



Analisa Tegangan Maksimum Pada Desain Struktur Mesin Pengering Bekatul dengan Tebal 0.7 mm dan Variasi Material Menggunakan Metode Elemen Hingga

Dimas Maulana Putra¹, Hendra^{2,3*}, Shofiatul Ula⁴, Hamdan Akbar Notonegoro⁵, Dwinanto⁶, Dhimas Satria⁷, Mekro Permana Pinem⁸, Mohamad Ana Syabana⁹

^{1,2,4,5,6,7,8}Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

³Laboratorium Desain, Material Mekanik dan Manufaktur, Laboratorium COE Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Titayasa

⁹Teknologi Pangan Fakultas Pertanian, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

*hendra@untirta.ac.id

Abstract

Rice bran is one of the parts produced from rice milling, this part contains more than 20% dietary fiber. Rice bran has many useful substances, but its use is hampered by bran itself because it is easily damaged due to hydrolytic and oxidative activity. To overcome this problem, another method is needed so that the Bekatul can last longer. A drying machine is a machine used to reduce the air content in a substance. The aim of this research is to design the structure of a rice bran drying machine with various types of selected materials to obtain stress and cooling values. The method used in this research is finite element simulation. The materials varied in this research were AISI 304, Aluminum alloy 6061 and Galvalume Steel with thickness 0.7 mm. From the test results, it can be stated that all materials are safe to be used as the main material for making structure. However, there is one best material that produces the best maximum stress values and the smallest displacement, namely Galvalume Steel.

Keywords: Structural design, Maximum stress, Displacement, Dryer machine of Bekatul, Finite element method

Abstrak

Bekatul merupakan salah satu bagian yang dihasilkan dari penggilingan padi, bagian ini memiliki kandungan lebih dari 20% serat pangan. Pada bekatul memiliki banyak zat yang bermanfaat namun bekatul sendiri terkendala pada penggunaannya karena mudah rusak akibat aktifitas hidrolitik dan oksidatif. Untuk menanggulangi permasalahan tersebut dibutuhkan suatu metode lain agar bekatul tersebut bisa lebih awet. Mesin pengering merupakan salah satu mesin yang digunakan untuk mengurangi kadar air dalam sebuah zat. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan perancangan pada struktur mesin pengering bekatul dengan berbagai jenis material pilihan untuk mendapatkan nilai tegangan dan deformasi. Metode yang digunakan pada penelitian ini menggunakan simulasi elemen hingga. Material yang divariasikan pada penelitian ini adalah AISI 304, Aluminium alloy 6061 dan Galvalume Steel dengan tebal rangka 0.7 mm. Dari hasil pengujian tersebut dapat dinyatakan semua material termasuk aman untuk digunakan sebagai bahan utama pembuatan rangka. Tetapi terdapat satu material terbaik yang menghasilkan nilai tegangan maksimum terbaik dan *displacement* terkecil yaitu Galvalume Steel

Kata kunci: perancangan struktur, tegangan maksimal, displacement, mesin pengering bekatul, metode elemen hingga.

1. Pendahuluan

Pada penggilingan padi selain menghasilkan beras, juga menghasilkan bahan lain yang mengandung zat gizi yang sangat baik yaitu karbohidrat, serat pangan, protein, lemak, vitamin dan mineral. Dibalik semua kelebihan yang dimiliki, bekatul memiliki kekurangan yang menjadikan pemanfaatan dari bekatul terbatas yaitu mudah berbau. Hal tersebut diakibatkan

tingginya kandungan lemak yang kemudian terjadi oksidasi lemak. Terdapat cara agar bekatul dapat lebih bertahan lama yaitu dengan menonaktifkan enzim lipoksigenase pada bekatul. Untuk menonaktifkan enzim tersebut dapat dilakukan dengan cara memanaskan bekatul pada suhu tertentu [1]. Untuk itu diperlukan mesin pengering untuk memudahkan proses pengolahan bekatul tersebut.

