

# Simulasi Tarik Pada Komposit CFRP Berlubang

Sudarsono

Teknik Mesin, Universitas Halu Oleo

Copresponent Author : [sudarsono@uho.ac.id](mailto:sudarsono@uho.ac.id)

**Abstrak** —Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui karakteristik tegangan dan regangan tarik pada komposit CFRP berlubang. Penelitian dilakukan dengan melakukan pemodelan tarik pada spesimen CFRP dengan tiga variasi susunan lubang (tiga lubang vertikal, tiga lubang horizontal dan 5 lubang) menggunakan *software abaqus*. Hasil simulasi menunjukkan peningkatan tegangan yang terbesar terdapat pada konfigurasi 3 lubang vertikal dengan nilai tegangan 179.1%, dan regangan 0.001155 dan tegangan terkecil terjadi pada spesimen 3 lubang horizontal dengan nilai tegangan 108.7 dan regangan 0.000723.

**Kata kunci** – simulasi, tarik, CFRP, berlubang

**Abstract** —*This paper aims at characterising the stress and strain in a Carbon Fibre-Reinforced Plastics (CFRP) unidirectional laminate containing holes under tensile loading. The research is carried out by modelling tensile force on CFRP specimens with three types of hole arrangements (3 vertical holes, 3 horizontal holes, and 5 cross holes) using Abaqus simulation. The results show that the greatest stress (179.1 MPa) and strain (0.001155) are found in the three vertically holed specimens. On the contrary, the smallest stress (108.7 MPa) and strain (0.000723) occur in the three horizontally holed laminates.*

**Keyword** - simulation, tensile, CFRP, perforated

## I. PENDAHULUAN

Penerapan bahan yang digunakan untuk komponen berbagai struktur mengharuskan adanya pengembangan sifat mekanis yang tinggi. Para rekayasawan selalu melakukan berbagai kajian dan inovasi riset untuk merancang material baru yang memiliki sifat fisis dan mekanis unggul, sebagaimana bahan komposit. Komposit berpenguat serat merupakan jenis komposit yang paling banyak dikembangkan [1]- [2]. Nyaris semua komponen, baik logam maupun non logam, menjumpai proses penyambungan terhadap komponen lain. Material logam dapat disambung dengan las, baut, dan keling. Bahan non logam dalam hal ini seperti bahan komposit, penyambungannya tidak dapat dilakukan dengan metode pengelasan. Sehingga, penyambungan bahan komposit ini dilakukan dengan metode keling dan baut [3]- [4]. Penyambungan dengan baut dan keling pada bahan komposit membutuhkan lubang sebagai tempat kedudukan baut atau keling. Keberadaan lubang pada suatu komponen komposit yang menerima beban luar harus diketahui dan diperhitungkan dengan baik agar komponen aman. Daerah sekitar lubang merupakan daerah kritis terhadap awal terjadinya kegagalan. Panel berlubang banyak ditemui pada

komponen permesinan baik itu sebagai penutup mesin (*enclosure*) maupun sebagai struktur utama mesin itu sendiri [5].

Teknik pembuatan lubang, ukuran diameter lubang, posisi atau susunan lubang sangat menentukan kekuatan kekuatannya, khususnya di daerah sekitar lubang. Teknik pembuatan lubang pada komposit dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu pembuatan lubang dengan cara dicetak dan atau dibor. Teknik penguatan daerah sekitar lubang dapat dilakukan dengan dua cara yaitu meminimalkan daerah yang miskin penguat (serat) dan meminimalkan kemungkinan terjadinya delaminasi.

Dalam dunia industri perkembangan teknologi bahan semakin pesat. Kebutuhan bahan dengan karakteristik tertentu semakin banyak. Berbagai macam bahan telah digunakan dan juga penelitian lebih lanjut terus dilakukan untuk mendapatkan bahan yang tepat, salah satunya yaitu bahan komposit. Sifatnya yang mudah dibentuk sesuai kebutuhan, baik dalam segi kekuatan maupun keunggulan sifat-sifat yang lain, mendorong penggunaan bahan komposit sebagai bahan alternatif atau bahan pengganti material logam pada berbagai produk.

