

**Perancangan Robot Lengan Bergerak Otomatis Untuk Proses
Pemindahan Barang Pada Bagian Line Produksi**

*Designing an Automatic Mobile Arm Robot for the Goods Moving
Process in the Production Line Section*

Muhammad Fathurrizqy¹, Aa Santosa¹

¹Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang, Indonesia

e-mail: 2110631150097¹@student.unsika.ac.id, Aa Santosa¹@ft.unsika.ac.id

Abstrak

Di era industri 4.0, perkembangan teknologi mendorong otomatisasi untuk meningkatkan efisiensi kerja. Salah satu tantangan di sektor manufaktur adalah perpindahan barang yang masih dilakukan secara manual, yang memakan waktu dan meningkatkan risiko keselamatan bagi pekerja. Sebagai solusi, dikembangkan robot pemindah barang otomatis berbasis mikrokontroler ESP32. Robot ini dilengkapi sensor dan *remote control* untuk memindahkan barang secara cepat dan efisien antar lini produksi. Robot ini dibuat menggunakan *stainless steel (ferritic)* yang kuat dan tahan lama. Untuk memastikan performanya, dilakukan simulasi menggunakan *software Solidworks* meliputi uji kekuatan, regangan, dan keamanan. Hasil simulasi menunjukkan robot mampu membawa beban hingga 100 kg dengan tingkat keamanan yang sangat tinggi (*factor of safety* 3297,6 N/m²). Dengan desain yang telah kami tentukan, robot ini diharapkan mampu meningkatkan produktivitas, mengurangi risiko kecelakaan kerja, dan mendukung implementasi teknologi industri 4.0 dalam perusahaan manufaktur.

Kata kunci: ; Mikrokontroler ESP32, *Remote Control*, Robot Pemindah Barang Otomatis, Simulasi *Soft Ware Solidworks*

Abstract

In the industrial era 4.0, technological developments encourage automation to improve work efficiency. One of the challenges in the manufacturing sector is the manual movement of goods, which is time-consuming and increases safety risks for workers. As a solution, an automatic goods moving robot based on the ESP32 microcontroller was developed. This robot is equipped with sensors and remote control to move goods quickly and efficiently between production lines. This robot is made using stainless steel (ferritic) which is strong and durable. To ensure its performance, simulations were conducted using Solidworks software including strength, strain, and safety tests. The simulation results show that the robot is capable of carrying loads up to 100 kg with a very high level of safety (factor of safety 3297.6 N/m²). With the design that we have determined, this robot is expected to increase productivity, reduce the risk of work accidents, and support the implementation of industry 4.0 technology in manufacturing companies.

Keywords : *Automatic Goods Moving Robot, ESP32 Microcontroller, Remote Control, Solidworks Soft Ware Simulation*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi robotika saat ini telah mengubah cara perusahaan di berbagai sektor industri beroperasi, salah satunya di industri manufaktur (Hisar, T. A., & Kurniawan, E. D., 2024). Menurut BPS, Industri manufaktur merupakan aktivitas ekonomi yang mengubah bahan mentah atau bahan baku melalui proses mekanis, kimia, atau manual menjadi produk jadi atau setengah jadi, serta meningkatkan nilai barang agar sesuai dengan kebutuhan konsumen akhir. Ada banyak tahapan dalam mengolah bahan baku tersebut menjadi bahan setengah jadi atau bahan jadi yang tentunya membutuhkan waktu yang lama Badan Pusat Statistik (2022).

Permintaan konsumen yang semakin tinggi terhadap barang – barang yang diproduksi oleh industri manufaktur, menyebabkan perusahaan dituntut untuk mempunyai cara yang efisien di setiap proses produksinya. Oleh karena itu dibutuhkan otomatisasi yang mampu meningkatkan efisiensi produksi (Arbi, A. I., & Rendra, H., 2022). Implementasi teknologi otomatisasi, termasuk robotika, telah terbukti dapat mempercepat proses produksi dan meningkatkan efisiensi operasional. Otomatisasi dapat meningkatkan produktivitas hingga 40% di berbagai sektor industri (McKinsey & Company, 2022).