Untuk menghasilkan bekatul yang kering dengan sempurna pastinya dibutuhkan sebuah model alat pengering yang baik. Mesin pengering tersebut tidak bergantung pada cuaca sehingga proses pengeringan dapat berlanjut dan maksimal. Selain itu untuk menghemat pengeluaran, mesin pengering tersebut juga dirancang agar dapat beroperasi saat siang hari tanpa menggunakan bantuan dari *heater* sehingga panas yang digunakan tersebut merupakan pemanas alami matahari. Pengering oven merupakan alat yang digunakan untuk menurunkan kadar air pada suatu bahan. Pada pengering oven, material penyusun pada rangka haruslah di pertimbangkan sedemikian rupa karena material tersebut akan terpapar panas terus menerus sehingga nilai modulus young pada material umumnya akan mengecil jika terkena suhu panas yang akan berdampak material tersebut semakin lunak. Selain itu diperlukan juga material yang kuat menahan beban terlebih jika pengering tersebut digunakan dalam skala industri yang melakukan proses produksi dalam jumlah banyak sehingga meminimalisir perubahan bentuk yang terjadi pada rangka tersebut [2]. Pengering ini menggunakan beberapa jenis sumber panas misalnya: tungku kayu bakar, tungku gas, dan *heater* elektrik. Pengering oven umumnya dibuat dengan model susunan rak dengan berbagai dimensi [3]

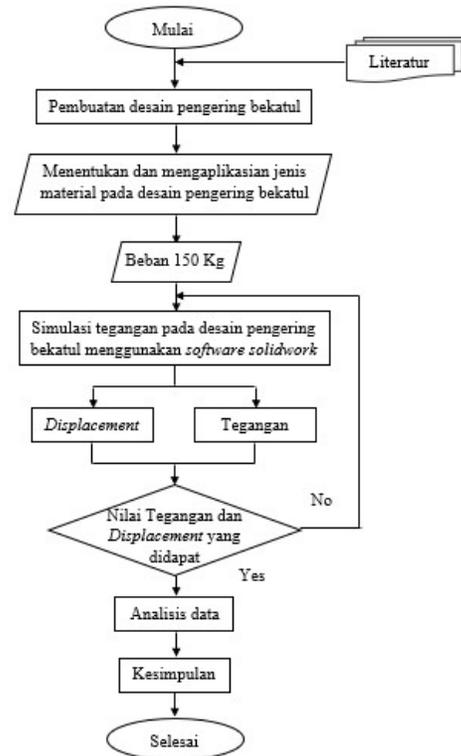
Tegangan merupakan hal yang dapat di analisis untuk mengetahui faktor perubahan struktur [4]. Suatu bahan akan berubah bentuk jika dikenakan oleh gaya. Bahan tersebut juga dapat berubah bentuk secara permanen atau sementara sehingga dapat ditarik kesimpulan tegangan merupakan gaya yang bekerja pada satuan luas permukaan benda yang terkena oleh gaya [5].

Metode elemen hingga merupakan metode numerik yang digunakan sebagai pemecahan masalah yang berkaitan dengan tegangan. Dalam metode elemen hingga, suatu rangka akan menghasilkan perubahan bentuk yang dijelaskan dengan *displacement* ketika rangka tersebut dikenai beban, tekanan dan suhu [6]. Metode elemen hingga banyak digunakan untuk menganalisis tegangan static dan termal pada mesin-mesin produksi seperti mesin pemotong limbah plastik, dudukan rangka generator, drum mesin pengering rotary dan lainnya [7-11].

Untuk itu pada penelitian ini akan dilakukan analisis dari tegangan statik (*stress*) menggunakan metode elemen hingga pada rangka pengering bekatul. Pada simulasi ini digunakan variasi material untuk rangka yaitu: AISI 304, aluminium *alloy* 6061 dan *galvalume steel* dengan ketebalan 0,7 mm yang diharapkan mendapatkan desain rangka dengan pengaplikasian material yang cocok.

