



Analisa Desain Rangka Mesin *Rotary Dryer* untuk Pengeringan Maggot Menggunakan Metode *Finite Element Analysis*

Ahmad Rifqi Shulkhan¹, Ikhwan Taufik², Sigit Mujiarto³, Tri Retno Setiyawati⁴, Arif Rahman Saleh⁵

^{1,2,3,4,5} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar, Magelang, Indonesia

Email: ahmad.rifqi.shulkhan@students.untidar.ac.id¹, ikhwan.taufik@untidar.ac.id²,

sigit.mujiarto@untidar.ac.id³, setiyawati.retno@untidar.ac.id⁴, arifrahmansaleh@untidar.ac.id⁵

Abstract. Organic waste management is an important issue in addressing environmental problems. One potential solution is bioconversion technology using Black Soldier Fly (BSF) maggots that can break down organic waste and produce larvae with economic value as animal feed. To increase the selling value and extend the shelf life, BSF larvae need to be dried using tools such as rotary dryers. This study aims to design and analyse the strength of a rotary dryer machine frame for maggot drying with a Finite Element Analysis (FEA) approach based on SolidWorks software. Simulations were carried out on several materials: ASTM A36, AISI 1020 Steel, and AISI 1045 Steel. The analysis results show that all materials are within safe limits based on Von Mises stress, deformation, and safety factor. AISI 1045 steel material gives the best performance with Von Mises stress of 14.238 MPa, deformation of 0.59 mm, and safety factor of 7.2. These results show that AISI 1045 steel is the most recommended material for the rotary dryer frame.

Keywords: Rotary Dryer Machine, Maggot & Finite Element

Abstrak. Pengelolaan limbah organik menjadi isu penting dalam mengatasi permasalahan lingkungan. Salah satu solusi yang potensial adalah teknologi biokonversi menggunakan maggot *Black Soldier Fly* (BSF) yang mampu mengurai sampah organik dan menghasilkan larva bernilai ekonomis sebagai pakan ternak. Untuk meningkatkan nilai jual dan memperpanjang masa simpan, larva BSF perlu dikeringkan menggunakan alat seperti *rotary dryer*. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis kekuatan rangka mesin *rotary dryer* untuk pengeringan maggot dengan pendekatan *Finite Element Analysis* (FEA) berbasis perangkat lunak SolidWorks. Simulasi dilakukan terhadap beberapa material: ASTM A36, Baja AISI 1020, dan Baja AISI 1045. Hasil analisis menunjukkan bahwa seluruh material berada dalam batas aman berdasarkan tegangan Von Mises, deformasi, dan faktor keamanan. Material Baja AISI 1045 memberikan performa terbaik dengan tegangan Von Mises sebesar 14,238 MPa, deformasi 0,59 mm, dan faktor keamanan sebesar 7,2. Hasil ini menunjukkan bahwa Baja AISI 1045 merupakan material yang paling direkomendasikan untuk rangka *rotary dryer*.

Kata Kunci: Mesin Rotary Dryer, Maggot & Finite Element

1. PENDAHULUAN

Sampah adalah salah satu isu lingkungan yang sangat serius di seluruh dunia. Sampah yang dihasilkan oleh masyarakat salah satunya limbah organik yang mempunyai dampak negatif. Limbah organik adalah salah satu sampah yang mudah membusuk, mengeluarkan bau tidak sedap, dan dapat menyebabkan penyakit bagi manusia. Untuk menghadapi situasi ini, perlu dilakukan pengelolaan atau pemanfaatan limbah sampah yang memiliki nilai tambah ekonomi bagi masyarakat. Teknologi biokonversi bahan organik dapat menjadi salah satu solusi untuk mengatasi masalah sampah (Rukmini et al., 2020). Budidaya maggot merupakan aplikasi teknologi biokonversi yang menggunakan serangga. Maggot bisa digunakan untuk mengubah bahan organik sehingga memiliki nilai ekonomi. Maggot juga bisa mengurangi berat

basah sampah hingga $\pm 80\%$ dibandingkan melalui penonaktifan patogen mikroorganisme parasit (Dortmans et al., 2017). Dengan teknologi biokonversi maggot akan mengurangi terjadinya penimbunan sampah pada suatu tempat.

