

Analisa Tegangan Maksimal *Cutter Planer* pada Mesin Serut (*Planer*) Bambu Modular dengan Metode Elemen Hingga

¹⁾ Redho Kurniawan, ^{2)*} Ignatius Aris Hendaryanto, ³⁾ Sugiyanto, ⁴⁾ Radhian Krisnaputra, ⁵⁾ Inggar Septhia Irawati,

^(1,2,3,4)Departemen Teknik Mesin, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada,

Jln. Yacarana, Sekip Unit VI, Catur Tunggal, Sleman, Yogyakarta 55281, Indonesia

⁽⁵⁾Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada,

Jln. Grafika, Kampus No. 2, Catur Tunggal, Sleman, Yogyakarta 55281, Indonesia

*Email : aris.hendaryanto@ugm.ac.id

Diterima: 03.07.2023, Disetujui: 13.10.2023, Diterbitkan: 27.10.2023

ABSTRACT

The cutter planer is one of the main components of a bamboo planer which functions to flatten the surface of the bamboo blades. The cutter planer has a problem, namely the maximum stress is not known due to the complexity of the components which is difficult to analyze using the mechanical equation calculation method, so that to overcome this problem a numerical method is used, namely the finite element method. In this study, an analysis was carried out on a cutter planer by comparing the process of cutting bamboo slats with two directions of rotation clock wise (CW) and counter clock wise (CCW). The purpose of this research is to determine the stress value and safety factor of the cutter planer in the clock wise (CW) and counter clock wise (CCW) feed rotation direction by feeding using frequency variations on the inventor of 10 Hz, 20 Hz, 30 Hz, 40 Hz, and 50 Hz obtained from the simulation results of the finite element method, namely explicit dynamics. The material used in the cutter planer is HSS and bamboo material with petung bamboo. The results of this study, the highest maximum stress distribution for the cutter occurs in CCW and the lowest maximum stress distribution for the cutter occurs in CW.

Keywords: *Cutter, Explicit Dynamics, Numerical Method*

ABSTRAK

Cutter planer adalah salah satu komponen utama dari mesin serut bambu yang berfungsi untuk meratakan permukaan bilah bambu. *Cutter planer* memiliki permasalahan yaitu belum diketahui tegangan maksimal dikarenakan kompleksitas komponen yang sulit dalam melakukan analisa menggunakan metode kalkulasi persamaan mekanik, sehingga untuk mengatasi permasalahan tersebut digunakan metode numerik yaitu metode elemen hingga. Pada penelitian ini dilakukan analisa pada *cutter planer* dengan cara melakukan perbandingan proses pemotongan bilah bambu dengan dua arah putaran *clock wise* (CW) dan *counter clock wise* (CCW). Tujuan penelitian ini untuk mengetahui nilai tegangan dan *safety factor* dari *cutter planer* saat arah putaran pemakanan *clock wise* (CW) dan *counter clock wise* (CCW) dengan *feeding* menggunakan variasi frekuensi pada inventer sebesar 10 Hz, 20 Hz, 30 Hz, 40 Hz, dan 50 Hz yang diperoleh dari hasil simulasi metode elemen hingga yaitu *explicit dynamics*. Material yang digunakan pada *cutter planer* yaitu HSS dan material bambu dengan jenis bambu petung. Hasil dari penelitian ini, diperoleh sebaran tegangan maksimal tertinggi pada *cutter* terjadi pada CCW dan sebaran tegangan maksimal terendah pada *cutter* terjadi pada CW.

Kata kunci: *Cutter, Explicit Dynamics, Metode Numerik*

I. Pendahuluan

Mesin serut (*planer*) bambu sistem modular merupakan mesin yang berfungsi untuk meratakan permukaan hasil pembilahan bambu menggunakan *cutter* yang berputar, sehingga dapat diperoleh penampang bilah bambu berbentuk *square*, di mana satu unit

mesin *planer* akan dibagi lagi menjadi unit-unit kecil yang dapat dipasang dan digabungkan secara "*plug and play*" menggunakan mekanisme sambungan mur dan baut (Sugiyanto. dkk., 2022).

Mesin serut (*planer*) bambu sistem modular terdiri dari beberapa komponen utama, salah satu komponen utama dari mesin

serut (*planer*) bambu adalah *cutter planer* yang terdapat pada modul *guider cutter*. *Cutter planer* memiliki permasalahan terhadap perancangan rekayasa mesin, permasalahan tersebut yaitu belum diketahui tegangan maksimal dan *safety factor* pada *cutter planer* dikarenakan kompleksitas komponen yang sulit dalam melakukan analisa menggunakan metode kalkulasi persamaan mekanik.

Berdasarkan permasalahan tersebut maka komponen mekanis dari modul *guider* yaitu *cutter planer* membutuhkan metode numerik untuk mengatasi permasalahan kalkulasi dalam mengamati dan melakukan analisa kompleksitas komponen *cutter planer*, sehingga memperoleh nilai atau data tegangan maksimal dan *safety factor*. Oleh sebab itu perlu dilakukan analisa menggunakan metode numerik, metode numerik yang digunakan adalah metode elemen hingga yaitu *explicit dynamics*.