2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini digunakan metode simulasi untuk mendapatkan nilai tegangan statik dan *displacement* yang dihasilkan pada rangka mesin pengering bekatul dengan variasi material. Alur dari penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Dengan urutan mempelajari literatur jenis mesin pengering, pembuatan desain rangka mesin pengering bekatul, memasukan nilai batas pada *Solidworks*, menjalankan simulasi dan menganalisis hasil pemrograman. Desain rangka pengering dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1. Metode Elemen Hingga

Penelitian ini menggunakan metode simulasi memanfaatkan metode elemen hingga. Untuk mendapatkan nilai tegangan dan *displacement* pada desain rangka dimulai dengan membuat desain rangka mesin pengering bekatul seperti terlihat pada Gambar 2. Selanjutnya dilakukan simulasi pada desain rangka mesin pengering bekatul untuk mendapatkan nilai tegangan dan *displacement* dengan berbagai material yang dipilih

2.4. Kriteria Desain

Kriteria desain dari rangka mesin pengering bekatul ini mencakup beberapa hal yaitu:

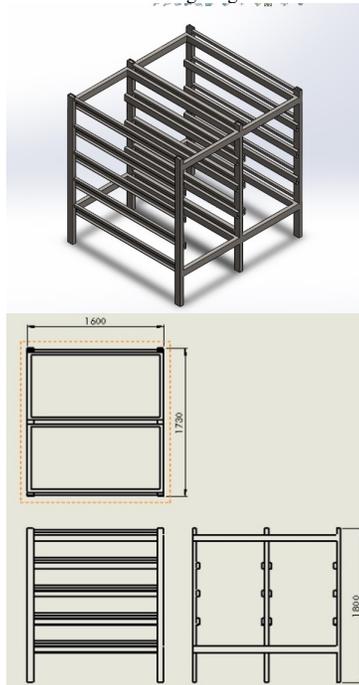
- Kuat: material yang dipilih memiliki sifat material yang dibutuhkan untuk desain rangka seperti

memiliki tegangan maksimum yang tinggi dan *displacement* yang kecil.

- b. Tahan panas: material yang dipilih memiliki sifat tahan panas yang tinggi sehingga tidak berubah bentuk saat dilakukan proses pengeringan
- c. Tahan air: material yang dipilih memiliki sifat ketahanan terhadap air sehingga tidak menimbulkan korosi karena mesin pengering digunakan tanpa mengenal cuaca.



a. Mesin Pengering Bekatul



b. Desain Struktur Mesin Bekatul

Gambar 2. Desain Rangka Mesin Pengering Bekatul

2.5 Tahapan Simulasi

Untuk mendapatkan hasil tegangan dan *displacement* pada desain rangka, terdapat tahapan yang harus dikerjakan dengan urutan:

- A. Pembuatan desain rangka
 1. Membuat sketsa tiang pada *top plane* pada fitur *sketch*
 2. Melakukan *ekstrude boss* pada sketsa tiang
 3. Membuat sketsa penyangga horizontal pada tiang dengan *sketch*

4. Melakukan *ekstrude boss* bagian penyangga sesuai sketsa
5. Membuat sketsa bagian rak pada tiang dengan *sketch*
6. Melakukan *ekstrude boss* bagian rak sesuai sketsa

B. Memilih Material

Setelah pembuatan desain dengan fitur *simulation*, kemudian *create new study* lalu pilih *static*. Selanjutnya dipilih material AISI 304, aluminium alloy 6061 dan *galvalume steel*. *Material Properties* ketiganya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. *Material Properties*

Jenis Material	Elastic Modulus (MPa)	Tensile Strength (MPa)	Yield Strength (MPa)	Thermal Expansion Coefficient (/K)	Density (Kg/m ³)
AISI 304	190000	517,0	206,8	$1,8 \times 10^{-5}$	8000
Alloy 6061	69000	124,08	55,14	$2,4 \times 10^{-5}$	2700
Galvalume Steel	200000	425,40	365,42	$1,21 \times 10^{-5}$	3750

