Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi **e-ISSN**: 2549-4236, **p-ISSN**: 1411-8939
Lembaga Penellitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
Volume 23(2), Juli 2023, 1231-1239
DOI: 10.33087/jiubj.v23i2.3654

Analisis *Finite Element Aluminium Alloy* 6063-T5 Pada *Jig Positioning* Untuk Perakitan *Rooftop* Interior Mobil

Desy Agustin*, Abdul Wahid Arohman, Muhamad Agus, Hasan Sudrajat, Solihin
Politeknik STMI Jakarta
*Correspondence: desyag@stmi.ac.id

Abstrak. Alat bantu pada proses produksi sangat dibutuhkan khususnya dalam proses produksi guna mempercepat dan meningkatkan kualitas produksi di industri otomotif. Pada penelitian ini akan dirancang design mesin jig positioning yang digunakan pada saat melakukan design maupun assy pada panel roof sebuah mobil sehingga dapat membantu area yang sulit dijangkau saat melakukan assy maupun design pada panel roof mobil tersebut. Setelah melakukan perancangan design, yang diperlukan saat assy panel roof interior mobil yaitu uji perancangan mesin tersebut sehingga material pada mesin yang akan dibuat sudah masuk dalam kategori aman. Pengujian pada mesin dilakukan dengan menggunakan material jenis Aluminium Alloy 6035-t5 dengan penambahan faktor gaya yang berbeda yaitu 34.3N, 39.2N, dan 44.1N. Penambahan faktor gaya didasarkan pada maksimum beban yang akan diberikan saat melakukan assy panel roof pada mobil. Pengujian dilakukan dengan melakukan simulasi menggunakan Solidworks CAD pada bagian lengan mesin jig positioning yang akan menjadi tumpuan saat pemberian beban. Simulasi yang dilakukan akan dianalisis nilai faktor kesesuaian material diantaranya nilai deformasi, regangan-tegangan, dan factor of safety pada mesin jig positioning tersebut. Hasil pada simulasi menunjukkan terjadinya perubahan pada nilai faktor kesesuaian material akibat dari perbedaan gaya yang diberikan. Faktor kesesuaian material pada lengan jig positioning yang dirancang dapat mengakomodasi berat beban dengan maksimal gaya 44.1N dengan nilai displacement maksimum 1,062e+02mm, nilai stress 1,087e+08N/m^2, nilai FOS 1.33e+00, dan nilai Strain sebesar 1,19e-03. Berdasarkan hasil simulasi faktor kesesuaian material tersebut, lengan jig positioning berada dalam batas aman.

Kata kunci : Jig, deformasi, stress, FOS, strain, computer aided design (CAD).

Abstract. *Tools in the production process are needed in the production process in order to accelerate and improve the quality of production, especially in the automotive industry. In this study, a jig positioning machine design will be designed which is used when assembly on the roof panel of a car so that it can help areas that are difficult to reach when doing assembly or design on the roof panel of the car. After designing the required design for the car interior roof panel assembly, it is necessary to test the design of the machine so that when the material on the machine ready to be made is already in the safe category. Testing on the machine is carried out using a material with the type of Aluminum Alloy 6035-t5 with the addition of different force factors, namely 34.3N, 39.2N, and 44.1N. The addition of the force factor is based on the maximum load given when doing the roof panel assembly on the car. The test is carried out by performing simulations using CAD Software on the arm of the jig positioning machine which will be the support when applying the load. The simulation carried out will analyze the value of material suitability factors including the value of deformation, strain-stress, and factor of safety on the jig positioning machine. The results of the simulation show that there is a change in the value of the material suitability factor due to the difference in the applied force. The suitability factor of the material on the designed jig positioning arm can accommodate the weight of the load with a maximum force of 44.1N with a maximum displacement value of 1.062e+02 mm, a stress value of 1.087e+08N/m^2, a FOS value of 1.33e+00, and a Strain value of 1 ,19e-03. Based on the simulation results of the suitability factor of the material, the jig positioning arm is within safe limits.*

Keywords **:** *Jig, Deformation, Stress, Factor of Safety (FOS), Strain, Computer Aided Design (CAD)*

PENDAHULUAN

Industri otomotif terus berkembang dengan cepat mengikuti era teknologi saat ini, dalam mengikuti perkembangan tersebut proses perakitan memiliki peran penting dalam perkembangan suatu perusahaan di dalam proses produksi. Peningkatan efisiensi dalam perakitan di suatu perusahaan akan mempengaruhi efisiensi dari proses produksi secara keseluruhan. Suatu perusahaan untuk mengetahui efisiensi proses perakitan sebuah produk dapat dilihat dalam dua hal yaitu operator yang menjalankan perakitan atau robot yang merakit produk itu sendiri (Kristyanto & Dewa, 1999).