Bahan komposit adalah material yang terbuat dari dua bahan atau lebih yang tetap terpisah dan berbeda dalam level makroskopik yang membentuk komponen tunggal [6]- [7]- [8]. Pada pengaplikasiannya, komposit membutuhkan keberadaan lubang sebagai tuntutan penyambungan dengan komponen lain. Pertimbangan komposit berlubang merupakan parameter penting dalam desain komponen komposit. Berkaitan dengan hal tersebut, beberapa peneliti telah mempelajari pengaruh arah serat dan susunan lapisan terhadap faktor konsentrasi tegangan pada komposit *carbon/epoxy* AS4/3501-6 berlubang lingkaran dan elips. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada plat komposit berlubang lingkaran cenderung meningkatkan konsentrasi tegangan yang diakibatkan oleh pengurangan luas penampang plat [9].

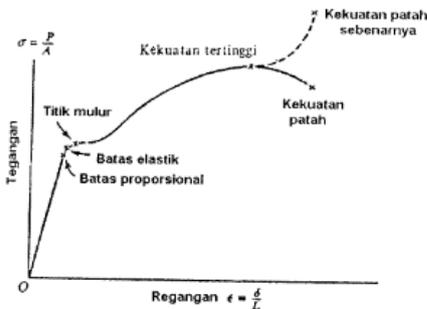
Serat karbon merupakan salah satu material penyusun komposit. Komposit berpenguat serat karbon merupakan salah satu jenis material komposit yang menggunakan serat karbon sebagai salah satu penyusunnya dikarenakan memiliki sifat yang sangat kuat tetapi ringan. Serat karbon sendiri memiliki beberapa keunggulan diantaranya tahan korosi, mudah dibentuk sesuai kebutuhan, lebih ringan dan

lebih kuat dari pada logam, sehingga serat karbon dapat dijadikan pilihan sebagai penguat dalam bahan komposit polimer berpenguat serat sintetik [10].

Komposit CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Plastic*) adalah komposit yang berasal dari serat karbon. Sifatnya yang kuat tetapi ringan merupakan salah satu keunggulan yang dimiliki oleh komposit CFRP dibandingkan dengan besi maupun baja. Sehingga komposit CFRP banyak di gunakan di dunia industri sebagai bahan dasar pengganti besi dan baja.

*Abaqus* merupakan *software* komputer berbasis elemen hingga yang digunakan untuk menganalisis perilaku berbagai produk dan bahan. *Software* ini dikeluarkan oleh Simulia dan telah banyak digunakan oleh para *engineer* berbagai bidang, baik mesin, industri, elektro maupun rekayasa sipil. Tujuan penelitian ini adalah menyelidiki pengaruh susunan lubang dengan variasi vertikal dan horisontal terhadap tegangan disekitar lubang pada bahan komposit CFRP. Analisis akan dilakukan dengan menganalisis tingkat konsentrasi tegangan di sekitar tepi lubang.

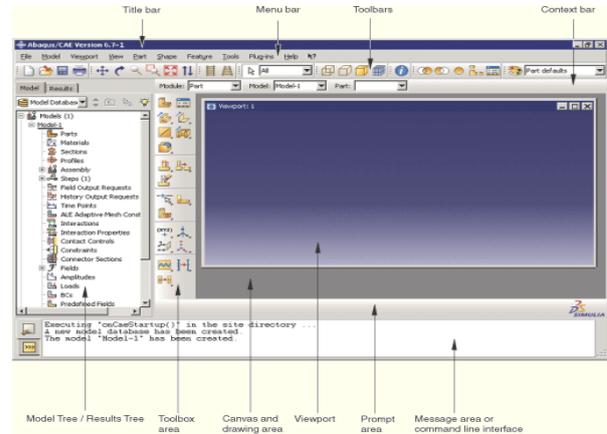
Kekuatan bahan (*strength of materials*) adalah ilmu yang mempelajari hubungan antara yang terjadi pada benda elastis dengan tegangan dan regangan dalam yang diakibatkan oleh gaya yang bekerja. Jika suatu benda ditarik maka benda tersebut akan berubah bentuk (*extension*), ada hubungan antara pertambahan panjang dengan gaya yang diberikan. Jika gaya persatuan luas disebut tegangan dan pertambahan panjang disebut regangan, maka hubungan ini dinyatakan dengan grafik tegangan-regangan seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram tegangan-regangan [11]- [12].