C. Menentukan Tumpuan

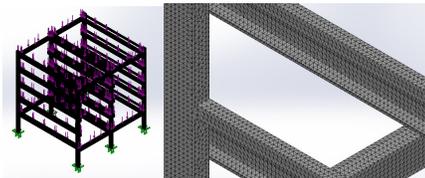
Tumpuan pada simulasi kali ini terdapat pada permukaan bawah kaki rangka. Untuk menentukan tumpuan ini dilakukan dengan fitur *fixtures* kemudian pilih *fixed geometry* lalu tentukan sisi yang menjadi tumpuan

D. Menentukan beban

Beban ini merupakan berat bekatul yang diletakkan pada rak rangka untuk dilakukan proses pengeringan. Berat bekatul tersebut 150 kg atau 1471 N.

E. Create Mesh

Mesh merupakan pembagian dari komponen tersebut menjadi elemen-elemen kecil, semakin kecil ukuran *mesh* maka nilai keluaran simulasi akan semakin akurat. Bentuk *mesh* dapat dilihat pada Gambar 3 dengan jenis meshnya adalah *tetrahedron* yang memiliki keakuratan yang tinggi dan membutuhkan waktu proses yang lebih lama.



Gambar 3. Bentuk Meshing Struktur Mesin Pengering Bekatul

Tabel 2. Properti mesh struktur mesin pengering bekatul

Mesh type	Solid mesh
Mesher used	Standard mesh
Element size	10 mm
Tolerance	0.1 mm
Total nodes	1532178
Total elements	767909

Jumlah nodal dan element yang digunakan adalah 1532178 dan 767909 seperti terlihat pada Tabel 2.

F. Run

Selanjutnya yaitu melakukan *running* program setelah proses *mesh* selesai. Proses ini menghasilkan nilai

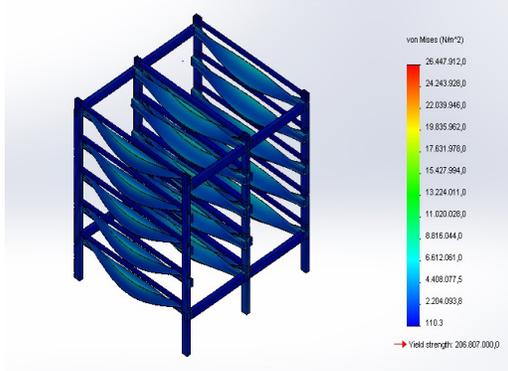
tegangan pada sumbu X, Y, Z, dan *displacement* yang terjadi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Simulasi AISI 304

Pengujian pertama dilakukan pada rangka dengan material AISI 304 yang menghasilkan tegangan dan *displacement*

A. Tegangan



Gambar 4. Tegangan Statik AISI 304

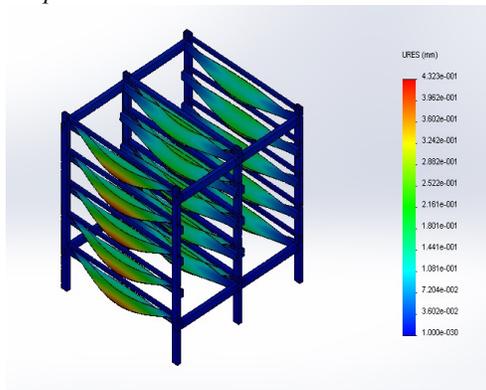
Gambar 4 tersebut menunjukkan tegangan von mises yang terjadi dengan nilai maksimum yang diraih sebesar 26,44 MPa.

Tabel 3. Tegangan Maksimal AISI 304

Sumbu	Tegangan (MPa)
X	16,01
Y	10,23
Z	23,01

Tabel 3 menunjukkan tegangan maksimal yang terjadi pada setiap sumbu material AISI 304. Pada sumbu X memiliki nilai tegangan maksimum statik sebesar 16,01 MPa, sumbu Y sebesar 10,23 MPa dan sumbu Z sebesar 23,01 MPa.

