

Desain Dan Simulasi Tegangan Alat Angkat Cetakan Injeksi Untuk Mesin Woojin TE170G5

Iwan Setio Yasifanka¹⁾, Muhammad Yunus²⁾, Yang Fitri Arriyani³⁾.

^{1,2,3)}Rekayasa Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

E-mail: ¹⁾iwanyasifanka@gmail.com, ²⁾yunus@polman-babel.ac.id,

³⁾yang.fitri.arriyani@polman-babel.ac.id

Abstrak

Pemasangan cetakan (*mold*) pada mesin injeksi plastik membutuhkan alat bantu karena bobot *mold* relatif besar dan area kerja mesin sering terbatas. Pada kondisi tertentu, penggunaan alat bantu umum belum mampu menjangkau posisi pemasangan dengan baik sehingga proses kerja menjadi kurang efisien dan berisiko bagi operator. Penelitian ini bertujuan merancang alat angkat cetakan dari arah samping untuk mesin Woojin TE170G5 dengan kapasitas angkat 2 ton. Metode perancangan yang digunakan adalah VDI 2222 melalui tahapan identifikasi kebutuhan, pengembangan konsep, pemilihan alternatif, dan penyelesaian rancangan. Data penelitian diperoleh melalui observasi kondisi mesin, pengukuran area kerja, serta studi literatur. Model alat dibuat dan dianalisis menggunakan SolidWorks Simulation untuk mengevaluasi tegangan *Von Mises*, *displacement*, serta faktor keamanan. Hasil simulasi menunjukkan tegangan maksimum rangka sebesar 0,629 MPa dan *displacement* maksimum sebesar 0,004 mm. Analisis pin connector menunjukkan gaya maksimum sebesar 12.004 N pada Pin 1 dengan tegangan geser 26,55 MPa. Nilai tersebut masih berada di bawah tegangan luluh material ASTM A36, sehingga rancangan dinyatakan aman terhadap beban kerja. Meskipun demikian, nilai Factor of Safety yang tinggi perlu menjadi perhatian karena dapat mengindikasikan peluang optimasi dimensi dan biaya produksi.

Kata kunci: Perancangan Mekanis, Stress Analysis, VDI 2222, Woojin TE170G5.

Abstract

The mold installation process on plastic injection machines requires an auxiliary device because molds are relatively heavy and the working space around the machine is often limited. In some conditions, common lifting equipment cannot properly access the installation area, making the process less efficient and increasing operator risk. This study aims to design a side-mounted mold lifting device for the Woojin TE170G5 Injection molding machine with a lifting capacity of 2 tons. The design process employed the VDI 2222 method, including requirement identification, concept development, alternative selection, and final design preparation. The research data were obtained through machine observation, workspace measurement, and literature study. The model was developed and evaluated using SolidWorks Simulation to assess Von Mises stress, displacement, and factor of safety. The simulation results showed a maximum frame stress of 0.629 MPa and a maximum displacement of 0.004 mm. The pin connector analysis indicated a maximum force of 12,004 N on Pin 1 with a shear stress of 26.55 MPa. This value remains below the yield strength of ASTM A36 material; therefore, the design is considered safe under the working load. However, the high factor of safety should be considered in further optimization because it may indicate opportunities to reduce dimensions and production cost.

Keywords: Mechanical Design, Stress Analysis, VDI 2222, Woojin TE170G5.

1. PENDAHULUAN

Injection molding merupakan proses produksi plastik yang banyak digunakan karena mampu menghasilkan komponen dengan bentuk berulang, ukuran presisi, dan waktu produksi relatif singkat [1]. Dalam proses tersebut, cetakan atau *mold* menjadi komponen utama yang harus dipasang dan dilepas sesuai kebutuhan produksi. Bobot *mold* yang besar membuat proses pemasangan tidak dapat dilakukan hanya dengan tenaga manusia, karena dapat menimbulkan risiko kecelakaan, kerusakan komponen, serta ketidaktepatan posisi saat *mold* dipasang pada mesin [2], [3]. Oleh karena itu, alat bantu pengangkat diperlukan agar proses pemindahan *mold* dapat dilakukan lebih terkendali, aman, dan sesuai dengan kondisi area kerja.

Permasalahan serupa ditemukan pada laboratorium Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, khususnya pada mesin injeksi Woojin TE170G5. Area di sekitar mesin memiliki ruang gerak terbatas, sedangkan pintu masuk dan akses ke posisi pemasangan tidak memungkinkan penggunaan alat angkat berukuran besar secara optimal. Pada praktiknya, penggunaan *chain block* maupun *hand stacker* masih memiliki keterbatasan, terutama ketika *mold* harus diarahkan dari sisi samping mesin. Kondisi tersebut menyebabkan proses pemasangan memerlukan waktu lebih lama, membutuhkan pengaturan posisi berulang, dan tetap menyisakan potensi bahaya bagi operator [4], [5].