Metode elemen hingga adalah metode numerik yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan teknik dan problem matematis dari suatu gejala fisis yaitu analisa dinamis *cutter* ketika proses pemotongan bilah bambu dengan dua arah putaran *clock wise* (CW) dan *counter clock wise* (CCW) serta *feeding* pemesinan menggunakan variasi frekuensi pada inventer sebesar 10 Hz, 20 Hz, 30 Hz, 40 Hz, dan 50 Hz dengan cara analisa *explicit dynamics*.

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka penelitian ini berfokus pada analisa tegangan maksimal *cutter planer* pada mesin serut (*planer*) bambu modular dengan metode elemen hingga. Diharapkan dengan adanya penelitian ini akan membantu dalam perkembangan teknologi rekayasa mesin serut (*planer*) bambu, sehingga mampu membantu pelaku kerajinan bambu sekaligus memanfaatkan potensi bambu yang ada di Indonesia.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui nilai tegangan dan *safety factor* dari *cutter planer* saat arah putaran pemakanan *clock wise* (CW) dan *counter clock wise* (CCW) dengan *feeding* menggunakan variasi frekuensi pada inventer sebesar 10 Hz, 20 Hz, 30 Hz, 40 Hz, dan 50 Hz yang diperoleh dari hasil simulasi metode elemen hingga yaitu *explicit dynamics*.

II. Bahan dan Metode

a. Bambu Petung

Bambu merupakan tumbuhan yang tergolong dalam famili Gramineae atau suku rumput-rumputan serta tumbuh subur di daerah tropik dan sub tropik, salah satu jenis bambu yaitu bambu petung. Bambu petung adalah salah satu jenis bambu yang terdapat di Indonesia. Bambu petung memiliki nama ilmiah *Dendrocalamus asper Backer*. Bambu petung sering dijadikan sebagai salah satu bambu material dasar bambu laminasi. Bambu petung memiliki sifat mekanik yang dapat dilihat pada tabel berikut. Bambu petung juga memiliki sifat mekanik *density* yang relatif ringan, dengan nilai *density* sebesar $0,60 \text{ g/cm}^3$ - $0,69 \text{ g/cm}^3$ pada setiap sisi bambu, jika dirata-ratakan *density* bambu petung sebesar $0,63 \text{ g/cm}^3$.

Tabel 1 Spesifikasi Bambu
(Inggar, S.I., 2012)

Sifat Mekanik	(MPa)
Kuat Lentur	134,972
Kuat Tarik Sejajar Serat	228
Kuat Tekan Sejajar Serat	49,206
Kuat Tekan Tegak Lurus Sejajar Serat	24,185
Kuat Geser Sejajar Serat	9,505
Modulus Elastisitas	12888,477

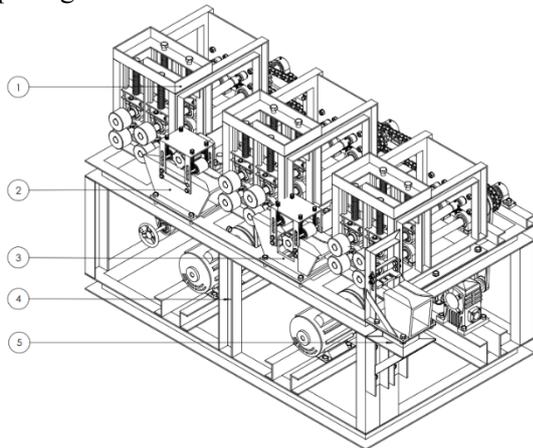
Tabel 2 *Density* Bambu Petung
(Febrian T.W., 2019)

Arah Aksial	Bagian Ruas (g/cm^3)		Rata-rata (g/cm^3)
Pangkal	0,57	0,63	0,60
Tengah	0,60	0,62	0,61
Ujung	0,69	0,69	0,69
Rata- Rata	0,62	0,64	0,63

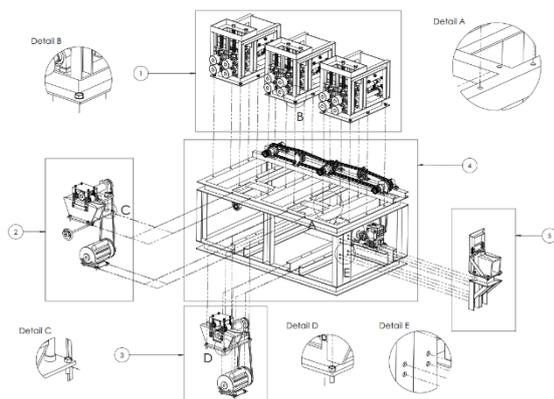
b. Mesin *Planer* Bambu Modular

Mesin serut (*planer*) bambu dengan sistem modular merupakan mesin untuk meratakan hasil pembilahan bambu agar didapatkan penampang bilah bambu berbentuk *square* atau persegi dengan kerangka dan komponen utama menggunakan sistem modular, di mana satu unit mesin *planer* akan dibagi lagi menjadi unit-unit kecil yang dapat dipasang dan digabungkan secara “*plug and play*” menggunakan mekanisme sambungan mur dan baut. Istilah “*plug and*

play” diartikan memudahkan pengguna (*user*) dalam melakukan perakitan dan instalasi dari unit-unit kecil yang dipecah menjadi satu kesatuan utuh mesin serut (*planer*). (Sugiyanto. dkk., 2022). Mesin serut (*planer*) bambu dengan sistem modular dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1 Mesin *Planer* Modular
(Sugiyanto. dkk., 2022)



