

Analisa Kekuatan Struktur *Lifter* Susunan Kaleng Menggunakan Sistem Penggerak Roda Gigi Payung dengan Metode Elemen Hingga

Youngki Santoso¹, Ahmad Yusuf Ismail²
Teknik Mesin, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya^{1,2}
e-mail: youngkisantoso021@gmail.com¹

ABSTRACT

The advancement of technology necessitates greater efficiency and quality in production processes. Packaging, as the final stage of production, plays a vital role in ensuring product quality and organization. In industries relying on manual operations, directly lifting products increases the risk of workplace accidents, such as muscle injuries, joint strain, and nerve compression. Therefore, this study focuses on designing a lifting device capable of raising and lowering products using a motor and bevel gear as the primary driving mechanism. The proposed tool aims to improve manual packaging efficiency, minimize workplace accident risks, and enhance the safety and productivity of the production process. The finite element method was employed to simulate the design and evaluate stress, strain, and safety factors. The device's height adjustments were tested at 900 mm, 450 mm, and 60 mm, with load simulations conducted at each height for weights of 20 kg, 40 kg, 80 kg, and 100 kg. The results demonstrated that the proposed design adhered to the specified safety thresholds.

Keywords: *lifter, bevel gear, design..*

ABSTRAK

Perkembangan teknologi menuntut efisiensi dan kualitas dalam produksi. Proses pengemasan sebagai tahap akhir proses produksi, menjadi krusial dalam menjaga kualitas dan penyusunan produk. Pada industri yang masih mengandalkan proses manual, pengangkatan produk secara langsung beresiko menyebabkan kecelakaan kerja seperti cedera otot, sendi dan syaraf terjepit. Untuk itu penelitian ini dilaksanakan guna merancang sebuah *lifter* yang berfungsi mengangkat dan menurunkan produk menggunakan motor dan *bevel gear* sebagai penggerak utama. Alat ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pengemasan manual serta mengurangi risiko kecelakaan kerja dan menjadikan proses produksi lebih aman dan efisien. *Design* akan disimulasikan dengan metode elemen hingga yang akan mengevaluasi tegangan, regangan dan faktor keamanan. Variasi ketinggian akan disimulasikan dengan ketinggian 900 mm, 450 mm, 60 mm. Variasi pembebanan akan disimulasikan pada setiap ketinggian dengan beban 20 kg, 40 kg, 80 kg, 100 kg. Hasil yang didapatkan adalah *design* yang dirancang sudah memenuhi ambang batas keamanan yang ditentukan.

Kata Kunci: *Lifter, Roda Gigi Payung, Design.*

PENDAHULUAN

Pada perkembangan teknologi yang semakin maju maka manusia akan dituntut untuk semakin cepat dalam produksi barang atau jasa. Tentu barang yang diproduksi haruslah memiliki kualitas yang baik. Proses menjaga kualitas barang yang baik membutuhkan mesin yang baik dan manusia sebagai operator sekaligus pengawas pada saat produksi, tidak hanya di awal proses tetapi sampai akhir proses. Pada saat proses produksi banyak hal yang akan menjadi penentu produk itu baik atau buruk, apakah cacat dari material atau kesalahan dalam penggunaan metode dan kondisi mesin yang tidak optimal. Semua aspek di yang sudah disebut sangat penting karena setiap proses akan terkait dengan proses yang lain, anggap saja proses pengemasan. Pengemasan adalah proses akhir dari suatu siklus produksi dimana produk akan dikemas sesuai dengan bentuk atau ukuran tertentu lalu disusun supaya rapi dan efisien. Ada 2 jenis penyusunan produk yaitu secara otomatis dan manual. Proses penyusunan produk manual yang sering kita temui di berbagai tempat produksi entah itu produksi skala kecil atau besar. Maka dari itu alat yang akan digambar terkait dengan area pengemasan produk. Prinsip kerja dari *lifter* yang akan digambar adalah mengangkat atau menurunkan barang yang akan dikemas. Alat ini ditujukan untuk Pabrik atau tempat produksi yang masih menggunakan proses penyusunan produk manual untuk menaikkan barang atau menurunkan barang. Motor dengan kapasitas tertentu digunakan untuk mengakot atau menurunkan barang dengan cara putaran motor akan dihubungkan dengan *Bevel Gear*. *Bevel Gear* berfungsi untuk memindahkan putaran dari motor

