

ANALISIS TEGANGAN *STATIC* PADA PERANCANGAN MESIN REWINDING LINER MENGGUNAKAN METODE *FINITE ELEMENT ANALYSIS*

Reda Sulistya Afiatullah¹⁾

Teknik Mesin-Politeknik Gajah Tunggal
elmiawan@gmail.com

Puguh Elmiawan²⁾

Teknik Mesin-Politeknik Gajah Tunggal
elmiawan@gmail.com

Keywords :

Finite Element Analysis
Static Stress
Factor of Safety

Abstract :

In the industrial sector of the current era, technological developments in the manufacturing industry are increasingly rapid. Therefore, it is necessary to have facilities and infrastructure that support the production process so that it can run optimally. As is the case at Plant A, which produces bias tires for heavy vehicles such as buses and trucks. One of the important machines in Plant A is the liner rewinding machine. Liner rewinding machine is a machine for rewinding the liner on the raw material. The liner that carries out the rewinding process is a liner whose sides are not neat. If this untidy liner is directly used in the calendar topping process, there will be scrap in the treatment that is detrimental to the company. For now, the centering process on the rewinding liner machine is still done manually, namely shifting the roll liner with an iron rod. The design of this modified rewinding liner engine aims to add a centering device, namely an EPC sensor with an output using a cylinder. With the addition of this centering device, the rewinding process will be faster and more effective.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi terjadi sangat cepat dan pesat. Hal tersebut memaksa industri untuk kemampuan mesin sehingga dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas produk [1]. Perkembangan yang konstan tersebut berpengaruh pada industri otomotif khususnya pada produksi ban [2]. Untuk itu produsen ban akan berusaha untuk menciptakan produk dengan *zero defect*. Ban merupakan komponen terpenting pada kendaraan darat. Ban berfungsi sebagai penyangga beban dan peredam getaran yang dihasilkan dari dampak (*impact*) jalanan. Ban memberikan daya dorong serta mengontrol arah kendaraan [3].

Pada proses pembuatan *treatment*, dibutuhkan liner yang merupakan komponen yang wajib digunakan untuk membantu proses penggulangan. Fungsi dari liner sendiri adalah sebagai tempat *treatment* saat berada dalam gulungan dan memisahkan *treatment* agar tidak menumpuk antara *treatment* dengan *treatment* dan menempel. Sebelum digunakan pada proses *topping calender*, liner ini di gulung ulang pada mesin *rewinding liner* agar bagian samping liner lebih rapih dan mudah digunakan pada proses *topping calender*. Jika, liner tidak digulung ulang terlebih dahulu dan proses *topping calender* menggunakan

liner yang tidak rapih bagian sampingnya, maka akan menyebabkan *defect* pada *treatment*. *Defect* yang timbul yaitu *treatment* botak, lengket di bagian samping bahkan *treatment* menempel dengan bagian *treatment* yang lain.

Mesin *rewinding liner* saat ini tidak terdapat *centering* untuk membuat liner bagian samping lurus dan rapih. Operator hanya menggunakan besi untuk merapihkan bagian samping liner jika tidak lurus dan rapih. Caranya adalah saat pertama kali liner digulung dan bagian samping tidak lurus atau tidak rapih, maka mesin akan dihentikan terlebih dahulu. Setelah itu operator akan menggeser atau mendorong bagian yang tidak lurus menggunakan besi agar liner tersebut menjadi lurus dan rapih. Akibatnya adalah proses *rewinding liner* akan menjadi lama dan tidak efektif bahkan kurang aman untuk operator.

1.2 Rumusan Masalah

- Proses *centering liner* yang masih manual sehingga *liner* yang dihasilkan masih kurang rapih dan membutuhkan waktu yang lama, akibatnya jika ada liner yang dibutuhkan dalam waktu cepat dan tidak ada liner cadangan, maka proses produksi akan terhambat.
- Perlunya penambahan *centering guide liner* dengan menambahkan *frame* beroda pada bagian bawahnya serta perangkat *centering guide liner*

dimana sensor EPC sebagai *input* dan *solenoid valve* sebagai *output*, *Double Acting Cylinder* sebagai penggerak *frame*.

1.3 Batasan Masalah

1. Perancangan ini hanya menggunakan 1 Unit *Double Acting Cylinder* hidrolik dan memiliki tekanan maksimal 1 Mpa.
2. Tidak Menghitung Daya Sistem penggerak Hidrolik yang digunakan.
3. Tidak membahas spesifikasi *Powerpack* Hidrolik karena menggunakan yang sudah ada digudang.
4. Tidak menjelaskan secara spesifik unit kontrol hidrolik yang digunakan karena menggunakan komponen yang telah terpasang dengan unit *powerpack*.
5. Tidak membahas *Life Time* Komponen.
6. Tidak membahas perhitungan biaya penelitian.

1.4 Tujuan

1. Membuat *Centering Guide Liner* dengan menggunakan sensor EPC dan Sistem penggerak hidrolik.
2. Mengetahui nilai safety pada *Centering Guide Liner* dengan melakukan *Finite Element Analysis*.
3. Mengetahui Sistem Kontrol mesin *Rewinding Liner*.