Gambar 2 Sistem Modular
(Sugiyanto. dkk., 2022)

c. *Cutter Planer*

Mesin serut (*planer*) bambu sistem modular terdiri dari beberapa komponen utama, salah satu komponen utama dari mesin serut (*planer*) bambu adalah *cutter planer* yang terdapat pada modul *guider cutter*. Komponen modul *guider cutter* dari mesin serut (*planer*) adalah komponen yang berfungsi sebagai tempat proses meratakan permukaan dari bilah bambu menjadi bentuk *square* dengan sistem komponen “*plug and play*” yang bisa dilepas pasang. *Cutter planer* adalah jenis *cutting tools* atau *cutter* yang digunakan pada proses permesinan mesin *planer* bambu. *Cutter planer* digunakan untuk

meratakan permukaan bilah bambu yang awalnya berbentuk juring menjadi bentuk *square*. *Cutter planer* diletakkan pada *housing cutter* yang langsung terhubung dengan poros penggerak. *Cutter planer* menggunakan material *high speed steel* (HSS), spesifikasi material HSS pada *cutter planer* sebagai berikut.

Tabel 3 Spesifikasi Material HSS

<i>Density</i>	78.160 kg/m ³
<i>Ultimate Tensile Strength</i>	1200 MPa
<i>Yield Strength</i>	1000 MPa
<i>Young's Modulus Of Elasticity</i>	200 GPa
<i>Hardeness</i>	720 BHN
<i>Melting Point</i>	1430 °C
<i>Thermal Conductivity</i>	41 W/mK
<i>Heat Capacity</i>	470 J/g K

d. Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga adalah metode numerik untuk mendapatkan solusi permasalahan diferensial, baik persamaan diferensial biasa (*ordinary differential equation*) maupun persamaan diferensial parsial (*partial differential equation*). Persamaan diferensial seringkali digunakan sebagai model permasalahan *engineering*, maka penting bagi para insinyur untuk dapat memahami dan mampu menerapkan metode elemen hingga. Metode elemen hingga merupakan salah satu metode numerik paling *versatile* untuk memecahkan *problem* dalam domain *continuum* (Kosasih, PB. 2012).

Tujuan dalam menggunakan Metode Elemen Hingga (FEM) adalah untuk menyelesaikan permasalahan suatu model yang tidak dapat diselesaikan secara langsung, tetapi dapat dilakukan penyelesaian dengan membagi tiap-tiap elemen yang lebih kecil dan saling terhubung yang kemudian digabungkan hasil penyelesaiannya untuk memperoleh penyelesaian secara keseluruhan (Logan, 2007).

e. *Safety Factor*

Menurut Khurmi dan Gupta (2005) menyatakan bahwa faktor keamanan adalah rasio tegangan maksimum dibagi dengan tegangan kerja yang diizinkan. Jenis beban yang diterima serta material yang digunakan berhubungan erat terhadap tegangan yang

diperbolehkan. Secara matematis, perhitungan faktor keamanan adalah sebagai berikut:

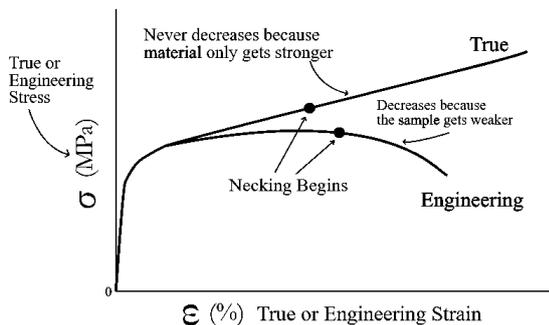
$$SF = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_{kerja}} = \frac{\sigma_{max}}{\sigma} \dots\dots\dots(1)$$

Menurut Thumb, faktor keamanan dapat dengan cepat diperkirakan menggunakan variasi lima ukuran, salah satunya perkiraan kontribusi untuk material, Sf material sebagai berikut:

1. Sf =1,0 (jika properti material diketahui. Jika secara eksperimental diperoleh dari pengujian specimen).
2. Sf =1,1 (jika properti material diketahui dari buku panduan atau nilai fabrikasi).
3. Sf = 1,2 – 1,4 (jika properti material tidak diketahui).

f. Tegangan

Tegangan adalah besaran pengukuran intensitas gaya atau reaksi dalam yang timbul persatuan luas. Tegangan dibedakan menjadi dua yaitu *engineering stress* dan *true stress* (Marciniak dkk, 2002).