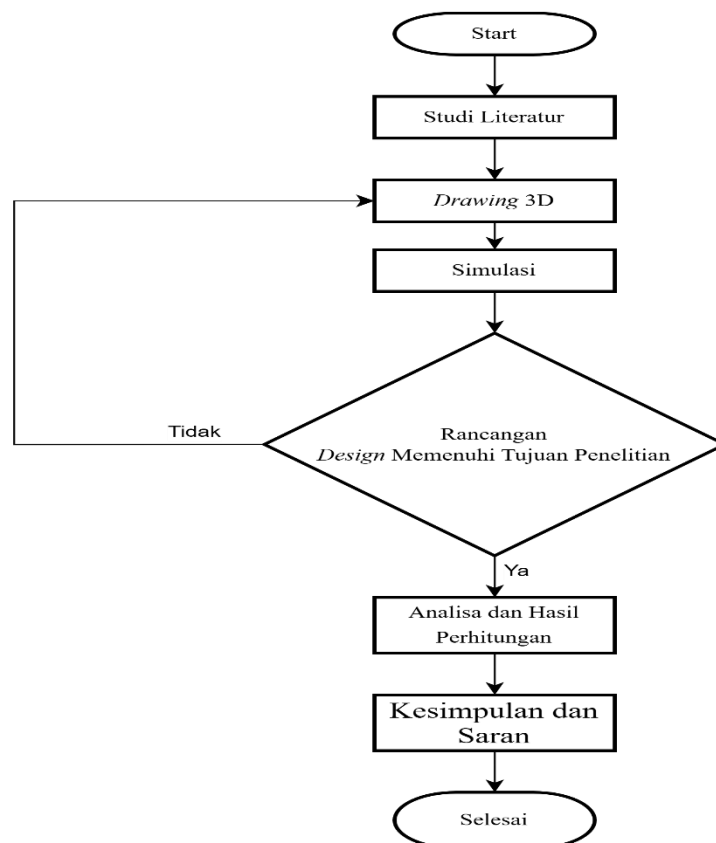
ke poros yang akan bergerak. Poros yang bergerak ini akan dihubungkan dengan sebuah plat datar. Plat ini sebagai penampung barang atau produk.

TINJAUAN PUSTAKA

Roda gigi payung (*bevel gears*) adalah roda gigi yang digunakan untuk menghubungkan dua poros yang berpotongan. Sudut antara kedua poros ada berbagai macam jenis, terletak antara 0° dan 90° tergantung pada kebutuhan. Roda gigi payung ada 3 jenis yaitu : roda gigi kerucut lurus (*straight bevel gears*) dan roda gigi payung spiral (*spiral bevel gear*) dan roda gigi payung hypoid (*Hypoid Gears*) [4]. Jenis roda gigi ini adalah yang paling sederhana dari 3 tipe yang disebutkan di atas. Fakta dari roda gigi payung adalah gigi - gigi yang dipotong lurus akan mengalami penyempitan, Jika diperpanjang ke dalam akan saling berinteraksi satu sama lain dengan sumbu poros. Roda gigi payung lurus digunakan terutama untuk aplikasi kecepatan rendah dengan kecepatan 1000 ft/min atau 5.08 m/s dimana kehalusan dan kebisingan bukanlah pertimbangan yang penting. Namun dengan pekerjaan untuk proses akhir seperti penggerindaan, kecepatan dapat meningkat hingga 15.000 ft/min atau 76.2 m/s pada kecepatan ini roda gigi payung dapat bekerja dengan baik [4]. Roda gigi payung juga diklasifikasikan berdasarkan sudut roda gigi tersebut. Pasangan roda gigi payung akan membentuk sudut 90 derajat dengan poros. Sebagian besar penggunaan roda gigi payung melibatkan sudut 90 derajat terhadap poros, tetapi ada penggunaan dimana sudut poros lebih dari 90 derajat. Ketika sudut poros 90 derajat dan roda gigi memiliki ukuran yang sama dalam artian rasio kecepatan sama dengan 1, maka roda gigi tersebut dikenal sebagai *miter gear* dan setiap roda gigi memiliki sudut 45 derajat [4].