Proses perakitan produk secara otomatis atau yang biasanya menggunakan robot dapat meningkatkan efisiensi dari proses produksi (Javaid et al. 2021). Perakitan panel rooftop interior mobil merupakan salah satu bagian dari proses perakitan, dimana proses perakitan panel rooftop tersebut pada penelitian ini diusulkan dengan menggunakan alat bantu jig untuk meningkatkan efisiensi proses perakitan tersebut. Alat bantu jig merupakan alat yang dapat membantu proses manufaktur sehingga diperoleh produk dengan keseragaman yang akurasi yang tinggi (Prassetiyo dkk, 2016). Modifikasi suatu alat dalam hal ini alat bantu jig perlu dilakukan, sehingga kegunaan dari alat bantu tepat guna dalam proses perakitan (Matuszek et al. 2020). Pada penelitian ini akan dilakukan penentuan desain, ukuran dan spesifikasi komponen yang dibutuhkan serta analisa kekuatan material melalui perhitungan simulasi pada alat bantu jig yang akan digunakan untuk perakitan panel rooftop sebuah mobil.

Sifat kekuatan material alat bantu jig sangat diperlukan hal ini berkaitan dengan seberapa besar kemampuan alat bantu jig dapat menerima beban (Ashby dkk, 2014). Jika material dari alat bantu tidak kuat maka akan mudah rusak, sehingga perlu adanya penelitian tentang mengetahui ketahanan material dari alat bantu yang dibuat agar dapat menyesuaikan beban maksimal yang dapat diberikan terhadap alat bantu yang akan digunakan. Beberapa pengujian terhadap ketahanan material dapat menggunakan metode numerik yaitu menggunakan simulasi perangkat lunak (*software*) *solidwork cad* sehingga akan menghindari resiko kegagalan terhadap alat bantu yang akan dihasilkan (Mulyanto & Sapto 2017).

Pemilihan material sebelum dilakukan analisis terhadap ketahanan alat bantu perlu dilakukan. Material yang digunakan pada penelitian ini menggunakan Aluminium Alloy 6063-t5. Material aluminium alloy adalah sejenis logam metal, yang dapat didaur ulang kembali maupun dapat diproduksi ulang (Ho et al. 2020). Kekuatan pada Aluminium Alloy lebih kecil dari bahan baja namun memiliki berat yang lebih ringan dibandingkan dengan bahan besi dan juga Aluminium Alloy tahan terhadap korosi sehingga lebih banyak digunakan di kendaraan atau industri otomotif (Ho et al. 2020); (Barsoum et al. 2014). Setelah melakukan pemilihan material yang akan digunakan pada penelitian ini dilanjutkan dengan perancangan dan analisa. Pada penelitian ini analisis numerik akan dilakukan pada material lengan jig yang telah dirancang sebagai tempat penumpuan beban saat digunakan sebagai alat bantu proses perakitan panel roof interior mobil. Penelitian menggunakan analisis numerik terhadap ketahanan material menggunakan *software solidwork cad* telah banyak digunakan dengan analisa dalam beberapa hal yaitu mengetahui tegangan-regangan maksimum, deformasi dan faktor keamanan (Ari & Wibawa 2020); (Arif dkk, 2023); (Sutisna dkk, 2021); (Wibawa, 2021).

Tinjauan Teori

Regangan merupakan nilai dari pertambahan panjang per satuan panjang sedangkan tegangan pada sebuah komponen dapat diukur setelah regangan diukur terlebih dahulu (Diinil, 2020). Hukum Hooke menyatakan bahwa pada batasan tertentu, tegangan pada suatu material yang diuji akan berbanding lurus dengan regangan pada material tersebut. Dimana semakin besar nilai perubahan tegangan yang terdapat pada material uji maka akan semakin besar pula regangannya (Ruiz-Moreno et al. 2020). Perubahan regangan pada ukuran sebuah benda disebabkan karena adanya gaya atau kopen dalam sebuah kesetimbangan yang dibandingkan dengan ukuran pada awalnya disebut dengan regangan (Lee dkk, 2021).

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

dimana ε = regangan, ΔL = pertambahan panjang (mm), dan L= panjang mula-mula (mm).

Dapat dikatakan bahwa regangan merupakan adanya perubahan dari panjang sebuah material dimana merupakan respon dari adanya pemberian pembebanan pada material tersebut (Wulandari dkk, 2021). Pemberian beban terhadap benda yang bekerja maka benda akan mengalami perubahan bentuk dan ukuran (Prasetyo dkk, 2020). Perubahan bentuk dan ukuran disebut sebagai deformasi. Terdapat dua macam deformasi yaitu deformasi elastis dan plastis. Perubahan bentuk benda yang dapat kembali ke bentuk semula benda tersebut disebut dengan deformasi elastis (Li & Fu 2019). Sedangkan benda yang tidak dapat kembali kebentuk semula atau dikatakan benda mengalami perubahan bentuk yang tetap disebut

dengan Deformasi Plastis (Rama 2007). Dalam perancangan sebuah desain untuk menganalisis kekuatan material, kriteria yang dapat digunakan sebagai acuan adalah kekuatan luluh (yield strength), yaitu nilai terendah pada suatu tegangan dimana material tersebut mengalami deformasi plastis. Saat adanya deformasi, material dapat kembali kebentuk semula ketika nilai tegangan material masih dibawah dari yield strength maka material tersebut dikategorikan aman untuk digunakan (Wibawa 2019).