Gambar 3 True/Engineering Stress

1. *Engineering Stress*

Engineering stress adalah tegangan pada saat benda menerima beban sebesar P kg, maka benda akan bertambah panjang sebesar ΔL mm. *Engineering stress* dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\sigma_{eng} = \frac{F}{A_0} \dots\dots\dots(2)$$

2. *True Stress*

True stress adalah tegangan hasil pengukuran intensitas gaya reaksi yang dibagi dengan luas permukaan sebenarnya (*actual*). *True stress* dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\sigma_{true} = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(3)$$

Metode Penelitian

a. Software (Perangkat Lunak)

Penelitian ini membahas tentang bagaimana metode analisa tegangan maksimal *cutter planer* pada mesin serut (*planer*) bambu modular dengan metode elemen hingga. *Software* metode elemen hingga pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak yaitu ANSYS dengan memanfaatkan fitur analisa *explicit dynamics* pada *software* tersebut.

b. Hasil Desain

Desain *cutter* adalah *embodiment design* atau visualisasi 3D dari *cutter planer* yang dibuat secara actual melalui *software computer aided design* (CAD) dan dijadikan acuan *geometry* dalam melakukan analisa metode elemen hingga *explicit dynamics*. *Cutter planer* terdiri dari beberapa bagian yaitu memiliki empat mata pisau dengan bahan HSS yang diletakan pada *housing cutter* yang tersambung dengan poros/*shaft*, hasil desain sebagai berikut.



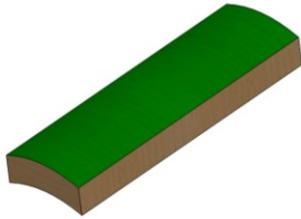
Gambar 4 Desain Cutter Planer

c. Data Observasi

Dalam melakukan analisa perancangan *guider cutter* pada mesin serut (*planer*) bambu dengan sistem modular terdapat tahapan observasi lapangan. Data observasi terdiri data geometri bambu petung, data *feeding* dan data jumlah *cutter* pada mesin *planer* bambu modular.

1. Geometri Bambu Petung

Geometri bambu petung adalah perwujudan 3D dari bilah bambu petung yang ukurannya diperoleh dari pelaku usaha bambu laminasi.



Gambar 5 Visualisasi Bambu

2. Data Feeding

Data *feeding* adalah data nilai kecepatan pemakanan *cutting* ketika dilakukan perubahan frekuensi pada inventer dengan lima jenis variasi yang terdiri dari 10 Hz, 20 Hz, 30 Hz, 40 Hz, dan 50 Hz. Data *feeding* dijadikan data acuan dalam menentukan analisa perancangan *guider cutter* pada mesin serut (*planer*) bambu dengan sistem modular menggunakan metode elemen hingga, data sebagai berikut.

Tabel 4 Data Feeding

No	Frekuensi (Hz)	Feeding (mm/second)
1	10	13,72727273
2	20	28,09302326
3	30	43,14285714
4	40	57,52380952
5	50	71,05882353

3. Data Jumlah Putaran Cutter

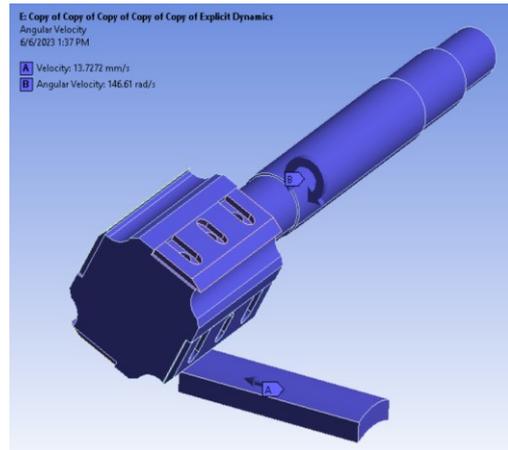
Setelah dilakukan observasi pada mesin *planer* bamboo jumlah putaran *cutter* pada mesin tersebut sebesar 1400 RPM.

d. Mechanical Properties

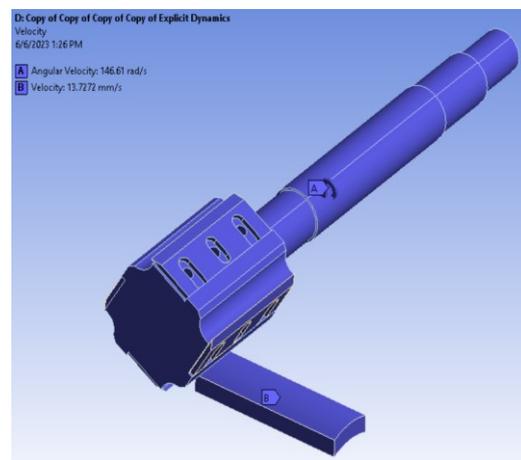
Simulasi *cutting* pada penelitian menggunakan dua jenis material *high speed steel* (HSS) untuk komponen *cutter* dan material bambu petung untuk benda kerja (bambu).

e. Boundary Condition

Boundary condition pada simulasi penelitian dibagi menjadi dua metode putaran *cutter* yaitu dengan *feeding* menggunakan variasi frekuensi pada inventer sebesar 10 Hz, 20 Hz, 30 Hz, 40 Hz dan 50 Hz. Adapun ketebalan pemakanan pada simulasi *cutting* sebesar 3 mm, *boundary condition* sebagai berikut.



