



Desain Rekayasa dan Analisis Fea Alat Pengering Maggot Tipe *Microwave Conveyor*

Didit Wijang Saputro^{1*}, Ikhwan Taufik², Tri Retno Setiyawati³, Arif Rahman Saleh⁴

¹⁻⁴Universitas Tidar, Indonesia

E-mail: didit.wijang.saputro@students.untidar.ac.id¹, ikhwan.taufik@untidar.ac.id²,
setiyawati.retno@untidar.ac.id³, arifrahmansaleh@untidar.ac.id⁴

Alamat: Jl. Kapten Suparman No.39, Potrobangsari, Kec. Magelang Utara, Kota Magelang, Jawa Tengah

*Korespondensi penulis: didit.wijang.saputro@students.untidar.ac.id

Abstract. One method of drying Black Soldier Fly (BSF) larvae that can be applied is drying using a continuous microwave oven. This tool utilizes microwaves emitted to evaporate water. In addition, the use of a conveyor that runs on a microwave oven as a medium or place to place BSF larvae is expected to simplify the production process. This study was conducted to determine the design and strength analysis of the thermal structure of a continuous microwave oven-type BSF larva dryer using Solidworks software. The specifications of the continuous microwave oven-type BSF larva dryer have a capacity of 15 kg, a heating input power of 8 KW and a temperature of 100°C. With variations in heating time of 20, 30, and 40 minutes. The results of the thermal structure analysis of the BSF larva dryer type continuous microwave oven based on the simulation obtained stress with the highest value of $1,664 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ and the lowest value of $6,226 \times 10^{-1} \text{ N/m}^2$. The results of the displacement simulation with the highest value of $1,8 \times 10^1 \text{ mm}$ and the lowest value of $1 \times 10^{-30} \text{ mm}$. The Safety factor simulation result is 3.2. So from the simulation results it can be said that it is safe to continue to the manufacturing process.

Keywords: BSF Larvae, Conveyor, Design, FEA Analysis, Microwave.

Abstrak. Salah satu metode pengeringan larva *Black Soldier Fly* (BSF) yang dapat diaplikasikan adalah pengeringan menggunakan *continuous microwave oven*. Alat ini memanfaatkan gelombang mikro yang terpancar untuk menguapkan air. Ditambah lagi, penggunaan *conveyor* yang berjalan pada oven *microwave* sebagai media atau tempat diletakkannya larva BSF diharapkan dapat mempermudah proses produksi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui desain, dan analisis kekuatan struktur *thermal* alat pengering larva BSF tipe *continuous microwave oven* yang dilakukan melalui *software* Solidworks. Spesifikasi alat pengering larva BSF tipe *continuous microwave oven* memiliki kapasitas 15 kg, daya *input* pemanasan 8 KW dan suhu 100°C. Dengan variasi waktu pemanasan 20, 30, dan 40 menit. Hasil analisis struktur *thermal* alat pengering larva BSF tipe *continuous microwave oven* berdasarkan simulasi didapatkan *stress* dengan nilai tertinggi $1,664 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ dan nilai terendah $6,226 \times 10^{-1} \text{ N/m}^2$. Hasil simulasi *displacement* dengan nilai tertinggi $1,8 \times 10^1 \text{ mm}$ dan nilai terendah $1 \times 10^{-30} \text{ mm}$. Hasil simulasi *Safety factor* yaitu 3,2. Sehingga dari hasil simulasi tersebut dapat dikatakan aman untuk dilanjutkan ke proses *manufacturing*.

Kata Kunci: Analisis FEA, Conveyor, Larva BSF, Microwave, Perancangan.

1. LATAR BELAKANG

Maggot yang merupakan larva lalat *Black Soldier Fly* (BSF) dengan kandungan nutrisinya yang banyak digunakan sebagai salah satu bahan pakan pilihan peternak unggas dan pembudidaya ikan di antara bahan baku pakan alternatif yang ada. Maggot memiliki siklus hidup kurang lebih 40 hari (Putri dkk., 2024), sehingga dapat dibudidayakan dalam waktu yang cepat serta dalam jumlah yang banyak untuk memenuhi kebutuhan pakan ternak. Selain itu

maggot dapat diproses menjadi maggot kering. Maggot kering memiliki kandungan protein $36,4 \pm 5 \%$ sedangkan maggot basah $10,2 \pm 1 \%$ (Ewag, 2019). Dengan demikian, maggot dapat menjadi salah satu bahan baku pengembangan pakan ternak berbasis protein dari serangga (Arta dkk., 2023).