1.5 Manfaat

1. Hasil pengujian dapat menjadi acuan bagi mahasiswa jurusan Teknik Elektro dan Teknik Mesin untuk meningkatkan mutu hasil belajar.
2. Sebagai bahan acuan bagi mahasiswa untuk mengembangkan penelitian sesuai dengan disiplin ilmu masing-masing.
3. Meningkatkan *cycle time* mesin *topping calender* terhadap waktu produksi.
4. Mempermudah operator dalam melakukan proses *centering liner*.
5. Mengurangi jumlah *scrap treatment* yang disebabkan oleh *liner*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

1. Studi Pustaka

Dalam penulisan ini, peneliti menggali informasi dari penelitian-penelitian sebelumnya yang berfungsi untuk mengetahui rancangan penelitian yang akan dilakukan serta sebagai bahan perbandingan, baik mengenai kekurangan dan kelebihan dalam penelitian ini.

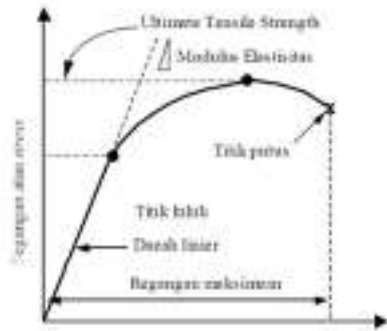
Pada penelitian sebelumnya, ditemukan kajian yang berjudul REDESAIN DAN ANALISIS *FINITE ELEMENT METHOD* RANGKA *MONOCOQUE* BAGIAN ATAS (*TOP FRAME*) PADA BUS LISTRIK PT MAB BERBASIS *SOFTWARE INVENTOR*. Hasil dari kajian tersebut diperoleh penggunaan metode *Finite Element* untuk melakukan Analisa terhadap sebuah rangka kendaraan.

2. Landasan Teori

2.1 Kekuatan Material

Dalam mekanika bahan, kekuatan suatu bahan adalah kemampuannya untuk menahan beban tertentu tanpa patah atau deformasi plastis. Medan kekuatan material terkait dengan gaya dan deformasi yang dihasilkan pada material. Beban yang diterapkan pada komponen struktur mekanis akan menginduksi gaya internal di dalam elemen yang disebut tegangan ketika gaya tersebut dinyatakan dalam satuan dasar.

Tegangan dan regangan yang terjadi di dalam komponen struktur mekanis harus dihitung untuk menilai kapasitas beban elemen tersebut. Hal ini memerlukan deskripsi lengkap tentang geometri komponen struktur, kendalanya, beban yang diterapkan pada komponen struktur dan sifat-sifat material penyusun komponen struktur tersebut. Beban yang diterapkan mungkin aksial (tarik atau tekan), atau rotasi (kekuatan geser). Dengan deskripsi lengkap tentang pembebanan dan geometri komponen struktur, keadaan tegangan dan keadaan regangan pada setiap titik di dalam komponen struktur dapat dihitung. Setelah keadaan tegangan dan regangan di dalam komponen struktur diketahui, kekuatan (daya dukung beban) komponen tersebut, deformasinya (kualitas kekakuan), dan stabilitasnya (kemampuan untuk mempertahankan konfigurasi aslinya) dapat dihitung. Tegangan yang dihitung kemudian dapat dibandingkan dengan beberapa ukuran kekuatan komponen struktur seperti hasil material atau kekuatan ultimitnya. Defleksi yang dihitung dari komponen struktur dapat dibandingkan dengan kriteria defleksi yang didasarkan pada penggunaan elemen tersebut. Beban tekuk yang dihitung dari komponen struktur dapat dibandingkan dengan beban yang diterapkan. Kekakuan yang dihitung dan distribusi massa komponen struktur dapat digunakan untuk menghitung respon dinamis komponen struktur dan kemudian dibandingkan dengan lingkungan akustik di mana komponen tersebut akan digunakan. Kekuatan material mengacu pada titik pada kurva tegangan-regangan teknik (tegangan luluh) di mana material mengalami deformasi yang tidak akan sepenuhnya berbalik setelah pemindahan beban dan sebagai akibatnya, komponen struktur akan mengalami defleksi permanen. Kekuatan ultimat material mengacu pada nilai tegangan maksimum yang dicapai. Kekuatan patah adalah nilai tegangan pada saat patah (nilai tegangan terakhir yang dicatat).



Gambar I. Hubungan Strain dan Stress

(Sumber: Eka Maulana Badarin Latama Putra. 2018).