Salah satu aspek yang sangat mempengaruhi efisiensi produksi adalah proses pemindahan material atau barang di dalam *line* produksi (Saputra, R., 2023). Proses ini sering kali masih mengandalkan penanganan manual, yang berpotensi menyebabkan keterlambatan, kesalahan, serta masalah keselamatan kerja. Selain itu, kegiatan pemindahan barang di dalam *line* produksi dapat memakan hingga 87% dari keseluruhan waktu proses produksi dan menghabiskan 15-70% dari total biaya produk yang dihasilkan (Pangestika, D., Sari, D. R., & Sari, D. P., 2023).

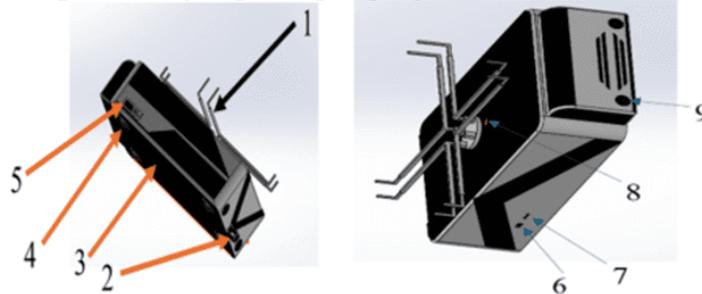
Menurut laporan *International Federation of Robotics (IFR)*, penjualan aplikasi robotik dalam kategori transportasi dan logistik mengalami pertumbuhan sebesar 35% pada tahun 2023, dengan hampir 113.000 unit terjual. Hal ini menunjukkan bahwa banyak perusahaan mengadopsi robot untuk mengatasi masalah efisiensi yang dapat berdampak pada operasional dan biaya. Dalam situasi ini, penggunaan robot bergerak otomatis yang dilengkapi dengan sensor untuk mendeteksi jumlah barang dapat menjadi solusi yang efektif. Robot ini tidak hanya dapat mengurangi beban kerja karyawan, tetapi juga meningkatkan akurasi penghitungan barang yang diangkut. Dengan sistem *remote control* yang dilengkapi monitor untuk memantau posisi robot, pengendalian menjadi lebih mudah dan pengawasan terhadap proses pemindahan barang dapat dilakukan dimanapun kita berada (*International Federation of Robotics*, 2024).

2. METODE

Dalam penelitian ini, data dan informasi dikumpulkan melalui kajian literatur yang meliputi jurnal ilmiah dan sumber informasi daring terkait dengan topik Meningkatkan efektivitas produksi SDM dengan bantuan teknologi robotika. Fokus utama dari kajian ini adalah membahas tentang bagaimana caranya meningkatkan efektivitas proses produksi di suatu Perusahaan industri dengan penggunaan robot. Perancangan ini memastikan bahwa data yang diperoleh dapat berfokus pada inovasi dalam penerapan IoT yang berbasis remot kontrol sebagai media penggerak dan pengontrolan keberadaan robot tersebut untuk meningkatkan efisiensi waktu dalam memindahkan barang produksi secara cepat. Robot tersebut juga dilengkapi dengan berbagai macam sensor, sehingga robot tersebut dapat bergerak secara otomatis tanpa menggunakan remot kontrol.

Detail Rancangan Desain

Dalam mendesain robot, berbagai alternatif, model, bentuk dan jenis-jenis material yang dipilih berdasarkan kemampuan dalam menopang beban yang dimiliki oleh komponen robot tersebut. Ukuran besar dan kecil material yang akan dibawa dapat disesuaikan dengan dengan berat bahan-bahan produksi yang di topong (Syam, S., 2020).



Gambar 1. Komponen - komponen robot

Untuk komponen-komponen penyusun robotnya dapat dilihat pada *Table* dibawah ini:

Table 1. Komponen-komponen robot

No	Komponen
1	Rangka tangan robot
2	Hook
3	Motor
4	Roda
5	Touch panel
6	Charge type-C
7	Sound
8	Sensor kamera
9	Sensor pendeteksi beban

Desain ini terdapat struktur 4 roda, dua roda di depan, dan dua roda di belakang. Struktur ini memiliki kapasitas bantalan yang besar, efek pendaratan yang baik dan stabilitas yang baik yang di lengkapi oleh rangka tangan yang dapat digerakan oleh bantuan manusia melalui *remote control* maupun otomatis. Robot ini juga dilengkapi dengan beberapa sensor pendukung, yaitu sensor pendeteksi berat beban, sensor kamera, dan juga sensor gerak otomatis lainnya.