Penelitian mengenai pengeringan maggot menggunakan oven tipe rak dilakukan oleh (Ramdan dkk., 2023). Penelitian ini berisi kinerja performa oven tipe rak pada larva BSF yang menggunakan PTC sebagai pemanas. Alat pengering maggot berbentuk *rotary dryer* yang dilakukan oleh (Ramdani dkk., 2023). Penelitian ini berisi rancangan alat sangrai maggot dengan tipe *rotary* untuk mengeringkan larva BSF yang menggunakan tungku pembakaran sebagai pemanas. Selain jenis pengeringan tersebut pengeringan yang dapat diaplikasikan adalah pengeringan menggunakan *continuous microwave oven* yang dilakukan oleh (Ximenes, 2022) dengan memanfaatkan gelombang mikro yang terpancar untuk menguapkan air. Penggunaan oven *microwave* diharapkan dapat mempercepat proses pengeringan. Ditambah lagi, penggunaan *conveyor* yang berjalan diantara oven *microwave* sebagai media atau tempat diletakkannya maggot diharapkan dapat menambah kapasitas produksi pengeringan maggot. Berdasarkan hal tersebut menjadikan alasan pemilihan alat *continuous microwave oven* sebagai alat pengering dalam penelitian ini. Pada saat ini sebagian besar produksi alat pengering larva BSF tipe *continuous microwave oven* dengan nilai dehidrasi yang cukup besar sekitar 15-50 kg/jam dan dengan daya 20-150 KW (Machinery, 2022). Hal ini dapat menjadi alternatif untuk membuat desain alat skala lebih kecil karena kebutuhan pengeringan yang lebih efisien dan sesuai dengan kapasitas pembudidaya ternak. Dalam hal ini, untuk merealisasikan alat tersebut dilakukan sebuah proses perancangan. Untuk memulai proses perancangan suatu alat agar bisa memberikan hasil yang maksimal yaitu dilakukan dengan membuat desain dan analisis struktur *thermal*.

Dalam pengembangan produk, uji kekuatan struktur *thermal* sangat penting untuk memastikan bahwa produk yang diproduksi dapat bertahan dalam kondisi pengoprasian. Penelitian mengenai analisis struktur *thermal* yang dilakukan oleh (Mereuta, 2018) yang menjelaskan distribusi tegangan statis dan *thermal* piston mesin pembakaran menggunakan *software* Autodesk Inventor, dengan pembuatan model desain menggunakan *software* Solidworks. Analisis ini untuk mengetahui ketahanan produk dalam kondisi pengoprasian dan memperbaiki desain atau memilih material yang lebih cocok sebelum melakukan produksi massal. Simulasi uji kekuatan struktur *thermal* pada Solidworks juga dapat membantu menghemat biaya dan waktu produksi dengan menghindari pengujian fisik yang mahal dan memakan waktu.

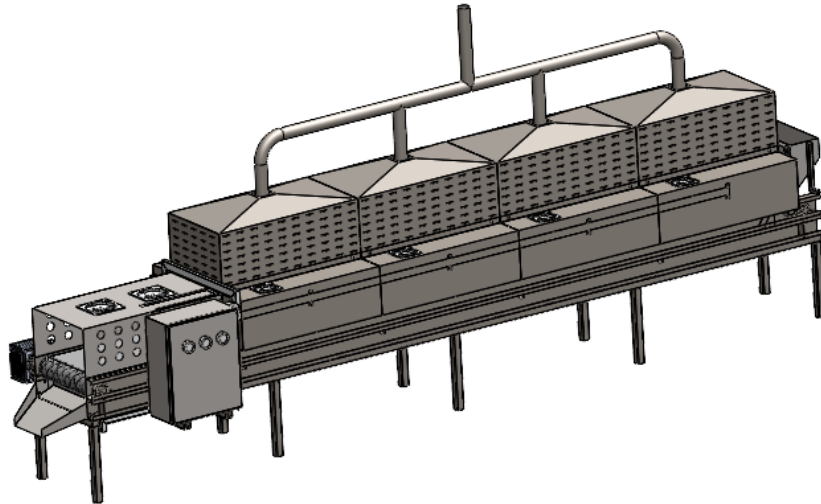
Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui konsep desain dan analisis struktur *thermal* alat pengering larva BSF tipe *continuous microwave oven*. Penelitian ini meliputi pembuatan model desain dan simulasi analisis FEA dengan *software* Solidworks.