Selain analisis dari tegangan maka akan dilihat juga nilai tegangan dari lengan jig yang akan dibuat. Tegangan merupakan pengamatan perubahan dari material saat diberikan gaya atau beban (Ashby dkk, 2014). Saat material diberikan nilai luasan penampang yang sama dengan beban yang sama dan searah maka akan timbul tegangan pada material tersebut. Semua material akan berubah bentuk dikarenakan adanya pengaruh dari pemberian gaya (Caplan 1993). Tegangan atau yang biasa disebut dengan Stress dapat diartikan dengan perbandingan dari ukuran semula sebelum diberikan gaya dengan perubahan ukuran saat telah diberikan gaya dari luar terhadap material tersebut (Lindström dkk, 2022).

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

dimana σ = tegangan (Pa), F = gaya (N), dan A = luas penampang (mm^2).

Faktor keamanan adalah faktor yang menjadi acuan kemampuan suatu material dapat menerima beban dari luar baik dari beban tekan maupun beban tarik (Rozak 2021). Faktor keamanan ditentukan untuk menetapkan standar nilai tegangan geser sehingga tidak melebihi dari ukuran batas tegangan sebuah material, namun secara umum pertimbangan dipengaruhi dari nilai faktor keamanan material tersebut. Perbandingan dari kekuatan material yang sebenarnya dengan kekuatan yang dibutuhkan untuk sebuah material dapat dirumuskan dengan rumus faktor keamanan.

$$F = \frac{\sigma max}{\sigma min}$$

Faktor keamanan ditentukan untuk mengevaluasi keamanan komponen dari struktur yang digunakan kemudian dijadikan sebagai indikator keberhasilan atau kegagalan dalam sebuah produk (Ari et al. 2019). Ketentuan faktor keamanan struktur dari material yang akan dirancang pada penelitian ini menggunakan ketentuan dari bahan-bahan ulet yaitu menggunakan nilai faktor keamanan η = 1,25 hingga 2,0 pada perancangan material yang menerima beban statis (Ruiz-Moreno dkk. 2020).

METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini menggunakan data rancangan design 3D lengan mesin jig positioning panel roof yang kemudian akan disimulasikan pengujian analisis beban statis menggunakan software solidwork cad. Material yang digunakan pada rangka mesin jig ini yaitu Aluminium Alloy dengan ukuran (1500 × 700 × 1106) cm. Analisis dari kekuatan pada lengan jig menggunakan analisis numerik yang dalam perkembangannya disebut sebagai metode elemen hingga (*finite elements method)* (Rama, 2007). Dengan menggunakan metode elemen hingga maka akan dapat dilakukan pendekatan analisis tegangan-regangan dan perubahan yang terjadi pada suatu struktur dengan menggunakan beban statis (Nugroho, 2015).

Tabel 1
Mechanical Properties of 6063-T5 Aluminium ALLOY

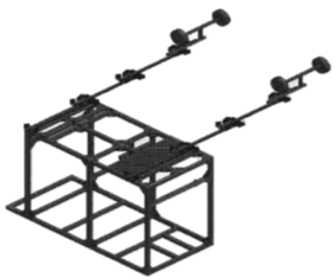
Property	Value	Units
Elastic Modulus	69000	N/mm^2
Poisson's Ratio	0.33	N/A
Shear Modulus	285	N/mm^2
Mass Density	2700	kg/m^3
Tensile Strength	185	N/mm^2
Compressive Strength		N/mm^2
Yield Strength	1452.34 E-5	N/mm^2
Thermal Expansion Coefficient	5	K
Thermal Conductivity	209	W/(m.K)

Sumber: Diinil, (2020)

Alur pada penelitian ini sebagai berikut: (1) proses studi literatur untuk mendapatkan beberapa referensi dari penelitian sebelumnya seperti perancangan, pemilihan material yang tepat dan metode analisis yang akan digunakan; (2) proses perancangan desain, ditentukan dimensi ukuran rangka mesin yang akan dibuat; (4) pemilihan material, dilakukan agar pemilihan material sesuai dengan yang dibutuhkan sehingga tidak mengakibatkan mesin cepat rusak ketika digunakan; (5) *fixed geometry*, penentuan titik tumpu pada rangka mesin jig yang akan diberikan beban, dalam hal ini akan diletakkan pada lengan mesin jig positioning; (6) pembebanan pada Rangka, pembeban ini berdasarkan dari beban maksimum dari komponen yang terdapat pada lengan jig; (7) meshing proses, untuk menentukan besaran mesh pada rangka yang telah dibuat; dan (8) analisis deformasi, tegangan-regangan, dan faktor keamanan pada lengan jig positioning yang telah diberikan beban menggunakan *software Solidworks* CAD.

