

ANALISA NUMERIK TERHADAP KONSENTRASI TEGANGAN PADA STRUKTUR POROS MESIN PRODUKSI DUPA DENGAN VARIASI LETAK BEBAN PIRINGAN DAN LAJU PEMBEBANAN MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK ANSYS WORKBENCH

2022 R1

Gerarldiovic Sarangnga¹

¹Departement of Mechanical Engineering, National Institute of Technology, Malang Jawa Timur Indonesia

Email : Gerarldiovic1999@gmail.com

ABSTRACT

The incense production machine is a mechanical device that uses an electric motor drive system as the driving force, in addition to the mechanical incense production machine using a crankshaft system that functions to push bamboo to the point of the blade. The function of this incense production machine is to shave the bamboo blades and process the blades to form incense in large quantities continuously. Various researches on the design of incense production machines or tools with electric motor drives have been carried out, the aim is to get effective in the shape and position of designing incense production machines with a crankshaft system. This research methodology begins with designing the shape of the shaft structure using the inventor software, after doing the shaft structure model, it is continued by analyzing the shaft structure using the Ansys Workbench 2022 R1 software. Shaft structure analysis using Ansys Workbench 2022 R1 software was carried out with variations in the location of the load points from the center of the shaft disk 45 cm, 35 cm, and 25 cm, variations in the angle of loading points on the shaft disk 0 and 45 , and variations in the loading rate of 30 Nm, 20 Nm, and 10 Nm. The purpose of this research is to get the position of the load point and the angle of the loading point on the shaft disc of an effective incense production machine. The results of the analysis of the shaft structure analysis with the variations above, get the test results simulation of Total Deformation, Equivalent Stress, and Equivalent Elastic Strain, it can be concluded that in the Total Deformation simulation, the best variation is the farther the distance from the center of the shaft to the load point and the greater the angle of the load on the shaft plate, the smaller the change. Total Deformation obtained, while in Equivalent Stress and Elastic Strain simulations, it is inversely proportional to Total Deformation. Because the closer the distance from the center point of the shaft to the load on the shaft, the better the stress and strain, while the angle of the load on the shaft is directly proportional to the Total Deformation. Because the greater the angle of the load on the shaft disc, the smaller the stress and strain that occurs

Keywords: *Incense production machine, shaft structure.*

ABSTRACT

Mesin produksi dupa adalah alat mekanik yang menggunakan system penggerak motor listrik sebagai tenaga penggerak, selain itu mekanik mesin produksi dupa menggunakan system poros engkol yang berfungsi mendorong bambu ke titik mata pisau. Fungsi mesin produksi dupa ini sebagai penyerut bilah bambu dan pembentukan proses bilah menjadi bentuk dupa dalam jumlah yang sangat banyak secara terus menerus. Telah dilakukan berbagai penelitian perancangan alat atau mesin produksi dupa dengan penggerak motor listrik, tujuannya agar mendapat efektif dalam bentuk dan posisi perancangan mesin produksi dupa dengan sistem poros engkol. Metodologi penelitian ini diawali dengan mendesain bentuk struktur poros menggunakan perangkat lunak *inventor*, setelah melakukan model struktur poros di lanjutkan dengan menganalisa struktur poros menggunakan perangkat lunak *Ansys Workbench 2022 R1*. Analisa struktur poros menggunakan perangkat lunak *Ansys Workbench 2022 R1* dilakukan dengan variasi letak titik beban dari pusat piringan poros 45 cm, 35 cm, dan 25 cm, variasi sudut titik pembebanan pada piringan poros 0° dan 45°, dan variasi laju pembebanan 30 Nm, 20 Nm, dan 10 Nm. Tujuan dilakukan penelitian ini, agar mendapat posisi letak titik beban dan sudut titik pembebanan pada piringan poros mesin produksi dupa yang efektif. Hasil pengujian analisa struktur poros dengan variasi diatas, mendapatkan hasil pengujian yaitu pada simulasi *Total Deformation*, *Equivalen Stress*, dan *Equivalen Elastic Strain* dapat di simpulkan bahwa Pada simulasi *Total Deformation*, variasi yang paling baik adalah semakin jauh jarak titik pusat poros ke titik letak beban dan semakin besar sudut letak beban pada piringan poros maka semakin kecil perubahan *Total Deformation* yang di dapat, sedangkan Pada simulasi *Equivalen Stress* dan *Equivalen Elastic Strain*, berbanding terbalik dengan *Total Deformation*. Karena semakin dekat jarak titik pusat piringan poros ke letak beban pada piringan poros maka tegangan dan regangan yang terjadi semakin baik, sedangkan sudut letak beban pada piringan poros berbanding lurus dengan *Total Deformation*. Karena semakin besar sudut letak beban pada piringan poros maka semakin kecil tegangan dan regangan yang terjadi.

