

Design and Simulation of Rotary Dryer Frame Strength using Finite Element Analysis

Desain dan Simulasi Kekuatan Struktur Rangka Mesin Pengering Rotary Dryer dengan Metode Elemen Hingga

Lathifa Putri Afisna^{1*}, Irfan Dafa Denara¹, Eko Pujiyulianto¹, Vicky F Sanjaya²

Abstract

Cow dung drying machine is used to overcome problems in processing cow dung. The type of drying machine selected is a rotary dryer type which rotates a drum or cylinder to stir the object being dried. A strong framework is needed to support the components of the dryer so that in its manufacture a static load analysis is needed so that the frame can support the load it will receive. The purpose of this research is to design, simulate and analyse the maximum stress and displacement in the frame structure of the rotary dryer using the finite element method in Solidwork. The simulation results show that the maximum stress supported by the engine frame is $7.115 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ and the maximum displacement is $1.315 \times 10^{-2} \text{ mm}$. The maximum stress value obtained is smaller than the yield stress of the frame material. This value indicates that the design of the rotary dryer machine frame structure is safe to proceed to the production stage.

Keywords

Rotary dryer, simulation, structure

Abstrak

Mesin pengering kotoran sapi digunakan untuk mengatasi masalah dalam pengolahan kotoran sapi. Jenis mesin pengering yang dipilih adalah tipe rotary dryer yang memutar drum atau silinder untuk mengaduk benda yang dikeringkan. Diperlukan kerangka yang kuat untuk menopang komponen-komponen mesin pengering sehingga dalam pembuatannya dibutuhkan analisis beban statis agar kerangka tersebut mampu menopang beban yang akan diterimanya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendesain, mensimulasikan dan menganalisa tegangan maksimum serta displacement pada struktur rangka mesin rotary dryer dengan metode elemen hingga pada Solidwork. Hasil simulasi menunjukkan tegangan maksimum yang ditumpu rangka mesin sebesar $7,115 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ dan displacement maksimum sebesar $1,315 \times 10^{-2} \text{ mm}$. Nilai tegangan maksimum yang didapat lebih kecil dari pada tegangan luluh material rangka tersebut. Nilai tersebut menunjukkan desain struktur rangka mesin rotary dryer aman untuk dilanjutkan ke tahapan produksi.

Kata Kunci

Pengering berputar, simulasi, struktur

¹Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Sumatera

Jln. Terusan Ryacudu, Way Huwi, Lampung Selatan

²Program Studi Manajemen Bisnis Syariah, UIN Raden Intan Lampung
Jl.Endro Suratmin,Sukarame,Kec.Sukarame, Kota Bandar Lampung,Lampung 35131

* putri.afisna@ms.itera.ac.id

Submitted : July 02, 2022. Accepted : August 15, 2022. Published : August 17, 2022.

PENDAHULUAN

Usaha pengembangan ternak (sapi) menghasilkan limbah berupa kotoran ternak (feces, urine) dan pakan tambahan (potongan rumput, jerami, daun, gandum, konsentrat dan semacamnya). Limbah peternakan sapi sebagian besar langsung dimanfaatkan oleh peternak tanpa melalui perlakuan apapun karena keterbatasan pemahaman peternak setempat. Padahal kotoran sapi yang dihasilkan dapat diolah menjadi pupuk dan biogas. Pupuk dari limbah kotoran sapi dapat dimanfaatkan sebagai biogas karena mengandung gas metana sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar memasak[1].

Proses pengeringan merupakan tahapan yang dilakukan dalam pembuatan pupuk. Biasanya, peternak menggunakan sinar matahari langsung dalam proses pengeringan. Namun, proses ini akan terhambat ketika hujan, berawan (kabut asap) atau malam hari ini. Permasalahan pengeringan dapat diatasi dengan membuat mesin pengering kotoran sapi. Metode pengeringan dapat dilakukan secara mekanis yaitu[2]:

1. Continuous Drying : Pemasukan dan pengeluaran bahan dilakukan secara terus menerus tanpa mematikai mesin.
2. Batch Drying : Bahan dimasukkan ke mesin pengering dan diproses sampai bahan mengering. Mesin akan dimatikan ketika bahan sudah kering kemudian dikeluarkan dari saluran outlet mesin. Namun proses bahan dimasukkan dan dikeluarkan secara berulang.