2. METODE PENELITIAN

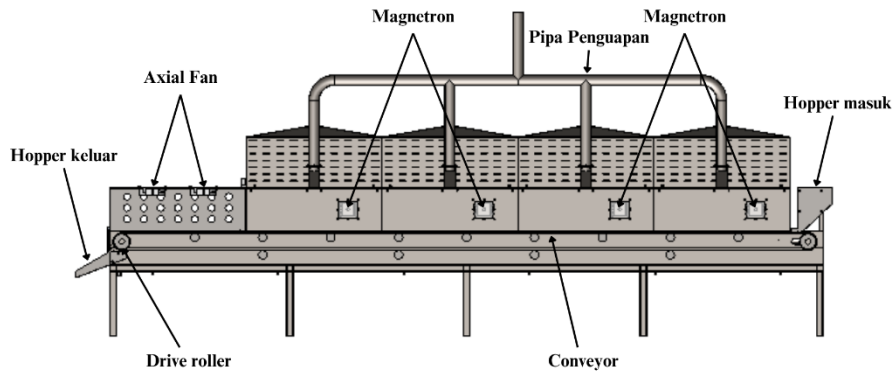
Metode penelitian ini adalah membuat model desain dan menganalisis struktur FEA alat pengering larva BSF tipe *continuous microwave oven*. Metode penelitian ini terdiri dari beberapa tahap. Tahap pertama yaitu membuat model desain alat pengering larva BSF tipe *continuous microwave oven* dengan *software* Solidworks. Pembuatan model desain meliputi semua komponen yang dibutuhkan serta memilih material yang sesuai pada setiap komponen. Selanjutnya melakukan *Meshing* untuk memecahkan geometri menjadi elemen-elemen kecil. Selanjutnya menentukan *Boundary Condition* untuk mengetahui kondisi batas dari desain tersebut. Selanjutnya melakukan analisis struktur FEA yang digunakan dalam rekayasa struktur untuk menilai kekuatan dan stabilitas desain dan mengidentifikasi potensi titik kegagalan. Hasil Simulasi FEA didapatkan meliputi Pengujian *thermal stress* untuk mengetahui tegangan *thermal* dan memastikan di bawah nilai *yeild strength*, pengujian *displacement* untuk mengetahui pergeseran dan memastikan tidak melebihi batas toleransi, pengujian *safety factor* untuk mengetahui faktor keamanan dan memastikan memenuhi faktor keamanan yang disarankan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui konsep desain, dan analisis kekuatan struktur *thermal* alat pengering larva BSF tipe *continuous microwave oven*. Konsep desain dari alat *continuous microwave oven* dibuat menggunakan *software* Solidworks. Konsep desain ini merupakan desain *assembly* yang merupakan penggabungan dari beberapa desain *part*. Konsep desain alat *continuous microwave oven* dapat ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Konsep desain alat *continuous microwave oven isometric view*



Gambar 2. Konsep desain alat *continuous microwave oven section view*

Cara kerja alat pengering larva BSF tipe *continuous microwave oven* yaitu larva BSF masuk melewati *hopper* kemudian bergerak pada *conveyor*. Sistem *conveyor* menggerakkan larva BSF secara kontinu melalui ruang pemanasan kemudian ruang pendinginan. Pada ruang pemanasan larva BSF terkena gelombang mikro dari *magnetron* yang berfungsi untuk memanaskan dan mengeringkan larva BSF. Selanjutnya larva BSF masuk ke ruang pendinginan yang berfungsi menurunkan suhu larva BSF setelah pemanasan dengan *axial fan*. Spesifikasi alat pengering larva BSF tipe *continuous microwave oven* ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi alat pengering larva BSF tipe *continuous microwave oven*

Parameter	Keterangan
Kapasitas	15 Kg
Waktu pengeringan	20, 30, 40 menit
Suhu pengeringan	100°C
Daya <i>input</i>	8 KW
Daya <i>output</i>	5,2 KW
Panjang alat	4.200 mm
Lebar alat	500 mm
Tinggi alat	1.200 mm

Analisis struktural FEA digunakan dalam rekayasa struktur untuk menilai kekuatan dan stabilitas desain dan mengidentifikasi potensi titik kegagalan. Analisis *thermal structure* digunakan untuk menganalisis tekanan *thermal* pada komponen yang terkena suhu pemanasan. Tahapan dalam melakukan simulasi analisis struktur FEA alat pengering larva BSF tipe *continuous microwave oven* dengan *software* Solidworks sebagai berikut:

1) Menentukan material

Untuk melakukan simulasi FEA langkah pertama yaitu menentukan material yang akan digunakan pada alat *continuous microwave oven*. Dalam proses pemilihan material, digunakan material yang sesuai dengan kekuatan yang dibutuhkan sesuai kondisi penggunaan. Penentuan material dilakukan melalui menu “*Apply Material*” pada *software* Solidworks. Komponen alat *continuous microwave oven* terdiri dari beberapa material. Jenis-jenis material yang digunakan dalam perancangan alat *continuous microwave oven* dapat ditunjukkan pada Tabel 2.

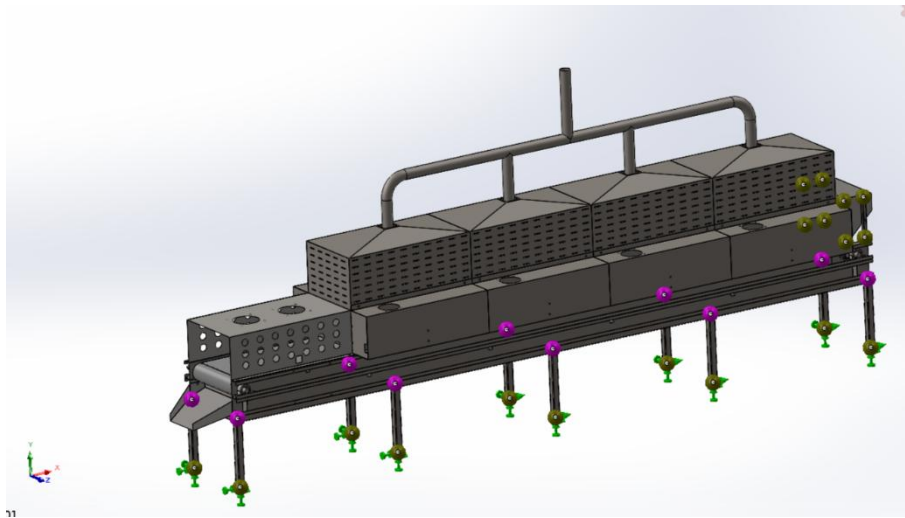
Tabel 2. Jenis-jenis material yang digunakan dalam perancangan alat *continuous microwave oven*

No	Komponen	Material
1	Larva BSF	-
2	Ruang pemanasan	<i>AISI 1045 cold drawn</i>
3	<i>Magnetron</i>	-
4	Trafo <i>magnetron</i>	-
5	Ruang penguapan	<i>Stainless Steel AISI 304</i>
6	<i>Hopper</i> penguapan	<i>Stainless Steel AISI 304</i>
7	Pipa penguapan	<i>Stainless Steel AISI 304</i>
8	Ruang pendingin	<i>Stainless Steel AISI 304</i>
9	<i>Axial fan</i>	PVC
10	<i>Chassis conveyor</i>	<i>ASTM A36 Steel</i>
11	Meja <i>conveyor</i>	<i>ASTM A36 Steel</i>
12	<i>Belt conveyor</i>	PTFE
13	<i>Roller drum</i>	<i>AISI 1045 cold drawn</i>
14	<i>Idle roller</i>	<i>AISI 1045 cold drawn</i>
15	Motor penggerak	-
16	<i>Gearbox</i>	-
17	<i>Hopper</i> masuk	<i>Stainless Steel AISI 304</i>
18	<i>Frame hopper</i> masuk	<i>ASTM A36 Steel</i>

No	Komponen	Material
19	Hopper keluar	Stainless Steel AISI 304
20	Box panel	Stainless Steel AISI 304
21	Frame box panel	ASTM A36 Steel
22	Kabel duct	PVC
23	Baut dan mur	ASTM A36 Steel

