

Perancangan dan analisis struktur rangka mesin high speed spinner pemisah cairan lateks kapasitas 1 liter/ Jam

Syafri ^{a,1}, Ade Alwi Wardana ^a, Dedi Rosa Putra Cupu ^a, Nazaruddin ^a

^aJurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru

¹syafri@eng.unri.ac.id

ABSTRACT

Pada penelitian ini, dilakukan perancangan dan analisis rangka mesin spinner dengan kapasitas 1 liter/jam dan putaran mencapai 10,000 rpm. Untuk memproduksi mesin spinner lateks berkecepatan tinggi (high-speed spinner), diperlukan sistem rangka yang kuat untuk menahan beban kerja serta dapat mencegah terjadinya kecelakaan kerja pada mesin tersebut. Mesin spinner dirancang dengan dimensi 955mm × 560mm × 700mm dan kapasitas 1 liter/jam. Dengan spesifikasi ini, beban yang akan ditahan oleh rangka adalah sebesar 196 N. Analisis rangka dilakukan dengan membagi beban 196 N menjadi 5 bagian sesuai posisi rangka masing-masing. Rangka yang mengalami beban terbesar adalah rangka nomor 2, dengan beban sekitar 115.64 N. Akibat beban tersebut maka diperoleh tegangan maksimum pada rangka 2 senilai 12.96 Mpa. Dengan mempertimbangkan faktor keamanan sebesar 5, ketersediaan material, dan kemudahan proses produksi, maka material ST37 diidentifikasi sebagai material yang cocok untuk rangka mesin spinner. Analisis selanjutnya dilakukan untuk menentukan defleksi yang terjadi pada rangka. Melalui perhitungan manual, defleksi maksimum ditemukan sebesar 0.041 mm pada rangka 2. Analisis rangka kemudian dilanjutkan dengan simulasi menggunakan Autodesk Inventor. Dari hasil simulasi, tegangan maksimum terjadi pada rangka nomor 2 dengan nilai 14.66 MPa, dan defleksi sebesar 0.064 mm dengan faktor keamanan sebesar 7.54. Dengan mempertimbangkan hasil perhitungan manual, analisis tegangan menggunakan Autodesk Inventor, dan validasi dengan mesin prototipe yang telah dibuat, rangka mesin spinner berkecepatan tinggi dianggap aman untuk digunakan sebagai penopang mesin dengan kapasitas 1 liter per jam dan kecepatan rotasi 10,000 rpm.

Kata Kunci: Lateks, Rangka, Tegangan, Faktor Keamanan, Defleksi

Diterima 30 September 2023; **Dipresentasikan** 5 Oktober 2023; **Dipublikasikan** 27 Mei 2024

PENDAHULUAN

Provinsi Riau merupakan daerah penghasil karet alam jenis *Hevea Brasiliensis* terbesar ketiga di Indonesia. Lateks merupakan getah kental mirip seperti susu yang berasal dari tumbuhan, getah tersebut akan membeku ketika terkena udara lepas secara langsung [1]. Lateks karet alam terdiri dari partikel karet berbentuk koloid yang terdispersi dengan serum (air). Kadar karet kering (KKK) dalam lateks tersebut sekitar 30%-40% [2].

Kandungan air yang terlalu tinggi di dalam lateks sangat mengganggu proses vulkanisasi, sehingga tidak bagus dijadikan sebagai bahan dasar pembuat produk jadi. Oleh karena itu sebagian airnya terlebih dahulu perlu dibuang hingga diperoleh lateks yang lebih pekat dengan kadar karet kering (KKK) sekitar 55%-60%. Lateks pekat (concentrated latex) merupakan jenis bahan olah yang memiliki tingkat komersial yang cukup tinggi dengan pasar yang cukup terjamin, karena posisinya yang khas untuk

pembuatan barang-barang tertentu seperti sarung tangan medis, kateter, lem karet, selang stetoskop, karet busa dan barang jadi lateks lainnya [3].

Untuk memproduksi lateks pekat, ada beberapa metode dapat yang dapat digunakan seperti sentrifugasi, pendadahan (creaming), penguapan, dan elektrodekanisasi. Namun dalam praktiknya, metode sentrifugasi merupakan pilihan yang lebih sesuai karena proses pengeringannya dapat relatif cepat dan kualitas lateks yang dihasilkan juga sangat baik. Alat sentrifugasi adalah suatu alat pemisah yang memanfaatkan perbedaan efek gaya sentrifugal pada setiap molekul senyawa penyusun suspensi dari gerak putar [4].