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini diarahkan untuk merancang alat angkat cetakan injeksi dari samping yang disesuaikan dengan mesin Woojin TE170G5. Rancangan ditujukan untuk mengangkat *mold* berkapasitas 2 ton, memindahkan *mold* secara *horizontal* menuju area pemasangan, dan membantu penyesuaian posisi menggunakan *locator*. Proses perancangan menggunakan metode VDI 2222 karena metode ini memberikan tahapan sistematis mulai dari penyusunan kebutuhan, pengembangan konsep, pemilihan rancangan, hingga penyelesaian desain [8].

Kontribusi utama penelitian ini adalah menghasilkan rancangan alat angkat *mold* yang tidak bersifat umum, melainkan disesuaikan dengan batasan ruang dan arah pemasangan pada mesin Woojin TE170G5. Dibandingkan penelitian yang berfokus pada alat angkat atau *hand stacker* secara umum [2], [7], rancangan ini menggabungkan sistem pengangkat hidrolis, rel pemindah horizontal, roda manuver, mekanisme penepat, dan *locator* dalam satu konsep alat. Dengan rancangan tersebut, alat diharapkan dapat membantu pemasangan *mold* dari sisi samping secara lebih praktis, aman, dan sesuai dengan kebutuhan laboratorium.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode VDI 2222 sebagai dasar perancangan karena tahapan di dalamnya sesuai untuk menyelesaikan masalah desain alat bantu mekanis. Metode ini digunakan untuk menerjemahkan kebutuhan lapangan menjadi daftar tuntutan, mengembangkan beberapa alternatif konsep, menilai setiap konsep berdasarkan kriteria teknis, kemudian memilih rancangan yang paling sesuai. Dengan pendekatan tersebut, keputusan desain tidak hanya didasarkan pada bentuk alat, tetapi juga mempertimbangkan fungsi, keamanan, kemudahan pembuatan, perawatan, dan kesesuaian alat terhadap ruang kerja mesin Woojin TE170G5.

a. Daftar Tuntutan

Daftar tuntutan disusun dari hasil pengamatan langsung, pengukuran area kerja, dan identifikasi masalah pada proses pemasangan *mold* di mesin Woojin TE170G5.

Tuntutan primer meliputi kapasitas angkat 2 ton, batas dimensi alat agar tetap dapat bergerak di area terbatas, serta keberadaan *locator* untuk membantu penempatan cetakan. Tuntutan sekunder mencakup kemudahan perawatan, perakitan, pengoperasian, proses pembuatan dengan fasilitas laboratorium, keamanan operator, dan kemampuan manuver. Daftar tuntutan ini digunakan sebagai acuan agar konsep yang dikembangkan tetap menjawab masalah utama di lapangan.

Tabel 1. Daftar Tuntutan

NO	Tuntutan	Deskripsi
PRIMER		
1.	Maksimal beban diangkat	Alat mampu mengangkat beban 2 ton.
2.	Dimensi	Alat tidak melebihi 2000 mm (tinggi), 850 mm (lebar), dan 800 mm (Panjang) agar tetap sesuai dengan area kerja di sekitar mesin Woojin TE170G5.
3.	<i>Locator</i>	Untuk memposisikan cetakan berada di tengah saat cetakan dipindahkan ke mesin injeksi.
SKUNDER		
1.	Perawatan	Perawatan mudah dilakukan, tanpa memerlukan tenaga ahli.
2.	Assembly	Mampu dirakit tanpa tenaga khusus.
3.	Pengoperasian	Mampu dioperasikan tanpa tenaga besar dan tanpa memerlukan tenaga ahli.
4.	Permesinan	Mampu dibuat menggunakan fasilitas yang tersedia di laboratorium permesinan Polman Babel.
5.	Keamanan	Alat dirancang untuk meminimalkan risiko kecelakaan dan tidak membahayakan operator.
6.	Mobilitas/manuver	Agar dapat bergerak di ruang terbatas.
KEINGINAN		
1.	Bentuk	Desain mesin menarik dan sederhana.
2.	Penyimpanan	Alat tidak memerlukan ruang penyimpanan khusus.

b. Pembagian Fungsi Bagian

Pembagian fungsi bagian dilakukan untuk memetakan tugas dari setiap komponen utama pada alat angkat. Sistem alat dibagi menjadi beberapa fungsi, yaitu rangka sebagai penopang utama, penepat untuk menjaga posisi *mold*, pengangkat untuk menaikkan beban, pemindah untuk menggeser *mold* secara horizontal, serta *locator* untuk membantu penyelarasan terhadap mesin injeksi. Pembagian ini diperlukan agar setiap bagian rancangan memiliki peran yang jelas dan dapat dievaluasi secara terpisah sebelum digabungkan menjadi satu sistem.