Salah satu jenis mesin pengering yang akan dikembangkan yaitu rotary dryer. Jenis mesin ini sering digunakan dalam proses pengeringan, misalnya pengeringan biji kakao, jagung dll. Kelebihannya yaitu pembuatan mesin rotary dryer lebih sederhana dan penggunaan daya listrik yang kecil [2]. Selain itu, mesin tipe rotary dryer dapat dibuat dengan bentuk yang kecil dan dapat dibuat berpindah dari satu tempat ke tempat lain (portable). Hasil pengeringan lebih merata karena benda diputar dan dipanaskan secara bersamaan[3].

Bagian yang cukup penting dilakukan dalam pembuatan alat yaitu perancangan, desain dan simulasi sebagai gambaran atau acuan nantinya. Simulasi akan memberikan gambaran keadaan sesungguhnya yang akan dialami oleh alat setelah jadi. Pada penelitian ini akan dilakukan desain mesin rotary dryer menggunakan software dan menganalisis kekuatan dari struktur rangka menggunakan simulasi. Hal ini dilakukan untuk mengantisipasi kesalahan atau kegagalan pada saat proses manufaktur mesin dan dapat mengevaluasi sistem dalam waktu singkat. Simulasi juga dapat mengurangi terpakainya material tambahan karena sudah diatasi pada proses desain dan simulasi. Kekuatan frame struktur rangka akan membantu fungsi kerja mesin dengan baik[4][5].

Simulasi dilakukan dengan perhitungan memakai sebuah metode elemen hingga (*Finite Element Analysis*) dengan pendekatan empiris. Metode simulasi ini juga diterapkan pada simulasi pembeban rangka mesin pengering padi yang menunjukkan perbedaan 12 % pada hasil menggunakan simulasi dengan eksperimen. [6]

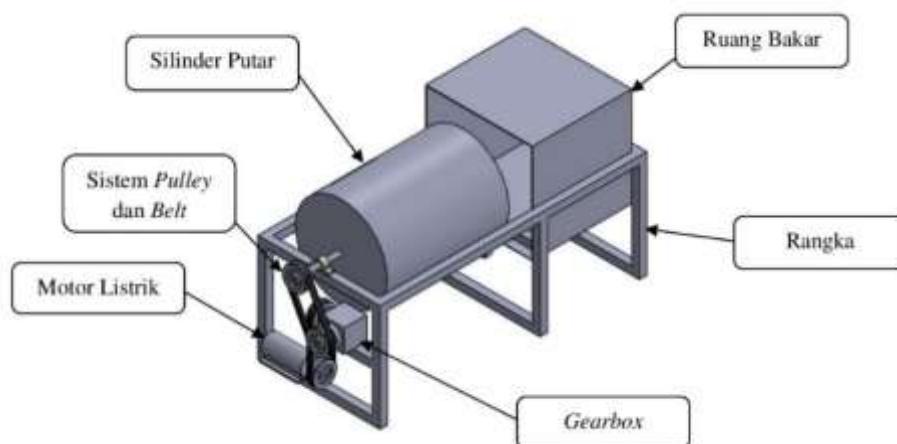
METODE PENELITIAN

Metode elemen hingga dalam penelitian ini digunakan untuk menganalisa rancangan struktur rangka mesin *rotary dryer*. Proses yang dilakukan dengan membagi beberapa bagian struktur rangka menjadi elemen-elemen kecil dengan menggunakan *software Solidworks*. Versi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Solidwork Premium* versi 2018. *Solidworks* merupakan salah satu CAD *software* yang dibuat oleh *Dassault Systemes*. Bagian-bagian permesinan (*part*) dirancang dan disusun berupa *asembling* dengan tampilan 3D. *Software CAD* sudah dikenal terlebih dahulu dibanding *software Solidswork* yang pertama kali diperkenalkan pada Tahun 1995. Menu pada *software solidswork* lebih mudah dipahami bagi desainer dalam

merancang sebuah desain sehingga mengurangi kesalahan pembacaan gambar yang bisa menimbulkan kesalahan dalam pembuatan alat[7].