HASIL

Gambar 1 hasil perancangan mesin *jig positioning* untuk merakit rooftop pada interior mobil dibuat dengan menggunakan *software solidworks* CAD yang terdiri dari komponen frame, pneumatik, holder jig dan lengan jig positioning. Setelah perancangan desain mesin *jig positioning* secara keseluruhan dilakukan maka akan diambil bagian dari lengan jig yang akan diuji ketahanan materialnya. Lengan jig akan dilakukan pengujian menggunakan tiga perbedaan gaya sesuai dengan beban maksimum dari komponen lengan jig tersebut. Sedangkan Gambar 2 design dari lengan jig yang akan diberikan bebam ebesar 44.1 N,39.2N dan 34.3 N. Lengan jig yang diberikan perbedaan beban akan dianalisis nilai deformasi, nilai tegangan-regangan, dan faktor keamanannya.



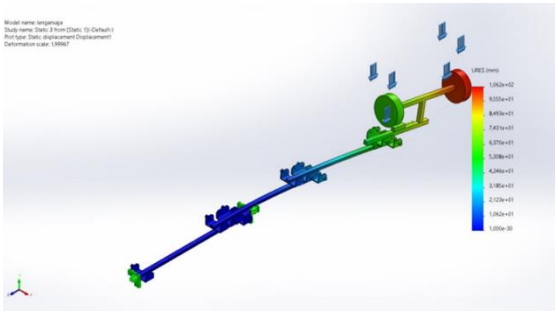
Sumber: data olahan

Gambar 1
Rancangan Desain Mesin Jig



Sumber: data olahan

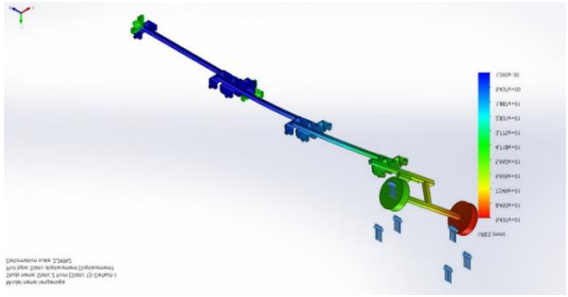
Gambar 2
Lengan Jig Positioning



Sumber: data olahan

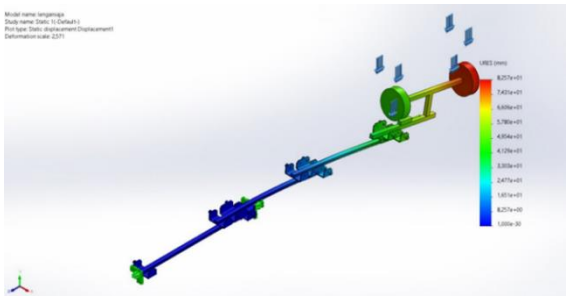
Gambar 3
Nilai Deformasi dengan beban 44.1N menunjukkan titik kritis pada 1,062e+02 mm

Sebuah material akan tahan atau tidak rusak terhadap energi tarik atau tekannya jika energi tersebut tidak melebihi energi karakteristik material tersebut (Lv et al. 2020). Pada material yang digunakan dalam penelitian ini termasuk ke dalam *elastic deformation* dikarenakan deformasi material masih bisa kembali ke bentuk semula, struktur mikro masih bisa kembali ke bentuk semula (Nakano 2019). Hasil analisis statis menunjukkan semakin besar gaya yang diberikan maka semakin besar nilai deformasi. Dibuktikan dengan nilai pada simulasi gaya dengan 34.3 N menghasilkan 8,257e+01mm, gaya dengan 39.2N menghasilkan nilai 8,257e+01mm dan gaya dengan 44.1N menghasilkan nilai 1,062e+02mm. Hasil simulasi deformasi maksimum pada masing-masing gaya yang telah diberikan dapat menyatakan nilai deformasi yang mampu dialami suatu material tanpa terjadinya kerusakan maupun patah sesuai pada Gambar 3,4 dan 5.



Sumber: data olahan

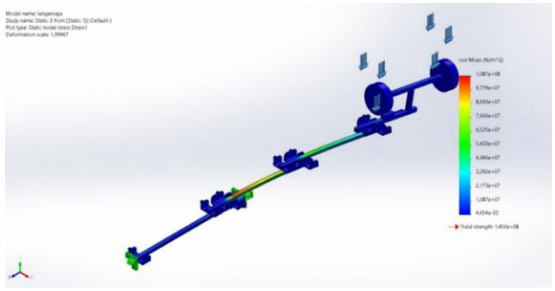
Gambar 4
Nilai Deformasi dengan beban 39.2 N menunjukkan titik kritis pada 9,437e+01mm



Sumber: data olahan

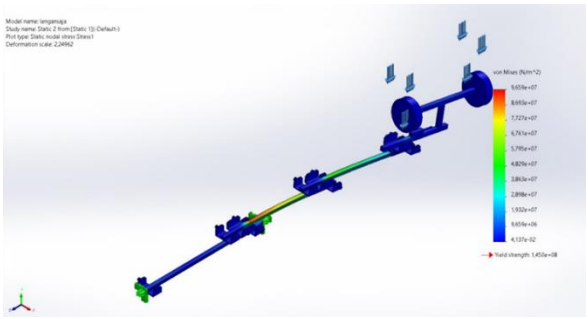
Gambar 5
Nilai Deformasi dengan beban 34.3 N menunjukkan titik kritis pada 8,257e+01mm

Tegangan Von Mises menjadi faktor penentu apakah material akan gagal atau tidak (Ari and Wibawa 2020). Tegangan Von Mises dihitung dari beberapa tegangan pada titik tertentu yang dapat menyebabkan kegagalan. Material akan gagal ketika tegangan von Mises melebihi kekuatan material (Lv et al. 2020). Teori von Mises adalah teori plastisitas paling baik yang diterapkan pada material yang ulet, terutama untuk material logam seperti Aluminium 6063-T5. Tegangan von Mises disebut juga dengan tegangan ekuivalen.