B. Displacement



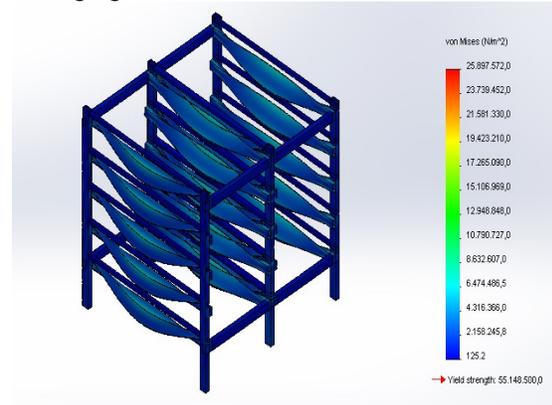
Gambar 5. Displacement AISI 304

Gambar 5 menunjukkan *displacement* yang terjadi pada rangkai AISI 304 dengan nilai maksimum yang diraih sebesar 0,4323 mm

3.2 Hasil Simulasi Alloy 6061

Pengujian kedua dilakukan pada rangka dengan material *alloy* 6061 yang menghasilkan tegangan dan *displacement*

A. Tegangan



Gambar 6. Tegangan Statik Alloy 6061

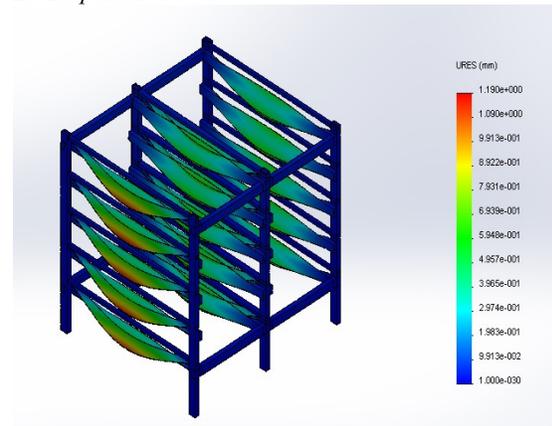
Gambar 6 tersebut menunjukkan tegangan von mises yang terjadi dengan nilai maksimum yang diraih sebesar 25,90 MPa

Tabel 4. Tegangan Maksimal Alloy 6061

Sumbu	Tegangan (MPa)
X	15,08
Y	10,5
Z	22,42

Tabel 4 menunjukkan tegangan maksimal yang terjadi pada setiap sumbu material *alloy* 6061. Pada sumbu X memiliki nilai tegangan maksimum statik sebesar 15,08 MPa, sumbu Y sebesar 10,5 MPa dan sumbu Z sebesar 22,42 MPa.

B. Displacement



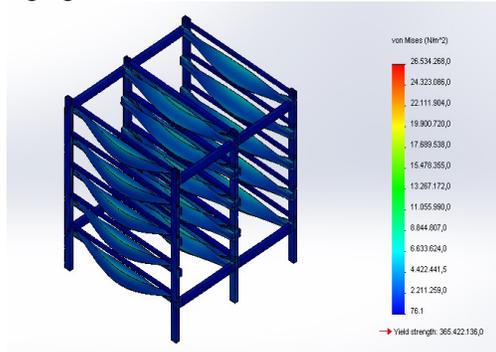
Gambar 7. Displacement Alloy 6061

Gambar 7 menunjukkan *displacement* yang terjadi pada rangkai *alloy* 6061 dengan nilai maksimum yang diraih sebesar 1,190 mm

3.3 Hasil Simulasi Galvalume Steel

Pengujian ketiga dilakukan pada rangka dengan material *galvalume steel* yang menghasilkan tegangan dan *displacement*

A. Tegangan



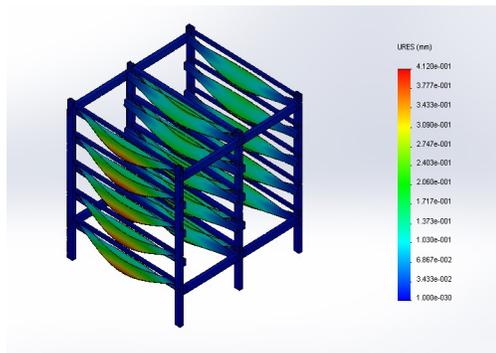
Gambar 8. Tegangan Statik Galvalume Steel