Perangkat lunak *abaqus* yaitu perangkat program analisa rekayasa berdasarkan metode elemen hingga yang dapat memecahkan masalah dari simulasi *nonlinier* yang paling menuntut hingga analisis linier yang relatif sederhana. Program *abaqus* berisi perpustakaan besar elemen untuk memodelkan sebagian besar bentuk. Program ini berisi daftar model material yang sangat lengkap yang dapat melakukan simulasi perilaku dari sebagian besar material teknik seperti logam, karet, polimer, komposit, beton bertulang, dan busa. Sebagai program simulasi, tujuan

umum *abaqus* adalah untuk mempelajari perilaku material ketika menerima pembebanan luar. Program ini dilengkapi dengan berbagai fitur simulasi seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Fitur pada windows utama program *abaqus* [13].

Penerapan bahan yang siap digunakan untuk komponen berbagai struktur mengharuskan adanya pengembangan sifat mekanis yang tinggi. Untuk itu, para rekayasawan pun selalu melakukan berbagai kajian dan inovasi riset untuk merancang material baru yang memiliki sifat fisis dan mekanis unggul, sebagaimana bahan baru komposit. Komposit berpenguat serat merupakan jenis komposit yang paling banyak dikembangkan [1].

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Komputasi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Halu Oleo, Kendari. Alat yang di gunakan dalam penelitian ini yaitu satu unit laptop yang dilengkapi dengan *software abaqus* untuk melaksanakan proses simulasi. Bahan yang dimodelkan adalah komposit *CFRP type T800S/3900-2B* dengan sifat material ditunjukkan pada Tabel 1. Diameter lubang yang dipilih bervariasi yaitu 3 lubang vertikal, 5 lubang, dan 3 lubang horisontal. Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui karakteristik tegangan dan regangan tarik pada komposit CFRP yang berlubang banyak.

Tabel 1. Sifat material untuk *carbon fiber* tipe T800S/3900-2B [14].

Properti material <i>carbon fiber</i> tipe T800S/3900-2B		
Young Modulus	Longitudinal E1	151000
E (MPa)	Transverse E2=E3	9160
Shear Modulus G (MPa)	G12 = G13	4620
	G23	2550
Poison Ratio	$\nu_{12}=\nu_{13}$	0,302
	$\nu_{23}$	0,589

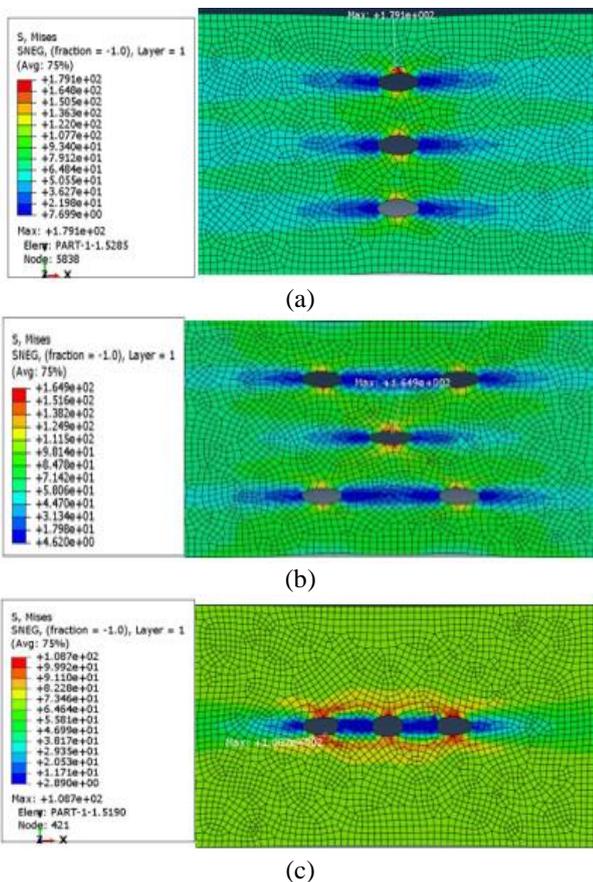
Adapun prosedur simulasi dengan aplikasi *software abaqus* adalah:

1. Menyiapkan alat dan bahan
2. Mendesain benda uji pada modul *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.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

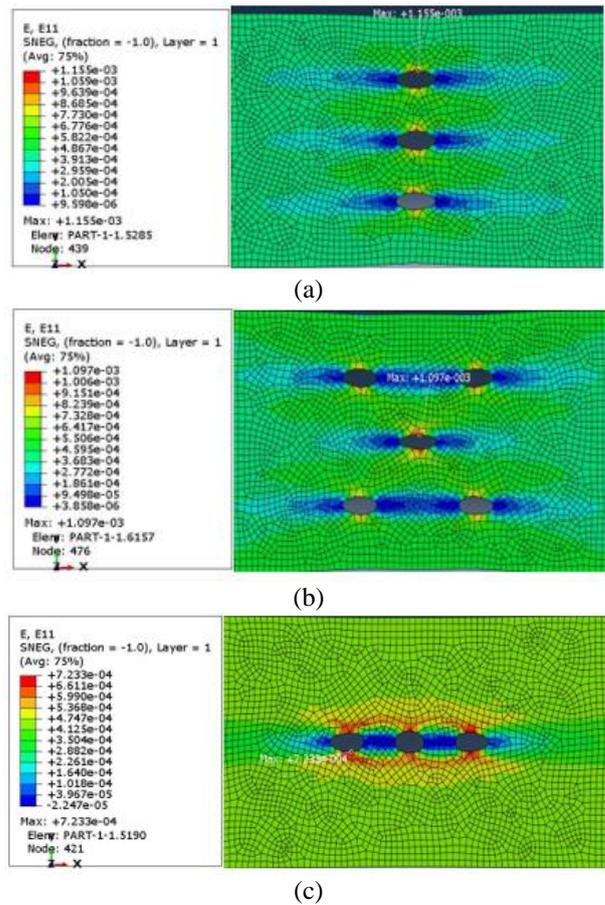
Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui karakteristik tegangan dan regangan tarik pada komposit CFRP yang berlubang banyak.



**Gambar 3.** Distribusi tegangan pada sekitar lubang (a) 3 lubang vertikal, (b) 5 lubang, (c) 3 lubang horizontal.

Berdasarkan data yang diperoleh melalui simulasi seperti pada **Gambar 3** dapat dilihat kontur tegangan tertinggi yang terjadi pada masing-masing spesimen terdapat pada tepi lubang dimana tegangan tertinggi pada spesimen 3 lubang vertika yaitu 179.1 N/mm<sup>2</sup>, tegangan tertinggi pada spesimen 3 lubang horizontal yaitu 108.7

N/mm<sup>2</sup>, tegangan tertinggi pada spesimen 5 lubang 164.9 N/mm<sup>2</sup>.