Tabel 2. Pembagian Fungsi Bagian

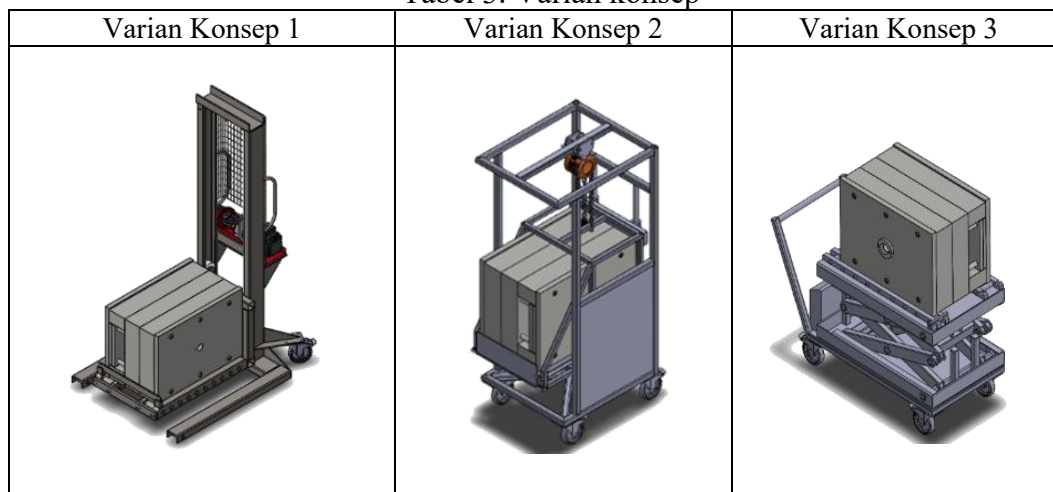
No	Fungsi Bagian	Deskripsi
1	Rangka	Rangka keseluruhan dirancang dengan mempertimbangkan kekuatan struktural dan kestabilan, sehingga mampu menahan beban kerja secara optimal.
2.	Fungsi Penepat	Sebagai penahan cetakan yang dapat dikunci atau dilepas-pasang, untuk memastikan cetakan tetap pada posisi yang tepat saat berada di sistem pemindah. Mekanisme ini memungkinkan penguncian saat cetakan diangkat agar tidak bergeser, dan dapat dilepas saat proses pemasangan atau pemindahan cetakan ke mesin.

3.	Fungsi Pengangkat	Mampu mengangkat dan memindahkan cetakan dengan beban maksimum 2 ton.
4.	Fungsi Pemindah	Mampu memindahkan atau menggeser cetakan secara <i>horizontal</i> ke mesin menggunakan sistem rel.
5.	Fungsi <i>Locator</i>	Memposisikan cetakan secara presisi agar sejajar dan tepat terhadap <i>nozzle</i> mesin injeksi. Komponen ini memastikan cetakan berada pada titik yang benar sebelum proses pemasangan dan penguncian, sehingga mendukung kelancaran proses injeksi serta mencegah kesalahan alignment.

c. Varian konsep

Tiga varian konsep dikembangkan berdasarkan kombinasi sub-fungsi yang telah ditentukan. Setiap varian dibuat dalam bentuk model 3D agar perbedaan konstruksi, sistem kerja, dan kemungkinan proses pembuatannya dapat dibandingkan secara visual. Masing-masing konsep kemudian dianalisis berdasarkan kelebihan dan kekurangannya terhadap daftar tuntutan yang telah disusun.

Tabel 3. Varian konsep



d. Penilaian

Penilaian konsep dilakukan untuk menentukan alternatif rancangan yang paling sesuai. Kriteria penilaian meliputi pencapaian fungsi, kemudahan pemesinan, kemampuan manuver, perakitan, perawatan, penyimpanan, keamanan, dan keberadaan *locator*. Setiap kriteria diberi bobot sesuai tingkat kepentingannya, kemudian setiap varian diberi nilai berdasarkan kemampuan memenuhi kriteria tersebut. Hasil penilaian digunakan sebagai dasar pemilihan konsep akhir.

Tabel 4. Aspek Penilaian Konsep

No	Aspek yang dinilai	Bobot	Varian Konsep						Nilai Ideal	
			V1		V2		V3			
1.	Pencapaian Fungsi	3	4	12	4	12	4	12	4	12
2.	Pemesinan	2	4	8	3	6	4	8	4	8
3.	Manuver	2	2	4	4	8	4	8	4	8