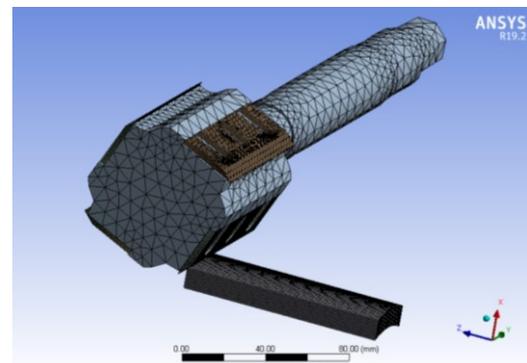
Gambar 6 Boundary Condition CW



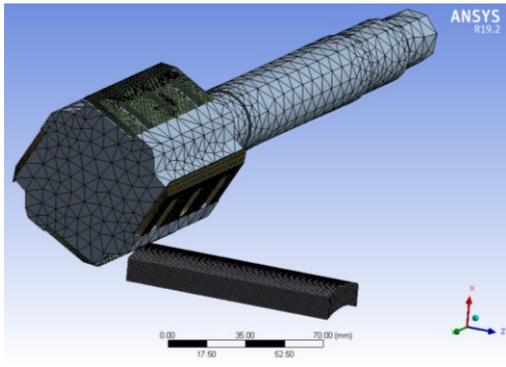
Gambar 7 Boundary Condition CCW

f. Meshing

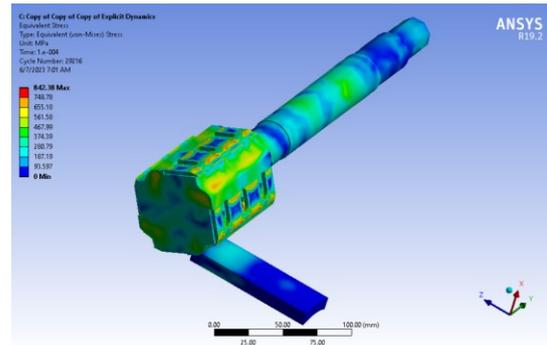
Meshing pada setiap *boundary condition* simulasi penelitian berjumlah 79.277 nodes dan 77.824 elements untuk CW dan 79.334 nodes dan 77.148 elements untuk CCW. *Meshing* area pada *cutter* dan bambu pada nodes dan elements diatur menjadi *smooth*. *Meshing* sebagai berikut.



Gambar 8 Meshing CW



Gambar 9 Meshing CCW



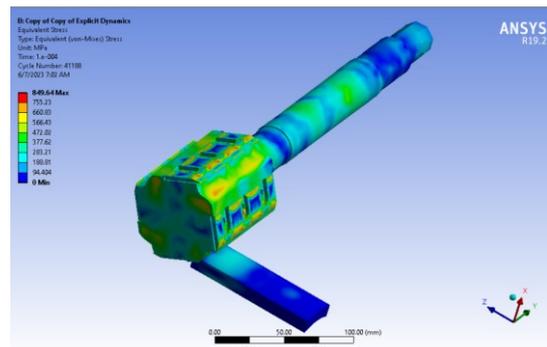
Gambar 12 Hasil Simulasi CW 30 HZ

III. Hasil dan pembahasan

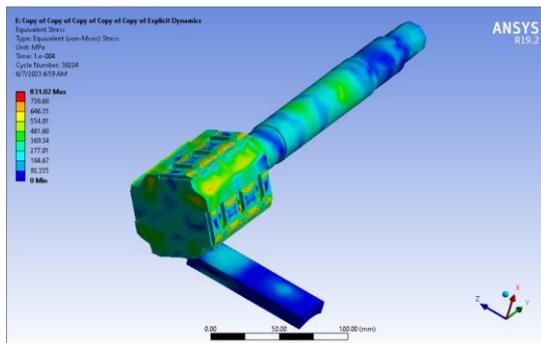
a. Hasil Simulasi Pemakanan CW

Setelah dilakukan simulasi metode elemen hingga pada *cutter planer*, diperoleh hasil simulasi *explicit dynamic* pemakanan CW. Data hasil simulasi degradasi warna dan data grafik

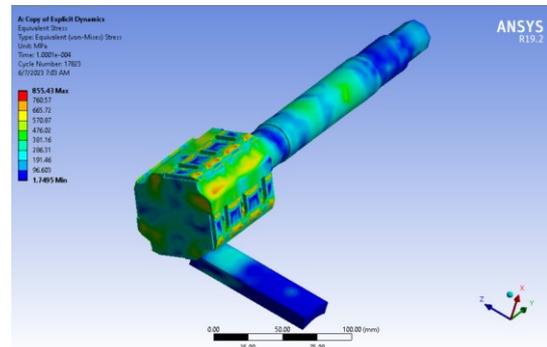
Data degradasi warna adalah data nilai tegangan maksimal pada *cutter* hasil simulasi dari pemakanan dengan arah putaran CW dengan *feeding* menggunakan variasi frekuensi pada inventer sebesar 10Hz, 20 Hz, 30, 40 Hz, dan 50 Hz dalam bentuk visualisasi warna pada *geometry*. Data sebagai berikut.