Software solidwork dapat digunakan untuk melakukan simulasi. Suatu proses dimana benda diuji coba menyerupai keadaan sekeliling benda sebenarnya dinamakan simulasi. Simulasi digunakan untuk menunjukkan keadaan yang akan dialami oleh suatu benda dan dapat disesuaikan sesuai kebutuhan [7]. Simulasi dapat diterapkan pada beberapa perlakuan seperti simulasi beban, simulasi gerak, simulasi temperatur, simulasi getaran, simulasi arus listrik, dan lain lain. Gambar diubah dari 2D menjadi 3D dalam proses simulasi agar dapat menghasilkan keadaan yang diinginkan sebagai parameter dalam mewujudkan alat atau mesin yang akan dibuat.

Prosedur penelitian sebelum proses simulasi dilakukan studi literatur desain-desain rangka mesin yang memiliki konsep serupa. Tahapan selanjutnya membuat desain struktur rangka mesin *rotary dryer* seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.



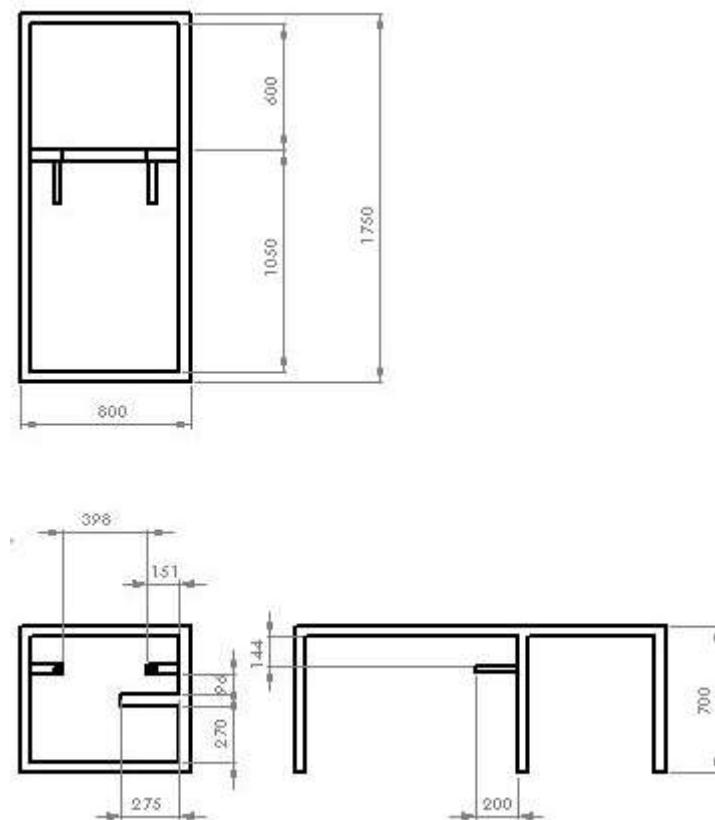
Gambar 1. Desain Struktur Rangka Mesin *Rotary Dryer*

Desain akhir yang digunakan pada simulasi ini memiliki kaki sebanyak 6 buah, panjang 176 cm, lebar 70 cm dan tinggi 80 cm. Jenis batang yang digunakan adalah solid dengan panjang 3 cm dan lebar 3 cm yang ditunjukkan pada Gambar 2.