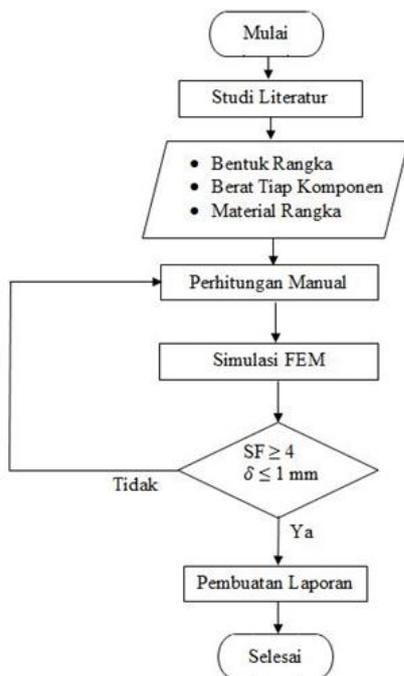
Namun, beberapa kendala dalam proses sentrifugasi adalah biaya investasi yang dibutuhkan relatif mahal untuk pengadaan mesin pengering karet (mesin spinner), kapasitas pengeringan yang terbatas pada 400 ml/jam, dan putaran mesin yang relatif rendah hanya mencapai 500 rpm. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan perancangan dan pembuatan mesin spinner

dengan kapasitas yang lebih besar hingga 1000 ml/jam dan putaran yang lebih tinggi hingga 10,000 rpm.

Untuk memproduksi mesin spinner pengering karet berkecepatan tinggi dengan kapasitas dan kecepatan yang lebih tinggi (high-speed spinner), diperlukan sistem rangka yang kuat untuk menahan beban kerja dan mencegah terjadinya kecelakaan kerja pada mesin tersebut. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan kajian untuk merancang dan menganalisis rangka mesin spinner berkecepatan tinggi sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan pendekatan penelitian pengembangan (Research & Development). Adapun tahap pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

a. Analisis Perhitungan Manual

Dalam analisa perhitungan manual, perlu ditentukan beban yang bekerja dan reaksi tumpuan dengan menggunakan DBB pada bagian rangka yang ingin dianalisa. Setelah itu, dapat ditentukan gaya resultan dan momen yang terjadi pada bagian tersebut. Lalu, perhitungan dapat dilanjutkan dengan mencari nilai defleksi yang terjadi pada bagian sumbu mesin tersebut.

Selanjutnya, dilakukan perhitungan tegangan-tegangan yang terjadi pada bagian pergerakan sumbu mesin. Tegangan yang perlu diketahui antara lain, tegangan geser dan tegangan maksimum yang dihitung melalui Lingkaran Mohr. Terakhir, dapat dicari *Safety Factor* yang diperoleh dari analisa.

b. Analisis dengan FEM

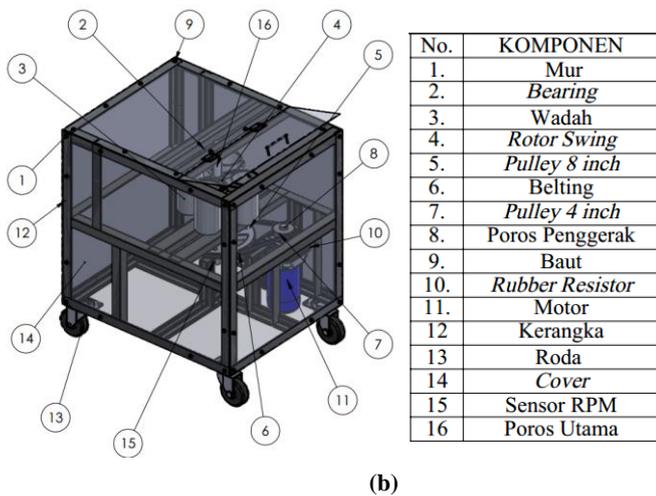
Untuk analisis struktur dapat dilakukan dengan metode elemen hingga atau finite element method (FEM) dengan menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor. Metode elemen hingga merupakan prosedur numerik yang akan dipakai untuk menyelesaikan masalah dalam bidang rekayasa. Metode ini digunakan untuk masalah-masalah yang sulit untuk diselesaikan secara analitik [5].