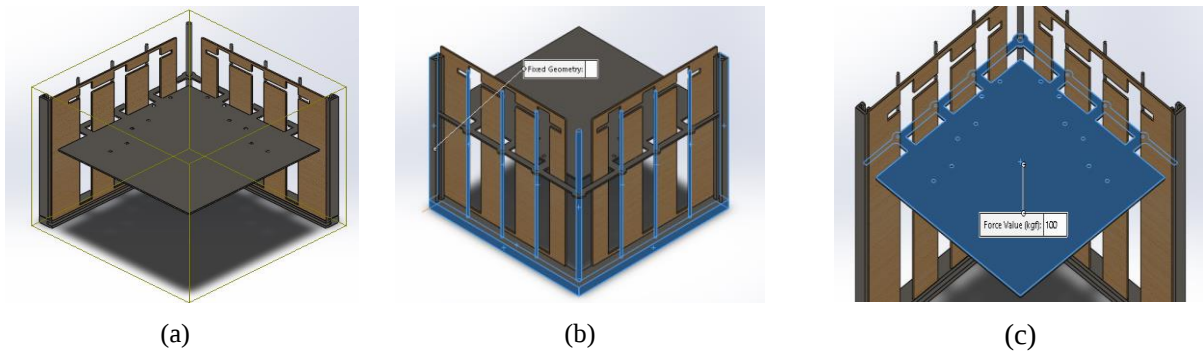
METODE

Pada bagian ini, akan dibahas metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini untuk merancang, menguji dan mengevaluasi hasil simulasi.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

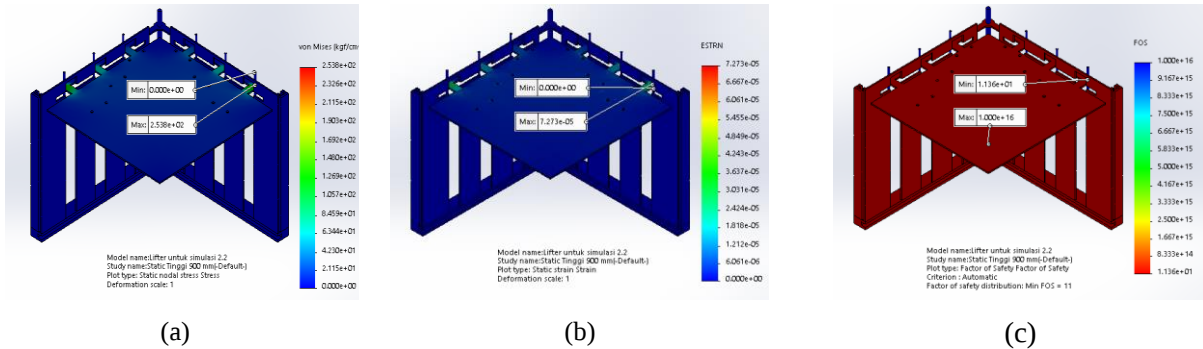
Analisa perhitungan menggunakan panduan buku dari Arron D. Deutschman dan nilai dari parameter perhitungan akan diambil dari buku tersebut. Sedangkan pada proses simulasi di *software* akan menggunakan parameter yang ada di program tersebut. Proses Simulasi akan dilakukan 3 tahap, Tahap pertama dengan ketinggian 900 mm tanpa beban karena pada saat posisi diatas pallet tidak terisi beban. Tahap kedua dengan ketinggian 450 mm dengan beban setengah dari beban maksimal. Tahap ketiga dengan ketinggian 60 mm dengan beban maksimal, begitu juga sebaliknya. Ada Simulasi tambahan untuk tebal *table* dengan tebal 8 mm, 10 mm dan 12 mm dengan tinggi 900 mm dan beban 100 kg. Berikut adalah beberapa parameter untuk simulasi, masih ada parameter yang tidak tampilkan, seperti *Fixture Sliding*.



Gambar 2. a) *Global Contact (-Bonded-)*, b) *Fixed Fixture*, c) *Face Untuk External Loads*

Sumber : dokumen pribadi redaksi

Berikut adalah hasil simulasi dari berbagai simulasi yang akan menampilkan data berupa tegangan, regangan dan *safety factor*.