Pada tahapan penentuan parameter simulasi perlu ditentukan sifat material dan *boundary condition*. Material yang digunakan dalam simulasi ini yaitu baja AISI 4130. Sifat material dari baja tersebut ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Mechanical Propertis Baja AISI 4130

Sifat	Nilai	Satuan
Elastic Modulus	2.05×10^{11}	N/m ²
Poisson's Ratio	0,197916667	N/A
Shear Modulus	$8,00 \times 10^{10}$	N/m ²
Mass Density	7850	Kg/m ³
Tensile Strength	560000000	N/m ²
Compressive Strength	-	N/m ²
Yield Strength	460000000	N/m ²
Thermal Expansion Coefficient	-	K
Thermal Conductivity	42.07.00	W/(m.K)
Specific Heat	477	J/(kg.K)
Material Damping Ratio	-	N/A



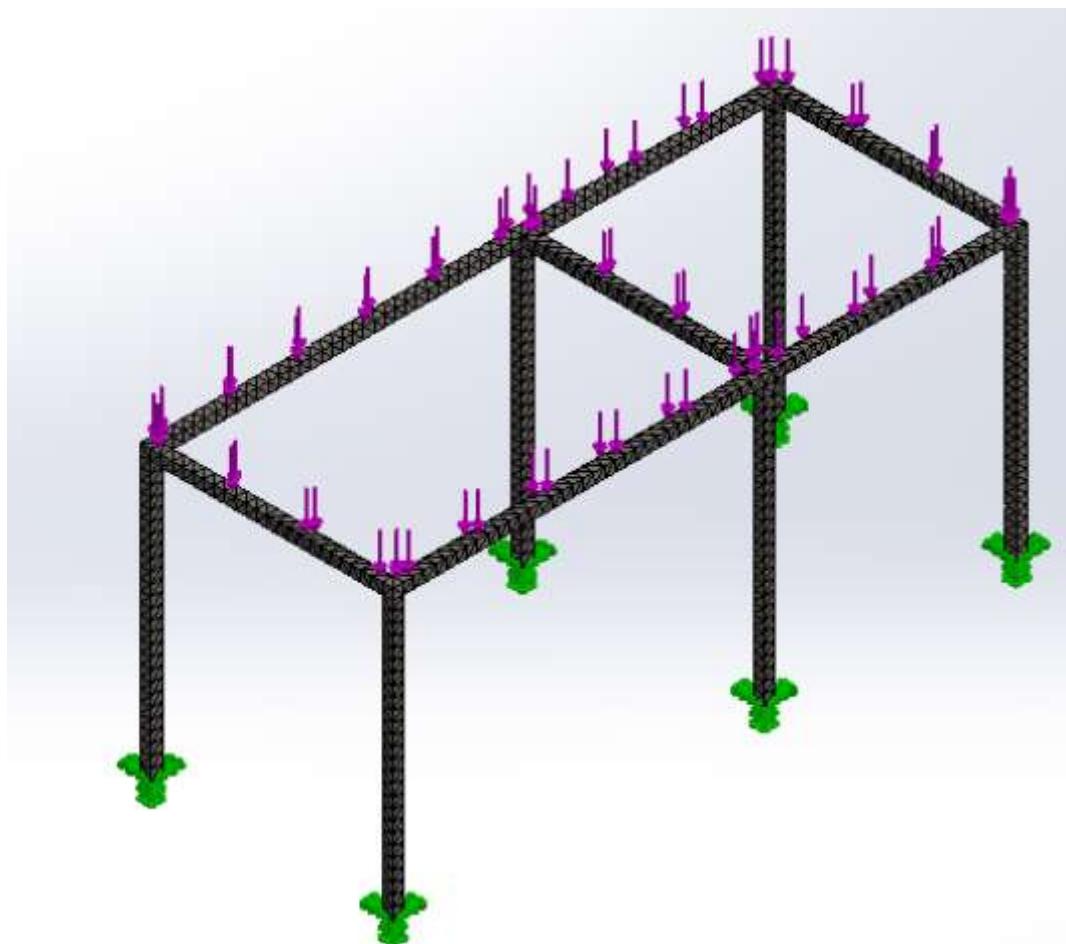
Gambar 2. Dimensi Struktur Rangka Mesin *Rotary Dryer*