Kata Kunci : Mesin produksi dupa, struktur poros.

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu wilayah yang memiliki banyak jenis tanaman termasuk bambu. Jenis tanaman ini disebut sebagai bambu, awu, dan eru. Menurut Suryanto, Sarana dan Hermawan (2014), di Indonesia sendiri memiliki sekitar 159 jenis dari total 1.250 macam bambu yang ada di belahan dunia. Dan sekitar 88 jenis bambu yang terdapat di wilayah Indonesia dapat dikatakan tanaman endemik. Banyak ragam dan jenis bambu dapat difungsikan sebagai bahan bangunan, alat musik (angklung, suling, sasando, dll), dupa, sangkar burung, kerajinan tangan, alat makan bahkan bahan makan dan lain sebagainya.

Bambu juga dapat menjadi bahan atau material sebagai alternatif pengganti kayu (Widyaningrum, Hermanto & Handini, 2019). Maka dari itu bambu dapat menjadi salah satu solusi untuk bahan baku dan material industri pengolahan kayu terlebih di wilayah Indonesia, mengingat sumber daya bambu di Indonesia memiliki potensi yang cukup besar dan dapat ditemui dimanapun dari daerah pedesaan maupun kawasan hutan (Sulastiningsih & Santoso, 2012).

Dengan adanya perkembangan zaman yang memunculkan teknologi, ide dan kreatifitas untuk menciptakan mesin-mesin pengolah, hal ini tentu menjadi dorongan agar home industry dapat semakin berkembang. Sehingga, pekerja dapat terbantu dan resiko yang diterima dapat diminimalisir. Proses pengolahan bambu yang memanfaatkan bantuan mesin dirasa menjadi pilihan yang tepat dan terbilang lebih efisien karena tidak memerlukan tenaga yang lebih dari manusia. Cara kerja mesin pengolah bambu yang digunakan tentu didukung dengan alat penggerak salah satunya adalah struktur poros pada mesin.

Dari latar belakang diatas, maka yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini, sebagai berikut :

- Bagaimana menganalisa numerik struktur poros mesin produksi dupa dengan variasi jarak titik pembebanan dari pusat piringan poros ke titik beban, sudut titik pembebanan pada piringan poros, dan variasi laju pembebanan menggunakan perangkat lunak *Ansys Workbench 2022 R1* ?
- Mengevaluasi tegangan dan regangan yang paling efektif dengan variasi jarak titik pembebanan dari pusat piringan poros ke titik beban, variasi sudut titik pembebanan pada piringan poros, dan variasi laju pembebanan.