2.2 Jenis pembebanan

- Pembebanan *transversal* - Gaya yang diterapkan tegak lurus terhadap sumbu longitudinal komponen struktur. Pembebanan transversal menyebabkan komponen struktur menekuk dan membelok dari posisi semula, dengan regangan tarik dan tekan internal yang menyertai perubahan kelengkungan komponen struktur.[1]
- Pembebanan *aksial* – Gaya-gaya yang diterapkan adalah sejajar dengan sumbu longitudinal komponen struktur. Gaya menyebabkan anggota meregang atau memendek.[2]
- Pembebanan puntir – Aksi puntir disebabkan oleh sepasang gaya luar yang sama besar dan berlawanan arah Kopling eksternal yang bekerja pada elemen dalam bidang paralel atau dengan satu ujung tersisa melawan rotasi.

2.3 Software Solidworks

SolidWorks adalah perangkat lunak pendukung yang digunakan untuk membantu perancangan desain. Perangkat lunak ini adalah sebuah aplikasi CAD (*Computer Aided Design*) yang dirancang oleh Dassault System (Haryanto, 2016).

Perangkat lunak ini biasanya digunakan dalam merancang model 3D dan ada 3 tampilan didalamnya, yaitu *part* untuk membuat sketsa model, kemudian *assembly* yaitu untuk meng-*assembly* atau menyatukan *part* yang telah digambar menjadi sebuah bentuk atau konstruksi yang dikehendaki dan kemudian *drawing* yaitu untuk menampilkan atau menyajikan *part* atau *assembly* menjadi lembar kerja yang siap untuk dicetak dan dilanjutkan ke industri. Pertama kali solidwork dipublikasikan pada tahun 1995 sebagai kompetitor perangkat lunak CAD lain seperti Autodesk Autocad, Pro-Engineer, Catia, Autodesk Inventor, Unigraphics, dan Siemens (Jones, 2008).

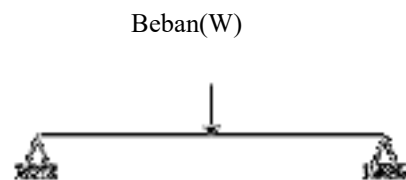


Gambar II. Logo software solidworks

2.4 Beban

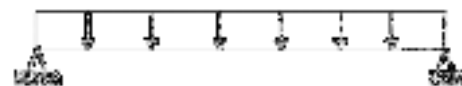
Beban yang bekerja pada batang dapat dibagi menjadi dua jenis berikut.

- Beban Terpusat atau Beban titik adalah beban yang diterapkan pada area yang relatif kecil dan dianggap sebagai titik untuk memudahkan perhitungan area tersebut. Beban terpusat pada batang sederhana dapat dijelaskan sebagai berikut.



Gambar.III :Beban terpusat pada batang sederhana

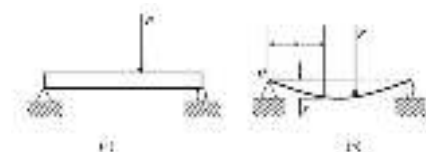
- Beban terdistribusi merata adalah beban yang terjadi pada area yang lebih luas. Beban yang merata pada batang sederhana dapat digambarkan sebagai berikut: Beban (W)



Gambar. IV: Beban merata batang sederhana

2.5 Defleksi

Lendutan atau defleksi ditentukan dari bidang netral awal ke posisi netral setelah deformasi. Gambar a menunjukkan batang pada posisi awal sebelum deformasi dan b menunjukkan batang dengan konfigurasi deformasi yang diperhitungkan oleh beban. Lendutan adalah pengukuran dari bidang netral awal ke bidang netral setelah bahan bangunan dibengkokkan dari posisi awal tanpa memberikan beban dan bahan bangunan memiliki kesalahan meskipun nilainya kecil. (Fauzi, 2013: 13).



Gambar. V : Defleksi yang terjadi pada batang

2.6 Tegangan Izin

Tegangan izin adalah tegangan maksimal yang diijinkan pada suatu bahan atau benda untuk menghindari terjadinya kepatahan dan deformasi atau perubahan bentuk pada benda. Perhitungan tegangan izin dilakukan guna menghindari kegagalan yang akan terjadi dan menyesuaikan bahan yang akan digunakan. Tegangan maksimal digunakan untuk memenuhi faktor keamanan material.

$$\sigma_i = \frac{\sigma}{fs}$$

Dengan :

σ_i = Tegangan izin

σ = Tegangan luluh

fs = Faktor keamanan

2.7 Finite Element Analysis (FEA)

FEA biasanya diterapkan pada area analisis tertentu (analisis tegangan, analisis termal, analisis getaran, dll) dan sering disebut sebagai analisis elemen hingga (FEA). FEA adalah alat yang paling banyak digunakan untuk analisis tegangan dan struktur. Dalam banyak kasus, berbagai bidang studi saling terkait. Misalnya, distribusi suhu yang tidak seragam menghasilkan kondisi tegangan yang tidak dapat dijelaskan di badan komponen. Oleh karena itu, biasanya dilakukan FEA termal untuk mendapatkan hasil temperatur, yang merupakan data masukan untuk tegangan FEA. FEA juga dapat menerima data input dari perangkat lain seperti sistem analisis gerak (*motion*) dan sistem dinamika fluida komputasi.