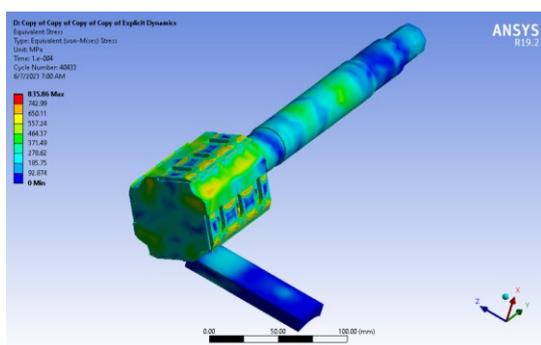
Gambar 13 Hasil Simulasi CW 30 HZ



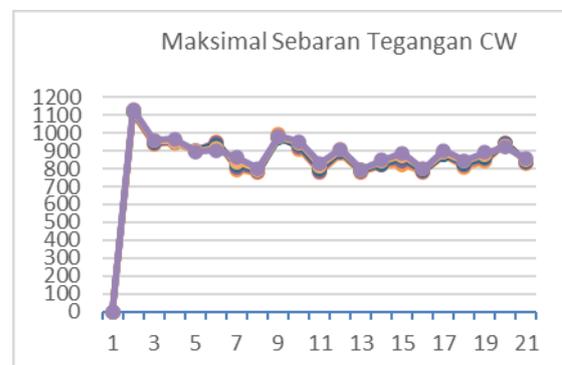
Gambar 10 Hasil Simulasi CW 10 HZ



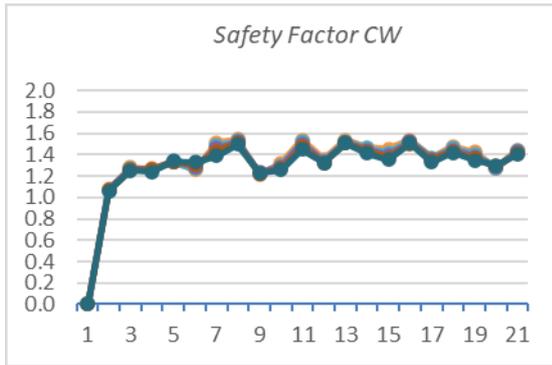
Gambar 14 Hasil Simulasi CW 50 HZ



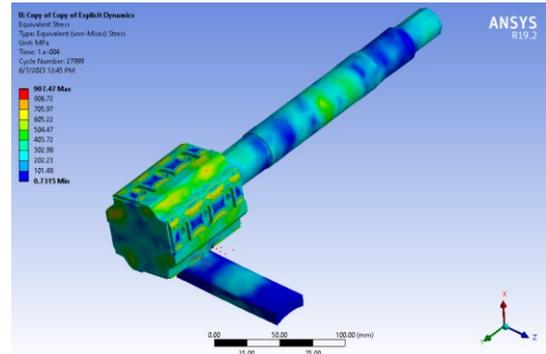
Gambar 11 Hasil Simulasi CW 20 HZ



Gambar 15 Grafik Stress CW



Gambar 16 Safety Factor CW

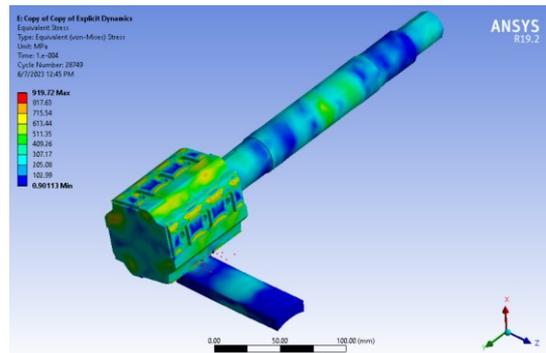


Gambar 19 Hasil Simulasi CCW 30 HZ

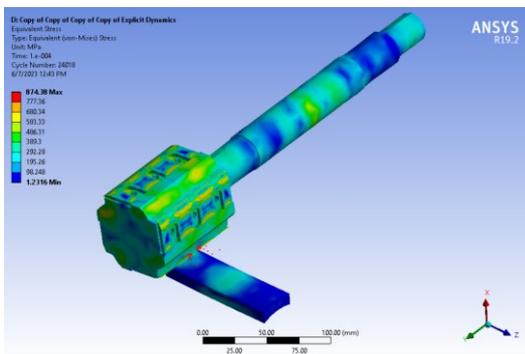
b. Hasil Simulasi Pemakanan CCW

Setelah dilakukan simulasi metode elemen hingga pada *cutter planer*, diperoleh hasil simulasi *explicit dynamic* pemakanan CCW, data degradasi Warna dan data grafik.

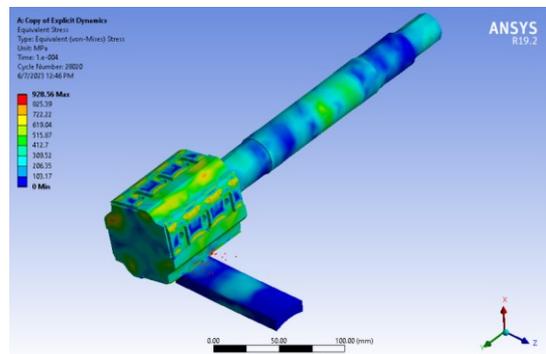
Data degradasi warna adalah data nilai tegangan maksimal pada *cutter* hasil simulasi dari pemakanan dengan arah putaran CCW dengan *feeding* menggunakan variasi frekuensi pada inventer sebesar 10Hz, 20 Hz, 30, 40 Hz, dan 50 Hz dalam bentuk visualisasi warna pada *geometry*. Data sebagai berikut.