2) Menentukan titik tumpuan

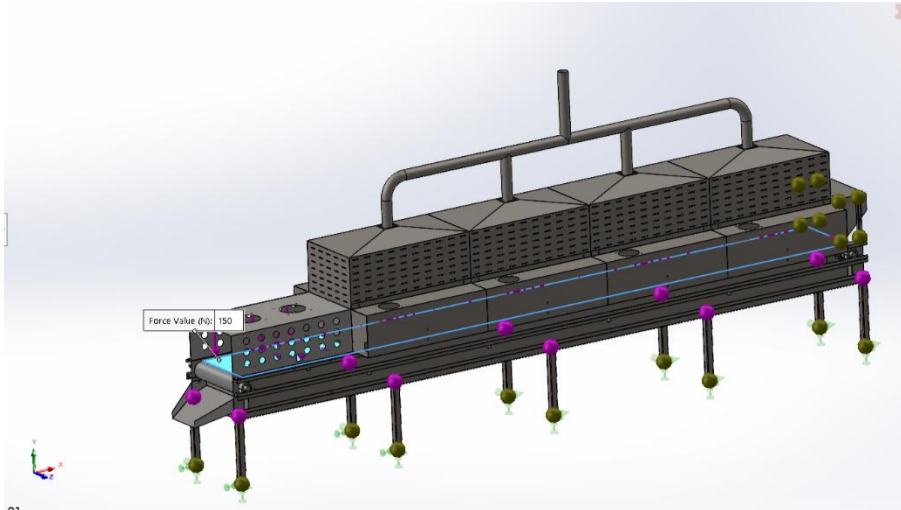
Langkah berikutnya adalah menentukan letak titik tumpu, yang berfungsi sebagai pusat beban dari desain yang telah dirancang. Titik tumpu ini ditempatkan pada bagian bawah rangka, dan akan berperan sebagai titik penyaluran beban dalam simulasi. Posisi titik tumpu dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pemilihan titik tumpuan dalam software Solidworks

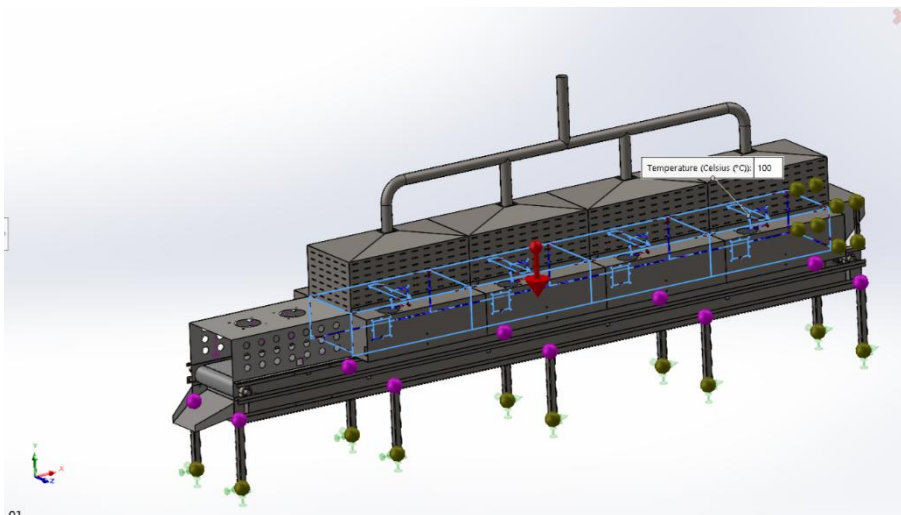
3) Menentukan titik pembebanan

Langkah berikutnya adalah menentukan lokasi titik pembebanan pada model rangka yang akan disimulasikan. Pada titik pembebanan akan diberikan beban massa larva BSF pada *belt conveyor* sebesar 15 kg dan beban *thermal* pada dinding ruang pemanasan sebesar 100°C. Posisi titik pembebanan massa dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pemilihan titik pembebanan massa dalam *software* Solidworks

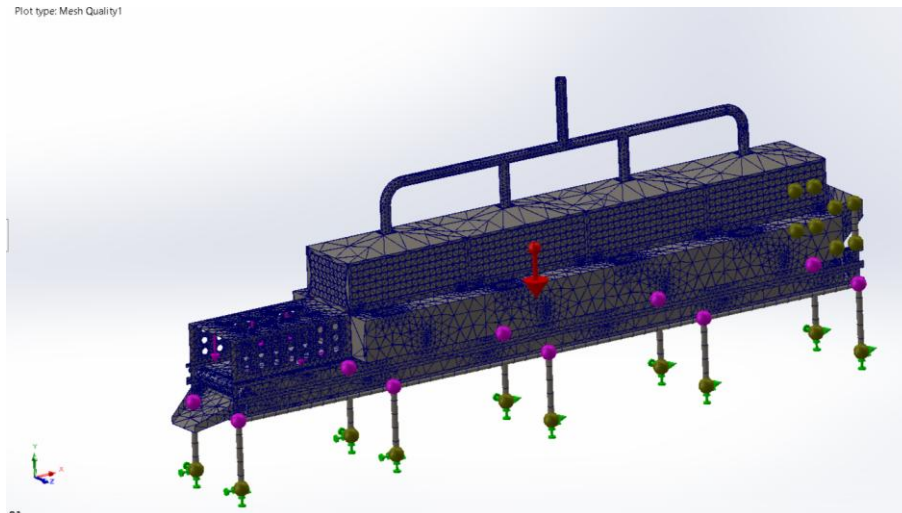
Selain beban massa terdapat juga beban *thermal*. Posisi titik pembebanan suhu dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pemilihan titik pembebanan suhu dalam *software* Solidworks