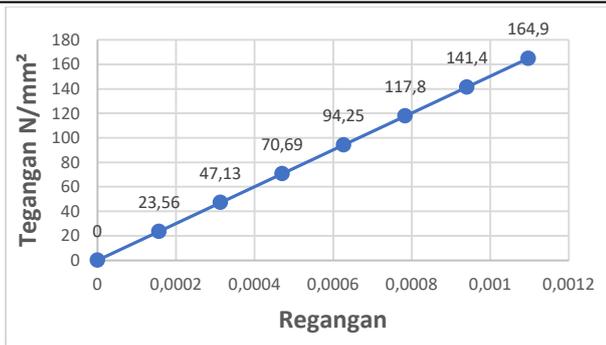


**Gambar 4.** Distribusi regangan pada sekitar lubang (a) 3 lubang vertikal, (b) 5 lubang, (c) 3 lubang horizontal.

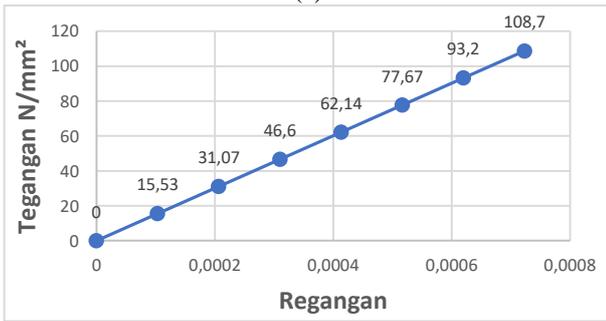
Berdasarkan data yang di dapatkan (**Tabel 2**) melalui simulasi seperti pada **Gambar 4** dapat dilihat kontur regangan tertinggi yang terjadi pada masing-masing spesimen terdapat pada tepi lubang di mana ragangan tertinggi pada spesimen 5 lubang 0.001097, regangan tertinggi pada spesimen 3 lubang horizontal yaitu 0.000723 regangan tertinggi pada spesimen 3 lubang vertikal yaitu 0.001155.

**Tabel 2.** Data tegangan dan regangan pada hasil uji tarik pada komposit CFRP yang berlubang banyak.

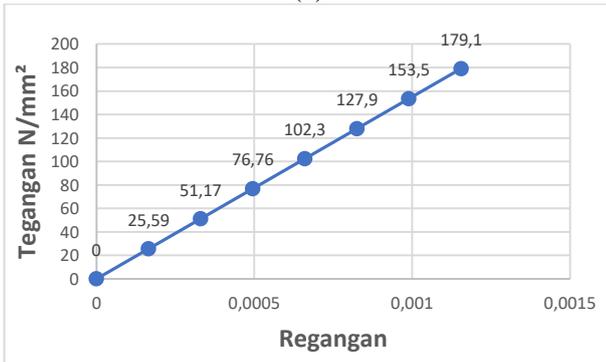
3 Lubang Vertikal		3 Lubang Horizontal		5 Lubang	
Regangan	Tegangan (N/mm <sup>2</sup> )	Regangan	Tegangan (N/mm <sup>2</sup> )	Regangan	Tegangan (N/mm <sup>2</sup> )
0	0	0	0	0	0
0,000165	25,59	0,000103	15,53	0,000157	23,56
0,000330	51,17	0,000207	31,07	0,000314	47,13
0,000495	76,76	0,00031	46,6	0,00047	70,69
0,000660	102,3	0,000413	62,14	0,000627	94,25
0,000825	127,9	0,000517	77,67	0,000784	117,8
0,000990	153,5	0,000620	93,2	0,000941	141,4
0,001155	179,1	0,000723	108,7	0,001097	164,9



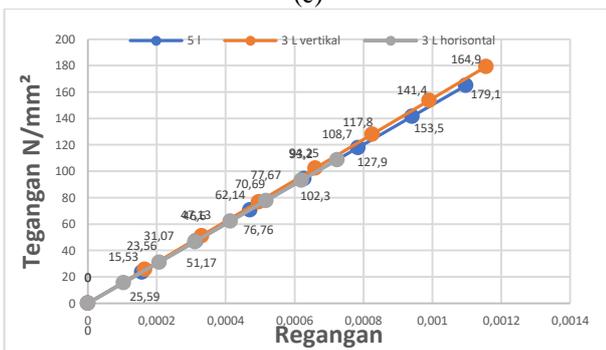
(a)



(b)



(c)



Gambar 5. Grafik hubungan tegangan dan regangan (a) 5 lubang, (b) 3 lubang horizontal, (c) 3 lubang vertikal, (d) keseluruhan spesimen

Gambar 5 menunjukkan perbandingan tegangan regangan dari masing-masing spesimen berdasarkan jumlah lubang dan pada jumlah *step time* yang sama sebanyak delapan *step time*. Berdasarkan hasil simulasi bahwa terdapat variasi tegangan dan regangan pada setiap variasi lubang dimana tegangan tertinggi terdapat pada spesimen 3 lubang vertikal dengan nilai tegangan 179.1 N/mm<sup>2</sup> dan regangan 0.001155, kemudian berikutnya terjadi pada spesimen 5 lubang dengan nilai tegangan 164.9 N/mm<sup>2</sup> dan