2. Tinjauan Pustaka

Beberapa penelitian yang dilakukan sebelumnya yang dilakukan oleh Zulfikar dkk, (2018) telah menggunakan perangkat lunak *software ANSYS APDL 15.0* untuk kepentingan simulasi pembebanan pada beberapa benda. Kekuatan batang penopang rem belakang sepeda motor telah dianalisa dan didapatkan hasil diperlukan struktur penguat tambahan pada ikatan batang tersebut dengan rumah rem. Penelitian mengenai analisa kekuatan struktur rangka mesin pengering bawang menggunakan perangkat lunak ANSYS APDL 15.0 dikemukakan oleh Soyfan dkk, (2019) dalam pengujian ini, perhitungan MEH dilakukan dengan perangkat lunak *software Ansys APDL 15.0*. Beban input berasal dari berat tray dan bawang yang akan dikeringkan. Metode analisa menggunakan MEH dengan analisa *structural* dan jenis elemen Beam 3Node 189. Berdasarkan hasil simulasi MEH, tegangan maksimal yang terjadi pada tray adalah 1,22 MPa dan defleksi maksimal adalah 0,0055 mm. Tegangan maksimal pada struktur pijakan tray ialah 33,25 MPa dan refraksi maksimum 0,014 mm. Tegangan maksimum pada struktur rangka mesin pengering bawang adalah 0,89 MPa dan refraksi maksimum 0,000235 mm yang terjadi pada bagian tengah struktur mesin. Berdasarkan teori Tresca dan Energi Distorsi, didapat bahwa tegangan yang terjadi masih jauh dari tolak ukur kegagalan struktur. Demikian juga dengan refraksi yang terjadi adalah sangat kecil sehingga bentuk mesin pengering bawang aman digunakan.

Selanjutnya, Harahap (2020) dalam penelitiannya mengenai simulasi pembebanan pada *shackle* menggunakan perangkat lunak ANSYS APDL 15.0 berdasarkan hasil simulasi MEH, tegangan maksimum yang terjadi pada pin ialah 29,864 MPa dan defleksi maksimum ialah 0,0026 mm. Tegangan maksimum pada *shackle* ialah 76,02 MPa dan defleksi maksimum ialah 0,1881 mm. Berdasarkan teori Tresca dan Energi Distorsi, diperoleh bahwa tegangan yang terjadi masih jauh dari kriteria kegagalan struktur. Demikian juga dengan defleksi yang terjadi sangat kecil sehingga *shackle* aman digunakan.

A. Kekuatan Struktur Poros Mesin

Afolabi dkk, (2019) menerangkan bahwa kekuatan struktur poros mesin dapat diartikan sebagai keterampilan struktur untuk mempertahankan performa mekanis selama masa gunanya. Oleh sebab itu, ada keterkaitan antara *endurance* dan keamanan. Kegagalan struktural yang paling utama disebabkan oleh banyak stagnan dan kelelahan pada poros mesin.

Menurut Aguswansyah (2019) ada beberapa variabel yang harus dijaga dalam perancangan poros, seperti : kelelahan, hantaman dan juga dampak kontemplasi tegangan jika memakai poros bertangga ataupun pemakaian jalur pasak pada sebuah poros. Penataan poros harus benar-benar aman sehingga dapat menopang beban- beban yang ada.

B. Faktor Keamanan

Menurut Hendriyanto (2015), variabel keamanan pada dasarnya didefinisikan sebagai pembagi kekuatan ultimit material untuk menentukan “tegangan kerja” atau “tegangan desain”. Perhitungan tegangan desain ini sebelumnya tidak mempertimbangkan faktor lain seperti benturan, kelelahan, dll, sehingga faktor keamanannya cukup besar.

C. Tegangan dan Analisa Gaya

Menurut Hendriyanto (2015) salah satu masalah mendasar dalam teknik mesin adalah menentukan pengaruh beban terhadap komponen atau peralatan mesin. Intensitas gaya internal pada suatu benda didefinisikan sebagai tegangan. Untuk menjaga prinsip keseimbangan, tentunya ada gaya-gaya dalam yang bekerja pada penampang tersebut.

Tegangan dapat didefinisikan sebagai gaya per satuan luas. Ketika suatu gaya diberikan pada suatu benda. Tegangan adalah perbandingan besar gaya dengan luas daerah di mana gaya diberikan. Jika gaya yang diberikan tegak lurus pada permukaan benda, maka terjadi tegangan normal. Jika gaya yang diberikan adalah tangensial terhadap elemen luas benda, maka terjadi tegangan geser. Jika gaya tidak tegak lurus atau sejajar dengan permukaan benda, maka gaya tersebut dapat digambarkan dalam komponen normal dan tangensial.