Material

Berikut *mechanical properties* dari material yang telah di pilih dapat dilihat pada Tabel di bawah ini:

Table 2. Sifat mekanik *alloy steel*

Sifat Mekanik Alloy Steel		
Property	Value	Units
Elastic Modulus	2,10E+11	N/m ²
Poisson's Ratio	0,28	N/A
Shear Modulus	7,90E+10	N/m ²
Mass Density	7700,000118	kg/m ³
Tensile Strength	723825617	N/m ²

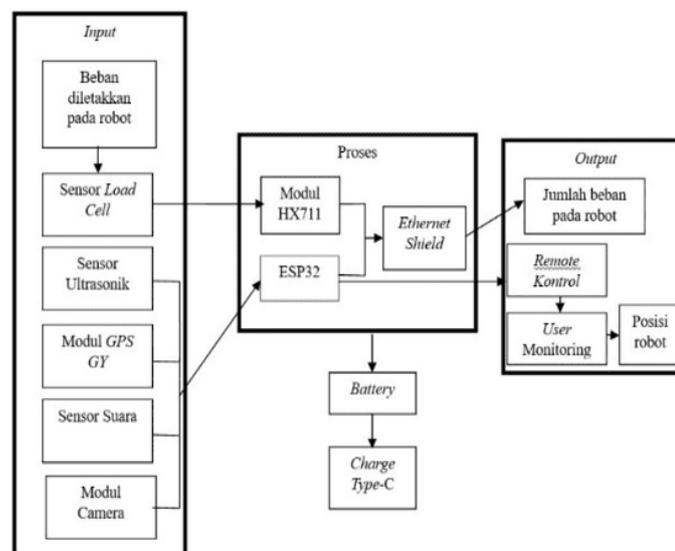
Yield Strength	620421997,8	N/m ²
Thermal Expansion Coefficient	1,30E-05	/K
Thermal Conductivity	50	W/(m.K)
Specific Heat	460	J/(kg.K)

Table 3. sifat mekanik *stainless steel (ferritic)*

Sifat Mekanik <i>Stainless Steel (Ferritic)</i>		
Property	Value	Units
Elastic Modulus	2,00E+11	N/m ²
Poisson's Ratio	0,28	N/A
Shear Modulus	7.7e+10	N/m ²
Mass Density	7800	kg/m ³
Tensile Strength	513613000	N/m ²
Yield Strength	172339000	N/m ²
Thermal Expansion Coefficient	1.1e-05	/K
Thermal Conductivity	18	W/(m.K)
Specific Heat	460	J/(kg.K)

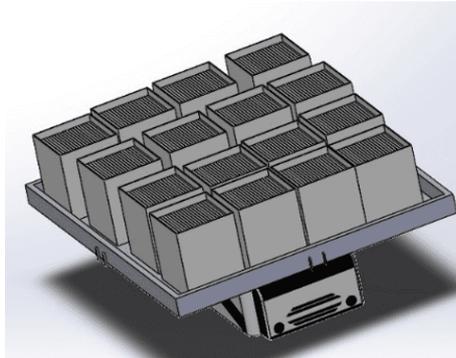
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Robot gerak otomatis dirancang untuk mengangkat barang dari lokasi awal ke lokasi tujuan secara otomatis dan mampu mendeteksi rintangan di lingkungan sekitarnya untuk tujuan sistem yang dirancang (Wibowo et al., 2023). Pada proses pembuatan robot gerak otomatis menggunakan beberapa komponen, berikut ini merupakan gambar dari blok diagram sistem robot gerak otomatis:



Gambar 2. Diagram Blok Sistem Robot Gerak Otomatis

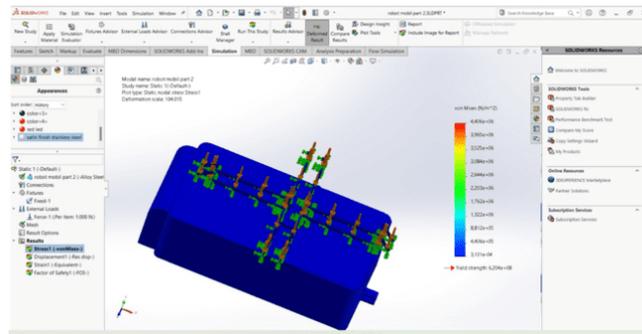
Berdasarkan Gambar 2. pada diagram blok sistem robot gerak otomatis, terdapat tiga bagian yaitu input, proses, dan output. Pada bagian input, untuk langkah awal yaitu beban yang diletakkan pada robot akan diterima oleh sensor load cell untuk mendeteksi dan mengukur berat beban. Terdapat juga sensor ultrasonik, modul GPS GY NEO6MV2, sensor suara, dan modul camera yang digunakan untuk mendeteksi jarak atau objek di sekitar robot. Kemudian, modul HX711 digunakan untuk membaca data dari sensor load cell dan mengirimkan data ke mikrokontroler untuk diproses. Lalu, ESP 32 digunakan untuk memproses data dari berbagai sensor dan modul dalam mengontrol seluruh sistem. *Ethernet shield* digunakan untuk menghubungkan robot ke jaringan internet atau LAN serta sebagai pemantauan dan pengontrolan dari jarak jauh. Hasil dari pengukuran sensor load cell akan ditampilkan pada monitor yang terdapat di robot untuk melihat jumlah beban yang sedang dibawa oleh robot (Sibuea, S., & Saftaji, B., 2020). Data dari ESP 32 dihubungkan dengan *remote control* untuk memungkinkan pengguna mengendalikan robot dari jarak jauh, baik secara manual maupun otomatis dalam mendeteksi keberadaan posisi robot. *Battery* digunakan sebagai sumber daya listrik untuk seluruh sistem robot dan dapat diisi ulang dengan *charge type-c* agar robot tetap terus beroperasi.



Gambar 3. Implementasi Robot Gerak Otomatis

Implementasi dari robot gerak otomatis ini adalah dengan memanfaatkan kekuatan, kecepatan, daya tahan dan sistemnya yang otomatis untuk memudahkan operator atau karyawan di perusahaan industri dalam memindahkan barang produksi ke setiap line secara cepat dan akurat sesuai dengan yang diinginkan. Adapun cara kerjanya sebagai berikut:

1. Pemetaan lingkungan kerja sebelum robot ini dapat beroperasi, operator perlu melakukan pemetaan lingkungan kerja terlebih dahulu (Taheri, H., & Zhao, C. X., 2020). Robot ini akan dilengkapi dengan sensor dan kamera untuk memindai dan mencatat informasi tentang jalan, rintangan, dan fitur lain di sekitarnya. Informasi ini kemudian digunakan untuk membuat peta digital dari area kerja yang akan digunakan oleh robot.
2. Pemilihan rute setelah pemetaan selesai, robot akan diprogram untuk memilih rute yang paling efisien dan aman untuk melakukan tugasnya. Robot akan menggunakan peta digital yang telah dibuat sebelumnya untuk memilih rute yang tepat dan menghindari rintangan dan bahaya lain di sekitarnya. Rute yang kami rancang pada robot ini terdapat 3 bagian yaitu terdapat 3 rute. Operator dapat menambah rute ini jika memang diperlukan dengan cara memprogram dan menginput kembali gambar line produksi yang ingin ditempuh oleh robot.
3. Pengenalan posisi dan navigasi, robot dilengkapi dengan teknologi navigasi yang canggih untuk mengetahui posisi dan arah pergerakannya. Robot akan menggunakan sensor untuk membaca tanda-tanda pada benda di depannya untuk menentukan posisinya. Kemudian, robot akan menggunakan ESP32 dan motor dc