Black Soldier Fly (BSF), yang umum dikenal sebagai belatung atau maggot (*Hermetia illucens*) adalah jenis serangga dekomposer karena kemampuannya untuk menguraikan materi organik (Sultan & Tirtayasa, 2022). Serangga ini menjalani siklus hidup yang dimulai dari telur, kemudian berkembang menjadi larva (maggot), berubah menjadi pupa, dan akhirnya menjadi serangga dewasa (Moretta et al., 2020). Maggot memiliki nilai jual yang cukup tinggi karena dapat digunakan sebagai pakan ternak yang kaya akan protein, serta berpotensi mengurangi limbah organik melalui proses penguraian yang efisien. Diperkuat oleh argumen bahwa maggot memiliki potensi sebagai pakan ternak karena kandungan proteinnya yang tinggi (Sholahuddin et al., 2021).

Lalat BSF menghasilkan telur BSF sebanyak 5 gram yang ditetaskan bisa dihasilkan larva lalat BSF sebanyak 1,5 – 2 kg dengan larva sejumlah tersebut mampu menguraikan sampah sekitar 3 sampai 4 kg/hari (Rukmini et al., 2020). Pada tahap pertumbuhan larva lalat BSF mengalami beberapa fase dimulai dengan fase hidup larva sekitar 18 – 21 hari, selanjutnya larva akan memasuki fase prepupa dan pupa. Pada fase pupa, tidak bisa dimanfaatkan sebagai pakan lagi disebabkan untuk mempersiapkan diri untuk memasuki fase hidup selanjutnya menjadi lalat BSF. Supaya larva lalat BSF tetap dapat dimanfaatkan sebagai pakan, maka dilakukan proses pengawetan. Pengawetan larva BSF selain bertujuan untuk memperpanjang masa simpan juga untuk meningkatkan nilai jual. Pada larva BSF basah dihargai senilai Rp7.000/Kg sedangkan larva BSF yang sudah dikeringkan dihargai Rp55.000/Kg, Maka dibutuhkan teknologi sederhana pengeringan larva lalat BSF. Saat ini, proses pengeringan dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu secara konvensional menggunakan media sangrai dengan maggot yang dicampur pasir atau menggunakan mesin. Salah satu mesin yang digunakan untuk mengeringkan maggot adalah mesin *rotary dryer*.

Rotary dryer merupakan alat pengering dengan bentuk sebuah silinder yang berputar secara kontinyu yang dipanaskan dengan tungku (Effendy et al., 2018). Prinsip kerja alat pengering tipe *rotary* ini adalah mengeringkan produk yang umumnya berbentuk granular atau padatan di dalam silinder *horizontal* yang berputar dan dialiri udara panas untuk menguapkan air produk. Penggunaan silinder *horizontal* berputar dimaksudkan untuk memungkinkan aliran udara mengalir secara merata melalui permukaan produk yang dikeringkan. Salah satu komponen pada mesin *rotary dryer* adalah rangka. Rangka pada mesin *rotary dryer* pengering maggot berfungsi sebagai elemen utama yang mendukung keseluruhan struktur mesin. Oleh

karena itu, ketahanan rangka menjadi faktor krusial guna menjamin kinerja mesin yang optimal serta umur pakai yang lama. Umumnya, rangka dibuat dari material yang sanggup menahan beban baik statis maupun dinamis selama proses kerja, serta memiliki resistansi terhadap korosi dan deformasi akibat beban berulang. Pengujian kekuatan rangka dengan cara konvensional cenderung memerlukan waktu dan biaya yang tinggi, sehingga dibutuhkan pendekatan yang lebih efisien seperti simulasi berbasis komputer (Hidayat & Tamjidillah, 2022). Analisis kekuatan rangka ini dilakukan menggunakan metode komputasi berbasis Finite Element Analysis (FEA), yang dirancang untuk mengatasi berbagai permasalahan pada struktur kompleks dalam mekanika benda padat. Metode ini dapat memberikan informasi seperti distribusi tegangan, regangan, deformasi, hingga estimasi umur kelelahan suatu material. Kelebihan utama dari FEA adalah efisiensinya dalam hal waktu dan biaya, serta kemampuannya dalam melakukan evaluasi rancangan sebelum pembuatan prototipe fisik, dengan bantuan perangkat lunak seperti Solidwork.