Tahapan yang perlu dilakukan dalam simulasi analisis struktur dengan menggunakan Autodesk Inventor adalah sebagai berikut:

- Pertama, perlu dilakukan pemilihan material pada rangka yang didesain. Pemilihan material merupakan tahap awal setelah pemodelan geometri rangka. Pemilihan material pada perangkat lunak Autodesk Inventor terdapat pada fitur assign materials.
- Tahapan selanjutnya adalah proses meshing. Proses ini adalah dimana dibaginya struktur objek yang dianalisis menjadi beberapa elemen dengan geometri yang lebih kecil dan tetap terhubung. Geometri ini diberi beban sesuai dengan parameter pengujian. Beban yang dimaksud dapat berupa berat sruktur mesin itu sendiri dan beban spesimen saat mesin akan dioperasikan [6].
- Selanjutnya, perlu ditentukan kondisi batas untuk bagian yang dianalisa pada software. Penetapan kondisi batas adalah proses untuk menentukan bagian komponen yang akan dibuat stabil.
- Tahapan selanjutnya adalah memberikan beban utama yang bekerja pada bagian yang akan dianalisa. Beban utama yang dimaksud adalah beban mesin itu sendiri dan beban dari spesimen yang akan dikerjakan oleh mesin.
- Terakhir, dapat dilakukan tahapan simulasi yaitu tahapan untuk menjalankan simulasi berdasarkan kondisi yang ditentukan sebelumnya.

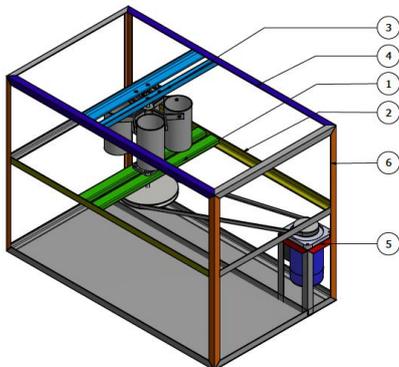
c. Perancangan Mesin Spinner

Adapun hasil perancangan mesin pengering karet yang telah diperoleh adalah seperti pada gambar 2a berikut ini, dan apabila diuraikan semua komponen yang terdapat mesin spinner tersebut dapat dilihat pada Gambar 2b



Gambar 2. Gambar rancangan mesin pemisah latek

Sedangkan sistem rangka yang akan dianalisis pada mesin spinner pemisah cairan lateks ini terdapat pada Gambar 3, dimana rangka tersebut terdiri dari rangka 1, rangka 2, rangka 3, rangka 4, rangka 5, dan rangka 6 seperti pada Gambar



Gambar 3. Rancangan Rangka Mesin Pemisah Latek

Rangka mesin selanjutnya berfungsi menahan semua beban yang bekerja pada mesin spinner pengering latek dengan berat senilai 19.367 kg.

Ada pun beban-beban yang bekerja pada mesin yang ditahan oleh rangka diperlihatkan pada tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Beban yang bekerja pada rangka

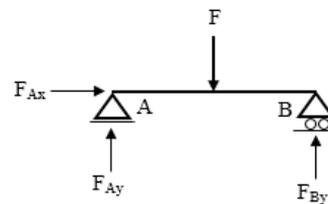
No	Komopnen	Jumlah	Berat (kg)
1	Poros	1	0,96
2	Rotor Swing	1	1,33
3	Wadah Lateks	4	0,6
4	Bearing	1	0,5
5	Rangka 40mm×560mm	2	1,94
6	Puli	1	3,7
7	Rangka 25mm×560mm	2	1,16
8	Rangka 25mm×955mm	2	2,04
9	Lateks	4	1,857
10	Rangka 40mm×560mm	2	1,52
11	Rangka 25mm×955mm	2	2,06
12	Bearing	1	0,5
13	Rangka 25mm×560mm	2	1,2
Total berat			19,367

d. Analisis Struktur Secara Statik

Sebuah benda berada dalam kondisi setimbang (diam) jika gaya-gaya yang bereaksi pada benda tersebut membentuk sistem gaya ekuivalen yang sama dengan nol. Syarat perlu dan cukup untuk keseimbangan suatu benda dapat dinyatakan secara analitis dengan menuliskan:

$$\sum F_x = 0 \quad \sum F_y = 0 \quad \sum F_z = 0$$

Konstruksi statis tertentu harus bisa diselesaikan dengan syarat-syarat keseimbangan di atas, dan jumlah reaksi yang tidak diketahui dalam persamaan tersebut maximum adalah 3 buah. Konstruksi statis yang benar dapat diilustrasikan seperti gambar 4 berikut ini .