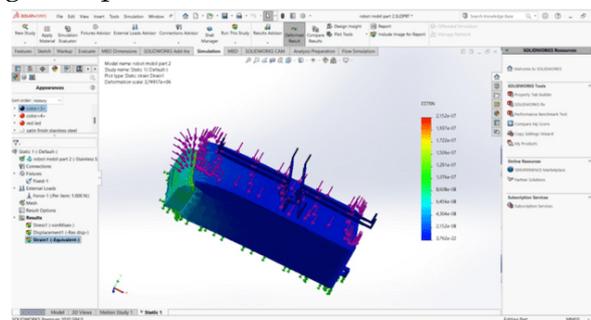


Gambar 6. analisis *stress* rangka tangan robot

Hasil simulasi yang diberikan beban sebesar 1000 N dapat diketahui tegangan maksimal yang terjadi pada rangka tangan robot yaitu $4,406e+06$ N/m² yang ditunjukkan oleh warna merah dan tegangan minimal nya adalah $3,101e-04$ N/m² dengan ditunjukkan warna biru. Adapun *Yield Strength* nya sebesar $6,204e+08$. Adapun material yang digunakan adalah *Alloy Steel*.

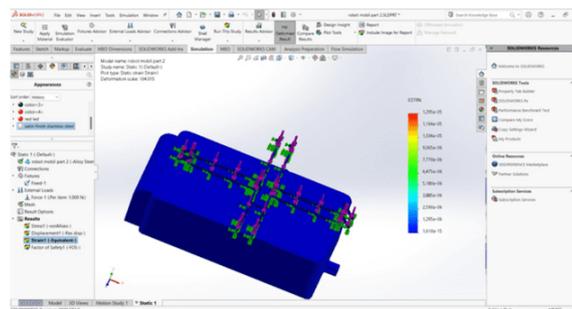
Analisis Strain

Analisis Tekanan (*Strain*) adalah ukuran deformasi yang terjadi pada material akibat penerapan beban. Dalam analisis ini, robot diukur untuk menentukan seberapa kuat material yang digunakan dan mengalami perubahan bentuk.



Gambar 7. Hasil Analisis *Strain* rangka *body* robot

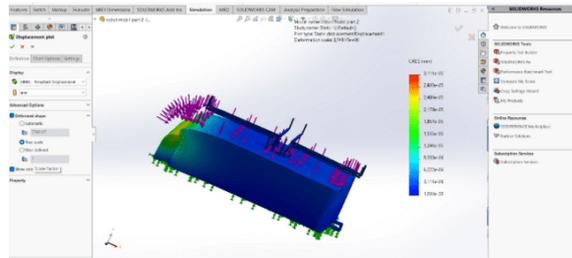
Adapun *strain* maksimal pada *body* yaitu ditunjukkan dengan warna merah sebesar $2,152e-07$ mm dan *strain* minimum yaitu ditunjukkan dengan warna biru sebesar $3,762e-22$ mm.



Gambar 8. Hasil Analisis *strain* rangka tangan robot

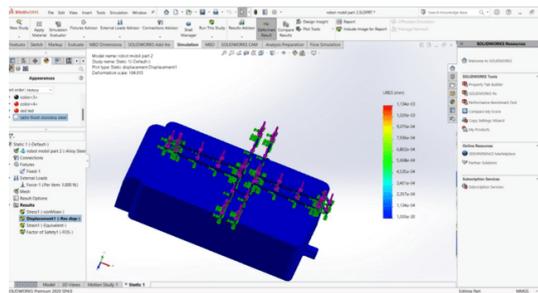
Strain maksimal pada rangka tangan robot yaitu ditunjukkan dengan warna merah sebesar $1,295e-05$ mm dan *strain* minimum yaitu ditunjukkan dengan warna biru sebesar $1,610e-15$ mm.