Merujuk pada latar belakang yang telah diuraikan, permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana merancang dan mengevaluasi kekuatan rangka mesin *rotary dryer* secara optimal. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang serta menganalisis kekuatan struktur rangka dan memilih material yang sesuai mesin *rotary dryer* dengan pendekatan metode elemen hingga (Finite Element Method). Melalui analisis beban statis, diperoleh hasil berupa distribusi tegangan *Von Mises*, perpindahan (*displacement*), serta faktor keamanan (*factor of safety*).

2. TINJAUAN PUSTAKA

Finite Element Analysis (FEA)

Finite Element Analysis (FEA) adalah metode analisis eksperimental yang digunakan untuk menangani fenomena kompleks dalam mekanika suatu objek. Metode ini melibatkan pembuatan visualisasi atau pemodelan virtual menggunakan perangkat lunak berbasis *Computer Aided Engineering* (CAE). FEA dilakukan dalam tiga tahap penyelesaian, yaitu, *preprocessing*, *processing* dan *postprocessing* (Rahmi & Canra, 2018).

Von Mises Stress

Tegangan *von mises* adalah tegangan yang dapat menyebabkan kegagalan pada suatu material ketika energi regangan akibat pembebanan mencapai atau melebihi titik luluh atau *yield strength*. Tegangan *von mises* digunakan untuk memprediksi batas kekuatan material dalam berbagai kondisi pembebanan. Oleh karena itu, sebuah komponen dianggap aman jika nilai tegangan *von mises* lebih rendah daripada nilai *yield strength* suatu material.

Displacement

Displacement adalah ukuran perubahan posisi suatu material dari kedudukan awalnya akibat gaya yang diberikan. *Displacement* memiliki hubungan terbalik dengan kekuatan material. Semakin besar nilai *displacement* yang terjadi pada material, semakin lunak material tersebut. Sebaliknya, semakin kecil *displacement* yang dialami oleh material, semakin kuat dan aman material tersebut untuk digunakan. *Displacement* berfungsi untuk membantu dalam proses perancangan suatu produk supaya dapat memprediksi sifat material ketika diberikan beban pada strukturnya.

Faktor Keamanan (*Safety Factor*)

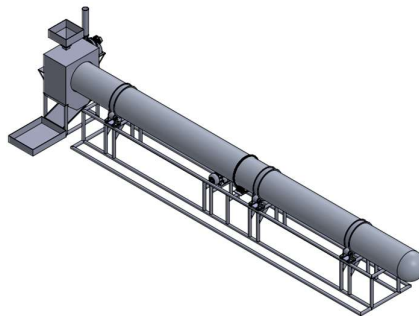
Faktor keamanan adalah aspek yang digunakan untuk menilai keselamatan suatu elemen mesin selama proses perancangan (Nurdin et al., 2020). Faktor ini dipengaruhi oleh berbagai hal, di antaranya:

1. Variasi sifat bahan dan Jenis bahan
2. Permesinan dan proses pembentukan
3. Perlakuan panas terhadap sifat fisis material
4. Waktu dan lingkungan

Penggunaan faktor keamanan sering kali diterapkan ketika membandingkan tegangan dengan kekuatan, untuk memperkirakan tingkat keamanan. Pada bahan yang ulet, diasumsikan bahwa tegangan luluh dan tegangan maksimum adalah sama akibat adanya gaya tarik dan tekan. Nilai faktor keamanan perlu disesuaikan dengan kebutuhan spesifik dari desain yang diinginkan. Faktor keamanan ini diperoleh dengan membandingkan *yield strength* dengan *von mises* maksimum yang dihasilkan dari simulasi.