Gambar 4. Struktur konstruksi statis

e. Defleksi (Displacement)

Sebuah balok akan mengalami defleksi jika mengalami pembebanan, dimana defleksi tersebut akan berbentuk lengkungan tertentu dalam rentang elastisnya. Kelengkungan permukaannya dinyatakan sebagai:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI} \quad (1)$$

Dimana M adalah momen bending, E adalah modulus elastisitas, dan I adalah momen inersia.

Untuk menentukan sudut kemiringan dan defleksi balok pada suatu titik tertentu, kita harus menurunkan persamaan diferensial yang mengatur kurva elastisitas untuk balok yang terdeformasi sebagai berikut :

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{M(x)}{EI} \quad (2)$$

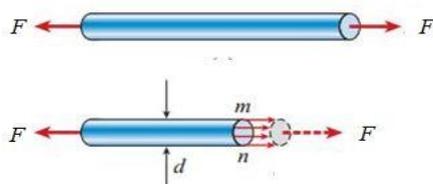
Dimana x adalah jarak dari ujung kiri balok ke titik yang akan ditentukan defleksinya.

f. Tegangan

Salah satu masalah prinsip dasar dalam *mechanical engineering* adalah menentukan pengaruh beban pada komponen mesin dan peralatan. Hal ini sangat essensial dalam perancangan mesin karena tanpa diketahui intensitas gaya di dalam elemen mesin, maka pemilihan dimensi, material dan parameter lainnya tidak dapat dilakukan. Intensitas gaya dalam suatu benda didefinisikan sebagai tegangan (*stress*). Gambar 3. dapat menunjukkan sebuah benda yang mendapat beban dalam bentuk gaya-gaya atau tegangan yang terjadi pada area A seperti pada contoh berikut ini:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (3)$$

Dimana σ adalah tegangan yang terjadi (N/m^2), P adalah gaya yang bekerja (N), dan A adalah luas permukaan (m^2). Konsep tegangan normal dapat dipahami dari gambar 5 [7].



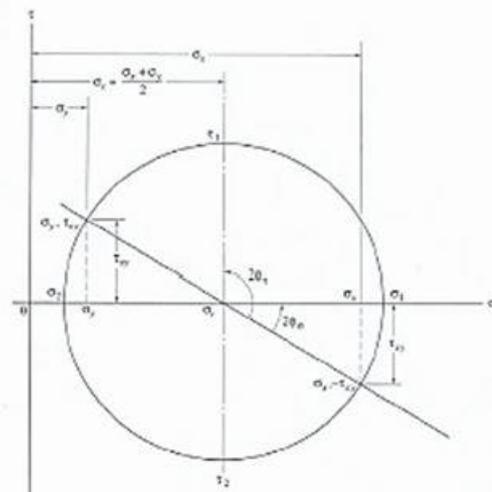
Gambar 5. Konsep Tegangan Normal

Beban geser akan menimbulkan tegangan geser pada bidang yang sejajar dengan arah bekerjanya beban. Tegangan geser yang diakibatkan adanya beban P pada sebuah baut dengan luas penampang A diformulasikan sebagai berikut :

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (4)$$

g. Menentukan Tegangan Maksimum dengan Lingkaran Mohr

Untuk menentukan kekuatan suatu elemen mesin maka diketahui tegangan maksimum yang terjadi pada elemen tersebut. Nilai atau besar suatu tegangan pada elemen tegangan sangat tergantung pada orientasi dari sistem koordinat. Untuk memberikan gambaran kondisi tegangan pada berbagai arah dalam bentuk grafis, ilmuwan bernama Otto Mohr menggunakan *Mohr's Circle* seperti yang ditunjukkan pada gambar 4[7].