Gambar 3. a) Tegangan Dengan Ketinggian 900 mm dan Berat 20 kg b) Regangan Dengan Ketinggian 900 mm dan Berat 20 kg, c) Faktor Keamanan Dengan Ketinggian 900 mm dan Berat 20 kg

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan Data I

Berikut merupakan data - data simulasi yang menggambarkan perbandingan antara tegangan, regangan dan *safety factor* terhadap ketinggian dan berat.

Tabel 1. Data Simulasi Tegangan, Regangan dan Safety Factor

Ketinggian	Berat (kg.f)	Tegangan (σ) (kg.f/cm ²)	Regangan (ϵ)	<i>Safety Factor</i>
900 mm	20	254	0,0000727	11
	40	508	0,0001455	5,7

Ketinggian	Berat (kg.f)	Tegangan (σ) (kg.f/cm ²)	Regangan (ϵ)	Safety Factor
	80	1015	0,0002909	2,8
	100	1269	0,0003637	2,3
450 mm	20	255	0,0000744	11
	40	509	0,0001490	5,7
	80	1018	0,0002976	2,8
	100	1276	0,0003726	2,3
60 mm	20	138	0,0000285	21
	40	277	0,0000570	10
	80	553	0,0001140	5,2
	100	691	0,0001425	4,2

Pembahasan Data II

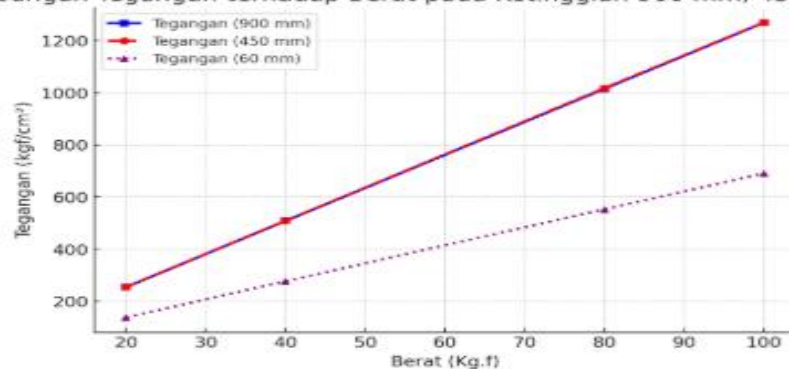
Berikut merupakan dari data - data simulasi yang menggambarkan *Principal Stress* dengan ketinggian 900 mm, berat 100 kg dan berbagai macam ketebalan *table*.

Tabel 2. Data Simulasi *Principal Stress*

Ketebalan (mm)	P1 (kg.f/cm ²)	P2 (kg.f/cm ²)	P3 (kg.f/cm ²)
8	2667	1007	633,4
10	1791	679,5	460,7
12	1201	454,3	288

Perbandingan Tegangan

Grafik Gabungan Tegangan terhadap Berat pada Ketinggian 900 mm, 450 mm dan 60 mm



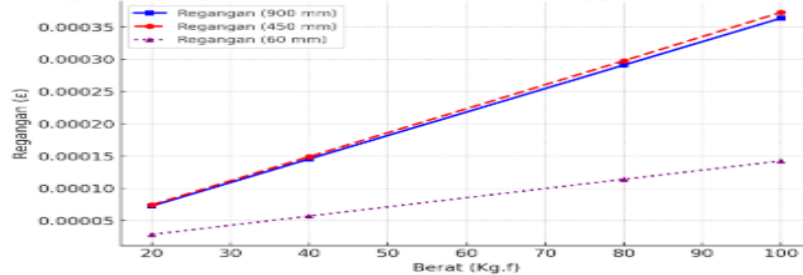
Gambar 4. Grafik Gabungan Tegangan Terhadap Berat

Pada gambar 4 menunjukan bahwa saat berat bertambah, tegangan pada setiap ketinggian (900 mm, 450 mm, 60 mm) meningkat secara linier. Tegangan tertinggi terjadi pada ketinggian 450 mm, sedangkan tegangan terendah pada ketinggian 60 mm. Garis yang terbentuk pada ketinggian 900 mm dan 450 mm

beririsan atau hampir sama karena pada ketinggian tersebut tidak ada penampang yang menahan beban. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi posisi beban semakin besar tegangan yang diterima.