Gambar 8 menunjukkan tegangan von mises yang terjadi dengan nilai maksimum yang diraih sebesar 26,53 MPa

Sumbu	Tegangan (MPa)
X	15,78
Y	10,20
Z	22,97

Tabel 5 menunjukkan tegangan maksimal yang terjadi pada setiap sumbu material *galvalume steel*. Pada sumbu X memiliki nilai tegangan maksimum statik sebesar 15,78 MPa, sumbu Y sebesar 10,20 MPa dan sumbu Z sebesar 22,97 MPa.

B. Displacement



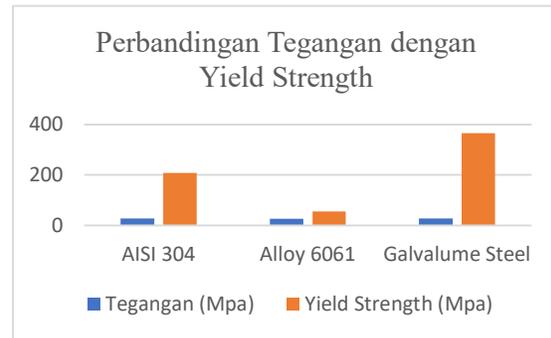
Gambar 9. Displacement Galvalume Steel

Gambar 9 menunjukkan *displacement* yang terjadi pada rangkai *galvalume steel* dengan nilai maksimum yang diraih sebesar 0,4120 mm.

3.4 Pembahasan Hasil Simulasi

Struktur rangka tersebut bisa dikatakan aman jika tegangan maksimum yang dihasilkan tidak melebihi

batas dari *yield strength*. Mengacu pada penelitian sebelumnya, jika suatu tegangan maksimum tidak melewati *yield strength* maka spesimen uji tersebut aman digunakan[11]. Untuk memudahkan dalam membandingkannya maka, dibuat grafik dari tegangan dari ketiga material dengan nilai *yield strength* masing-masing material bisa dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik perbandingan tegangan dengan *Yield strength*

Dari Gambar 10 dapat dilihat bahwa nilai tegangan yang diraih dari hasil simulasi memiliki nilai yang lebih rendah dari nilai *yield strength*. Hal tersebut berlaku untuk semua material baik AISI 304, *alloy 6061* dan *galvalume steel*. Untuk itu semua material tersebut dapat dikatakan aman digunakan sebagai bahan pembuatan rangka pengering. Dari ketiga material tersebut nilai tegangan maksimal yang dihasilkan hanya berbeda sedikit dan sama sekali tidak terpaut jauh. Hanya saja nilai dari *yield strength* ketiga material tersebut yang sangat berbeda. Nilai *yield strength galvalume steel* merupakan nilai tertinggi sehingga sangat aman digunakan karena terpaut jauh dengan nilai tegangan maksimal. Sedangkan nilai terendah *yield strength* terdapat pada *alloy 6061* dengan nilai tegangan maksimal yang mendekati nilai *yield strength*.

Untuk *displacement* yang terjadi pada setiap material, *displacement* yang dihasilkan dapat dikatakan aman, *displacement* terbesar terjadi pada rangka bermaterial *alloy 6061* sebesar 1,190 mm dan yang terkecil terdapat pada rangka bermaterial *galvalume steel* dengan nilai sebesar 0,4120 mm sedangkan untuk rangka bermaterial AISI 304 memiliki nilai *displacement* sangat dekat dengan rangka *galvalume steel* namun lebih besar yaitu 0,4323 mm