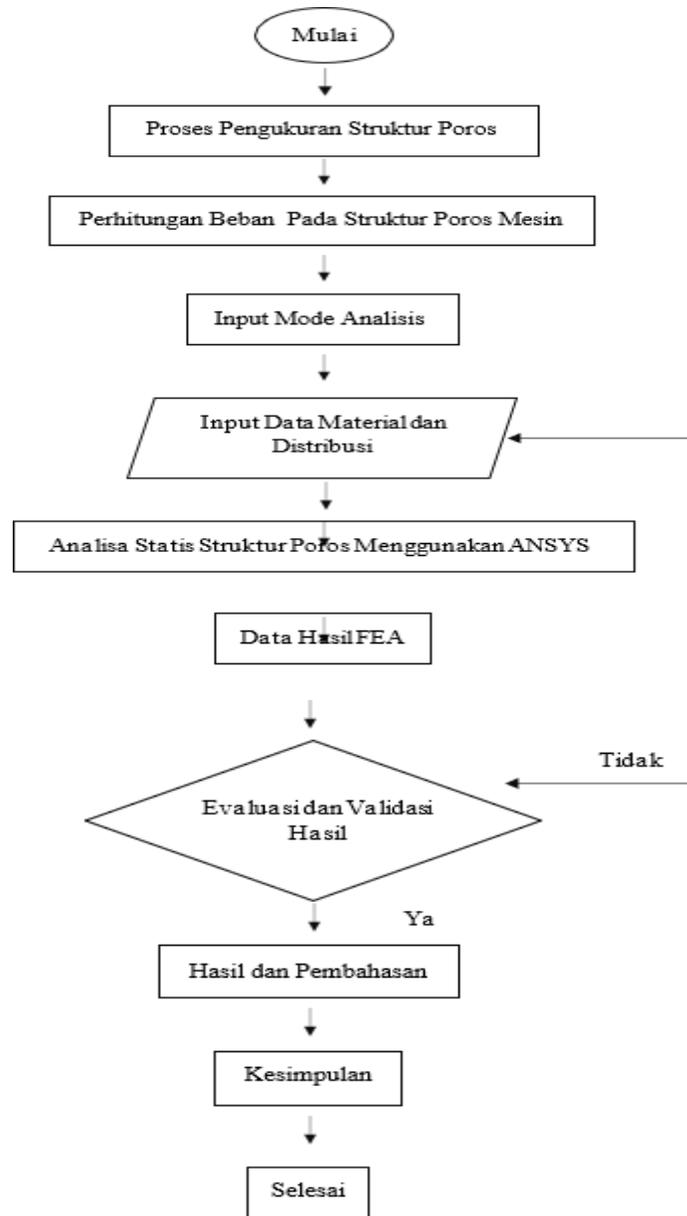
D. *Ansys Workbench 2022 R1*

Menurut Darianto, Umroh dan Amrinsyah (2018) ANSYS adalah perangkat lunak pada komputer rekayasa khusus yang dapat memberikan solusi untuk masalah elemen hingga pemodelan dan analisis. Harahap (2020) juga menjelaskan bahwa ANSYS dapat digunakan untuk mensimulasikan aspek disiplin ilmu fisika (statis dan dinamis, analisis struktur,

dinamika fluida, perpindahan panas, dan elektromagnetik). Zulfikar (2018) menyebutkan ANSYS adalah perangkat lunak komputer yang dapat membantu memecahkan masalah elemen mulai dari pemodelan hingga analisis. Perangkat lunak ANSYS mengimpor data CAD untuk membentuk geometri dengan kemampuan "prapemrosesan".

3. Metode Penelitian

A. Diagram Alir



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

B. Waktu dan Tempat Penelitian

Tempat penelitian dilakukan di rumah salah satu mahasiswa yang berlokasi di Perumahan permata regency 1 blok 12 No 18 ngijo karangploso, Kabupaten malang, Jawa Timur, ID 65152. Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan di awal semester 8 pada tanggal 20 Maret 2022 Sampai dengan waktu yang telah disepakatin.