Perbandingan Regangan

Grafik Gabungan Regangan terhadap Berat pada Ketinggian 900 mm, 450 mm dan 60 mm

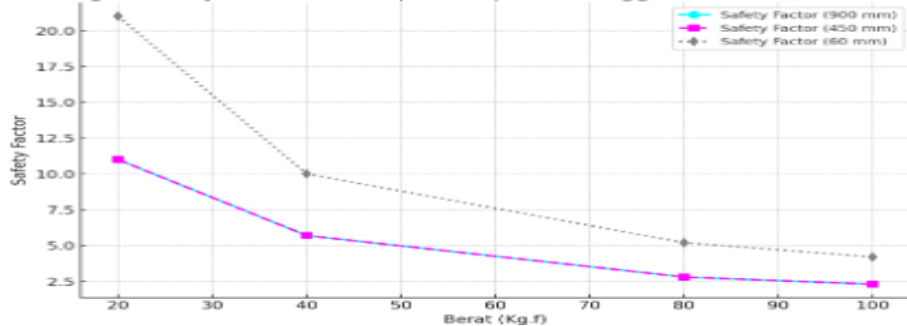


Gambar 5. Grafik Gabungan Regangan Terhadap Berat

Pada gambar 5 tidak jauh berbeda dengan grafik tegangan. Regangan juga meningkat seiring dengan bertambahnya berat. Regangan terbesar terjadi pada ketinggian 900 mm, sementara pada ketinggian 60 mm nilai regangan lebih rendah. Hal ini dapat disimpulkan bahwa benda lebih meregang ketika beban ditempatkan pada ketinggian yang lebih tinggi.

Perbandingan Safety Factor

Grafik Gabungan Safety Factor terhadap Berat pada Ketinggian 900 mm, 450 mm, dan 60 mm

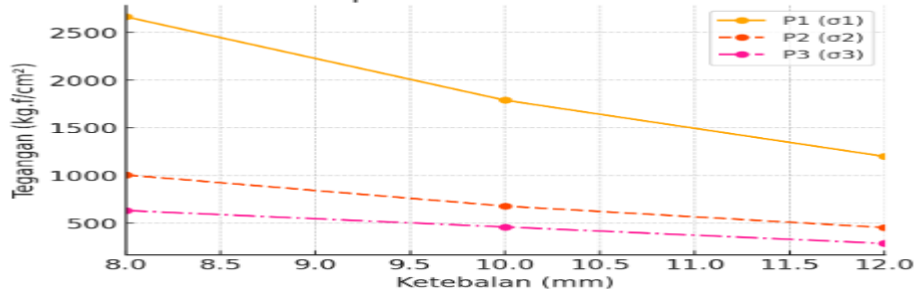


Gambar 6. Grafik Gabungan Safety Factor Terhadap Berat

Pada gambar 6 *Safety Factor* menurun seiring bertambahnya berat pada semua ketinggian. Nilai *Safety Factor* tertinggi berada pada ketinggian 60 mm, terendah pada 900 mm yang berarti beban pada ketinggian yang lebih rendah cenderung lebih aman dari pada ketinggian yang lebih tinggi. Karena pada tinggi 0 mm meja *lifter* bersinggungan dengan *base* yang berarti ada penambahan kekuatan secara tidak langsung, kita dapat melihat ini pada tabel 1.1

Perbandingan Principal Stress

Grafik Principal Stress vs Ketebalan Table



Gambar 7. Grafik Gabungan Safety Factor Terhadap Berat

Berdasarkan grafik *Principal Stress* yang dihasilkan dari simulasi pada ketinggian 900 mm dengan beban 100 kg, terlihat bahwa semakin besar ketebalan meja *lifter*, semakin rendah nilai tegangan utama yang

terjadi. Pada ketebalan 8 mm, tegangan utama (P1) mencapai 2667 kgf/cm², yang merupakan nilai tertinggi dibandingkan ketebalan lainnya, menunjukkan bahwa material mengalami tekanan yang lebih besar pada kondisi ini. Sementara itu, pada ketebalan 10 mm, tegangan utama berkurang menjadi 1791 kgf/cm², dan semakin menurun lagi menjadi 1201 kgf/cm² pada ketebalan 12 mm. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan ketebalan meja *lifter* memberikan efek signifikan dalam mengurangi tegangan yang terjadi, sehingga dapat meningkatkan ketahanan struktural dan memperpanjang umur pakai *lifter*. Oleh karena itu, dalam perancangan alat ini, penggunaan material dengan ketebalan yang lebih besar dapat menjadi pilihan untuk memastikan faktor keamanan tetap tinggi, terutama saat menghadapi beban maksimum dalam kondisi operasional yang telah disimulasikan.