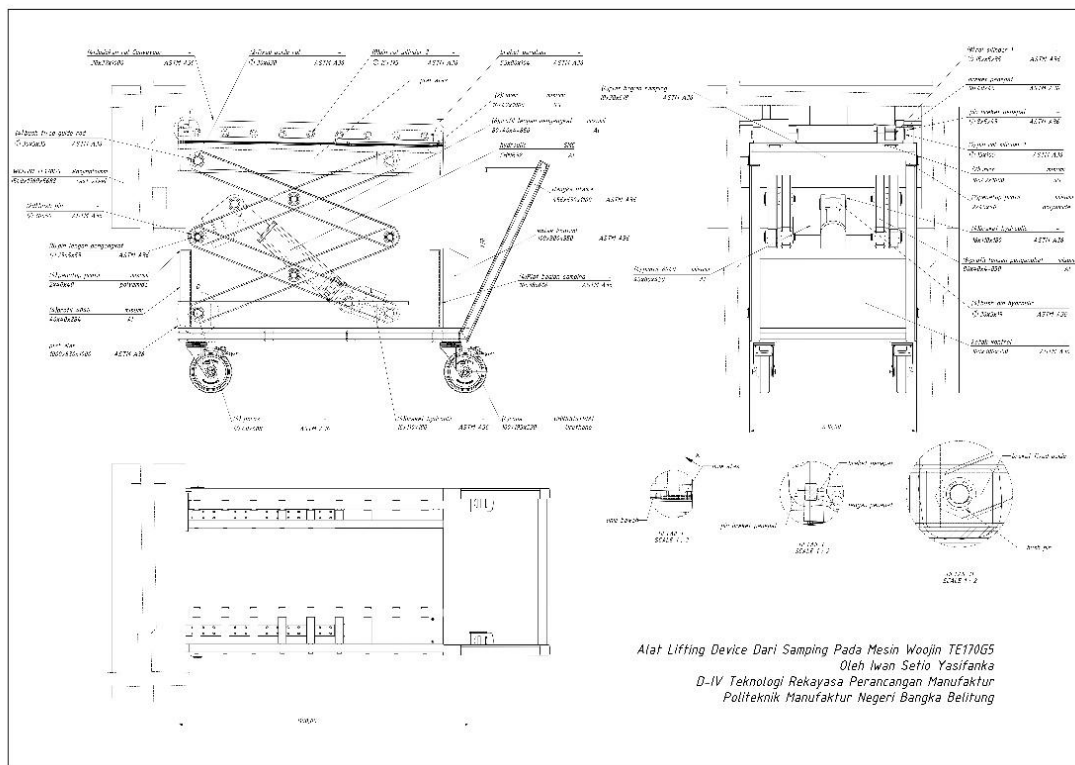
4.	Perakitan	2	3	6	4	8	3	6	4	8
5.	Perawatan	2	4	8	3	6	4	8	4	8
6.	Penyimpanan	1	3	3	1	1	4	4	4	4
7.	Keamanan	2	2	4	4	8	3	6	4	8
8.	<i>Locator</i>	2	4	8	4	8	4	8	4	8
Nilai Total				42		57		60		64
Persentase (%)			65.63%		89.06%		93.75%		100%	

e. Keputusan

Berdasarkan hasil penilaian, varian konsep 3 dipilih sebagai rancangan yang paling memenuhi daftar tuntutan. Konsep ini menggunakan rangka profil baja kotak sebagai struktur utama, rel pemandu untuk pemindahan *mold*, sistem pengangkat hidrolik berkapasitas 2 ton, roda putar untuk mendukung manuver pada ruang terbatas, serta *locator* berbentuk pin penuntun. Kombinasi tersebut dinilai paling sesuai karena mampu mengakomodasi kebutuhan teknis, keselamatan operator, dan keterbatasan area kerja pada mesin Woojin TE170G5.

f. Draft Rancangan

Draft rancangan disusun melalui tahap rancangan awal, evaluasi bentuk, dan penyempurnaan desain. Rancangan awal digunakan untuk menentukan susunan utama alat, posisi sistem pengangkat, dan batas dimensi. Setelah itu, dilakukan penyesuaian pada bagian rel pemindah, sistem penepat, dan penopang agar pergerakan *mold* lebih stabil serta tetap sesuai dengan ruang kerja yang tersedia. Hasil akhir dari tahap ini adalah rancangan final yang memuat bentuk alat, dimensi utama, sistem kerja, material, dan komponen pendukung yang digunakan sebagai dasar pemodelan serta analisis simulasi.



Gambar 1. Draft Rancangan Final

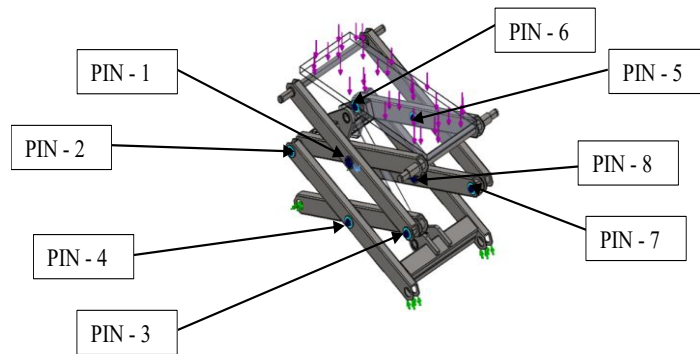
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil *Stress Analysis*

Analisis tegangan dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan struktur alat dalam menerima beban kerja maksimum. Beban yang digunakan pada simulasi mengacu pada kapasitas angkat 2 ton. Dengan percepatan gravitasi $9,81 \text{ m/s}^2$, beban tersebut setara dengan gaya sebesar 19.620 N. Simulasi dilakukan pada tiga posisi ketinggian, yaitu rendah, sedang, dan maksimum. Ketiga posisi ini dipilih karena perubahan sudut lengan pada mekanisme gunting dapat mengubah distribusi gaya pada sambungan, pin, dan rangka utama. Parameter yang diamati meliputi tegangan *Von Mises*, *displacement*, serta *Factor of Safety* [11]-[14].