2.8 Jenis-Jenis Studi Linier & Non Linear

Static : Studi Statis (atau Tegangan) menghitung perpindahan, gaya reaksi, regangan, tegangan, kriteria kegagalan, faktor keamanan, dan perkiraan kesalahan. Kondisi pemuaan yang tersedia meliputi titik, garis, permukaan, percepatan (*volume*) dan beban termal tersedia. Bahan orthotropic elastis tersedia.

Buckling: Studi tekuk menghitung faktor pengali beban untuk beban aksial untuk memprediksi kapan beban aktual akan menyebabkan bencana besar yang tiba-tiba perpindahan melintang. Struktur ramping tunduk terutama pada aksial beban dapat gagal karena tekuk pada tingkat beban yang jauh lebih rendah dari itu diperlukan untuk menyebabkan kegagalan material.

Drop Test: Studi uji jatuh mengevaluasi efek dampak dari menjatuhkan desain di lantai yang kaku. Anda dapat menentukan jarak jatuh atau kecepatan pada saat tumbukan selain gravitasi. Model tersebut menyediakan massa, M , redaman, C , dan matriks kekakuan, K , dalam hal perpindahan, $u(t)$, dan gaya,

F . Program ini memecahkan dinamika masalah $M\ddot{u} + C\dot{u} + Ku(t) = F(t)$ sebagai fungsi waktu menggunakan eksplisit metode integrasi waktu. Setelah analisis selesai, Anda dapat merencanakan dan grafik sejarah waktu perpindahan, kecepatan, percepatan, regangan, dan tegangan.

Dynamic Analysis: Jenis studi ini mengasumsikan bahwa materinya linier dan bahwa pembebanan bergantung pada waktu, bergantung pada frekuensi atau didefinisikan dengan membatasi spektrum. Efek massa dan inersia disertakan dan redaman tersedia. Pilihan dalam Simulasi SW adalah Drop Test (juga dikenal sebagai Analisis Riwayat Waktu Langsung), Riwayat Waktu Modal Analisis (Analisis Superposisi Mode), Analisis Harmonik (Analisis Respon Harmonic, dan Analisis Getaran Acak (Analisis Spektrum Respon). Tiga jenis analisis terakhir memerlukan Analisis Frekuensi harus diselesaikan untuk memasok nilai eigen (alami frekuensi) dan vektor eigen (bentuk mode) yang diperlukan sebagai input.

Fatigue: Studi kelelahan mengevaluasi masa pakai suatu objek berdasarkan jumlah yang sangat besar dari kejadian kelelahan (siklus). Pemuaan berulang melemahkan bahan dari waktu ke waktu bahkan ketika tegangan induksi rendah. Jumlah siklus yang diperlukan untuk kegagalan tergantung pada material dan fluktuasi tegangan. Data tersebut disediakan oleh materi S-N kurva, yang menggambarkan jumlah siklus yang menyebabkan kegagalan untuk tingkat stres yang berbeda.

Frequency : Tubuh cenderung bergetar pada frekuensi alami, atau resonansi. Untuk setiap frekuensi alami, tubuh mengambil bentuk tertentu yang disebut mode membentuk. Analisis frekuensi menghitung frekuensi alami dan bentuk mode terkait. Bentuk mode dapat dianimasikan untuk masing-masing frekuensi yang dipilih.

Harmonic Analysis : Analisis respons harmonik adalah solusi keadaan tunak karena untuk beban harmonik dengan amplitudo dan frekuensi yang diketahui. Itu, $F(t) = F_0 e^{j\omega t}$, and $u(t) = u_0 e^{j\omega t}$ dan sistem linier menjadi $(-\omega^2 M + j\omega C + K)u_0 = F_0$ yang diselesaikan untuk u_0 dan regangan terkait dan tekanan.

Optimization : Studi optimasi mengotomatiskan pencarian untuk optimal local desain berdasarkan desain geometris awal dan keadaan analisis. Studi optimasi memerlukan definisi tujuan, desain variabel, dan batasan perilaku.

Thermal : Studi termal menghitung suhu, gradien suhu, panas fluks, dan aliran panas total berdasarkan pembangkitan panas internal, konduksi, konveksi,

resistansi kontak dan kondisi radiasi. Panas bahan orthotropic tersedia.

Pada tabel 2-1 berikut merupakan beberapa jenis studi nonlinear. Tanda bintang (*) diilustrasikan sebagai simulasi nonlinear yang menurut penulis buku paling berguna.