Baja AISI 4130 adalah baja paduan rendah (*Low Alloy Steel*) yang mengandung kromium dan molibdenum. Penambahan unsur tersebut bertujuan untuk memperbaiki sifat mekanik pada temperatur rendah atau tinggi. Material ini bersifat ulet dan tahan temperatur tinggi yang biasa digunakan pada pembuatan roda kereta, poros, *airframe components*, ring, bilah turbin dll.[7]

Tahapan *boundary condition* dilakukan untuk menentukan titik/acuan posisi dari tumpuan pada desain. Kemudian, memberikan beban pada struktur rangka biasanya ditandai dengan tanda panah ke bawah pada suatu gambar desain. Proses *meshing* dilakukan setelah struktur rangka diberi beban. Namun, perlu dilakukan pemilihan *meshing* yang paling efektif agar simulasi yang kita kerjakan tidak banyak memakan waktu. Caranya memilih menu *create mesh* untuk mendapatkan hasil simulasi yang lebih *convergen*. Tahapan terakhir, simulasi sudah dapat dijalankan sehingga akan keluar hasil simulasi tegangan, *displacement* dan *safety factor*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil simulasi pada struktur rangka mesin *rotary dryer* menggunakan Solidwork didapatkan gaya pembebanan dan batasan (*constraint*) ditunjukkan pada Gambar 3. Arah tumpuan diberikan tanda panah ke arah bawah berwarna ungu yang menunjukkan beban diterima oleh struktur rangka mesin *rotary dryer*. Pembebanan statis yang diberikan sebesar 200 N. Penelitian ini berfokus pemberian beban statis pada kekuatan dan keamanan dari struktur rangka mesin *rotary dryer*.



Gambar 3. Proses Meshing Struktur Rangka Mesin Pengering

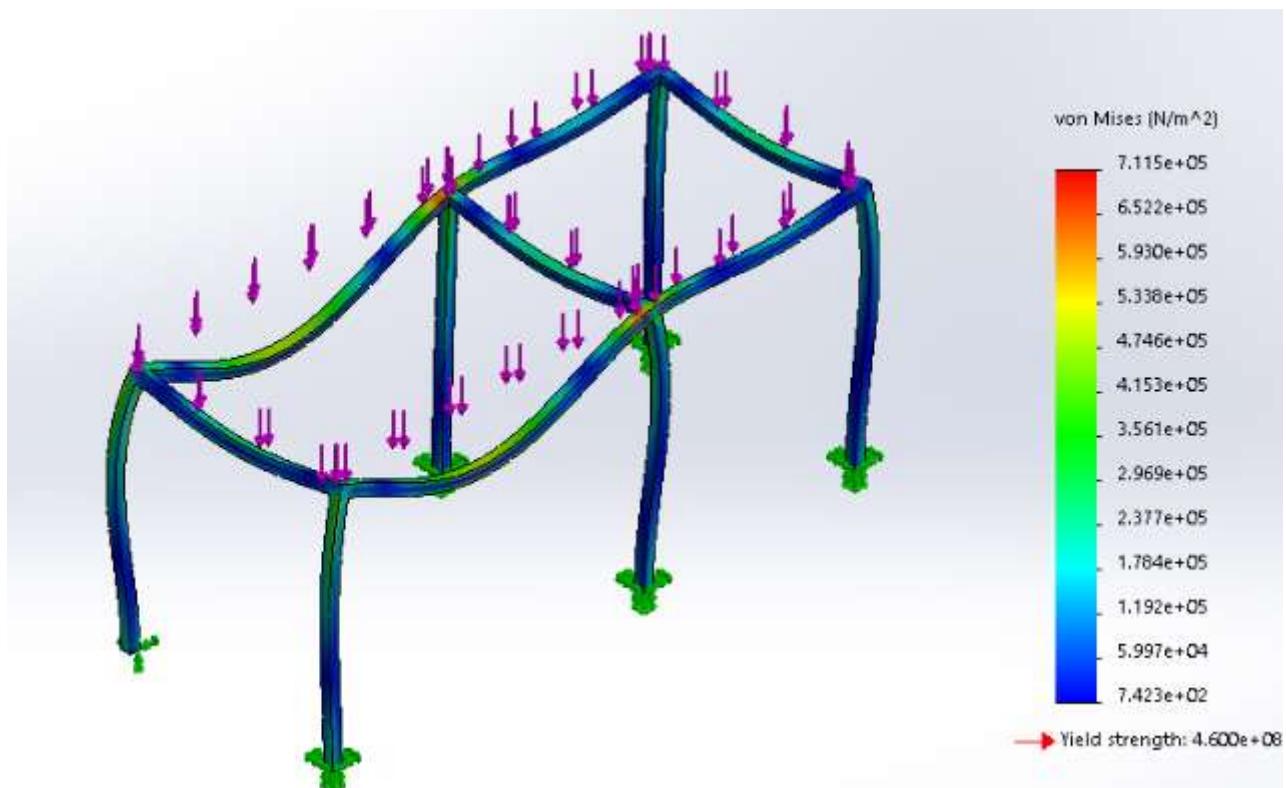
Titik yang berwarna hijau merupakan *fixed constraint* pada kedudukan kaki rangka mesin pengering. Gambar 3D yang akan dilakukan simulasi menerima *input* bagian yang dianggap sebagai tumpuan atau bagian yang tidak bergerak. Simulasi yang dipilih dalam penelitian ini menggunakan *H-adaptive mesh 3 loop* analisa menggunakan metode elemen hingga yang biasanya disebut *meshing*. *Meshing* menggunakan jenis *high quality element* dengan jumlah elemen 4115 yang tersedia secara *default* di *software solidworks*. *High quality element* mengacu pada *second order solid tetrahedral element* yang memiliki 10 node (4 di *corner*, 6 di *mid-side*) yang setiap node memiliki 3 DOF (derajat kebebasan).