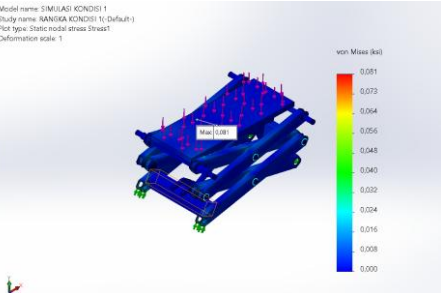
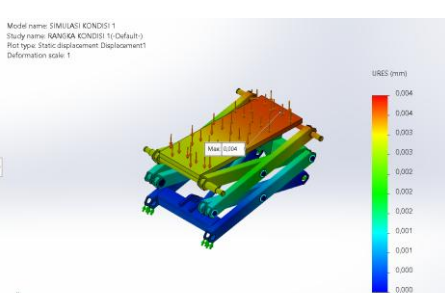
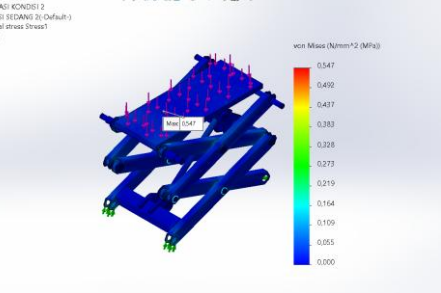
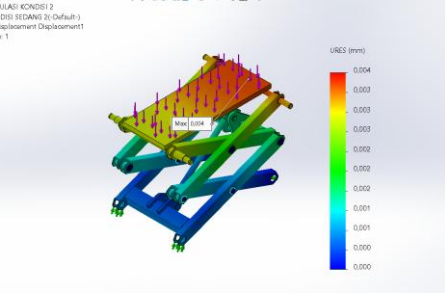
Hasil simulasi menunjukkan bahwa tegangan *Von Mises* maksimum pada kondisi rendah sebesar 0,081 ksi atau setara dengan 0,558 MPa dengan *displacement* maksimum 0,004 mm. Pada kondisi sedang, tegangan maksimum yang diperoleh sebesar 0,547 MPa dengan *displacement* maksimum 0,004 mm. Sementara itu, kondisi maksimum menghasilkan tegangan terbesar, yaitu 0,629 MPa, dengan *displacement* maksimum 0,003 mm. Berdasarkan data tersebut, seluruh nilai tegangan masih jauh di bawah tegangan luluh material ASTM A36 sebesar 250 MPa. Nilai *displacement* yang sangat kecil juga menunjukkan bahwa deformasi struktur tidak memberikan pengaruh berarti terhadap fungsi kerja alat.

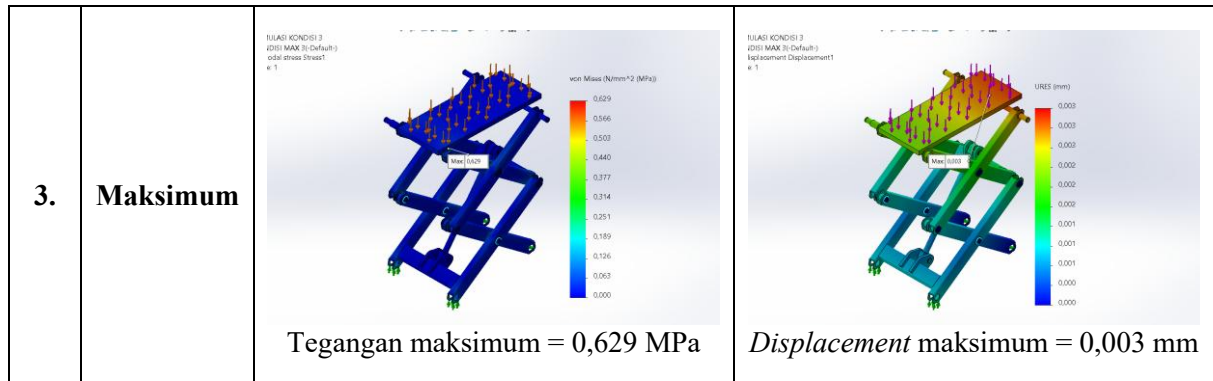
Konsentrasi tegangan pada hasil simulasi muncul di sekitar sambungan lengan pengangkat, pin connector, dan area tumpuan mekanisme. Bagian tersebut menjadi jalur utama perpindahan gaya dari *mold* menuju rangka, sehingga wajar apabila nilai tegangan lokal lebih tinggi dibandingkan area lain. Pemilihan area tersebut sebagai titik kritis juga didasarkan pada fungsi pin sebagai penghubung antar-lengan dan penerima gaya reaksi dari aktuator hidrolik. Apabila sambungan ini gagal, kestabilan mekanisme pengangkat akan terganggu. Oleh karena itu, area pin connector dianalisis lebih lanjut menggunakan pendekatan perhitungan manual.