Analisis displacement



Gambar 9. Analisis Displacement

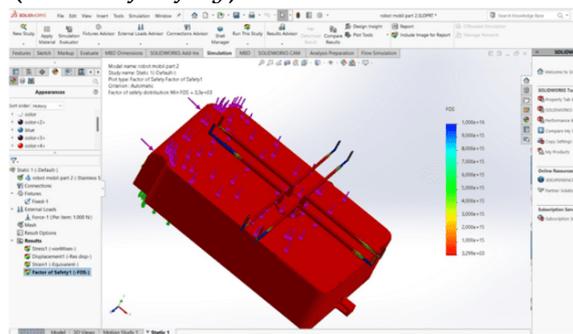
Adapun *displacement* maksimal pada *body* yaitu ditunjukkan dengan warna merah sebesar 3,111e-05 mm dan *displacement minimum* yaitu ditunjukkan dengan warna biru sebesar 1,000 e-30 mm.



Gambar 10. Analisis Displacement

Adapun *Displacement* maksimal pada rangka tangan robot yaitu ditunjukkan dengan warna merah sebesar 1,134e-03 mm dan *displacement minimum* yaitu ditunjukkan dengan warna biru sebesar 1,000 e-30 mm.

Analisis Faktor Keamanan (*Factor of safety*)

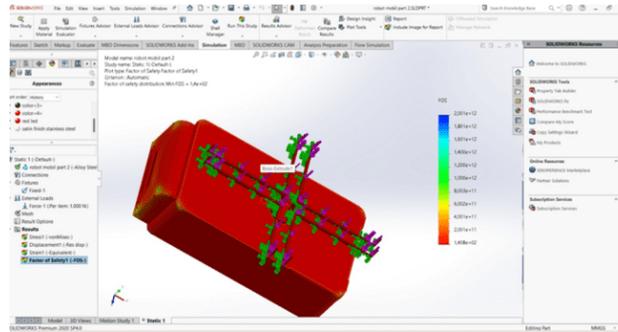


Gambar 11. Analisis faktor keamanan rangka *body* robot

Factor of Safety (FOS) atau *Safety Factor* (SF) adalah ukuran seberapa besar struktur lebih kuat dari yang diperlukan untuk menahan pembebanan yang direncanakan. Secara matematis, FOS dapat dirumuskan sebagai rasio antara kekuatan absolut struktur dan pembebanan aktual yang diterapkan. Adapun *Factor of Safety* (FoS) maksimal pada *body* yaitu ditunjukkan dengan warna biru sebesar 1,000e+16 N/m² dan *Factor of Safety* (FoS) minimum yaitu ditunjukkan dengan warna merah sebesar 3,299e+03 N/m². Berikut ini merupakan cara menghitung nilai *Factor of Safety body*:

$$Sf: 1,723e+08 / 5,225e+04 = 3297.6076555 \text{ N/m}^2$$

Maka dapat diketahui nilai *safety faktornya* adalah 3297.6076555 N/m².



Gambar 12. analisis faktor keamanan rangka tangan robot

Factor of Safety (FOS) maksimal pada rangka robot tangan yaitu ditunjukkan dengan warna biru sebesar $2,001e+12$ N/m² dan *Factor of Safety* (FOS) minimum yaitu ditunjukkan dengan warna merah sebesar $1,408e+02$ N/m². Cara menghitung nilai *Factor of Safety* rangka tangan robot:

$$Sf: 6,204e+08 / 4,406e+06 = 140.807989106 \text{ N/m}^2.$$

Maka dapat diketahui nilai *safety faktornya* adalah 140.807989106 N/m².

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari perancangan yang telah kami lakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Robot gerak otomatis yang biasa dikenal dengan nama robot bergerak beroda merupakan robot yang dapat bergerak secara otomatis. Robot ini dirancang dengan menggunakan *IoT* yang dapat terhubung dengan remote kontrol dan juga dapat digerakkan secara otomatis. Robot ini berfungsi untuk memindahkan barang produksi dengan cepat secara otomatis maupun dengan cara manual dengan menggunakan remot kontrol yang digerakkan oleh operator. Robot ini dilengkapi dengan berbagai macam sensor dan modul untuk menggerakkan robot tersebut. Robot ini dilengkapi dengan rangka tangan yang dapat digunakan untuk menaikkan dan meletakkan bahan produksi secara otomatis maupun menggunakan remote kontrol. Robot ini dirancang khusus untuk memudahkan operator dalam menjalankan pekerjaannya pada proses produksi.
2. Perancangan ini dilakukan simulasi *stress*, *displacement*, *strain* dan *Factor of safety* dengan menggunakan *Software Solidworks*. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar beban yang dapat diangkat oleh robot tersebut. Dapat diperoleh hasil simulasi bahwasanya pada saat robot di beri beban 100 kg, robot masih bisa mengangkat berat beban tersebut dikarenakan *safety factor* dari *body* robot tersebut adalah 3297.6076555 N/m². *Body* robot tersebut menggunakan material baja karbon rendah yaitu *Stainless steel (ferritic)* dikarenakan sifat mekanik material ini cukup kuat dan cocok untuk mengangkat beban berat. Adapun rangka tangan robot mobil menggunakan material *Alloy Steel*, dikarenakan sifat mekanik dari material ini cocok untuk menahan beban yang sangat berat. Material ini memiliki nilai *safety factor* 140.807989106 N/m².