Gambar 6. Lingkaran Mohr

Nilai tegangan utama dan orientasinya pada kasus 2D (tegangan bidang) dapat dihitung dengan persamaan :

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad (5)$$

h. Safety Factor

Menurut Beer (2010), *Maximum load* yang dimiliki struktur atau komponen mesin diperbolehkan jika dilakukan dalam kondisi pemakaian normal jauh lebih kecil daripada *ultimate load* [7]. Beban yang lebih kecil ini disebut sebagai *allowable load* dan, kadang-kadang, sebagai *working load* atau *design load*. Jadi, hanya sebagian kecil dari kapasitas *ultimate load* dari struktur yang digunakan saat beban yang diijinkan diterapkan. Bagian sisanya dari kapasitas muatan struktur disimpan agar menjamin kinerjanya yang aman. Rasio *ultimate load* terhadap *allowable load* digunakan untuk menentukan faktor keamanan.

$$Safety Factor = SF = \frac{ultimate load}{allowable load} \quad (6)$$

i. Finite Element Analisis dengan Autodesk Inventor

Autodesk Inventor merupakan program yang dirancang khusus untuk keperluan bidang teknik seperti desain produk, desain mesin, desain mold, desain konstruksi, atau keperluan teknik lainnya. Program ini merupakan rangkaian program penyempurnaan dari Autodesk Autocad dan Autodesk Mechanical Desktop. Melalui aplikasi ini, dapat dilakukan simulasi analisis yang menunjukkan fenomena pembebanan struktur, sehingga dapat diketahui, tegangan maksimum, defleksi, regangan, safety faktor serta potensi kegagalan struktur yang dapat terjadi pada mesin. Simulasi stress analysis pada Autodesk Inventor dapat dilihat pada gambar 7 di bawah ini.



Gambar 7. Stress Analysis pada Autodesk Inventor [8].

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Analisis Struktur Secara Manual

Analisis struktur rangka mesin spinner pengering latek dilakukan dengan mengikuti persamaan 1 hingga persamaan 6, maka diperoleh hasil seperti yang terdapat pada Tabel 2. Berdasarkan nilai Tabel dapat diketahui bahwa tegangan maksimum tertinggi terjadi pada rangka 2 yaitu sebesar 12.96 Mpa. Dengan mempertimbangkan nilai faktor keamanan besar sama dengan 5 maka dapat dipilih material Baja ST37 sebagai material rangka untuk mesin spinner pengering karet lateks. Pemilihan material Baja ST 37 juga mengindikasikan bahwa struktur dalam kondisi aman dengan faktor keamanan besar dari 28.54. Disamping itu beberapa faktor yang juga menjadi pertimbangan dalam pemilihan material rangka adalah ketersediaan material yang cukup banyak di Pekanbaru serta kemudahan material untuk dilakukan proses manufaktur

Tabel 2. Hasil analisis rangka secara manual

	Hasil Perhitungan Manual		
	Tegangan Maks (Mpa)	Defleksi (mm)	Safety Factor
Rangka 1	2.13	0.013	173
Rangka 2	12.96	0.014	28.54
Rangka 3	0.54	0.00223	685
Rangka 4	2.95	0.0122	168
Rangka 5	0.319	0.00006	1230

Rangka 6	0.572	-	667
----------	-------	---	-----

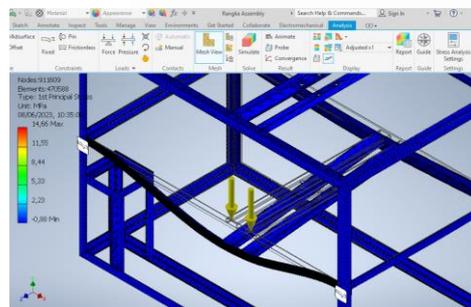
b. Analisis Struktur Secara Simulasi Autodesk Inventor

Analisis struktur selanjutnya dilakukan secara analisis elemen hingga menggunakan Autodesk Inventor. Simulasi dilakukan dengan berbagai macam tingkatan nilai meshing mulai dari 0,5mm hingga 1mm. selanjutnya hasil simulasi struktur rangka mesin spinner pengering karet dapat dilihat pada Tabel 3. Pada hasil simulasi, tegangan maksimum pada struktur rangka juga terjadi pada batang 2 dengan nilai 14.66 MPa, dengan defleksi sebesar 0.065 serta nilai faktor keamanan senilai 7.54.