Material

Material yang dipilih untuk melakukan penelitian dan merancang struktur rangka mesin rotary dryer untuk pengeringan maggot yaitu material *ASTM A36*, *Baja AISI 1020*, dan *steel mild*.



Gambar 1. Desain *Rotary dryer* isometric view

3. METODE PENELITIAN

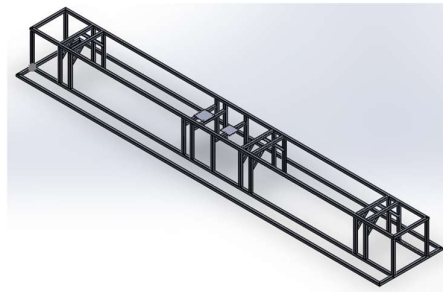
Metode analisis ini melibatkan pemodelan struktur rangka *rotary dryer* dalam perangkat lunak SolidWorks, penerapan kondisi batas dan beban yang realistis, serta penggunaan metode FEA (*Finite Element Analysis*) untuk menghitung respons struktur terhadap beban. Dengan metode analisis, peneliti dapat menganalisis desain dan material rangka *rotary dryer* secara matematis dan komputasional, mengidentifikasi area yang perlu diperkuat atau dioptimalkan, dan memprediksi performa struktur dalam berbagai kondisi beban. Metode analisis memungkinkan peneliti untuk membuat keputusan perancangan yang didasarkan pada data dan informasi yang diperoleh melalui analisis yang teliti dan akurat.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rangka

a. Desain rangka mesin *rotary dryer*

Desain rangka dari mesin *rotary dryer* untuk pengeringan maggot mempunyai dimensi panjang 13 m dan tinggi 1,2 m. Desain rangka *rotary dryer* untuk pengeringan maggot menggunakan *software solidwork*.



Gambar 2. Desain rangka *rotary dryer*

b. Menentukan material

Setelah melakukan pembuatan rangka pada aplikasi *solidwork* tahapan selanjutnya yang akan dilakukan yaitu menentukan bahan material yang akan digunakan pada rangka. Pada proses pemilihan material dipilih yang sesuai akan kekuatan dari kondisi yang akan digunakan. Penentuan material pada aplikasi *solidwork* pada pilihan *apply material*.

c. *Meshing*

Proses *meshing* bertujuan untuk memecahkan geometri menjadi elemen-elemen kecil. Semakin banyak elemen *mesh* yang digunakan, semakin akurat dalam proses simulasi mendekati kondisi asli.

d. Menentukan titik tumpuan

Proses selanjutnya yaitu menentukan posisi titik tumpu yang tujuannya menjadi titik beban dari desain yang sudah dibuat sebelumnya. Pada penentuan titik tumpu terletak pada bagian bawah rangka yang akan menjadi titik beban pada simulasi.

e. Menentukan pembebanan dan titik pembebanan

Proses selanjutnya yaitu menentukan posisi titik pembebanan pada model rangka yang akan diuji. Pada titik pembebanan akan diberikan beban keseluruhan komponen yang dipasang. Berikut ini beberapa komponen beserta berat yang akan membebani rangka *rotary dryer* untuk pengeringan maggot dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Berat komponen yang membebani rangka

Komponen	Berat (kg)	Simbol
Silinder dalam	730	A
Silinder luar	1300	B
<i>Screw conveyor</i> dalam	275	C
<i>Screw conveyor</i> luar	1020	D
Motor penggerak	52	E
<i>Gearbox reducer</i>	8,5	F
Penyangga silinder	36	G
<i>Pulley assembly support</i>	102	H
Baut dan mur M10	0,08	I
Baut dan mur M14	0,16	J
Baut dan mur M18	7,2	K
Roda gigi	60	L

