persatuan luas dan regangan yaitu pertambahan panjang, dinyatakan dengan grafik berikut [8].



Gambar 1. Grafik tegangan-regangan

1.5. Pengenalan Dasar Abaqus

Abaqus merupakan *software* yang didasarkan pada metode elemen hingga program simulasi rekayasa material. Abaqus memiliki berbagai macam komponen hampir semua geometri dapat dimodelkan. Berbagai macam pemodelan disediakan oleh program ini, dari model material sebagian besar perilaku dapat disimulasikan, termasuk logam dan polymer. Simulasi keperluan umum dapat digunakan pada program ini. Abaqus dapat digunakan untuk menyelesaikan berbagai permasalahan Teknik misalnya kasus mekanika fluida, perpindahan panas, kekuatan struktur, getaran, dan lain-lain. Dengan menggunakan simulasi Abaqus maka dapat diketahui karakteristik dari sistem yang dibuat. Hal ini tentu sangat bermanfaat karena akan mengurangi adanya kesalahan dalam pembuatan rancangan yang pada akhirnya akan menciptakan desain yang efisien dan hemat biaya perancangan [9].



Gambar 2. Tampilan pada windows utama software abaqus.

2. Prosedur Penelitian

Perlitan yang di gunakan dalam penelitian ini yaitu satu unit laptop yang sudah di lengkapi dengan *Software Abaqus*.

Bahan yang di gunakan adalah komposit *carbon fiber type T800S/3900-2B*, dengan spesifikasi dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Properti material untuk *carbon fiber* tipe *T800S/3900-2B* [10].

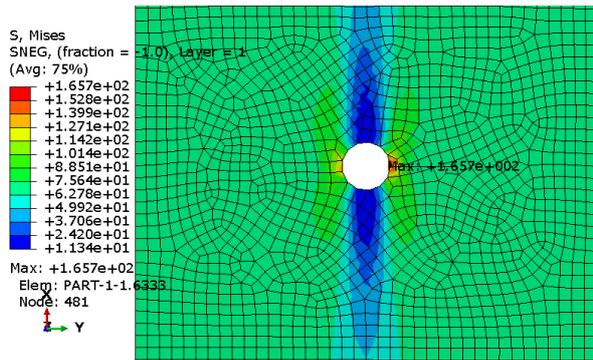
Properti material carbon fiber tipe T800S/3900-2B		
Young Modulus E (MPa)	Longitudinal E1	151000
	Transverse E2=E3	9160
Shear Modulus G (MPa)	G12 = G13	4620
	G23	2550
Poison Ratio	v12=v13	0,302
	v23	0,589

Adapun prosedur dalam penelitian ini adalah:

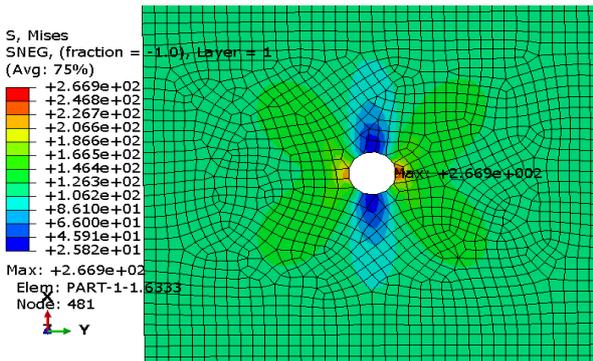
1. Menyiapkan alat dan bahan.
2. Mendesain benda uji pada *module part*.
3. Mendefinisikan properti material, jumlah, dan arah serat pada *modul property*.
4. Menentukan langkah yang akan di lakukan dalam analisis pada *modul step*.
5. Menentukan jenis pengujian yang akan di lakukan pada *modul load*.
6. Melakukan mesh spesimen pada *modul mesh*.
7. Melakukan running analisis spesimen pada *modul job*.
8. Melihat data hasil analisis pada *modul Visualization*.
9. Mencatat data yang di tunjukan oleh hasil analisis meliputi distribusi tegangan dan regangan.
10. Melakukan pembahasan berdasarkan hasil yang di dapatkan dalam analisis.
11. Menarik kesimpulan.