C. Pengujian Variasi Piringan Poros

- Pengujian sudut titik beban piringan poros 0 derajat
Pengujian ini dilakukan dengan kemiringan ujung poros satu dengan ujung poros 2 adalah 0 derajat. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas efektivitas alat, yang paling terpenting untuk mengetahui kekuatan struktur piringan poros terhadap poros
- Pengujian sudut titik beban piringan poros 45 derajat
Pengujian ini dilakukan dengan kemiringan ujung poros satu dengan ujung poros 2 adalah 45 derajat. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas efektivitas alat, yang paling terpenting untuk mengetahui kekuatan struktur piringan poros terhadap poros.
- Variasi pengujian jarak titik beban dari pusat piringan poros ke titik beban
Pengujian ini dilakukan dengan membuat 3 letak beban pada piringan, yang paling terpenting untuk mengetahui kekuatan struktur piringan poros terhadap poros.
 - Variasi 1 : jarak titik beban dari pusat piringan poros 45 cm
 - Variasi 2 : jarak titik beban dari pusat piringan poros 35 cm
 - Variasi 3 : jarak titik beban dari pusat piringan poros 25 cm

4. Hasil dan Pembahasan

A. Tabel Hasil Simulasi *Total Deformation*, *Equivalen Stress*, dan *Equivalen Elastic Strain* Struktur Poros Mesin

- Data Hasil Simulasi *Total Deformation*

Simulasi Total Deformation(m)	Variasi sudut titik beban pada piringan 0 Derajat			Variasi sudut titik beban pada piringan 45 Derajat		
	10 Nm	20Nm	30Nm	10Nm	20 Nm	30 Nm
Variasi Jarak titik beban dari pusat piringan poros 45 cm	9,8052e-5	1,99601e-4	2,9416e-4	9,3046e-5	1,86071e-4	2,7914e-4
Variasi Jarak titik beban dari pusat piringan poros 35 cm	9,8062e-5	1,9612e-4	2,9419e-4	9,7648e-5	1,9042e-4	2,8563e-4
Variasi Jarak titik beban dari pusat piringan poros 25 cm	9,8073e-5	1,9614e-4	2,9421e-4	9,7945e-5	1,9107e-4	2,9066e-4

Tabel 1. Tabel Hasil Simulasi *Total Deformation*

- Data Hasil Simulasi Equivalen Stress

Simulasi Equivalen Stress (Mpa)	Variasi sudut titik beban pada piringan 0 Derajat			Variasi sudut titik beban pada piringan 45 Derajat		
	10 Nm	20Nm	30Nm	10Nm	20 Nm	30 Nm
Variasi Jarak titik beban dari pusat piringan poros 45 cm	40,586	81,173	121,76	39,955	81,007	121,04
Variasi Jarak titik beban dari pusat piringan poros 35 cm	40,586	81,173	121,76	39,159	80,883	120,82
Variasi Jarak titik beban dari pusat piringan poros 25 cm	40,586	81,173	121,76	38,769	77,539	116,31

Tabel 2. Tabel Hasil *Equivalen Stress*

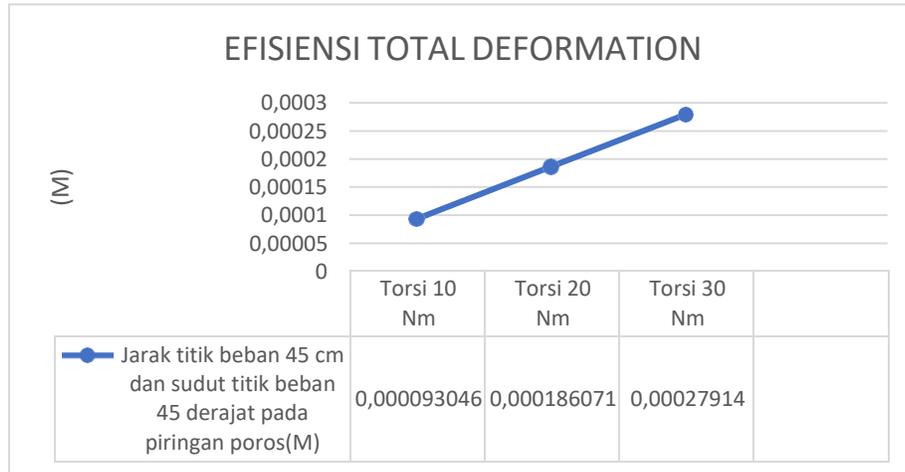
- Data Hasil Simulasi Equivalen Elastic Strain