Sumber: data olahan

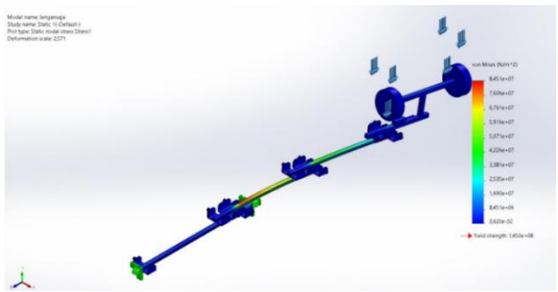
Gambar 6
Nilai Tegangan pada Lengan Jig dengan Gaya 44.1 N dalam kategori aman yaitu 1,087e+08N/m^2 kurang dari 1,45e+08 N/m^2



Sumber: data olahan

Gambar 7
Nilai Tegangan pada Lengan Jig dengan Gaya 39.2 N dalam kategori aman yaitu 9,659e+07N/m^2 kurang dari 1,45e+08 N/m^2

Hasil simulasi menunjukkan bahwa tegangan maksimum meningkat dengan meningkatnya Gaya yang diberikan. Pada gaya 34.3 N tegangan yang dihasilkan adalah 8,451e+07N/m^2 sedangkan dengan gaya 44.1 N nilai tegangan yang dihasilkan 1,087e+08N/m^2 menunjukkan bahwa kenaikan tegangan linier dengan kenaikan berat yang diberikan. Analisis tegangan statis material tidak akan gagal selama tegangan von Mises maksimum tidak melebihi yield strength dari material yang digunakan (Al-Janan et al. 2022); (Zongchun, Xiaolan & Liru 2019).



Sumber: data olahan

Gambar 8
Nilai Tegangan pada Lengan Jig dengan Gaya 34.3 N dalam kategori aman yaitu 8,451e+07N/m^2 kurang dari 1,45e+08 N/m^2

Hasil simulasi pada Gambar 6,7 dan 8 memiliki nilai tegangan masing-masing pada gaya 34.3N, 39.2N, 44.1N yaitu sebesar 8,451e+07N/m^2, 9,659e+07N/m^2 dan

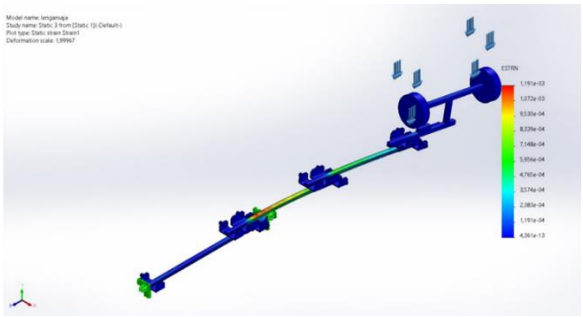
1,087e+08N/m^2 nilai tersebut kurang dari nilai yield strength 1,45E+08 N/m^2.

Tabel 2
Perbandingan Nilai Tegangan dengan Yield Strength

Gaya	Bidang	Material	Stress	Yield Strength
34.3 N	Lengan Jig Positioning	Aluminium Alloy 6063-T5	8,45E+07 N/m^2	1,45e+08 N/m^2
39.2 N	Lengan Jig Positioning	Aluminium Alloy 6063-T5	9,66E+07 N/m^2	1,45e+08 N/m^2
44.1 N	Lengan Jig Positioning	Aluminium Alloy 6063-T5	1,09E+08 N/m^2	1,45e+08 N/m^2