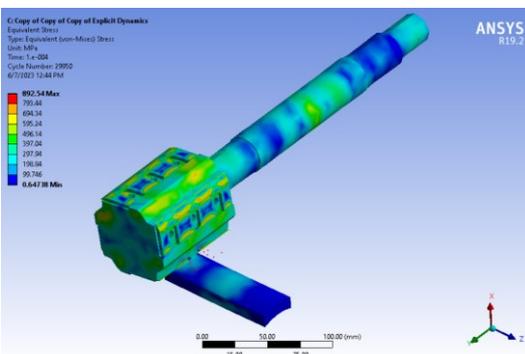
Gambar 20 Hasil Simulasi CCW 40 HZ



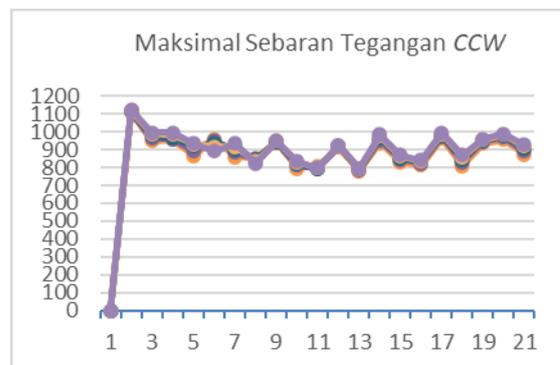
Gambar 17 Hasil Simulasi CCW 10 HZ



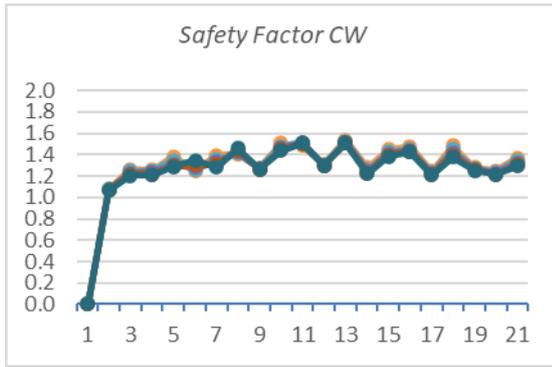
Gambar 21 Hasil Simulasi CCW 50 HZ



Gambar 18 Hasil Simulasi CCW 20 HZ



Gambar 22 Grafik Stress CCW



Gambar 23 Grafik *Safety Factor* CCW

c. Perbandingan CW dan CCW

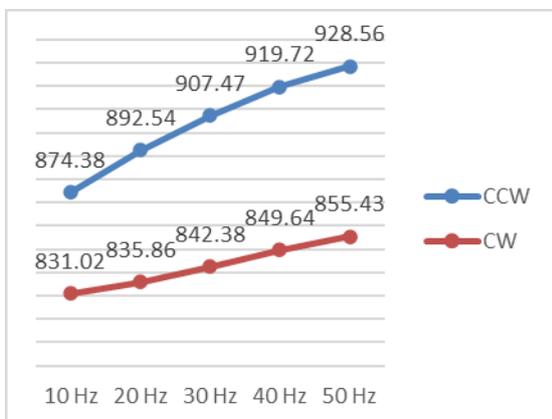
Perbandingan CW dan CCW adalah analisa dan pembahasan terhadap data tegangan maksimal dan *safety factor* yang diperoleh pada tiap variabel, data tersebut sebagai berikut.

1. Tegangan Maksimal CW dan CCW

Perbandingan nilai tegangan maksimal CW dan CCW pada *cutter* adalah perbandingan data siklus terakhir pada setiap *feeding* dengan variasi frekuensi pada inventer dari hasil komputasi simulasi metode elemen hingga, data tersebut sebagai berikut.

Tabel 5 *Stress* CW dan CCW

<i>Feeding</i>	Tegangan Maksimal (MPa)	
	CCW	CW
10 Hz	874,38	831,02
20 Hz	892,54	835,86
30 Hz	907,47	842,38
40 Hz	919,72	849,64
50 Hz	928,56	855,43



Gambar 24 *Stress* CW dan CCW

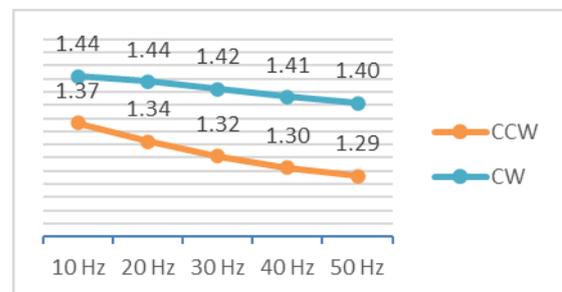
Tabel dan grafik diatas menunjukkan bahwa hubungan antara tegangan maksimal dan *feeding* yang diterima *cutter*, pada kedua jenis arah putaran berbanding lurus antara tegangan maksimal dan nilai *feeding*, yaitu semakin bertambah kecepatan *feeding* maka semakin bertambah nilai tegangan maksimal. Data pada tabel dan grafik diatas menunjukkan bahwa tegangan maksimal yang diterima *cutter* pada putaran CW lebih kecil dibandingkan dengan putaran CCW.