Perbandingan Simulasi Von Mises Stress dan Principal Stress

Dalam simulasi yang dilakukan pada skripsi ini, terdapat dua jenis analisis tegangan yang digunakan, yaitu *Von Mises Stress* dan *Principal Stress*, yang masing-masing memiliki tujuan dan interpretasi yang berbeda. *Von Mises Stress* digunakan untuk mengevaluasi tegangan keseluruhan dalam struktur *lifter* berdasarkan teori energi distorsi. Tegangan ini menentukan apakah suatu material akan mengalami deformasi plastis atau tidak di bawah beban tertentu. Dari hasil simulasi, terlihat bahwa nilai tegangan *Von Mises* meningkat seiring bertambahnya beban dan ketinggian *lifter*. Pada kondisi ketinggian 900 mm dengan beban 100 kg, tegangan *Von Mises* mencapai 1269 kgf/cm², sedangkan pada 60 mm dengan beban yang sama, tegangan lebih rendah, yaitu 691 kgf/cm². Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi posisi beban, semakin besar tegangan yang dialami oleh struktur, yang disebabkan oleh meningkatnya momen yang bekerja pada sistem. Selain itu, faktor keamanan yang dihitung dari tegangan *Von Mises* juga mengalami penurunan seiring dengan peningkatan beban, dengan nilai minimum 2,3 pada beban maksimum. Meskipun demikian, nilai ini masih berada dalam rentang aman sesuai standar *design* yang telah ditentukan.

Sedangkan *Principal Stress* digunakan untuk menganalisis tegangan maksimum dan minimum yang terjadi dalam arah tertentu tanpa mempertimbangkan tegangan geser. Analisis ini sangat penting untuk mengidentifikasi titik-titik kritis yang paling rentan terhadap kegagalan akibat tegangan tarik yang tinggi. Simulasi *Principal Stress* dalam penelitian ini difokuskan pada ketinggian 900 mm dengan beban 100 kg, dengan variasi ketebalan meja *lifter* 8 mm, 10 mm, dan 12 mm. Hasilnya menunjukkan bahwa pada ketebalan 8 mm, tegangan utama (P1) mencapai 2667 kgf/cm², sedangkan pada ketebalan 10 mm, nilai ini menurun menjadi 1791 kgf/cm², dan semakin berkurang menjadi 1201 kgf/cm² pada ketebalan 12 mm. Data ini menunjukkan bahwa semakin besar ketebalan meja *lifter*, semakin kecil tegangan yang terjadi pada struktur, yang berarti bahwa peningkatan ketebalan material dapat secara signifikan meningkatkan ketahanan terhadap kegagalan struktural.

Berdasarkan kedua hasil simulasi tersebut, dapat disimpulkan bahwa *Von Mises Stress* lebih efektif dalam mengevaluasi ketahanan material secara keseluruhan, memastikan bahwa material tidak mengalami deformasi plastis yang berlebihan. Sementara itu, *Principal Stress* lebih berguna untuk mengidentifikasi titik-titik kritis yang mengalami tegangan ekstrem, yang dapat menyebabkan retak atau kegagalan material dalam jangka panjang. Oleh karena itu, kombinasi kedua analisis ini memberikan pemahaman yang lebih mendalam terhadap keamanan *design lifter*. Dengan mempertimbangkan hasil simulasi ini, perancangan *lifter* dapat dioptimalkan dengan memilih material dan ketebalan yang sesuai untuk memastikan bahwa alat ini dapat beroperasi dengan aman dan efisien dalam kondisi nyata.