regangan 0.001097, dan tegangan terkecil terjadi pada spesimen 3 lubang horizontal dengan nilai tegangan 108.7 N/mm<sup>2</sup> dan regangan 0.000723. Perbedaan nilai tegangan dan regangan pada setiap spesimen dipengaruhi oleh jumlah dan posisi lubang. Nilai tegangan dan regangan tertinggi terjadi pada spesimen 3 lubang vertikal hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai tegangan maka akan semakin tinggi pula nilai regangannya. Nilai tegangan dan regangan tertinggi setiap spesimen terjadi di samping lubang sisi samping. Jadi pada komposit CFRP yang berlubang memiliki distribusi tegangan dan regangan yang sangat besar pada tepi lubang dan akan naik secara signifikan ketika lubang pada komposit bertambah besar [15]. Hal lain juga diungkapkan oleh peneliti lain bahwa semakin jauh orientasi arah serat terhadap arah gaya yang diberikan maka semakin besar pula tegangan yang terjadi [16].

### VII. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi dapat disimpulkan bahwa tegangan tertinggi terjadi pada spesimen 3 lubang vertikal dengan nilai tegangan 179.1 N/mm<sup>2</sup> dan regangan 0.001155 sedangkan tegangan terendah terjadi pada spesimen 3 lubang horizontal dengan nilai tegangan 108.7 N/mm<sup>2</sup> dan regangan 0.000723. Perbedaan nilai tegangan dan regangan pada setiap spesimen dipengaruhi oleh jumlah, posisi atau letak lubang.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Diharjo, "Kajian Pengaruh Teknik Pembuatan Lubang Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Hibrid Serat Gelas Dan Serat Karung Plastik," *Teknoin*, vol. 11, no. 1, pp. 55-64, 2006.
- [2] A. Aminur, "Studi sifat fisik dan mekanik komposit serat daun palem (*livistona rotundifolia*) dengan matriks epoxy resin," Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2011.
- [3] S. M, *Composite Materials Handbook*, McGraw-Hill, NewYork, USA: McGraw-Hill, 1984.
- [4] A. Galinska, "Mechanical Joining of Fibre Reinforced Polymer Composites to Metals-A Review. Part I: Bolted Joining," *MDPI: Polymers*, vol. 12, no. 2252, pp. 1-48, 2020.
- [5] A. Y. Ismail1, M. Ulum and A. Noerpamoengkas, "Pengaruh Diameter Lubang, Rasio Perforasi Dan Sambungan Antar Panel Terhadap Frekuensi Natural Panel Berlubang Ganda," in *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*, Surabaya, 2018.
- [6] R. M. Jones, *Mechanics Of Composite Materials*, Washington D.C: Scripta Book Company, 1975.
- [7] G. Principles Of Composite Material Mechanics, New York St. Louis San Francisco Auckland Bogota, 1994.
- [8] A. K. Kaw, *Mechanics Of composite Materials Sekon*

Edition, 2006, pp. 215-216.

- [9] I. W. Puja, S. Soemantri B. and B. Riyanto, "Pengaruh Arah Serat Dan Susunan Lapisan Terhadap Faktor Konsentrasi Tegangan Pada Komposit Laminat Carbon/Epoxy As4 3501-6 Berlubang Lingkaran Dan Elips," *MESIN Vol. XII NO. 2*, pp. 39-47, 2017.
- [10] F. A. Uman and A. M. Irfa'i, "studi fraksi volume serat terhadap kekuatan tarik komposit polyester," *JTM Volume 07 Nomor 01*, pp. 67-68, 2019.
- [11] A. M. Zainuri, *Kekuatan Bahan*, Yogyakarta: Andi, 2008.
- [12] W. D. Callister, *Materials Science and Engineering*, New York: John Wiley & Sons, Inc, 2007.
- [13] S. De, *Abaqus Handout*, United States of Amerika (USA): Polytechnic Institute, 2000.
- [14] R. Othman, "Experimental and Numerical Characterization of Low-Velocity Impact Damage of a CFRP Laminat with Interlayers," *Material System*, vol. 35, pp. 29-35, 2017.
- [15] M. Ikhsan, S. and N. Endriatno, "Karakteristik Tegangan Dan Regangan Tarik Pada Komposit CFRP Yang Berlubang," *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*.
- [16] H. Alfian, S. and N. Endriatno, "Pengaruh Pola Susunan Laminasi Terhadap Distribusi Tegangan dan Regangan Tarik pada Komposit CFRP Yang berlubang," *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*, vol. 6 (30), pp. 86-91, 2021.