2. *Safety Factor* CW dan CCW

Perbandingan nilai *safety factor* CW dan CCW pada *cutter* adalah perbandingan data siklus terakhir pada setiap *feeding* dengan variasi frekuensi pada inventer dari hasil komputasi simulasi metode elemen hingga, data tersebut sebagai berikut.

Tabel 6 *Safety Factor* CW dan CCW

<i>Feeding</i>	<i>Safety Factor</i>	
	CCW	CW
10 Hz	1,372401	1,444009
20 Hz	1,344478	1,435647
30 Hz	1,322358	1,424535
40 Hz	1,304745	1,412363
50 Hz	1,292324	1,402803



Gambar 25 *Safety Factor* CW dan CCW

Tabel dan grafik diatas menunjukkan bahwa hubungan antara nilai *safety factor* dan *feeding* yang diterima *cutter*, pada kedua jenis arah putaran berbanding lurus antara tegangan maksimal dan nilai *feeding*, yaitu semakin bertambah kecepatan *feeding* maka semakin berkurang atau menurun nilai *safety factor*. Data pada tabel dan grafik diatas menunjukkan bahwa tegangan maksimal yang diterima *cutter* pada putaran CW lebih kecil dibandingkan dengan putaran CCW.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan modul *guider cutter* mesin serut (*planer*) bambu modular menggunakan metode elemen hingga, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Sebaran tegangan maksimal tertinggi pada *cutter* terjadi pada *counter clock wise* (CCW) sebesar 874,38 MPa – 928,56 MPa dan sebaran tegangan maksimal terendah pada *cutter* terjadi pada *clock wise* (CW) sebesar 831,02 MPa – 855,43 MPa.
2. Nilai *safety factor* terendah pada *cutter* terjadi pada *counter clock wise* (CCW) sebesar 1,37 – 1,29 dan nilai *safety factor* tertinggi pada *cutter* terjadi pada *clock wise* (CW) sebesar 1,44 – 1,40.
3. Proses *clock wise* (CW) pada *cutter* lebih baik daripada *counter clock wise* (CCW) pada *cutter*, ditinjau dari hasil proses komputasi menggunakan metode elemen hingga dengan nilai sebaran tegangan maksimal dan *safety factor*.

Daftar pustaka

Anton and Angraini, T. (2013), Unjuk Kerja Dan Pemanfaatan Inverter Sebagai Pengendali Kecepatan Motor Induksi 3 Phasa, *Elektron : Jurnal Ilmiah*, 5(2), pp. 87–92.

Bhonde, D. dkk., 2014. Physical and Mechanical Properties of Bamboo (*Dendrocalmus Strictus*), *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Volume 5, Issue 1.

Dermawan, F.A. dan Sulaksono, B., 2020. Perancangan Mesin Serut Bambu untuk Bahan Baku Kertas. In SEMNASTERA (Seminar Nasional Teknologi dan Riset Terapan) (Vol. 2, pp. 360-369).

Eratodi, I.G.L.B. dan Bagus, G.L., 2010. Teknologi Bambu Laminasi Sebagai Material Ramah Lingkungan Tahan

Gempa. Konferensi Nasional Teknik Sipil, 4.

Febrian T.W., 2019. Karakteristik dan Sifat Fisik Bambu Petung (*Dendrocalamus asper*.Backer) di Kawasan Hutan Kemasyarakatan (HKM) Desa Aik Bual, Provinsi Nusa Tenggara Barat, *Buletin LOUPE* Vol. 15 No. 01.

Inggar, S.I., 2012. Rekayasa Bambu Sebagai Solusi Pelestarian Lingkungan. Jurusan Teknik Sipil & Lingkungan Universitas Gadjah Mada.

Jinlong, C., dan Zhenqian, S., 2018. Finite element analysis of static and dynamic characteristics of elevator desk structure based on ANSYS workbench. *Journal of Engineering Mechanics and Machinery*, 3(1), 14-20.

Kollmann, F. and Cote, W. (1968) Principles of Wood Science and Technology. Volume 1, Solid Wood. Springer-Verlag, New York.

Kosasih, PB., 2012. Teori dan Aplikasi Metode Elemen Hingga. Andi, Yogyakarta.

Larasati, D.; Jules J.A. Jansen; & E.L.C. van Egmond-de Wilde de Ligny. 1999. Uncovering the Green Gold of Indonesia: A Design Research on Bamboo's Potential. *International Network for Bamboo and Rattan*, China.

Logan, DL. 2007. A first Course in the finite element method 4th edition. Thomson, University of Wisconsin-plateville.

Marciniak, Z.,et.al., 2002. Mechanics Of Sheet Metal Forming, Butterworth–Heinemann, London.

Sugiyanto. dkk., 2022. Mesin Serut (Planer) Bambu dengan Sistem Modular, Universitas Gadjah Mada.