1. Large deflection	Stiffness matrix
2. Contact analysis	Nonlinear contact
3. Buckling analysis	Geometric nonlinearity
4. Plasticity	Material nonlinearity
5. Hyperelasticity	Material nonlinearity
6. Thermal expansion	Thermal nonlinearity
7. Temperature dependent material properties	Material nonlinearity
8. Adhesive joints	Material nonlinearity
9. Nonlinear material models	Material nonlinearity
10. Nonlinear boundary conditions	Geometric nonlinearity
11. Nonlinear supports	Geometric nonlinearity
12. Nonlinear restraints	Geometric nonlinearity
13. Nonlinear loads	Geometric nonlinearity
14. Nonlinear contact	Geometric nonlinearity
15. Nonlinear material properties	Material nonlinearity
16. Nonlinear geometry	Geometric nonlinearity
17. Nonlinear boundary conditions	Geometric nonlinearity
18. Nonlinear supports	Geometric nonlinearity
19. Nonlinear restraints	Geometric nonlinearity
20. Nonlinear loads	Geometric nonlinearity
21. Nonlinear contact	Geometric nonlinearity
22. Nonlinear material properties	Material nonlinearity
23. Nonlinear geometry	Geometric nonlinearity
24. Nonlinear boundary conditions	Geometric nonlinearity
25. Nonlinear supports	Geometric nonlinearity
26. Nonlinear restraints	Geometric nonlinearity
27. Nonlinear loads	Geometric nonlinearity
28. Nonlinear contact	Geometric nonlinearity
29. Nonlinear material properties	Material nonlinearity
30. Nonlinear geometry	Geometric nonlinearity
31. Nonlinear boundary conditions	Geometric nonlinearity
32. Nonlinear supports	Geometric nonlinearity
33. Nonlinear restraints	Geometric nonlinearity
34. Nonlinear loads	Geometric nonlinearity
35. Nonlinear contact	Geometric nonlinearity
36. Nonlinear material properties	Material nonlinearity
37. Nonlinear geometry	Geometric nonlinearity
38. Nonlinear boundary conditions	Geometric nonlinearity
39. Nonlinear supports	Geometric nonlinearity
40. Nonlinear restraints	Geometric nonlinearity
41. Nonlinear loads	Geometric nonlinearity
42. Nonlinear contact	Geometric nonlinearity
43. Nonlinear material properties	Material nonlinearity
44. Nonlinear geometry	Geometric nonlinearity
45. Nonlinear boundary conditions	Geometric nonlinearity
46. Nonlinear supports	Geometric nonlinearity
47. Nonlinear restraints	Geometric nonlinearity
48. Nonlinear loads	Geometric nonlinearity
49. Nonlinear contact	Geometric nonlinearity
50. Nonlinear material properties	Material nonlinearity
51. Nonlinear geometry	Geometric nonlinearity
52. Nonlinear boundary conditions	Geometric nonlinearity
53. Nonlinear supports	Geometric nonlinearity
54. Nonlinear restraints	Geometric nonlinearity
55. Nonlinear loads	Geometric nonlinearity
56. Nonlinear contact	Geometric nonlinearity
57. Nonlinear material properties	Material nonlinearity
58. Nonlinear geometry	Geometric nonlinearity
59. Nonlinear boundary conditions	Geometric nonlinearity
60. Nonlinear supports	Geometric nonlinearity
61. Nonlinear restraints	Geometric nonlinearity
62. Nonlinear loads	Geometric nonlinearity
63. Nonlinear contact	Geometric nonlinearity
64. Nonlinear material properties	Material nonlinearity
65. Nonlinear geometry	Geometric nonlinearity
66. Nonlinear boundary conditions	Geometric nonlinearity
67. Nonlinear supports	Geometric nonlinearity
68. Nonlinear restraints	Geometric nonlinearity
69. Nonlinear loads	Geometric nonlinearity
70. Nonlinear contact	Geometric nonlinearity
71. Nonlinear material properties	Material nonlinearity
72. Nonlinear geometry	Geometric nonlinearity
73. Nonlinear boundary conditions	Geometric nonlinearity
74. Nonlinear supports	Geometric nonlinearity
75. Nonlinear restraints	Geometric nonlinearity
76. Nonlinear loads	Geometric nonlinearity
77. Nonlinear contact	Geometric nonlinearity
78. Nonlinear material properties	Material nonlinearity
79. Nonlinear geometry	Geometric nonlinearity
80. Nonlinear boundary conditions	Geometric nonlinearity
81. Nonlinear supports	Geometric nonlinearity
82. Nonlinear restraints	Geometric nonlinearity
83. Nonlinear loads	Geometric nonlinearity
84. Nonlinear contact	Geometric nonlinearity
85. Nonlinear material properties	Material nonlinearity
86. Nonlinear geometry	Geometric nonlinearity
87. Nonlinear boundary conditions	Geometric nonlinearity
88. Nonlinear supports	Geometric nonlinearity
89. Nonlinear restraints	Geometric nonlinearity
90. Nonlinear loads	Geometric nonlinearity
91. Nonlinear contact	Geometric nonlinearity
92. Nonlinear material properties	Material nonlinearity
93. Nonlinear geometry	Geometric nonlinearity
94. Nonlinear boundary conditions	Geometric nonlinearity
95. Nonlinear supports	Geometric nonlinearity
96. Nonlinear restraints	Geometric nonlinearity
97. Nonlinear loads	Geometric nonlinearity
98. Nonlinear contact	Geometric nonlinearity
99. Nonlinear material properties	Material nonlinearity
100. Nonlinear geometry	Geometric nonlinearity