Selanjutnya menentukan titik pembebanan yang sesuai dengan berat masing-masing komponen tersebut. Titik pembebanan yang pertama berada pada

bagian atas rangka. Pada bagian atas rangka akan dibebani berat beberapa komponen seperti silinder dalam, silinder luar, *screw conveyor* dalam, *screw conveyor* luar, *pulley assembly support*, baut mur M18, dan roda gigi. Maka pembebanan yang akan diterima oleh rangka sebesar:

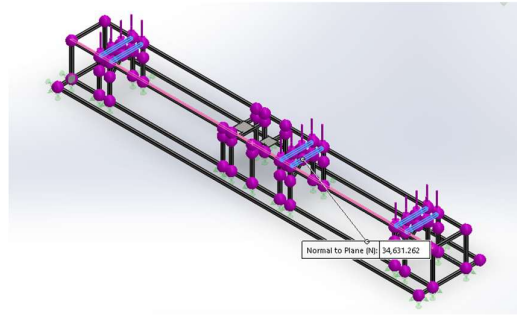
$$F = m \times g$$

$$F = \left(\begin{matrix} \text{berat A} + \text{berat B} + \text{berat C} + \text{berat D} + \\ \text{berat G} + \text{berat H} + \\ \text{berat K} + \text{berat L} \end{matrix} \right) \times g$$

$$F = \left(\begin{matrix} 730 + 1300 + 275 + 1020 + 36 + \\ 102 + 7,2 + 60 \end{matrix} \right) \times 9,81$$

$$F = 3530,2 \times 9,81$$

$$F = 34631,262 \text{ N}$$



Gambar 3. Penentuan titik pembebanan pertama rangka

Titik pembebanan kedua terdapat pada bagian papan alas di atas rangka. Pada titik ini nantinya akan menerima beban dari motor penggerak. Pembebanan pada titik tersebut sebesar:

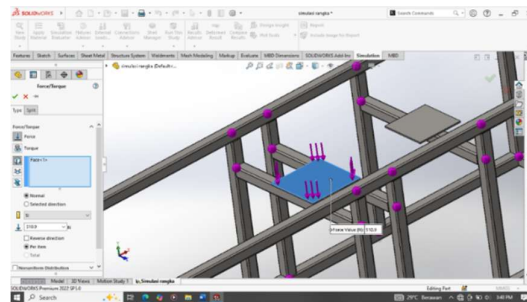
$$F = m \times g$$

$$F = (\text{berat E} + \text{Berat I}) \times g$$

$$F = (52 + 0,08) \times 9,81$$

$$F = 52,08 \times 9,81$$

$$F = 510,9 \text{ N}$$



Gambar 4. Penentuan titik pembebanan kedua rangka

Titik pembebanan kedua terdapat pada bagian papan alas di atas rangka. Pada titik ini nantinya akan menerima beban dari motor penggerak. Pembebanan pada titik tersebut sebesar:

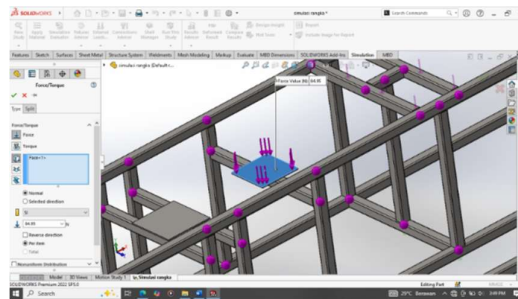
$$F = m \times g$$

$$F = (\text{berat } F + \text{Berat } J) \times g$$

$$F = (8,5 + 0,16) \times 9,81$$

$$F = 8,66 \times 9,81$$

$$F = 84,95 \text{ N}$$



Gambar 5. Penentuan titik pembebanan ketiga rangka

f. *Running simulate*

Proses *running simulate* adalah proses yang dilakukan setelah penentuan *pra-analisis* dan *meshing*. Pada proses *running simulate* menghasilkan beberapa data seperti *von mises stress*, *displacement*, dan *safety factor*.