3. Metode Penelitian

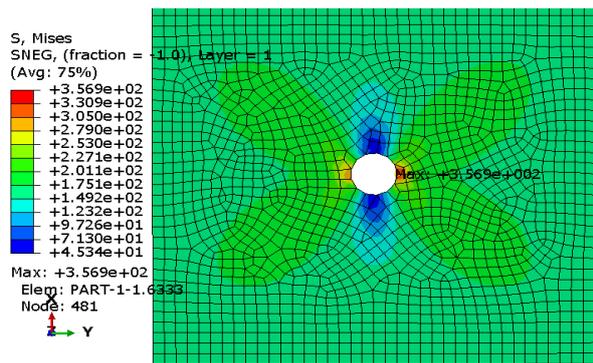
Proses simulasi uji tarik pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *software Abaqus*. Standar dimensi uji menggunakan ASTM D 5766. Simulasi uji tarik menggunakan spesimen uji komposit CFRP dengan komposit tipe lamina *unidirectional* 8 lapisan dengan ketebalan untuk masing-masing lapisan 0,194 mm. Adapun properti material yang digunakan adalah *Carbon Fiber tipe T800S/#3900-2B carbon/epoxy* yang memiliki diameter lubang 4 mm dengan arah serat yang di variasikan [11].



(a)



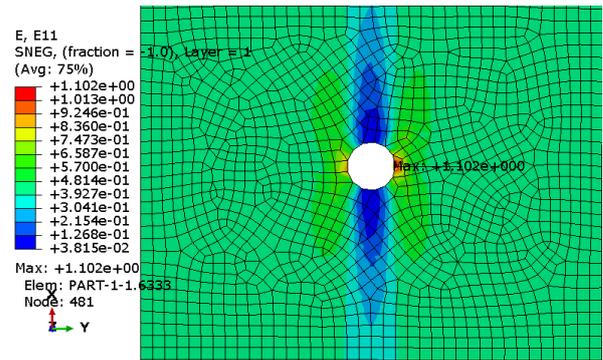
(b)



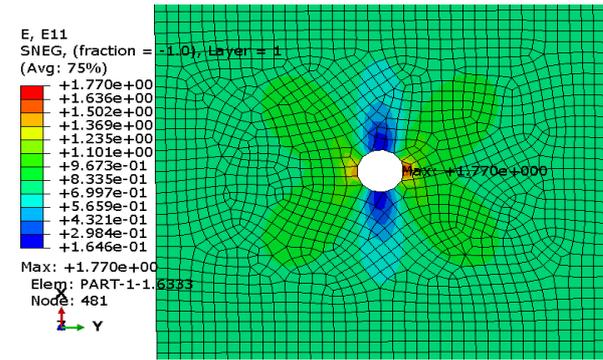
(c)

Gambar 3. distribusi tegangan (a) 0°, 0°, 0°, 0°, 0°, 0°, 0°, 0° (b) 0°, 90°, 30°, -30°, -30°, 30°, 90°, 0° dan (c) 0°, 45°, -45°, 90°, 90°, -45°, 45°, 0°.

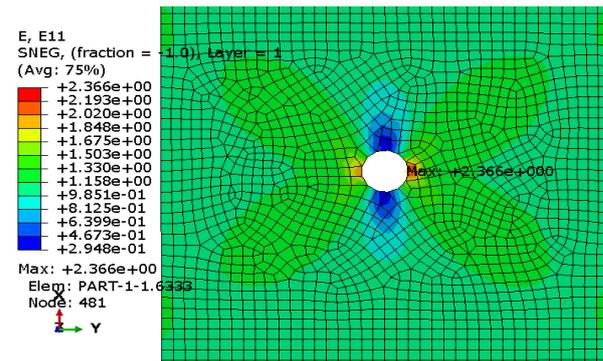
Berdasarkan gambar di atas, nilai yang di dapatkan melalui simulasi dapat di lihat pada gambar 3, bahwa nilai tegangan maximum yang terdapat pada masing-masing spesimen terjadi pada area tepi lubang, di mana tegangan maximum pada specimen arah serat searah (a) 0°, 0°, 0°, 0°, 0°, 0°, 0°, 0° adalah 165,7 N/mm², tegangan maximum pada variasi arah serat (b) 0°, 90°, 30°, -30°, -30°, 30°, 90°, 0° adalah 266,9 N/mm², dan tegangan maximum pada variasi arah serat (c) 0°, 45°, -45°, 90°, 90°, -45°, 45°, 0° adalah 356,9 N/mm².



(a)



(b)



(c)

Gambar 4. distribusi regangan (a) 0°, 0°, 0°, 0°, 0°, 0°, 0°, 0° (b) 0°, 90°, 30°, -30°, -30°, 30°, 90°, 0° dan (c) 0°, 45°, -45°, 90°, 90°, -45°, 45°, 0°

Berdasarkan nilai yang di dapatkan melalui simulasi seperti pada gambar 4 dapat di lihat nilai regangan maximum yang terdapat pada masing-masing spesimen terjadi pada area tepi lubang, di mana nilai ragangan maximum pada spesimen arah serat (a) 0°, 0°, 0°, 0°, 0°, 0°, 0°, 0° adalah 1,102, regangan maximum pada variasi arah serat (b) 0°, 90°, 30°, -30°, -30°, 30°, 90°, 0° adalah 1,77, dan regangan maximum pada variasi arah serat (c) 0°, 45°, -45°, 90°, 90°, -45°, 45°, 0° adalah 2,366.