Simulasi Equivalen Elastic Strain (m/m)	Variasi sudut titik beban pada piringan 0 Derajat			Variasi sudut titik beban pada piringan 45 Derajat		
	10 Nm	20Nm	30Nm	10Nm	20 Nm	30 Nm
Variasi Jarak titik beban dari pusat piringan poros 45 cm	2,8226e-4	5,6453e-4	8,4679e-4	2,7853e-4	5,5705e-4	8,3558e-4
Variasi Jarak titik beban dari pusat piringan poros 35 cm	2,8226e-4	5,6453e-4	8,4679e-4	25,084e-4	5,4281e-4	8,2422e-4
Variasi Jarak titik beban dari pusat piringan poros 25 cm	2,8226e-4	5,6453e-4	8,4679e-4	2,4226e-4	5,2532e-4	7,8798e-4

Tabel 3. Tabel Hasil *Equivalen Elastic Strain*

B. Hasil Grafik Kesimpulan Efisiensi Simulasi *Total Deformation*, *Equivalen Stress*, dan *Equivalen Elastic Strain*

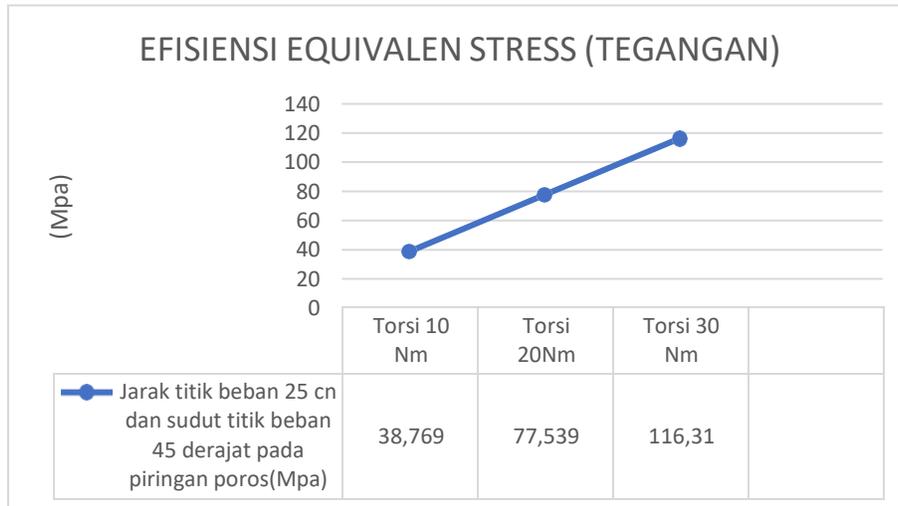
- Hasil grafik kesimpulan Efisiensi *Total Deformation*



Gambar 2. Grafik efisiensi *Total Deformation*

Pada simulasi *Total Deformation* perubahan kekuatan maximum yang paling rendah terletak pada torsi 10 Nm dengan variasi letak beban piringan 1 dengan sudut letak beban 45° 0,000093046 m, pada torsi 20 Nm dengan letak beban piringan 1 dengan sudut letak beban 45° 0,000186071 m. Pada torsi 30 Nm variasi letak beban 1 dengan sudut letak beban 45° 0,00027914 m.