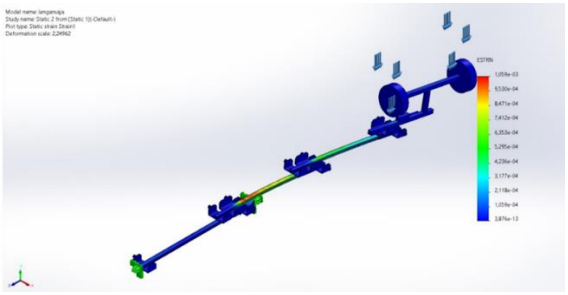
Sumber: data olahan

Modulus Elastisitas adalah ukuran kekuatan suatu material akan elastisitasnya. Makin besar modulus, makin kecil regangan elastik yang dihasilkan akibat pemberian tegangan (Subramanian n.d.). Maka dari itu regangan akan sangat bergantung dengan nilai tegangan, dapat dilihat dalam kekuatan dalam material dengan meninjau luas keseluruhan daerah di bawah kurva tegangan-regangan (Laksanawati & Gunawan, 2018). Luas ini menunjukan jumlah energi tiap satuan volume yang dapat diberikan pada material tanpa mengakibatkan pecah. Dalam hasil simulasi regangan yang dihasilkan mempunyai nilai yang linier dengan tegangan yaitu semakin besar gaya yang diberikan maka semakin besar pula regangannya. Nilai yang didapatkan dari hasil simulasi pemberian gaya sebesar 44.1 N (Gambar 9) memiliki nilai 9.27E-04, gaya sebesar 39.2 N (Gambar 10) memiliki nilai 1.06E-03 dan gaya sebesar 34.3 N (Gambar 11) memiliki nilai 1.19E-03.



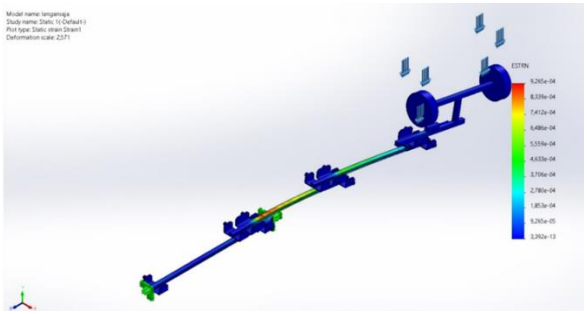
Sumber: data olahan

Gambar 9
Nilai Regangan pada Lengan Jig yang diberikan sebesar Gaya 44.1N memiliki nilai 1,191e-03



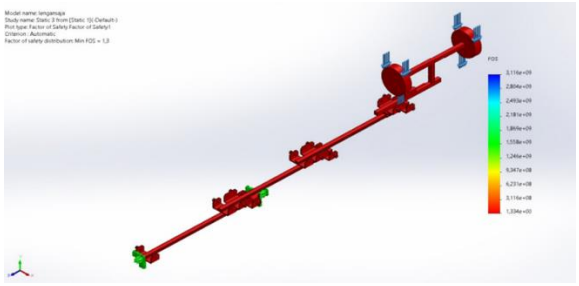
Sumber: data olahan

Gambar 10
Nilai Regangan pada Lengan Jig yang diberikan sebesar Gaya 39.2N memiliki nilai 1,059e-03



Sumber: data olahan

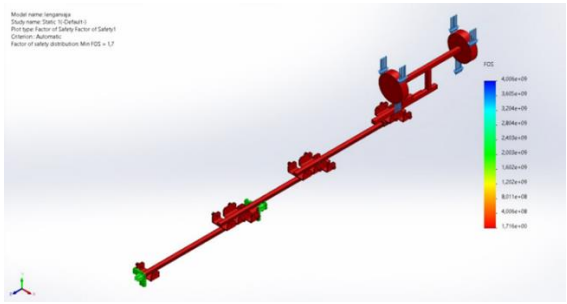
Gambar 11
Nilai Regangan pada Lengan Jig yang diberikan sebesar Gaya 34.3N memiliki nilai 9,265e-04



Sumber: data olahan

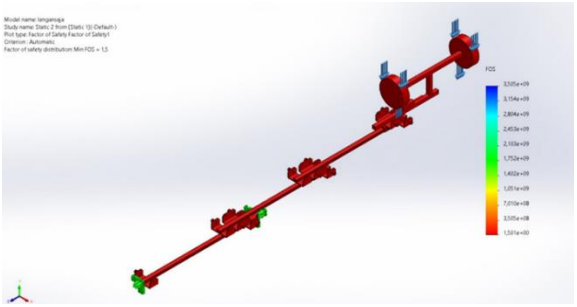
Gambar 12
Nilai Faktor Keamanan pada Lengan Jig dengan gaya 44.1N memiliki nilai FOS 1,334e+00

Faktor keamanan adalah faktor yang digunakan untuk mengevaluasi nilai aman material yang merupakan bagian dari suatu mesin. Untuk menghindari terjadinya keruntuhan struktur (*structure-failure*) maka kekuatan sebenarnya dari suatu material haruslah melebihi kekuatan yang dibutuhkan (Jørgensen & Swannack, 2019). Perbandingan dari kekuatan sebenarnya terhadap kekuatan yang dibutuhkan disebut faktor keamanan (*factor of safety*) yang dirumuskan (Shigley's & Budynas, 2011). Untuk menentukan faktor keamanan suatu struktur yang akan dirancang dapat menggunakan aturan kriteria pada material yang digunakan.