4) Proses *meshing*

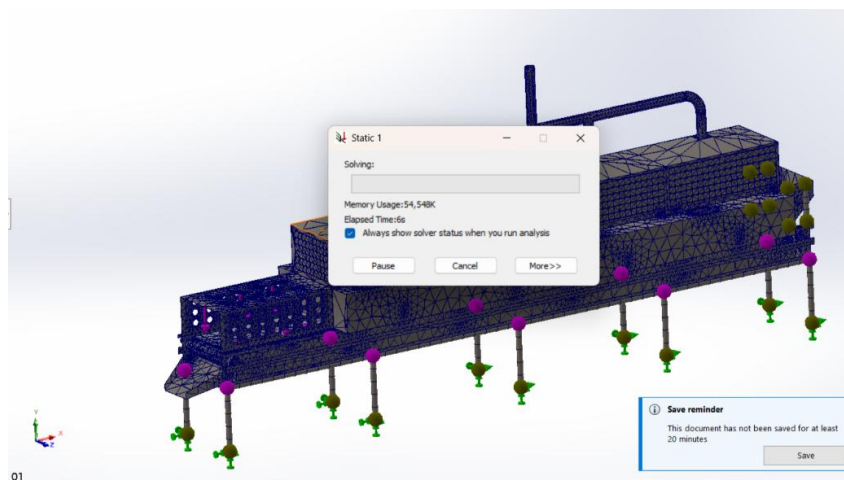
Proses *meshing* bertujuan untuk memecahkan geometri menjadi elemen-elemen kecil. Semakin banyak elemen *mesh* yang digunakan, semakin akurat dalam proses simulasi mendekati kondisi asli. Proses *meshing* ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Proses *meshing* dalam software Solidworks

5) Proses *running simulation*

Proses *running simulation* dilakukan setelah tahap analisis dan pembuatan mesh selesai. Tahap ini menghasilkan berbagai data, seperti tegangan termal (*thermal stress*), perpindahan (*displacement*), dan faktor keamanan (*safety factor*). Proses *running simulation* ditunjukkan pada Gambar 7.

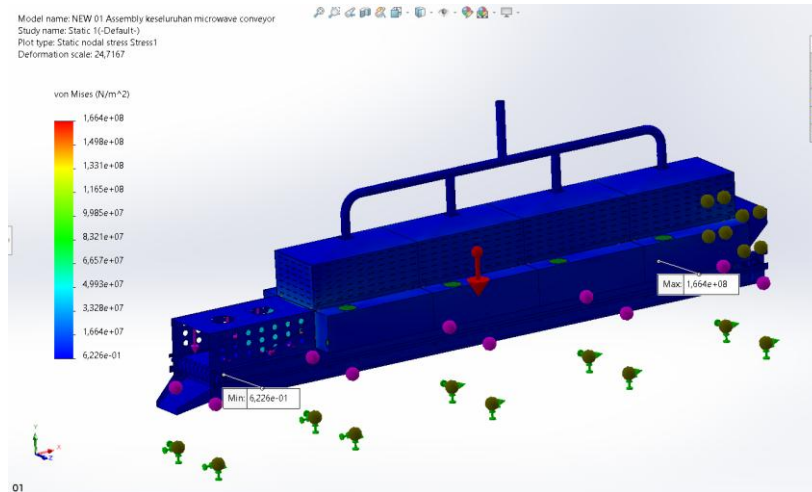


Gambar 7. Proses *running simulation* dalam software Solidworks

Setelah proses *running simulation* maka akan didapatkan hasil dari nilai *thermal stress*, *displacement*, dan *safety factor*. Hasil Simulasi FEA didapatkan sebagai berikut:

1) Pengujian *Thermal Stress*

Pengujian *thermal stress* untuk mengetahui tegangan *thermal* dan memastikan di bawah nilai *yeild strength*. Hasil simulasi *thermal stress* ditunjukkan pada Gambar 8.