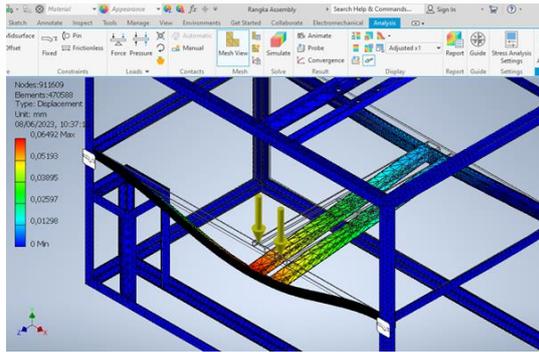
Tabel 3. Hasil analisis rangka secara simulasi

	Hasil Perhitungan Simulasi		
	Tegangan Maks (Mpa)	Defleksi (mm)	Safety Factor
Rangka 1	2.43	0.007	15
Rangka 2	14.66	0.065	7.54
Rangka 3	0.52	0.003	15
Rangka 4	2.09	0.015	15
Rangka 5	0.29	0.00011	15
Rangka 6	0.765	-	15

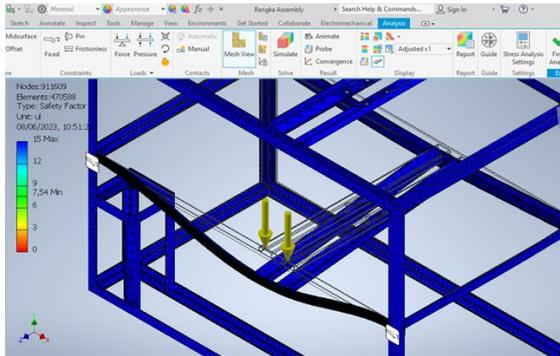
Hasil simulasi batang 2 selanjutnya diperlihatkan pada Gambar 8 hingga Gambar 10 untuk dapat mengetahui fenomena respon struktur terhadap pembebanan pada rangka.



Gambar 8. Principal Stress pada Batang 2



Gambar 9. Defleksi pada Batang 2



Gambar 10. Safety Factor pada Batang 2

c. Analisis dan Pembahasan

Setelah membanding nilai hasil analisis secara manual dengan simulasi menggunakan auto desk inventor maka diperoleh beberapa perbedaan nilai yang dianggap sebagai eror. Ada pun nilai eror hasil kedua metode analisis diperlihatkan pada tabel 4 berikut ini

Tabel 4. Perbandingan Hasil analisis rangka secara manual dan simulasi

	Hasil Perhitungan Simulasi		
	Tegangan Maks (Mpa)	Defleksi (mm)	Safety Factor
Rangka 1	14.08%	46.15%	86.49%
Rangka 2	13.11%	58.29%	71.25%
Rangka 3	3.7%	34.52%	97.61%
Rangka 4	29.15%	22.95%	86.98%
Rangka 5	9.09%	78.78%	98.59%
Rangka 6	25.22%	-	98.5%

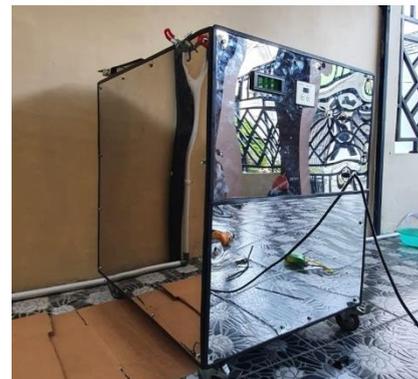
Nilai eror tegangan yang terjadi antara perhitungan manual dan hasil simulasi pada rangka mesin spinner pengering lateks disebabkan oleh perbedaan nilai momen inersia penampang pada perhitungan manual dengan analisis metode elemen hingga. Pada perhitungan manual, rangka dianggap utuh sehingga nilai momen inersianya akan lebih besar dari analisis elemen hingga yang analisisnya menggunakan kondisi

sebenarnya dimana pada rangka terjadi pemotongan akibat fitur mitter dan notch dimana fitur ini berfungsi untuk menyambungkan 2 atau lebih rangka yang terhubung dengan cara memotong bagian tertentu pada rangka.