Sumber: data olahan

Gambar 13
Nilai Faktor Keamanan pada Lengan Jig dengan gaya 34.3N memiliki nilai FOS 1,716e+00



Sumber: data olahan

Gambar 14
Nilai Faktor Keamanan pada Lengan Jig dengan gaya 39.2N memiliki nilai FOS 1,501e+00

Pada penelitian ini menggunakan material ulet dengan faktor keamanan η = 1,25 hingga 2,0 yang digunakan untuk perancangan struktur yang menerima beban statis dengan tingkat kepercayaan yang tinggi untuk semua data perancangan(Diinil Mustaqiem 2020). Dari hasil simulasi kekuatan lengan jig yang diberikan Gaya 44.1N, 39.2N dan 34.3N dapat ditentukan bahwa tegangan maksimal yang terjadi pada lengan jig saat dilakukan pembebanan adalah di bawah angka kekuatan luluh (yield strength) Sy = 1,45e+08 N/m^2 dimana lengan jig masih mengalami deformasi elastis tetapi akan kembali pada bentuk semula. Dengan menggunakan nilai tegangan dan kekuatan luluh yang dihasilkan dalam simulasi tersebut maka dapat juga dihitung Faktor Keamanan pada Lengan Jig dengan menggunakan rumus:

$$Sf = \frac{sy}{\sigma}$$

Tabel 3
Hasil Nilai Faktor Keamanan Pada Lengan Jig

Nilai Simulasi	Gaya		
	34.3 N	**39.2N**	**44.1N**
Nilai Stress	8.45E+07	9.65E+07	1.09E+08
Yield Strength	1.45E+08	1.45E+08	1.45E+08
Nilai FOS	1.72E+00	1.50E+00	1.33E+00

Sumber: data olahan

Selain nilai FOS yang dilakukan dengan perhitungan secara manual, nilai FOS juga dapat dilihat pada masing-masing simulasi Solidworks CAD yang ditunjukkan pada Gambar 12,13 dan 14. Hasil perhitungan manual dari *safety factor* maupun menggunakan simulasi Solidworks CAD menghasilkan nilai yang sama yaitu dibatas aman dari ketentuan nilai *safety factor*.

SIMPULAN

Penelitian pada perancangan mesin jig difokuskan pada lengan jig yang diberikan beban Gaya 44.1N, 39.2 N dan 34.3N, analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak Solidworks CAD dengan metode elemen hingga untuk dianalisis nilai deformasi, regangan tegangan dan faktor keamanan pada material mesin jig. Material yang digunakan pada mesin jig adalah Aluminium 6063-T5. Design lengan jig mesin Positioning dalam kategori aman untuk menopang beban dikarenakan hasil nilai FOS diantara kategori faktor keamanan untuk material ulet η = 1,25 hingga 2,0 yaitu sebesar nilai FOS 1.33e+00 pada gaya 44.1N. Hasil tegangan pada lengan jig masih dibawah dari yield strength yaitu sebesar nilai stress 1,087e+08N/m^2, sedangkan regangan akan berbanding lurus dengan hasil nilai tegangan.

DAFTAR PUSTAKA

Al-Janan, D. H., Kriswanto, R. Unggul, A. Roziqin, R. D. Widodo, A. Hangga, B.

Wiratama, B. Wijayanto, and J. 2022. Stress and Displacement Analysis of Powder Packaging Machine of Capacity 2,600 Pcs/Hours. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 969(1).

Ari, Lasinta, and Nendra Wibawa. 2020. Numerical Study of The Effect of Wall Thickness and Internal Pressure on Von Mises Stress and Safety Factor of Thin-Walled Cylinder For Rocket Motor Case. 9(1), 30–38.

Ari, Lasinta, Nendra Wibawa, 2019, Desain dan Analisis Kekuatan Rangka Lemari Perkakas di Balai Lapan Garut Menggunakan Metode Elemen Hingga, 5(2), 45–50.

Arif, Joni, Pungkas Prayitno, and Halan Al Hafidh. 2023. Analisis Static Pada Aluminium 5052 Dengan Variasi Sudut Menggunakan Solidworks Solidworks Static Study of Aluminum 5052 at Various Angles. 10, 38–50.

Ashby, Michael, Shercliff, Hugh, Cebon, David. 2014. Materials_Engineering,Science, Processing and Design. in *Materials_Engineering,Science, Processing and Design*. Elsevier.

B. Kristyanto, and P. K. Dewa SP. 1999. Kontribusi Ergonomi Untuk Rancangan Perakitan. *Jurnal Teknologi Industri*, 3(1), 47–62.

Barsoum, I., F. Khan, A. Molki, and A. Seibi. 2014. Modeling of Ductile Crack Propagation in Expanded Thin-Walled 6063-T5 Aluminum Tubes. *International Journal of Mechanical Sciences* 80, 160–168.

Caplan, Robert. 1993. *Simplified Mechanics and Strength of Materials*, 5th Edition.

Diinil Mustaqiem, Aqshal. 2020. Analisis Perbandingan Faktor Keamanan Rangka Scooter Menggunakan Perangkat Lunak Solidwork 2015. *Jurnal Teknik Mesin* 9(3), 164

Ho, Minghsiung, Pinghui Lee, Chao Ye, Chipang Lin, and Chenfu Huang. 2020. Experiment and Finite Element Analysis Study on the Deflection of Aluminum Extruded 6063-T5 Hollow Structural Beam. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 711(1).