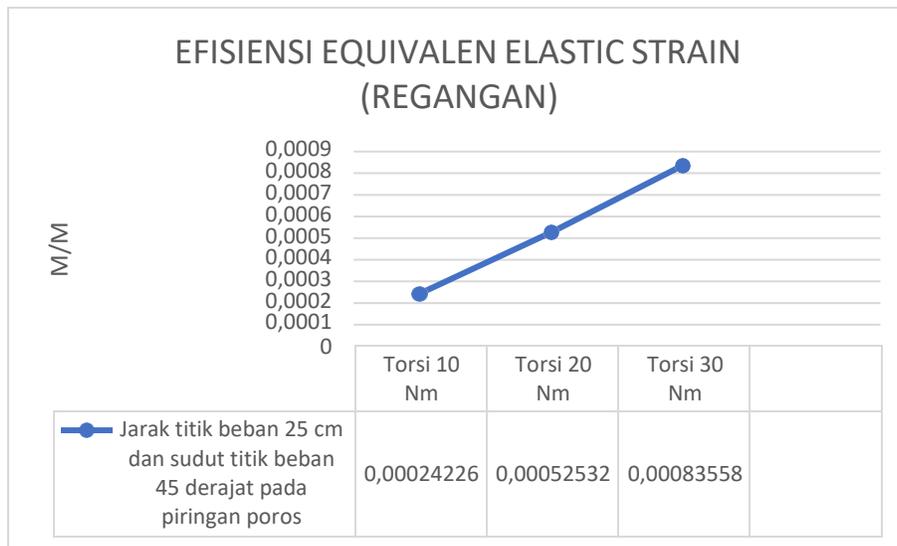
- Hasil Grafik Kesimpulan Efisiensi *Equivalen Stress*



Gambar 3. Grafik Efisiensi *Equivalen Stress*

Pada simulasi *equivalen stress* tegangan maximum yang paling rendah terletak pada torsi 10 Nm dengan variasi letak beban piringan poros 3 dengan sudut letak beban 45° yaitu 38,769 Mpa. Sedangkan pada torsi 20 Nm dengan variasi letak beban piringan 3 dengan sudut letak beban 45° yaitu 77,539 Mpa, dan pada torsi 30 Nm dengan variasi letak beban pada piringan 3 dengan sudut letak beban 45° yaitu 116,31 Mpa.

- Hasil Grafik Kesimpulan Efisiensi *Equivalen Elastic Strain*



Gambar 4. Grafik Efisiensi *Equivalen Elastic Strain*

Pada simulasi *equivalen elastic strain* regangan maximum yang paling rendah terletak pada torsi 10 Nm dengan variasi letak beban piringan poros 3 dengan sudut letak beban 45° yaitu 0,00024226 m/m. Sedangkan regangan pada torsi 20 Nm dengan variasi letak beban piringan 3 dengan sudut letak beban 45° yaitu 0,00052532 m/m, dan regangan pada torsi 30 Nm dengan variasi letak beban pada piringan 3 dengan sudut letak beban 45° yaitu 0,00083558 m/m.

5. Kesimpulan

- Dilihat dari hasil analisa terhadap static struktural, bahwa terdapat tegangan maksimal diantara total deformation, *equivalen stress*, dan *equivalen elastic strain* pada variasi struktur poros, yaitu :
 - Pada simulasi total deformation perubahan kekuatan maximum yang paling rendah terletak pada torsi 10 Nm dengan variasi letak beban piringan 1 dengan sudut letak beban 45° 0,000093046 m, pada torsi 20 Nm dengan letak beban piringan 1 dengan sudut letak beban 45° 0,000186071 m. Pada torsi 30 Nm variasi letak beban 1 dengan sudut letak beban 45° 0,00027914 m.
 - Pada simulasi *equivalen stress* tegangan maximum yang paling rendah terletak pada torsi 10 Nm dengan variasi letak beban piringan poros 3 dengan sudut letak beban 45° yaitu 38,769 Mpa. Sedangkan pada torsi 20 Nm dengan variasi letak beban piringan 3 dengan sudut letak beban 45° yaitu 77,539 Mpa, dan pada torsi 30 Nm dengan variasi letak beban pada piringan 3 dengan sudut letak beban 45° yaitu 116,31 Mpa.
 - Pada simulasi *equivalen elastic strain* regangan maximum yang paling rendah terletak pada torsi 10 Nm dengan variasi letak beban piringan poros 3 dengan sudut letak beban 45° yaitu 0,00024226 m/m. Sedangkan regangan pada torsi 20 Nm dengan variasi letak beban piringan 3 dengan sudut letak beban 45° yaitu 0,00052532 m/m, dan regangan pada torsi 30 Nm dengan variasi letak beban pada piringan 3 dengan sudut letak beban 45° yaitu 0,00083558 m/m.
- Dari hasil analisa terhadap static struktural menggunakan *ansys* dan didapatkan dapat sesuai dengan di atas dapat di simpulkan, sebagai berikut :
 - Pada simulasi total deformation, variasi yang paling baik adalah semakin jauh jarak titik pusat poros ke titik letak beban dan semakin besar sudut letak beban pada piringan poros maka semakin kecil perubahan total deformation yang di dapat.
 - Pada simulasi *equivalen stress* dan *equivalen elastic strain*, berbanding terbalik dengan total deformatin. Karena semakin dekat jarak titik pusat piringan poros ke letak beban pada piringan poros maka tegangan dan regangan yang terjadi semakin baik, sedangkan sudut letak beban pada piringan