Gambar 2. Penunjukan Pin-Connector

Tabel 5. Hasil Stress Analysis

No.	Kondisi ketinggian	Distribusi Tegangan <i>Von Mises</i>	Defleksi (URES)
1.	Rendah	 <p>Tegangan maksimum = 0,081 ksi (≈0,558 MPa)</p>	 <p>Displacement maksimum = 0,004 mm</p>
2.	Sedang	 <p>Tegangan maksimum = 0,547 MPa</p>	 <p>Displacement maksimum = 0,004 mm</p>



b. Validasi Hasil Simulasi

Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi terhadap perhitungan manual pada *pin connector*. Langkah ini digunakan sebagai pemeriksaan awal agar hasil numerik dari SolidWorks tidak berdiri sendiri tanpa pembandingan mekanika teknik. Komponen yang dipilih untuk validasi adalah Pin 1 karena pin tersebut menerima gaya maksimum berdasarkan data distribusi beban pada mekanisme.

Gaya maksimum pada Pin 1 sebesar 12.004 N. Dengan diameter pin 24 mm, luas penampang pin adalah 452,16 mm². Tegangan geser dihitung menggunakan persamaan $\tau = F/A$, sehingga diperoleh $\tau = 12.004/452,16 = 26,55 \text{ N/mm}^2$ atau 26,55 MPa. Nilai ini masih berada di bawah tegangan luluh ASTM A36 sebesar 250 MPa. Perbedaan antara nilai tegangan geser manual dan tegangan *Von Mises* simulasi terjadi karena keduanya meninjau aspek yang berbeda. Simulasi menunjukkan respons global struktur, sedangkan perhitungan manual mengevaluasi tegangan lokal pada penampang pin akibat gaya sambungan.

c. Analisis Pin-Connector

Dari data yang diperoleh, analisis tegangan geser pada *pin connector* menunjukkan hasil yang terangkum dalam tabel berikut:

Tabel 6. Hasil Analisis Beban Maksimum pada Pin Connector

Pin	Kondisi 1 (N)	Kondisi 2 (N)	Kondisi 3 (N)	Gaya Maksimum (N)
1	11,474	12,004	10,569	12,004
2	5,018	4,432	6,181	6,181
3	5,679	5,042	3,804	5,679
4	6,723	6,530	9,580	9,580
5	9,539	9,264	7,332	9,539
6	4,541	4,047	4,186	4,541
7	3,909	3,244	2,420	3,909
8	7,429	6,054	4,792	7,429

Pin 1 menerima gaya terbesar, yaitu 12.004 N pada kondisi sedang. Dengan diameter 24 mm, tegangan geser pada pin tersebut sebesar 26,55 N/mm². Nilai ini masih lebih rendah dibandingkan tegangan luluh ASTM A36 sebesar 250 MPa, sehingga Pin 1 masih aman terhadap beban kerja. Pin 1 menjadi komponen yang paling kritis karena posisinya berada pada jalur transfer gaya dari sistem hidraulik menuju mekanisme lengan pengangkat.

Perbedaan nilai gaya pada Pin 1 sampai Pin 8 dipengaruhi oleh geometri mekanisme gunting. Ketika posisi alat berubah dari rendah, sedang, hingga

maksimum, sudut lengan dan arah gaya reaksi juga berubah. Akibatnya, setiap sambungan tidak menerima beban yang sama. Pin yang berada dekat dengan titik kerja aktuator atau berada pada jalur utama penyaluran gaya cenderung menerima gaya lebih besar, sedangkan pin yang berperan sebagai sambungan pendukung menerima gaya lebih kecil. Hasil ini juga menunjukkan bahwa kondisi maksimum alat tidak selalu menjadi kondisi paling kritis bagi semua pin [12], [13], [17].

Selain gaya geser, pin connector perlu diperhatikan terhadap kemungkinan momen lentur. Momen lentur dapat muncul karena terdapat jarak antara titik kerja gaya dan bidang tumpuan, adanya celah sambungan, atau ketidaksejajaran komponen saat alat menerima beban. Walaupun nilai tegangan geser masih aman, potensi lentur dan keausan pada lubang pin tetap perlu dipertimbangkan pada tahap pembuatan prototipe maupun pengujian fisik.

d. Evaluasi Keamanan

Evaluasi keamanan dilakukan dengan meninjau nilai *Factor of Safety* pada tiga kondisi ketinggian. Nilai ini digunakan untuk mengetahui seberapa besar cadangan kekuatan komponen terhadap beban kerja yang diberikan.