Javaid, Mohd, Abid Haleem, Ravi Pratap Singh, and Rajiv Suman. 2021. Substantial Capabilities of Robotics in Enhancing Industry 4.0 Implementation. *Cognitive Robotics* 1, 58–75.

Jørgensen, Sven E., and Todd M. Swannack. 2019. Model Types: Overview☆. 145–153, Second E. Fath. Oxford: Elsevier.

Laksanawati, Ellysa Kusuma, and Alvin Adhita Gunawan. 2018. Pengujian Kekuatan Rig Untuk Uji Tarik Baja A36 Diameter 30 Mm Bentuk Standard Dengan Analisa Software Solidwork. *Motor Bakar: Jurnal Teknik Mesin*, 2(1).

Lee, Jungsub, Sang Youn Park, and Byoung Ho Choi. 2021. Evaluation of Fatigue Characteristics of Aluminum Alloys and Mechanical Components Using Extreme Value Statistics and C-Specimens. *Metals*, 11(12).

Li, Heng, and Mingwang Fu. 2019. Introduction to Deformation-Based Manufacturing. *Deformation-Based Processing of Materials* 1–28.

Lindström, Stefan B., Johan Moverare, Daniel Leidermark, Hans Ansell, and Zlatan Kapidžić, 2022, Incremental Fatigue Damage Modeling of 7050-T7 Aluminum Alloy at Stress-Raisers. *International Journal of Fatigue*, 161.

Lv, Nao, Hai Bo Wang, Qi Zong, Meng Xiang Wang, and Bing Cheng. 2020. Dynamic Tensile Properties and Energy Dissipation of High-Strength Concrete after Exposure to Elevated Temperatures. *Materials* 13(23), 1–19.

Matuszek, J., T. Seneta, D. Plinta, and D. Wiecek. 2020. Manufacturability Assessment in Assembly Processes. *IFAC-PapersOnLine* 53(2) 10536–41.

Mulyanto, Tri, and Agung Dwi Sapto. 2017. Analisis Tegangan Von Mises Poros Mesin Pemotong Umbi-Umbian Dengan Software Solidworks. 18(2), 24–29.

Nakano, Takayoshi, 2019. *Physical and Mechanical Properties of Metallic Biomaterials*. 2nd ed. Elsevier Ltd.

Nugroho, Cahyo Budi. 2015. Analisa Kekuatan Rangka Pada Traktor. *Jurnal Integrasi*, 7(2), 104–107.

Prasetyo, Eko, Rudi Hermawan, Muhammad Naufal, Ibnu Ridho, and Istihara Ibnu Hajar, 2020, Analisis Kekuatan Rangka Pada Mesin Transverse Ducting Flange

(TDF) Menggunakan Software Solid Works. 13(3), 299–306.

Prassetiyo, Hendro, Rispianda Rispianda, and Haris Adanda, 2016, Rancangan Jig dan Fixture Pembuatan Produk Cover On-Off. *Teknoin*, 22(5), 350–360.

Rama, Berthan Ridho RamaBerthan Ridho. 2007. Analisa Distribusi Tegangan dan Defleksi Connecting Rod Sepeda Motor 100 Cc Menggunakan Metode Elemen. 1–42.

Rozak, Abdur. 2021. Pemodelan Fem Untuk Bollard Pada Dermaga C Pelabuhan Dumai dengan Memakai Software Solidworks. 2, 1–10.

Ruiz-Moreno, Ana, Peter Hähner, Francesco Fumagalli, Vendulka Haiblikova, Marcello Conte, and Nicholas Randall, 2020, Stress−strain Curves and Derived Mechanical Parameters of P91 Steel from Spherical Nanoindentation at a Range of Temperatures, *Materials and Design* 194, 1–12.

Shigley's, Richard G. Budynas, J., Keith Nisbett. 2011. *Mechanical Engineering Desing*. Ninth Edit. New York: The McGraw-Hill Companies.

Subramanian, N. n.d. *Building Materials*.

Sutisna, Nanang Ali, Sigit Winardi, and Agung Suhartono. 2021. Rancang Bangun Mesin Uji Universal Untuk Pengujian Tarik Dan Tekuk Bertenaga Hidrolik. 6(1), 32–41.

Wibawa, Lasinta Ari Nendra. 2019. Pengaruh Diameter Baut Terhadap Kekuatan Rangka Main Landing Gear Pesawat UAV Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Polimesin*, 17(1), 26–32.

Wibawa, Lasinta Ari Nendra. 2021. Static Stress Analysis and Fatigue Life Prediction of Rocket Motor Test Stand Using Numerical Simulation. *R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal*, 6(2), 2528–3723.

Wulandari, Amalia Ika, Alamsyah, and Cindy Lionita Agusty. 2021. Analisis Tegangan Regangan Pada Pelat Deck Dan Bottom Kapal Ferry Ro-Ro Menggunakan Finite Element Method. *Wave: Jurnal Ilmiah Teknologi Maritim* 15(1), 45–52.

Zongchun, Bai, Lv Xiaolan, and Xia Liru. 2019. Finite Element Analysis for the Lifting Platform of a Self-Propelled Multi-Functional Machine Used in Orchard. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 470(1).