KESIMPULAN

Design lifter dalam penelitian ini telah dikembangkan dan disimulasikan menggunakan metode elemen hingga untuk mengevaluasi performa struktural dalam berbagai kondisi operasional. Proses simulasi dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai parameter, termasuk tegangan, regangan, dan faktor keamanan, guna memastikan bahwa *design* yang dihasilkan dapat bekerja secara optimal dalam kondisi nyata. Dengan pendekatan metode elemen hingga ini, distribusi gaya dan respons material terhadap beban yang diterapkan dapat dianalisis secara lebih akurat. Hasil simulasi menunjukkan bahwa *design lifter* yang telah dirancang mampu beroperasi sesuai dengan ekspektasi. Dengan demikian, pendekatan ini berhasil memberikan gambaran yang komprehensif mengenai ketahanan dan keandalan *design lifter* sebelum dilakukan proses manufaktur.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa semakin tinggi posisi beban, semakin besar tegangan dan regangan yang terjadi pada struktur *lifter*, sebagaimana ditunjukkan oleh analisis *Von Mises Stress*. Faktor keamanan menurun seiring bertambahnya berat beban dan ketinggian, tetapi tetap dalam batas aman. Selain itu, analisis *Principal Stress* menunjukkan bahwa ketebalan meja *lifter* berpengaruh signifikan terhadap tingkat tegangan maksimum yang terjadi. Pada ketebalan 8 mm, tegangan maksimum yang dialami material jauh lebih besar dibandingkan dengan ketebalan 10 mm dan 12 mm, yang menunjukkan bahwa peningkatan ketebalan dapat mengurangi risiko kegagalan struktural. Oleh karena itu, distribusi tegangan, regangan, dan faktor keamanan yang diperoleh dari simulasi menunjukkan bahwa *design lifter* telah mempertimbangkan aspek ketahanan material dengan baik dan dapat beroperasi tanpa mengalami kegagalan struktural dalam kondisi yang diharapkan.

Berdasarkan hasil analisis tegangan *Von Mises* dan *Principal Stress*, dapat disimpulkan bahwa rancangan *design lifter* ini aman untuk digunakan dalam kondisi operasional yang telah ditentukan. Faktor keamanan minimum pada kondisi beban maksimum 100 kg adalah 2,3, yang masih berada dalam batas aman sesuai standar. Selain itu, perbandingan tegangan utama pada berbagai ketebalan meja *lifter* menunjukkan bahwa pemilihan material dan dimensi yang tepat sangat berpengaruh terhadap performa struktural. Dengan mempertimbangkan hasil simulasi ini, disarankan untuk menggunakan ketebalan meja minimal 10 mm atau lebih untuk memastikan distribusi tegangan yang lebih merata dan meningkatkan daya tahan terhadap beban berat. Secara keseluruhan, *design lifter* ini telah memenuhi kriteria keamanan dan kelayakan untuk digunakan dalam aplikasi industri yang masih mengandalkan proses penyusunan produk secara manual, sehingga dapat meningkatkan efisiensi kerja serta mengurangi risiko cedera akibat pengangkatan beban secara manual.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Karan, Khebude. N, 2020, " *Design and Analysis of Mechanical Electric lifting table*", *International Journal of Scientific Research and Engineering Development*— Volume 3 Issue 2, Mar-Apr 2020, ISSN : 2581-7175 ©IJSRED
- [2] Usman, M.K., 2018. Rancang Bangun Konstruksi Alat Angkat Mesin (Engine Crane) Kapasitas 2 Ton. *Nozzle: Journal Mechanical Engineering*, 7(2), pp.13-16.
- [3] Satito, A., Supandi, S., Kristiawan, T.A. and HARMANTO, S., 2024, April. RANCANG BANGUN ELECTRIC LIFTING TABLE PENGANGKAT PERALATAN MESIN FRAIS DENGAN MESIN WINCH 12 VOLT KAPASITAS MAKSIMAL 100 KG. In *Prosiding Seminar Hasil Penelitian dan Pengabdian Masyarakat* (Vol. 6, No. 1).
- [4] Deutschman, A.D., Michels, W.J. and Wilson, C.E., 1975. *Machine design: theory and practice*. (No Title).
- [5] Zhou, Y., Wang, X., Liu, Z. and Li, J., 2023. *Bi-objective optimization design of material stiffness for improving contact interface performances*. *Mechanics Based Design of Structures and Machines*.
- [6] Khurmi, R.S. and Gupta, J.K., 2005. *A textbook of machine design*. S. Chand publishing.
- [7] Joseph P. Vidosic. 1957. *Machine Design Projects*. Michigan University. Ronald Press Co. Michigan.