Hasil analisa pembebahan dengan metode *Von Mises Stress* disimulasikan dengan metode elemen hingga ditunjukkan pada Gambar 4. Salah satu faktor penting dalam menentukan desain struktur atau akan mengalami kegagalan yaitu nilai Tegangan *Von Mises* [8]. Ketika suatu struktur rangka diberi beban, maka akan menghasilkan tegangan pada arah vertikal disebut tegangan normal. Nilai tegangan pada arah horizontal adalah nol[9].

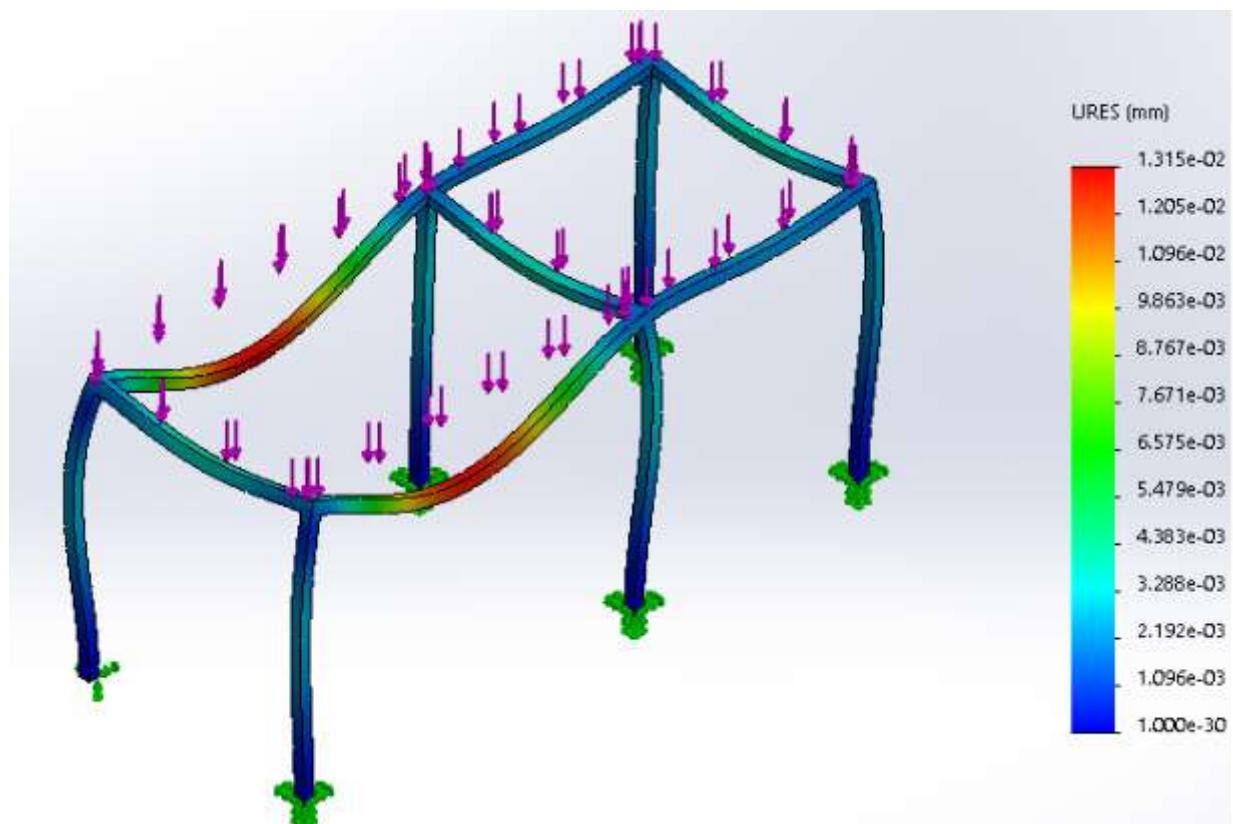
Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan dilakukan, nilai stress maximum yang didapatkan adalah $7,115 \times 10^5$ N/m² dan pada gambar ditunjukkan dengan warna merah. Sedangkan nilai stress minimum yang didapatkan adalah $7,423 \times 10^2$ N/m² dan pada gambar 3 ditunjukkan dengan warna biru. Hal ini menunjukkan desain ini aman digunakan karena pembebahan kritis dibawah tegangan luluh material tersebut[10].

Deformasi atau perubahan bentuk merupakan salah satu faktor penting dalam menentukan bahan yang digunakan sebagai rangka mesin aman untuk menahan beban yang cukup ekstrim. Deformasi terjadi akibat rangka diberi beban atau gaya. Nilai deformasi yang semakin kecil menunjukkan suatu material dari rangka dapat menahan dengan kuat. Hasil

dari analis struktur menggunakan simulasi ditunjukkan pada Gambar 5. Nilai *displacement maximum* yang didapatkan adalah $1,315 \times 10^{-2}$ mm yang ditunjukkan dengan warna merah.



Gambar 4. Tegangan Pada Struktur Rangka Mesin Pengering



Gambar 5. Deformasi pada Struktur Rangka Mesin Rotari Dryer

Nilai keamanan pada suatu desain dinyatakan dalam *safety factor*. Nilai *safety factor* dan *allowable stress* akan membantu dalam menentukan bahan yang digunakan aman dalam merencanakan suatu pengukuran dalam sebuah desain[9]. Hasil bagi tegangan ijin (*yield strength*) dengan besar tegangan yang terjadi dapat menentukan nilai *safety factor*. Nilai tegangan Von Misses maksimum yang terjadi sebesar $7,115 \times 10^5$ N/m². Nilai tersebut memiliki nilai yang lebih kecil dibanding nilai *Yield Strength* material Baja AISI 4130 yaitu $4,6 \times 10^8$ N/m². Perbandingan kedua nilai tersebut menunjukkan bahwa desain struktur rangka mesin *rotary dryer* dapat dikatakan aman jika menahan beban sebesar 200 N.