Gambar. VI fitur simulasi *solidworks*

2.9 Factor Of Safety (FOS)

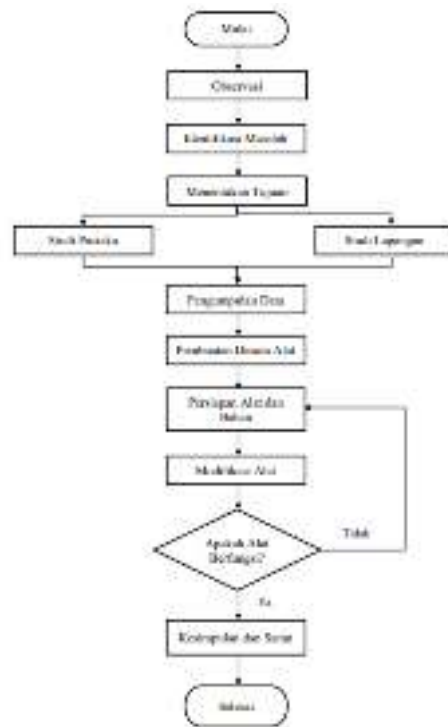
Semua aspek desain memiliki beberapa tingkat ketidakpastian, seperti halnya bagaimana desainnya akan benar-benar dimanfaatkan. Untuk semua alasan yang disebutkan di atas, Anda harus selalu menggunakan *Factor of Safety* (FOS). Ingatlah bahwa FOS kesatuan berarti bahwa kegagalan adalah yang utama; itu benar tidak berarti bahwa suatu bagian atau rakitan aman. Dalam praktiknya Anda harus mencoba membenarkan $1 < FOS < 8$. Beberapa pendekatan yang konsisten untuk menghitung FOS diberikan dalam buku desain mekanik [9]. Mereka harus dilengkapi dengan tambahan ketidakpastian yang berasal dari FEA.

Tabel I Faktor yang perlu dipertimbangkan saat mengevaluasi desain (setiap ≥ 1)

k	Type	Comments
1	Consequences	Will loss be okay, critical or fatal
2	Restraint	Known ambient or future chemical pressure
3	Failure theory	Is a pure theory brittle, ductile, or uncertain
4	Usage	Does the design experience more than ten cycles of use
5	Geometry of Part	Not important, if from a CAD system
6	Geometry of Mesh	Deviating can introduce errors. Element size and location are important. Loading, like the part, is not exempt
7	Loading	Are loads precise or do they come from a stress sensor, etc.
8	Material data	Is the material well known, or validated by tests
9	Reliability	Must the reliability of the design be high
10	Restraints	Designs are greatly influenced by assumed supports
11	Stresses	Was stress concentration considered, or shock loads

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian



Penjelasan tentang alur penelitian:

- Observasi**
Pada proses ini, kami mencari data tentang permasalahan yang terdapat pada proses produksi yang ada di Plant A.
- Identifikasi Masalah**
Pada proses ini, kami telah menemukan masalah pada proses produksi di mesin *rewinding liner*, dimana mesin *rewinding liner* terdapat proses kerja yaitu *centering liner* yang belum otomatis sehingga operator harus menggeser liner secara manual ketika proses penggulangan (*rewind*), proses *centering liner* yang masih manual sehingga mengakibatkan efisiensi waktu kerja kurang baik dan menurunkan produktivitas. Hal itu juga dapat menimbulkan defect pada produk (*treatment*) apabila liner telat atau tidak diganti oleh operator.
- Menentukan Tujuan Penelitian**
Pada proses ini kami menentukan tujuan kami terhadap permasalahan mesin *rewinding liner* tersebut dengan menentukan solusi untuk mengatasinya, yaitu dengan modifikasi mesin *rewinding liner* dengan mengganti kerangka dan membuat *centering* otomatis untuk menjalankannya agar dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas serta *defect* yang menurun.
- Studi Lapangan dan Pustaka**

Pada bagian ini dilakukan penelitian pada kegiatan yang sama, mencari teori-teori yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan melalui buku., artikel ilmiah serta jurnal sebagai referensi.

e. Pengumpulan Data

Keseluruhan data yang telah didapatkan dikumpulkan untuk nantinya dilakukan pengolahan data untuk pelaksanaan modifikasi yang akan dilakukan.

f. Pembuatan Desain Alat

Pada proses ini, kami melakukan perancangan desain modifikasi pada mesin *rewinding liner* di *software solidworks*.

g. Persiapan Alat dan Bahan

Pada taha ini, kami melakukan persiapan alat dan bahan yang akan digunakan untuk modifikasi mesin *rewinding liner*.

h. Modifikasi Alat

Pada tahap ini, kami melakukan proses modifikasi mesin *rewinding liner* sesuai desain dan tujuan yang telah kita tentukan.

i. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan disini diambil oleh peneliti dari rumusan masalah yang dijawab melalui pengolahan data yang telah dilakukan, sedangkan saran berisi solusi dari kekurangan alat yang peneliti rancang agar kedepannya dapat disempurnakan oleh peneliti-peneliti lainnya.