Tabel 7. Rangkuman Hasil Stress Analysis

Parameter	Kondisi 1 (Rendah)	Kondisi 2 (Sedang)	Kondisi 3 (Maksimum)	Batas Aman	Status
<i>Factor of Safety</i> (FoS)	9,61	9,86	10,70	≥ 2	AMAN

Nilai *Factor of Safety* pada ketiga kondisi berada pada rentang 9,61 sampai 10,70. Nilai tersebut lebih tinggi dari batas minimum yang digunakan, yaitu $FoS \geq 2$, sehingga rancangan dapat dinyatakan aman terhadap beban kerja 2 ton. Namun, nilai *Factor of Safety* yang terlalu tinggi perlu dibahas secara kritis karena dapat menjadi indikasi desain yang terlalu konservatif. Desain yang terlalu besar dapat meningkatkan bobot alat, kebutuhan material, dan biaya pembuatan.

Pada penelitian ini, *Factor of Safety* yang tinggi masih dapat diterima sebagai rancangan awal karena alat berhubungan langsung dengan keselamatan operator dan digunakan untuk mengangkat beban berat. Selain itu, simulasi belum sepenuhnya memasukkan pengaruh beban dinamis, getaran, ketidaksejajaran *modal*, toleransi manufaktur, dan keausan komponen. Meskipun demikian, hasil ini menunjukkan bahwa optimasi dimensi pin, ketebalan profil rangka, dan pemilihan material perlu dilakukan pada pengembangan berikutnya agar rancangan lebih efisien tanpa mengurangi keamanan [15], [18].

4. SIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan rancangan alat angkat cetakan injeksi dari samping untuk mesin Woojin TE170G5 dengan kapasitas angkat 2 ton. Proses perancangan dilakukan menggunakan metode VDI 2222 melalui penyusunan kebutuhan, pengembangan alternatif, pemilihan konsep terbaik, dan analisis kekuatan. Rancangan akhir menggabungkan rangka utama, sistem pengangkat hidrolik, rel pemindah horizontal, roda manuver, mekanisme penepat, serta locator agar alat dapat digunakan pada area kerja yang terbatas.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa tegangan *Von Mises* maksimum terbesar terjadi pada kondisi maksimum sebesar 0,629 MPa, sedangkan *displacement* maksimum terbesar terjadi pada kondisi rendah dan sedang sebesar 0,004 mm. Nilai tersebut masih berada di bawah batas aman material. Analisis *pin connector*

menunjukkan bahwa Pin 1 menerima gaya maksimum 12.004 N pada kondisi sedang dengan tegangan geser 26,55 MPa. Nilai tersebut masih lebih rendah dari tegangan luluh ASTM A36 sebesar 250 MPa. *Factor of Safety* yang berada pada rentang 9,61 sampai 10,70 menunjukkan bahwa rancangan aman, tetapi juga memiliki potensi overdesign. Oleh karena itu, optimasi dimensi dan pemilihan material perlu dipertimbangkan pada penelitian lanjutan agar alat lebih efisien dari sisi bobot dan biaya produksi.

Pengembangan selanjutnya disarankan untuk membuat prototipe agar kinerja alat dapat diuji pada kondisi nyata. Pengujian fisik perlu dilakukan untuk memeriksa kestabilan, kekuatan sambungan, kemudahan pengoperasian, serta keamanan operator saat proses pemasangan *mold*. Selain itu, analisis biaya produksi dan kajian alternatif material perlu dilakukan agar rancangan tidak hanya aman, tetapi juga ekonomis. Pengembangan tambahan seperti sistem penggerak, sensor posisi, panduan operasi, dan kajian ergonomi juga dapat dipertimbangkan untuk meningkatkan kemudahan penggunaan alat.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Czepiel, M. Bańkosz, and A. Sobczak-Kupiec, "Advanced *Injection molding* Methods: Review," *Mater.* 2023, Vol. 16, Page 5802, vol. 16, no. 17, p. 5802, Aug. 2023, doi: 10.3390/MA16175802.
- [2] A. MBalekundri, F. Tashildar, H. Chandshah, M. Faizan Tigadi, and R. MGalagali, "Design and Fabrication of Hydraulic *Mold Box Lifter*," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, no. May, pp. 554–559, 2024, [Online]. Available: www.irjet.net
- [3] Z. Febrilian *et al.*, "IMPLEMENTASI SNI 9011:2021 UNTUK EVALUASI ERGONOMI PADA OPERATOR PRODUKSI DEPARTEMEN PLASTIC INJECTION: STUDI KASUS DI INDUSTRI MANUFAKTUR," *J. Stand.*, vol. 25, no. 2, pp. 103–116, Oct. 2023, doi: 10.31153/JS.V25I2.979.
- [4] H. Febrianto, A. Wicaksono, A. Khusnah, and R. Yusianto, "Jurnal Optimasi Teknik Industri Rancang Bangun Alat Bantu Hand Stacker Menggunakan Sistem Penggerak Electric Winch di PT . X," pp. 34–42, 2025.
- [5] M. N. W. Sulnah, K. Rusba, and J. E. A. Liku, "IDENTIFIKASI PENGENDALIAN BAHAYA RUANG TERBATAS PADA PEKERJAAN CLEANING STAGE F-803A PADA PT WEATHERFORD," *IDENTIFIKASI*, vol. 10, no. 2, pp. 493–500, Nov. 2024, doi: 10.36277/IDENTIFIKASI.V10I2.384.
- [6] Y. A. Wildiy, H. Istiqlaliyah, N. Suwito, A. Sugianto, and W. H. Nugroho, "Rancang Bangun Rangka Mesin Chopper Dengan Aplikasi Pisau Bergerigi Kapasitas 60 Kg/Jam," *J. Mesin Nusant.*, vol. 8, no. 1, pp. 87–96, Jul. 2025, doi: 10.29407/JMN.V8I1.24627.
- [7] A. Renata, M. F. Adzan, M. Yunus, and ..., "Desain Alat Angkat Untuk Pemasangan Cetakan Di Mesin Injeksi Plastik Arburg 420 C," ... *Inov. Teknol.* ..., pp. 1–4, 2022, [Online]. Available: <http://snitt.polman-babel.ac.id/index.php/snitt/article/view/267>
- [8] N. Nofirza, M. Hartati, A. Aprizon, A. Anwardi, and H. Harpito, "Implementasi Metode Verein Deutscher Ingenieure (VDI) 2222 Dalam Rekayasa Mesin Pencetak Pelet Ikan," *J. Tek. Ind. J. Has. Penelit. dan Karya Ilm. dalam Bid. Tek. Ind.*, vol. 9, no. 2, p. 414, 2023, doi: 10.24014/jti.v9i2.23095.
- [9] J. Conde, L. S. da Silva, T. Tankova, R. Simões, and T. Abecasis, "Design of pin connections between steel members," *J. Constr. Steel Res.*, vol. 201, p. 107752,