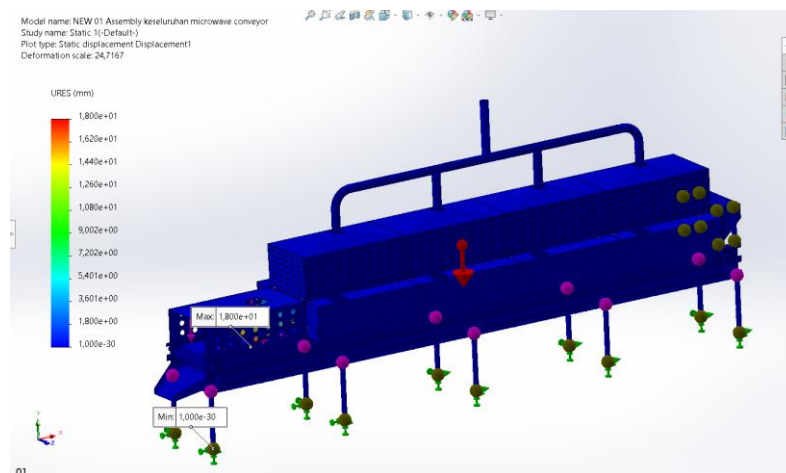


Gambar 8. Hasil simulasi *stress (von mises)*

Hasil simulasi *thermal stress* didapatkan nilai tertinggi adalah $1,664 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ terjadi dibagian ruang pemanasan. Sedangkan nilai terendah adalah $6,226 \times 10^{-1} \text{ N/m}^2$ terjadi di bagian *conveyor*.

2) Pengujian *Displacement*

Pengujian *displacement* untuk mengetahui pergeseran dan memastikan tidak melebihi batas toleransi. Hasil simulasi *displacement* ditunjukkan pada Gambar 9.

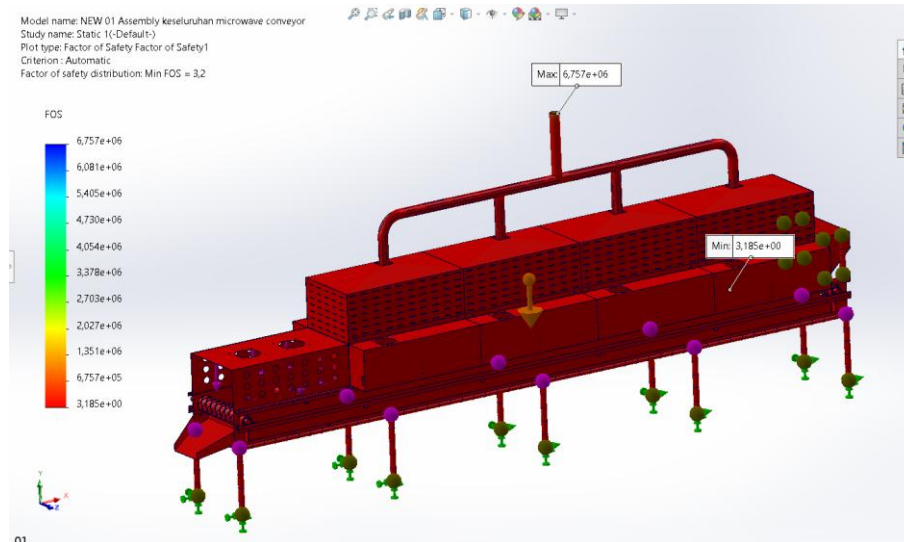


Gambar 9. Hasil simulasi *displacement*

Hasil simulasi *displacement* didapatkan nilai tertinggi adalah $1,8 \times 10^1 \text{ mm}$ terjadi dibagian ruang pemanasan. Sedangkan nilai terendah adalah $1 \times 10^{-30} \text{ mm}$ terjadi dibagian rangka *conveyor*.