Tabel 2. Data tegangan dan regangan spesimen Arah serat (a) 0°, 0°, 0°, 0°, 0°, 0°, 0°, 0°.

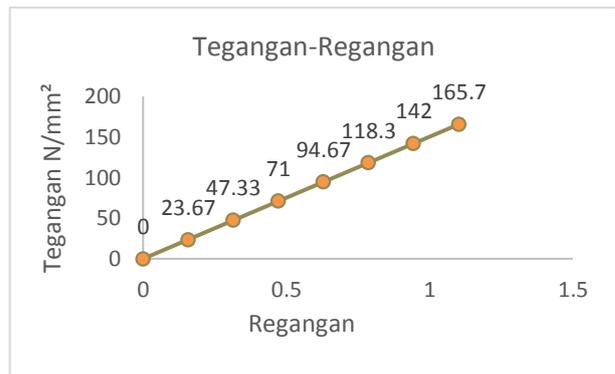
Arah serat (a)	
Regangan	Tegangan (N/mm ²)
0	0
0,1574	23,67
0,3148	47,33
0,4723	71
0,6297	94,67
0,7871	118,3
0,9445	142
1,102	165,7

Tabel 3. Data tegangan dan regangan spesimen Arah serat (b) 0°, 90°, 30°, -30°, -30°, 30°, 90°, 0°.

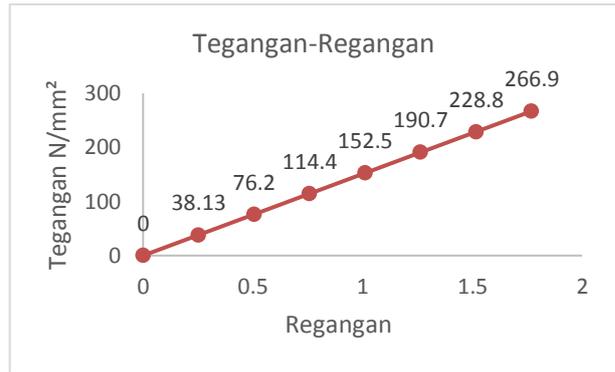
Arah serat (b)	
Regangan	Tegangan (N/mm ²)
0	0
0,2529	38,13
0,5057	76,2
0,7586	114,4
1,011	152,5
1,264	190,7
1,517	228,8
1,77	266,9

Tabel 4. Data tegangan dan regangan spesimen Arah serat (c) 0°, 45°, -45°, 90°, 90°, -45°, 45°, 0°.

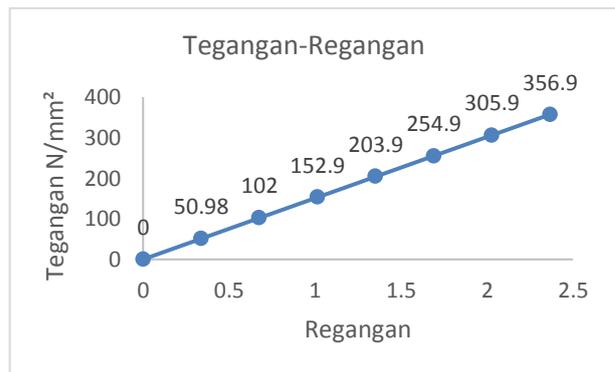
Arah serat (c)	
Regangan	Tegangan (N/mm ²)
0	0
0,3379	50,98
0,6759	102
1,014	152,9
1,352	203,9
1,69	254,9
2,028	305,9
2,366	356,9



(a)



(b)



(c)

Gambar 5. Grafik tegangan dan regangan tarik (a) 0°, 0°, 0°, 0°, 0°, 0°, 0°, 0°, (b) 0°, 90°, 30°, -30°, -30°, 30°, 90°, 0° dan (c) 0°, 45°, -45°, 90°, 90°, -45°, 45°, 0°.