Hasil simulasi FEA

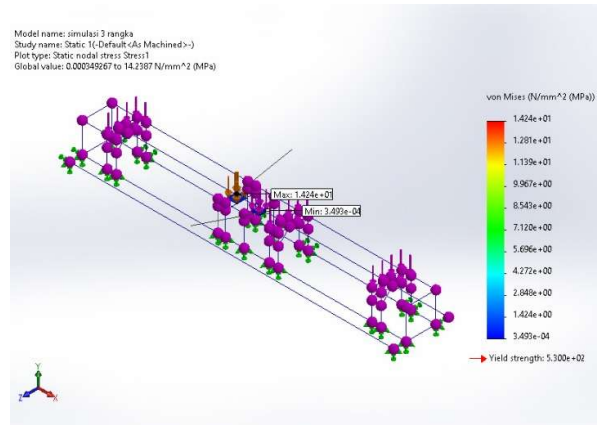
Hasil simulasi pada rangka alat press dan sintering dapat dilihat pada Tabel–tabel yang ada dibawah ini. Hasil simulasi menunjukkan rancangan rangka alat press dan sintering masih aman untuk menahan komponen yang berada diatas rangka, dikarenakan *safety factor* pada beban tersebut masih dalam kategori aman.

Tabel 2. Hasil simulasi FEA

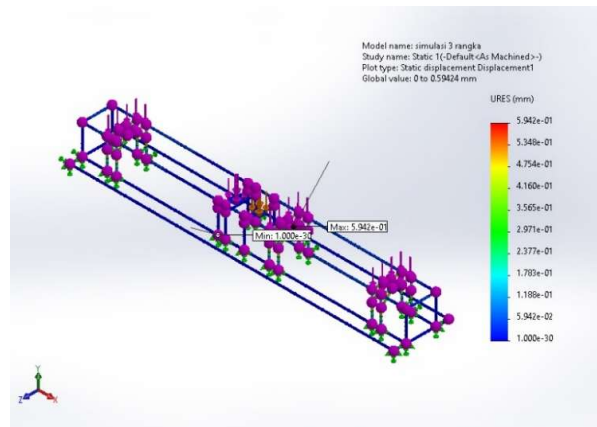
No	Material	Result		
		Von Mises (Mpa)	Deformation (mm)	Safety Factor
1	ASTM A36	14,572 Mpa	0,6 mm	3,7
2	Baja AISI 1020	14,194 Mpa	0,6 mm	5,2
3	Baja AISI 1045	14,238 Mpa	0,59 mm	7,2

Berdasarkan tabel dari berbagai material yang telah dicoba pada rangka *rotary dryer* menghasilkan *von mises stress*, *deformation*, dan *safety factor* yang berbeda-beda. Pada material *ASTM A36* menghasilkan *von mises stress* 14,572 Mpa, nilai *deformation* maksimum

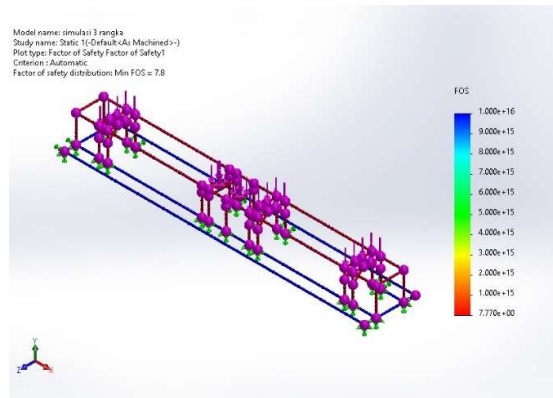
sebesar 0,6 mm, dan nilai *safety factor* 3,7. Simulasi material *Baja AISI 1020* menghasilkan *von mises stress* 14,194 Mpa, nilai *deformation* maksimum sebesar 0,6 mm, dan nilai *safety factor* 5,2. Simulasi material *Baja AISI 1045* menghasilkan *von mises stress* 14,238 Mpa, nilai *deformation* maksimum sebesar 0,59 mm, dan nilai *safety factor* 7,2. Hasil yang telah diperoleh melalui simulasi FEA menggunakan solidwork terdapat perbedaan hasil dikarenakan perbedaan material pada rangka. Dari ketiga material yang telah diuji material *Baja AISI 1045* merupakan material yang paling bagus digunakan dikarenakan nilai *safety factor* tertinggi daripada *ASTM A36* dan *Baja AISI 1020*.