4. Kesimpulan

Setelah didapatkan hasil simulasi pada ketiga material yaitu AISI 304, *alloy 6061*, dan *galvalume steel*, dapat ditarik kesimpulan ketiga material tersebut masih aman untuk digunakan karena tegangan yang dihasilkan pada ketiga material tersebut di bawah nilai *yield strength* masing-masing material. Nilai *displacement* dari ketiga material tersebut juga hampir sangat kecil kecuali pada rangka dengan material

alloy 6061 dengan hasil *displacement* di atas 1 mm. Namun terdapat satu material yang lebih baik jika dilihat dari hasil simulasi yaitu *galvalume steel* karena memiliki nilai tegangan yang terpaut jauh dengan *yield strength* dan memiliki nilai *displacement* terkecil diantara material lain. *Galvalume* juga lebih ringan, murah, tahan karat dan mudah didapatkan disbanding dengan material AISI 304 dan *alloy 6061*

Daftar Rujukan

- [1] Diki. D. T. W, Susilawati, Zulferiyenni, 2021, "Pengolahan Bekatul dan Spirulina Menjadi *Cookies* Kaya Protein", Jurnal Teknik Pertanian Lampung, Vol. 10, No. 03
- [2] Rachmat. A, Suprayogi. O, 2021, "Perancangan Mesin Pengereng Cabai Merah Prototipe Menggunakan Tubular Heater Dengan Kapasitas Pengerengan 4 Kg", Jurnal J-Ensitet, Vol. 08, No. 1
- [3] Rosyidi. M, Fahrudin. A, 2021, "Rancang Bangun *Cabinet Dryer* Dengan Variasi Kecepatan *Blower* Menggunakan Pembakaran Arang Pada Tanaman Cabai", Procedia of Engineering and Life Science
- [4] Susmikanti. M, 2012, "Optimasi Pendugaan Parameter Dalam Analisis Stress dan Strain Terhadap Material Menggunakan Algoritma Genetika", Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi
- [5] Sutikno. E, 2011, "Analisis Tegangan Akibat Pembebanan Statis Pada Desain Carbody TeC Railbus Dengan Metode Elemen Hingga", Jurnal Rekayasa Mesin. Vol. 02, No. 01
- [6] Setiawan. R, Sugiyanto. D, Daryus. A, 2023, "Analisis Simulasi Kekuatan dan Pembuatan Sepeda Motor Listrik", Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur. Vol. 8, No. 1, Hal. 58-56.
- [7] A. Indriani, Hendra, Y. Suhartini, Aswata, Rispani, Hernadewita and A. Tanjung, 2020, "Stress Analysis On The Frame Holder Of Generator Translation Motion On Horizontal Direction For Sea Wave Power Plant Using Finite Element Method (FEM)", International Conference on Advanced Mechanical and Industrial engineering, Cilegon, IOP ConSeries: Materials Science and Engineering 909-012033, 2020, doi:10.1088/1757- 899X/909/1/012033.
- [8] Y. Suhartini, A. Indriani, Hendra, Rispani and Hernadewita, 2021, "Finite Element Method for Stress Analysis In The Frame Holder Of Generator Translation And Rotation Motion On Vertical Direction Mechanism For Sea Wave Power Plant", iCOMERA, Malang, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1034-012008, doi:10.1088/1757-899X/1034/1/012008.
- [9] Hendra, Syukriah, M. Silalahi and Hernadewita, Hermiyetti, 2019, "Finite Element Method Analysis for Manufacturing Design Drum Dryer of Rotary Dryer Machine", ICIME, Medan, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 505 Issue: 1.
- [10] Suryanita. R, Rahmadhan. W, Kamaldi. A, 2019, "Pemodelan Perilaku Tegangan dan Regangan Beton Pada Suhu Tinggi Dengan Software Lusas", Media Komunikasi Teknik Sipil. Vol. 25, No. 01
- [11] Hendra, Syahril Al Qiram, Sidik Susilo, Kurnia Nugraha, Hernadewita, Frengki Hardian, 2023, "Analisa Tegangan Pada Desain Empat Mata Potong Untuk Mesin Pencacah Plastik Menggunakan Metode Elemen Hingga", Jurnal Teknik Mesin. Vol. 16, No. 2. Hal. 118-126