Pada gambar 5 menunjukkan grafik perbandingan tegangan regangan pada masing-masing spesimen berdasarkan arah serat yang divariasikan, dari nilai yang di hasilkan dapat di lihat tegangan yang terjadi pada spesimen dengan variasi arah serat (a) 0°, 0°, 0°, 0°, 0°, 0°, 0°, 0° yaitu 165,7 N/mm², dan peningkatan regangan sebesar 1,102, tegangan yang terjadi pada specimen dengan arah serat (b) 0°, 90°, 30°, -30°, -30°, 30°, 90°, 0° yaitu 266,9 dan peningkatan regangan sebesar 1,77, dan tegangan yang terjadi pada specimen dengan arah serat (c) 0°, 45°, -45°, 90°, 90°, -45°, 45°, 0° yaitu 356,9 dan peningkatan regangan sebesar 2,366. Ini menunjukkan bahwa

semakin jauh orientasi arah serat terhadap arah gaya yang di berikan maka tegangan yang terjadi akan semakin besar pula, di akibatkan naiknya nilai konsentrasi tegangan. Kemampuan dari komposit dapat dipengaruhi oleh letak dan arah serat (Fahmi & Hermansyah, 2011) [12]. Kekuatan dari komposit lamina sangat dipengaruhi oleh arah serat, hal ini sejalan dengan (Hossain, dkk, 2013) yang menyimpulkan bahwa pada arah memanjang kekuatan tarik dari sudut 0° , 0° komposit laminasi didapatkan lebih tinggi dibandingkan dengan sudut 0° , -45° komposit laminasi [13].

4. Kesimpulan

Hasil pengujian simulasi dengan metode elemen hingga menggunakan *software abaqus* menunjukkan tegangan tertinggi terjadi pada pola susunan laminasi dengan orientasi arah serat (c) 0° , 45° , -45° , 90° , 90° , -45° , 45° , 0° dengan nilai tegangan sebesar $356,9 \text{ N/mm}^2$ dan nilai regangan sebesar 2,366. Pada pola susunan laminasi komposit CFRP yang berlubang nilai kekuatan tarik naik secara signifikan pada arah serat (c) 0° , 45° , -45° , 90° , 90° , -45° , 45° , 0° di bandingkan dengan arah serat (a) 0° , 0° . Ini menunjukkan bahwa semakin jauh orientasi arah serat terhadap arah gaya yang di berikan maka semakin besar pula tegangan yang terjadi, di akibatkan naiknya nilai konsentrasi tegangan.

5. Saran

Adapun saran pada penelitian selanjutnya yaitu sebagai berikut:

1. Untuk melakukan percobaan selanjutnya dengan metode elemen hingga menggunakan *software abaqus* agar menggunakan komposit berlubang dengan serat anyaman yang di variasikan arah seratnya.
2. Perlu dilakukan pengujian tarik pada berbagai arah sudut untuk mengetahui kekuatan tarik disetiap orientasi seratnya.

Daftar Pustaka

- [1] S. Priyandokohadi and C. Ahmad Rizeki, "Analisa Pengaruh Orientasi Arah Serat Terhadap Kekuatan Tarik dan Impact Material Komposit Serat Alam (Serat Agave dan Serat Sansivera)," *Teknik Mesin*, vol. 4 No.1, pp. 12-18, 2018.
- [2] A. F. Uman and M. A. Irfa'i, "Studi Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Tarik

Komposit Polyester Berpenguat Serat Karbon," *JTM*, vol. 07, pp. 67-72, 2019.

- [3] A. Zega, "Pemodelan dan Analisis *Reinforced Concrete* Kolom Persegi Panjang Dengan Komposit *Carbon Fiber Reinforced Polymer*," *Teknik Sipil*, vol. 18, pp. 17-24, 2020.
- [4] Muhammad and P. Putra, *Bahan Teknik*, Aceh: Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh Jurusan Teknik Mesin, 2014.
- [5] H. M. Rifai and H. Subawi, *Pengenalan Teknik Komposit*, Yogyakarta: Deepublish, 2016, pp. 1-167.
- [6] R. M. Jones, *Mechanics of Composites Materials, United States of America*: Taylor & Francis, Inc., 1999.
- [7] W. D. Callister, *Materials Science and Engineering*, New York: John Wiley & Sons, Inc, 2007.
- [8] A. M. Zainuri, *Kekuatan Bahan (Strength of materials)*, Yogyakarta: Andi, 2008.
- [9] S. De, *Abaqus Handout, United States of Amerika (USA): Polytechnic Institute*, 2000.
- [10] R. Othman, "*Experimental and Numerical Characterization of Low-Velocity Impact Damage of a CFRP Laminate with Interlayers*," *Material System*, vol. 35, pp. 29-35, 2017.
- [11] Sudarsono and K. Ogi, "*Fatigue Behaviour of Open-Holed CFRP Laminates With Initially Cut Fibers*," *Open Journal of Composite Materials*, vol. 7, pp. 49-62, 2017.
- [12] H. Fahmi and H. Hermansyah, "Pengaruh Orientasi Serat Pada Komposit Resin Polyester/Serat Daun Nenas Terhadap Kekuatan Tarik," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 1, pp. 46-52, 2011.
- [13] R. Hossain, A. Islam, A. Van Vuurea and I. Verpoest, "*Tensile behavior of environment friendly jute epoxy laminated composite*," *Procedia Engineering*, pp. 782-788, 2013.