Gambar 6. Nilai Von Mises Stress rangka *Baja AISI 1045*



Gambar 7. Nilai Displacement rangka *Baja AISI 1045*



Gambar 8. Nilai Safety Factor rangka Baja AISI 1045

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil merancang dan menganalisis kekuatan struktur rangka mesin *rotary dryer* untuk pengeringan maggot dengan pendekatan simulasi *Finite Element Analysis* (FEA) menggunakan perangkat lunak SolidWorks. Dari hasil simulasi terhadap tiga jenis material *ASTM A36*, *Baja AISI 1020*, dan *Baja AISI 1045* diperoleh bahwa seluruh material memiliki nilai tegangan Von Mises, deformasi, dan faktor keamanan dalam kategori aman. Namun, material *Baja AISI 1045* menunjukkan performa terbaik dengan tegangan Von Mises sebesar 14,238 MPa, deformasi maksimum 0,59 mm, dan faktor keamanan tertinggi sebesar 7,2. Oleh karena itu, *Baja AISI 1045* direkomendasikan sebagai material utama untuk rangka mesin *rotary dryer* karena menawarkan kekuatan dan keamanan struktur yang optimal.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Dortmans, B., Diener, S., Verstappen, B., & Zurbrugg, C. (2017). *Proses Pengolahan Sampah Organik dengan Black Soldier Fly (BSF)*. Leanza Mediaproduktion GmbH.
- Effendy, S., Syarif, A., Rendi Setiady, R., & Anjas Abdul Kholik, M. (2018). Kajian Prototipe Rotary Dryer Berdasarkan Kecepatan Putaran Silender Pengering dan Laju Alir Udara Terhadap Efisiensi Thermal Pengering Biji Jagung Study Of Rotary Dryer Prototype Based On The Revolutions Of the Dryer and Air Flow Rate Towards the Thermal Efficiency of Drying Corn Seeds. *Jurnal Kinetika*, 9(02), 43–49.
- Hidayat, D. P., & Tamjidillah, M. (2022). Perancangan Dan Pembuatan Alat Pemotong Kerupuk Otomatis Dengan Kapasitas 60 Kg Per Jam. *Jtam Rotary*, 4(2), 151. https://doi.org/10.20527/jtam_rotary.v4i2.6666
- Moretta, A., Salvia, R., Scieuzo, C., Di Somma, A., Vogel, H., Pucci, P., Sgambato, A., Wolff, M., & Falabella, P. (2020). A bioinformatic study of antimicrobial peptides identified in the Black Soldier Fly (BSF) *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Scientific Reports*, 10(1).

- Nurdin, H., Waskito, & Ambiyar. (2020). *Perencanaan Elemen Mesin*.
- Rahmi, M., & Canra, D. (2018). Analisis Kekuatan Ball Valve Akibat Tekanan Fluida Menggunakan Finite Element Analysis. *Jurnal Teknologi Terapan* |, 4(2).
- Rukmini, P., Luthfiana Rozak, D., Winarso, S., & Pendidikan Guru Sekolah Dasar STKIP, P. N. (2020). *Pengolahan Sampah Organik Untuk Budidaya Maggot Black Soldier Fly (BSF)*.
- Sholahuddin, S., Wijayanti, R., Supriyadi, S., & Subagiya, S. (2021). Potensi Maggot (Black Soldier Fly) sebagai Pakan Ternak di Desa Miri Kecamatan Kismantoro Wonogiri. *PRIMA: Journal of Community Empowering and Services*, 5(2), 161.
- Sultan, U., & Tirtayasa, A. (2022). *Strategi Pengolahan Limbah Organik Melalui Budidaya Maggot Untuk Menghasilkan Nilai Tambah Ekonomi Warga Desa Domas Usman I.*