Kemudian Berdasarkan hasil perhitungan manual dan analisis metode elemen hingga, juga dapat dilihat bahwa terjadi perbedaan nilai safety factor rangka. Perbedaan nilai safety factor yang sangat mencolok dari kedua hasil analisis disebabkan karena pada aplikasi Autodesk Inventor skala nilai safety factor maksimal yang mampu ditampilkan hanya sebesar 15, padahal sebenarnya nilainya lebih dari itu. Sedangkan pada perhitungan manual, safety factor maksimum yang terjadi pada rangka mencapai nilai 2551.72.

d. Validasi Hasil Analisis Rangka Mesin Spinner dengan Prototipe Alat Sebenarnya

Berdasarkan hasil perancangan yang telah dilakukan, maka selanjutnya dilakukan proses pembuatan mesin spinner pengering lateks seperti gambar 11 berikut ini.



Gambar 11. Mesin Spinner Pengering Lateks

Mesin tersebut selanjutnya dilakukan untuk memisahkan latek basah hingga menjadi kering. Dari beberapa kali percobaan yang telah dilakukan maka tidak ditemukan kerusakan yang terjadi pada mesin terutama pada bagian rangka. Hal ini mengindikasikan bahwa analisis rangka yang telah dilakukan telah memberikan hasil yang sesuai dengan kebutuhan mesin dalam bekerja pada kecepatan tinggi 10,000 rpm dengan kapasitas 1 liter/jam.

KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisis struktur rangka mesin spinner pengering lateks kapasitas 1 liter/jam dengan putaran 10,000 rpm maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Tegangan Maksimum yang terjadi pada rangka adalah senilai 12.96 MPa yang terdapat pada batang 2
 2. Mempertimbangkan nilai faktor keamanan besar sama dengan 5 maka dipilih materiil baja ST37 sebagai material untuk rangka
 3. Akibat pembebanan yang terjadi pada rangka, maka nilai defleksi maksimum pada rangka juga terjadi pada batang 2 dengan nilai sebesar 0.014mm
 4. Dengan melakukan validasi terhadap prototype mesin spinner pengering lateks maka dapat disimpulkan bahwa rangka mesin telah sesuai dengan kebutuhan mesin dengan kapasitas 1 liter/jam dan putaran 10,000 rpm.
- Pendidikan Otomotif UNNES.
- [7] Beer, Ferdinand P, E. Russell Johnston Jr., John T DeWold, dan David F Mazurek. 2009. *Mechanics of Materials*. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
 - [8] Autodesk. 2021. Analysis and Simulation - Inventor 2020. Autodesk. <https://knowledge.autodesk.com/support/inventor/learn-explore/>. (Diakses 6 Juni 2021)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. U. Triwijoso, "Pengetahuan Umum Tentang Karet Hevea," Dalam Kumpul. Makal. House Training, Pengolah. Lateks Pekat dan Karet Mentah, no. 1, 1995.
- [2] N. Board, *The Complete Book On Rubber Processing And Compounding Technology (with Machinery Details) 2nd Revised Edition*. 2008. [Online]. Available: <http://www.niir.org/books/book/complete-book-on-rubber-processing-compounding-technology-with-machinery-details-2nd-revised-edition/isbn-9788178331621/zb,,102,a.35.0.a/index.html>
- [3] H. Prastanto, A. F. Falaah, and D. R. Maspanger, "Pemekatan Lateks Kebun Secara Cepat Dengan Proses Sentrifugasi Putaran Rendah," *J. Penelit. Karet*, vol. 32, no. 2, pp. 181–188, 2014, doi: 10.22302/ppk.jpk.v32i2.163.
- [4] G. K. Aji, D. Purwanto, and M. Rivai, "Pengendali Kecepatan pada Alat Sentrifugasi Menggunakan Metode Logika Fuzzy," *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 2, 2019, doi: 10.12962/j23373539.v7i2.31914.
- [5] Rozik, Muhammad Ainur. 2019. Perancangan dan Analisis Kekuatan Rangka Mesin Pengayak Pasir Menggunakan Autodesk Inventor 2019. Jurnal Program Studi Teknologi Manufaktur UNTAG.
- [6] Khoiriah, Siti. 2020. "Desain dan Analisis Kekuatan pada *Ladder Frame Chassis* Kendaraan Hybrid Elektrik-Pneumatik Menggunakan *Software* Autodesk Inventor Professional 2017". Skripsi. Program Studi