Saran

1. Saat pembuatan robot otomatis, diharapkan proses tidak hanya bergantung pada rancangan awal saja. Jika ada kekurangan atau masalah yang muncul saat realisasi, maka diharapkan untuk menyempurnakan desain tersebut agar robot dapat berfungsi dengan optimal.

2. Diharapkan kedepannya bisa dikembangkan lagi dan memungkinkan terintegrasi dengan aplikasi *mobile*, seperti notifikasi di *smartphone* terkait lokasi robot bergerak otomatis.

DAFTAR RUJUKAN

- Arbi, A. I., & Rendra, H. (2022). Perancangan Tata Letak Fasilitas Lantai Produksi Pada Pembuatan Sepatu Dengan Menggunakan Metode Systematic Layout Planning CV. Sinar Persada Karyatama. *IKRAITH-Teknologi*, 6(3), 38-52. <https://doi.org/10.37817/ikraith-teknologi.v6i3.2305>
- Badan Pusat Statistik. (Diakses pada 3 Februari 2025), "Industri Manufaktur." [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/subject/9/industri-manufaktur.html>
- Hisar, T. A., & Kurniawan, E. D. (2024). Kemajuan Teknologi Robot Pada Cerpen Nirvana Karya Saras Dewi. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 2(1), 411-416. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10566377>
- International Federation of Robotics. "Sales of Service Robots up 30% Worldwide - IFR Reports." *Business Wire*, 8 Oktober 2024. Available: <https://www.businesswire.com/news/home/20241008943565/en/Sales-of-Service-Robots-up-30-Worldwide-%E2%80%93-IFR-Reports>
- McKinsey & Company. (2022). "Harnessing automation for a future that works." Available: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/digital-disruption/harnessing-automation-for-a-future-that-works>
- Pangestika, D., Sari, D. R., & Sari, D. P. (2023). "Mengurangi Ongkos Material *Handling* Melalui Perbaikan Layout Menggunakan Systematic Layout Planning (SLP)." *Jurnal Baut dan Manufaktur*, 2(2), 37-44.
- Rahman, H. (2022). Perancangan mesin otomasi di divisi machinery PT Denso Manufacturing Indonesia.
- Saputra, R. (2023). Peningkatan Efisiensi Operasional Melalui Implementasi Teknologi Terkini Dalam Proses Produksi. *Journal of Creative Power and Ambition*, 1(1), 13-26. <https://edujavare.com/index.php/jcpaWebsite:https://edujavare.com/>
- Sibuea, S., & Saftaji, B. (2020). Perancangan Sistem Monitoring Beban Kendaraan Menggunakan Teknologi Sensor Load Cell. *Jurnal Teknologi Informatika Dan Komputer*, 6(2), 144-156. <https://doi.org/10.37012/jtik.v6i2.309>
- Syam, S. (2020). Pengaruh Efektifitas Dan Efisiensi Kerja Terhadap. *Jurnal Ilmu Manajemen*, 4(2), 128-152.
- Taheri, H., & Zhao, C. X. (2020). Omnidirectional mobile robots, mechanisms and navigation approaches. *Mechanism and Machine Theory*, 153, 103958. <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2020.103958>
- Yu, J. (2020). Real-Time Weld Quality Prediction Using a Laser Arc Welding.