3.2 Jadwal Penelitian

Berikut ini adalah jadwal penelitian yang peneliti lakukan:

Tabel. II Jadwal penelitian

No	Gediter	Buln					
		1	2	3	4	5	6
1	Uneresi	■					
2	Modifikasi mesin	■					
3	Membuat alat penelitian	■	■				
4	Studi pustaka dan literatur	■	■	■			
5	Penelitian awal	■	■	■	■		
6	Pembuatan desain alat	■	■	■	■	■	
7	Pembuatan alat dan bahan	■	■	■	■	■	■
8	Modifikasi alat	■	■	■	■	■	■
9	Verifikasi alat			■	■	■	■
10	Membuat laporan akhir			■	■	■	■

3.3 Teknik pengumpulan data

Adalah Metode pengumpulan data adalah metode pengumpulan data yang diperlukan untuk survei. Dalam hal ini pengumpulan data dilakukan dengan observasi langsung/penelitian lapangan.

3.4 Teknik Pengolahan data

Data yang terkumpul akan melalui proses validasi data. Pengujian validitas data membantu menentukan apakah data yang diamati dapat dianggap masuk akal. (Dewi, D.C., Handayani, C., dan Prasetyo, I.H. 2019).

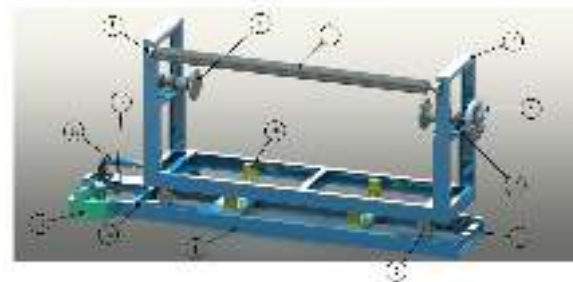
Dalam penelitian ini, kami menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel untuk validasi data.

3.5 Desain Rancangan

Desain rancangan berfungsi sebagai gambaran awal suatu rancangan yang bertujuan memberikan informasi dalam bentuk 3 dimensi, ukuran, dan material yang digunakan. Pembuatan desain ini dibuat menggunakan software solidworks. Software ini memberikan kemudahan untuk melakukan desain dalam bentuk 3 dimensi sehingga produk atau benda yang kita buat mirip secara nyata. Berikut merupakan hasil desain dari Mesin Rewinding Liner.

• Material Rangka

Setelah membuat desain rancangan pada rangka mesin *rewinding liner*, langkah selanjutnya merupakan pemilihan material rangka yang akan digunakan. Dalam pemilihan material harus ada kriteria yang tercantum sehingga material aman saat digunakan. Aspek atau kriteria tersebut adalah memenuhi standarisasi nasional maupun internasional. Material yang dipilih adalah baja UNP 150



Gambar. VII Mesin Rewinding liner modifikasi

• Mechanical Properties Material

Material rangka yang dibuat untuk Mesin *Rewinding Liner* yaitu menggunakan material baja UNP 150 dengan spesifikasi sebagai berikut.

Tabel. III Spesifikasi baja UNP 150

Elastic Modulus	2.1e+11	N/m ²
Poisson's Ratio	0.28	N/A
Shear Modulus	7.9e+10	N/m ²
Mass Density	7700	kg/m ³
Tensile Strength	723825600	N/m ²
Compressive Strength	-	N/m ²
Yield Strength	490000000	N/m ²
Thermal Expansion Coef	1.3e-05	/K
Thermal Conductivity	50	W/(m.K)
Specific Heat	460	J/(kg.K)
Material Damping Ratio	-	N/A

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Fixtures

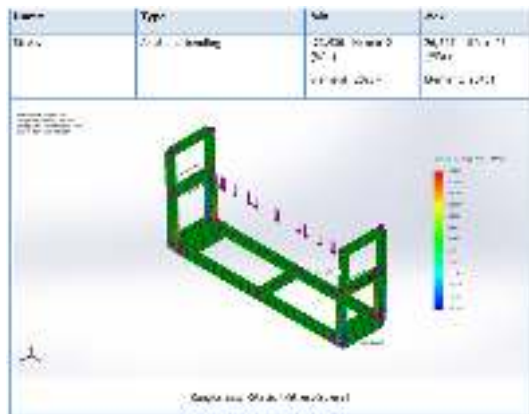
Fixture adalah penetapan pada area tertentu agar tidak bergerak, biasanya dipilih pada bagian yang menempel seperti plat dudukan dari struktur tertentu atau pada bagian paling bawah area benda.

b. External load

External load adalah pembebanan yang berasal dari luar, bertujuan untuk mensimulasi berat yang akan ditopang oleh rangka mesin. Beban yang diberikan adalah berat sebuah roll liner yang terdapat di kedua sisi rangka dengan berat roll sebesar 1200 kgf.