- Feb. 2023, doi: 10.1016/J.JCSR.2022.107752.
- [10] R. F. Sutrimo and Muhamad Fitri, "Safety device strength analysis during repair of cylinder loader up down curing machine," *JTTM J. Terap. Tek. Mesin*, vol. 6, no. 1, pp. 10–19, Apr. 2025, doi: 10.37373/JTTM.V6I1.1201.
- [11] C. G. Dengiz, M. C. Şenel, K. Yıldızlı, and E. Koç, "Design and Analysis of Scissor Lifting System by Using Finite Elements Method," *Universal Journal of Materials Science*, vol. 6, no. 2, pp. 58–63, 2018, doi: 10.13189/ujms.2018.060202.
- [12] A.-T. Dang and T. T. N. Nguyen, "Investigation on the Design of Double-Stage Scissor Lifts Based on Parametric Dimension Technique," *Machines*, vol. 11, no. 7, p. 684, 2023, doi: 10.3390/machines11070684.
- [13] A.-T. Dang, D.-V. Nguyen, and D.-N. Nguyen, "Applying Parametric Analysis in Enhancing Performance for Double-Layer Scissor Lifts," *Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering*, vol. 69, no. 7–8, pp. 299–307, 2023, doi: 10.5545/sv-jme.2023.539.
- [14] H. Choe, Y. Kwon, J. Jo, K. Ri, H. Jang, and T. Xing, "A Method to Improve the Stability of Scissor Lifting Platform by Using Finite Element Analysis," *International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology*, vol. 9, no. 2, pp. 314–322, 2022, doi: 10.32628/IJSRSET229253.
- [15] A. T. Khoirullah and R. D. Sampurno, "Static Stress Analysis of Fork on Rubber Slab Lifting Aid using Finite Element Method," *International Journal of Mechanics, Energy Engineering and Applied Science*, vol. 2, no. 3, 2024, doi: 10.53893/ijmeas.v2i3.316.
- [16] F. P. Hau, Muharom, G. Setyono, D. Khusna, and N. Kholili, "Design and Construction of Small Scale Plastic *Injection molding* Machine Using High-Density Polyethylene (HDPE) Material," *The Journal of System Engineering and Technological Innovation*, vol. 3, no. 2, 2024, doi: 10.38156/jisti.v3i02.145.
- [17] C. Ciupan, E. Ciupan, and E. Pop, "Algorithm for Designing a Hydraulic Scissor Lifting Platform," *MATEC Web of Conferences*, vol. 299, p. 03012, 2019, doi: 10.1051/mateconf/201929903012.
- [18] W. Zhang, X. Zhang, C. Yan, S. Xiang, and L. Wang, "A Characteristic Triangle Method on Input Vectors of Scissor Lift Mechanism and Its Applications in Modeling and Analysis," *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing*, vol. 9, no. 3, 2015, doi: 10.1299/jamdsm.2015jamdsm0042.
- [19] M. R. Patil and S. D. Kachave, "Design and Analysis of Scissor Jack," *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, vol. 4, no. 1, pp. 327–335, 2015.
- [20] S. A. Manoharrao and R. S. Jamgekar, "Design and Analysis of Hydraulic Scissor Lift By FEA," *International Research Journal of Engineering and Technology*, vol. 3, no. 10, pp. 1277–1282, 2016.