3) Pengujian *Safety Factor*

Pengujian *safety factor* untuk mengetahui faktor keamanan dan memastikan memenuhi faktor keamanan yang disarankan. Hasil simulasi *safety factor* ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Hasil *Factor of Safety* (FOS)

Hasil *Factor of Safety* (FOS) didapatkan nilai terendah 3,2 terjadi dibagian ruang pemanasan. Nilai yang disarankan untuk beban dinamis adalah nilai > 3 atau di atas batas aman, sehingga desain aman untuk dilanjutkan pada proses *manufacturing*.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Spesifikasi alat pengering larva BSF tipe *continuous microwave oven* memiliki kapasitas 15 kg, daya *input* pemanasan 8 KW dan suhu 100°C. Dengan variasi waktu pemanasan 20, 30, dan 40 menit. Hasil analisis struktur *thermal* alat pengering larva BSF tipe *continuous microwave oven* berdasarkan simulasi didapatkan *thermal stress* dengan nilai tertinggi $1,664 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ dan nilai terendah $6,226 \times 10^{-1} \text{ N/m}^2$. Hasil simulasi *displacement* dengan nilai tertinggi $1,8 \times 10^1 \text{ mm}$ dan nilai terendah $1 \times 10^{-30} \text{ mm}$. Hasil simulasi *Safety factor* yaitu 3,2. Sehingga dari hasil simulasi tersebut dapat dikatakan aman untuk dilanjutkan ke proses *manufacturing*.

DAFTAR REFERENSI

- Arta, B. T., Suharti, P. H., Afnan, A. F., Arianto, A., & Tasyakuranti, V. A. (2023). Penentuan kapasitas produksi dan seleksi proses pakan ikan lele berbahan dasar maggot kapasitas 5.000 ton/tahun. *Distilat Jurnal Teknologi Separasi*, 9(3), 215–224.
- Ewag. (2019). *Small-scale drying methods for Black Soldier Fly Larvae*. Sanitation, Water and Solid Waste for Development.
- Firmansyah, A., & Yuliani, R. (2023). Pengaruh suhu terhadap efisiensi pengeringan larva Black Soldier Fly pada mesin pengering tipe drum. *Jurnal Rekayasa Biosistem dan Pertanian*, 9(1), 45–53.
- Kurniawan, T., & Andika, R. (2021). Pemanfaatan limbah rumah tangga sebagai media budidaya maggot BSF. *Jurnal Ilmu Lingkungan dan Pertanian*, 7(1), 21–29.
- Machinery, R. (2022). *BSF larvae insects drying microwave dryer machine*. Xinxiang Reeger Machinery Equipment Co., Ltd.
- Mereuta, V. (2018). Static and thermal analysis of piston using FEM analysis. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, 6(1), 201–206.
- Putri, A., Setiawati, M., & Setiawati. (2024). Pemanfaatan limbah organik sebagai media budidaya maggot di Desa Lendang Nangka. *Jurnal Bakti Nusa*, 5(1), 1–9.
- Ramdan, F. M., Pramono, G. E., & Sutoyo, E. (2023). Uji kinerja performa oven pengering tipe rak pada larva Black Soldier Fly (BSF). *ALMIKANIK*, 5(3), 1–9.
- Ramdani, R., Saleh, A., & Syafwan, E. (2023). Rancang bangun sistem transmisi mesin pengering maggot lalat tentara hitam. *Jurnal Teknik dan Edukasi Kejuruan (TEDC)*, 17(2), 20–28.
- Sari, M., & Damanik, R. (2023). Efektivitas pengeringan larva BSF dengan metode pengeringan kombinasi. *Jurnal Agroindustri*, 11(3), 180–188.
- Sembiring, D. A., & Lestari, D. (2020). Studi kelayakan pemanfaatan larva BSF sebagai pakan alternatif ikan lele. *Jurnal Akuakultur Tropis*, 5(2), 88–96.
- Setiawan, H., & Surya, A. P. (2021). Desain dan analisis termal alat pengering maggot berbasis energi surya. *Jurnal Teknik Mesin Nusantara*, 10(2), 135–142.
- Wardana, B. (2022). Rancang bangun prototipe alat pengering BSF berbasis energi panas matahari. *Jurnal Energi dan Teknologi*, 6(2), 101–108.
- Ximenes, H. E. (2022). Karakteristik pengeringan cabai rawit merah (*Capsicum frutescens* L.) menggunakan oven microwave kontinyu. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 23(1), 12–20.
- Yusuf, I., & Hartati, A. (2022). Inovasi teknologi pengering maggot menggunakan sistem pemanas otomatis berbasis mikrokontroler. *Jurnal Teknologi Terapan*, 4(3), 77–84.