poros berbanding lurus dengan total deformation. Karena semakin besar sudut letak beban pada piringan poros maka semakin kecil tegangan dan regangan yang terjadi.

Daftar Pustaka

- [1] Afolabi, S. O., Oladapo, B. I., Ijagbemi, C. O., Adeoye, A. O., & Kayode, J. F. (2019). Design and finite element analysis of a fatigue life prediction for safe and economical machine shaft. *Journal of Materials Research and Technology*, 8(1), 105-111.
- [2] AGUSWANSYAH, I. (2019). *RANCANG BANGUN MESIN PEMBELAH BAMBU (PENGUJIAN)* (Doctoral dissertation, POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA).
- [3] Darianto, D., Umroh, B., & Amrinsyah, A. (2018). Numerical Simulation on Mechanical Strength of a Wooden Golf Stick. *JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY*, 2(1), 13-19
- [4] Darianto, D., Umroh, B., & Amrinsyah, A. (2018). Numerical Simulation on Mechanical Strength of a Wooden Golf Stick. *JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY*, 2(1), 13-19.
- [5] Harahap, A. (2020). Simulasi Pembebanan Pada Shackle Menggunakan Perangkat Lunak Ansys APDL 15.0. *JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY*, 4(1), 74-84.
- [6] HENDRIANTO, D. (2015). *PERANCANGAN MESIN PENCACAH RUMPUT GAJAH UNTUK PAKAN TERNAK KAPASITAS 350 kg/jam* (Doctoral dissertation, University of Muhammadiyah Malang).
- [7] Sulastiningsih, I. M., & Santoso, A. (2012). Pengaruh jenis bambu, waktu kempa dan perlakuan pendahuluan bilah bambu terhadap sifat papan bambu lamina. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 30(3), 199-207.
- [8] Suryanto, S., Sarana, V. S., & Iwan Hermawan, A. S. P. N. (2014). Rancang Bangun Alat Belah Bambu Dengan Pemutar Ulir Penekan Multi Pisau. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 9(2).
- [9] Sofyan, A., Glusevic, J., Zulfikar, A. J., & Umroh, B. (2019). Analisis Kekuatan Struktur Rangka Mesin Pengering Bawang Menggunakan Perangkat Lunak Ansys Apdl 15.0. *Journal of mechanical engineering manufactures materials and energy*, 3(1), 20-28.
- [10] Widyaningrum, A., Hermanto, N. I. S., & Hardini, P. (2020). PERALATAN TEKNOLOGI BAMBU LAMINASI BAGI PENGRAJIN BAMBU DI KECAMATAN KALIWIRO KABUPATEN WONOSOBO JAWA TENGAH. *Prosiding*, 9(1).

- [11] Zulfikar, A. J. (2018). Numerical Simulation on The Onion Dryer Frame Capacity of 5 kg/hour. *JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY*, 2(2), 86-92.