Faktor keamanan dapat ditentukan baik pada tekanan elastis paling ekstrim atau tekanan luluh material [9]. Kekuatan luluh (*yield strength*) material menggunakan *software* Solidwork dapat dihitung sebagai faktor keamanan (*safety factor*) yang berasal dari material yang sudah dibagi dengan tegangan Von *Mises* maksimum material tersebut

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Desain struktur rangka mesin rotary dryer telah berhasil disimulasikan menggunakan Solidwork premium 2018. Simulasi dilakukan dengan metode elemen hingga (Finite Element Analysis). Parameter simulasi ditentukan berdasarkan material dan boundary condition. Hasil simulasi menunjukkan rangka mesin yang terbuat dari material baja AISI 4130 aman digunakan untuk menahan beban statis sebesar 200 N. Hal ini dibuktikan dengan nilai yang didapat untuk tegangan maksimum sebesar $7,115 \times 10^5$ N/m². Nilai tegangan maksimum yang dihasilkan dari simulasi masih jauh dibawah tegangan luluh material sebesar $4,6 \times 10^8$ N/m². Simulasi ini juga menghasilkan nilai displacement maksimum yang relatif kecil sebesar $1,315 \times 10^{-2}$ mm. Nilai displacement yang semakin kecil menunjukkan suatu material dari rangka dapat menahan dengan kuat.

Saran

Penelitian selanjutnya diharapkan dapat melakukan simulasi beban statis pada silinder putar mesin kotoran sapi kemudian melakukan analisa perhitungan. Selanjutnya, penelitian dapat juga melakukan perbandingan persentase error antara nilai yang didapat dengan simulasi dan perhitungan.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] P. Yulianto and C. Saparinto, *Beternak Sapi Limousin*. Jakarta: Penebar Swadaya, 2014. Accessed: Jul. 23, 2022. [Online]. Available: <https://opac.perpusnas.go.id/DetailOpac.aspx?id=1161670>
- [2] D. Pradana, "Rancang Bangun Mesin Pengering Biji Kakao Dengan Mekanisme Rotary Kapasitas 9 Kg/Jam (Bagian Dinamis)," Jember, Sep. 2018. Accessed: Jul. 23, 2022. [Online]. Available: <https://repository.unej.ac.id/handle/123456789/100248>
- [3] A. Del Giudice *et al.*, "Wood chip drying through the using of a mobile rotary dryer," *Energies*, vol. 12, no. 9, 2019, doi: 10.3390/EN12091590.
- [4] D. Hardianti, B. Herbudiman, and N. V. Diredja, "Studi Eksperimental Batang Tarik Sambungan Baut pada Plat Baja," *RekaRacana J. Tek. Sipil*, vol. 4, no. 4, p. 118, 2018, doi: 10.26760/REKARACANA.V4I4.118.
- [5] G. Frista, H. A. Notonegoro, and H. G. Fachrudin, "Peningkatan Sifat Mekanik AISI 4130 Low Alloy Steel Melalui Perlakuan Panas," *FLYWHEEL J. Tek. Mesin Untirta*, vol. 2, no. 1, Oct. 2017, doi: 10.36055/FWL.V2I1.2904.
- [6] Hery I., Bakuh S., (2020). Analisis desain kerangka mesin pengering padi *dryer* dengan empat bantalan rol menggunakan *software CAD*. MEKANIKA. Jurnal Teknik Mesin

-
- [7] M. A. Syahputra, "Simulasi Temperatur Dan Kecepatan Aliran Pada Pipa Untuk Kumbung Jamur Tiram Menggunakan Solidworks," Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, 2019. Accessed: Jul. 23, 2022. [Online]. Available: <http://repository.umsu.ac.id/handle/123456789/7994>
 - [8] Uji, B., & Antariksa, P. (2019). *Pengaruh Diameter Baut Terhadap Kekuatan Rangka Main Landing Gear Pesawat Uav Menggunakan Metode Elemen Hingga*. 17, 26–32.
 - [9] L. A. N. Wibawa, "Simulasi Kekuatan Komponen Sarana Pengujian Roket Menggunakan Autodesk Inventor Professional 2017," no. June, pp. 1–132, 2018.
 - [10] T. Mulyanto and A. D. Sapto, "Analisis Tegangan Von Mises Poros Mesin Pemotong Umbi-Umbian Dengan Software Solidworks," *J. PRESISI*, vol. 18, no. 2, pp. 24–29, 2017, [Online]. Available: <https://ejournal.istn.ac.id/presisi/article/view/122>