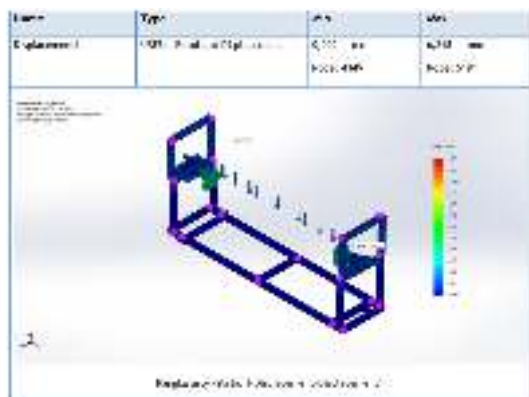
c. Hasil simulasi

Hasil simulasi merupakan gabungan dari beberapa simulasi dimulai dari *displacement* (perpindahan), *stress* (tegangan), dan *factor of safety* (faktor keamanan).



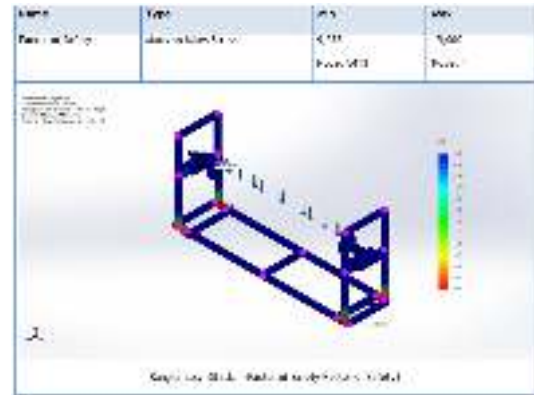
Gambar. VIII Hasil analisis *Stress*

Berdasarkan hasil analisa diatas, dapat diketahui bahwa nilai *stress* pada rangka mesin pada arah *Axial* dan *Bending* sebesar 26,667 N/mm² dan -23,933 N/mm². Nilai tersebut masih jauh dibawah nilai *yield strength* yaitu sebesar 620,422 N/mm². Bisa disimpulkan bahwa alat tersebut aman dari *stress* (tegangan).



Gambar. IX Hasil analisa *displacement*

Dari hasil analisa *displacement* diatas, dapat diketahui bahwa nilai maksimal *displacement* pada rangka tersebut sebesar 6,348 URES (mm) dan nilai minimal *displacement* nya sebesar 0,000 URES (mm).



Gambar. X Nilai *Factor of safety*

Dari gambar tersebut diketahui faktor keamanan memiliki nilai minimum sebesar 9,378. Nilai dari faktor keamanan bisa dikatakan aman apabila mempunyai nilai tidak lebih kecil dari 4-8 sesuai dengan standar. Untuk mengetahui nilai sebenarnya dari faktor keamanan diperlukan rumus FS seperti dibawah untuk membuktikan nilai dari faktor keamanan.

$$F_s = \frac{\sigma_{maks}}{\sigma_{allow}}$$

$$F_s = \frac{490,422 \frac{N}{mm^2}}{(26,657 + 23,279) \frac{N}{mm^2}} = 9.389 \frac{N}{mm^2}$$

KESIMPULAN

Berdasarkan data yang telah dikumpulkan dan diolah oleh peneliti dapat ditarik kesimpulan bahwa Hasil simulasi pembebanan pada *frame centering*, dengan menggunakan metode *Finite Element Analysis*. dinyatakan aman karena nilai *factor of safety* > 4 tidak berada dibawah batas aman yang diizinkan.

DAFTAR PUSTAKA

Mercuri, V., Balduzzi, G., Asprone, D., & Auricchio, F. (2020). Structural analysis of non-prismatic beams: Critical issues, accurate stress recovery, and analytical definition of the Finite Element (FE) stiffness matrix. *Engineering Structures*, 213, 110252. Incropera, Frank, P., David P. De Witt, 2007, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, 6th Edition, John Wiley & Sons

- Kulikov, G. M., Bohlooly, M., Plotnikova, S. V., Kouchakzadeh, M. A., & Mirzavand, B. (2021). Nonlinear stress analysis of shell structures in buckling and snapping problems by exact geometry solid-shell elements through sampling surfaces formulation. *International Journal of Non-Linear Mechanics*, 129, 103661.
- Nedelcu, D., Nedeloni, M. D., & Daia, D. (2018, August). The kinematic and dynamic analysis of the crank mechanism with solidworks motion. In *Proceedings of the 11th WSEAS International Conference on Signal Processing, Computational Geometry and Artificial Vision* (Vol. 2011, pp. 245-250).
- Wang, Y. Z., Li, G. Q., Wang, Y. B., & Lyu, Y. F. (2021). Simplified method to identify full von Mises stress-strain curve of structural metals. *Journal of Constructional Steel Research*, 181, 106624.
- Zheng, H., Tham, L. G., & Liu, D. (2016). On two definitions of the factor of safety commonly used in the finite element slope stability analysis. *Computers and Geotechnics*, 33(3), 188-195.