



DESAIN *BOOM* SILINDER SEBAGAI JANGKAUAN PENGANGKAT BEBAN DENGAN VARIASI SUDUT ANGKAT PADA *EXCAVATOR PROTOTYPE*

Alvin Christianto Pakpahan¹, Nur Rohmat², Giyanto³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No.1, Tangerang Selatan, Indonesia

E-mail : christalvin13@gmail.com¹, dosen00597@unpam.ac.id³, dosen01247@unpam.ac.id³

Masuk : 19 September 2022

Direvisi: 10 Oktober 2022

Disetujui: 31 Oktober 2022

Abstract: *Excavator (excavator) is a heavy equipment consisting of a boom (shoulder) arm and bucket and is driven by hydraulic power which is driven by a diesel engine and is located on a trackshoe. Boom cylinder is one of the components of the excavator front attachment. This component functions to move the bucket in the maximum position by utilizing the flow of hydraulic oil. In this thesis, the cylinder boom is designed and simulated using software inventor. The selection of the type of material used is AISI 1045 steel for the cylinder boom. Based on the simulation results of von misses stress with a load of 100 kg and using 3 angles of variation, namely 30°, 45° and 60°. produces a voltage value with the following angles: 65MPa, 64.23MPa, 44.04MPa. From the results of the observation of the simulation data for the 3 variations of the angle above that I have done, the angle that has a critical value is the angle of 45° with a stress value of 64.23 Mpa. The stress value is greater than the other 2 angle variations. Based on the results of the Displacement simulation with a load of 100kg and using 3 angles of variation, namely 30°: No change in shape, 45°: 0.007 mm. and 60°: 0.06 mm. Based on the simulation results of the Safety factor with a load of 100kg and using 3 angles of variation, namely 30°, 45° and 60°. produces a safety factor value with the following angles: 8,25, 5,09,7. According to the results of the design using the software inventor, it is quite good and clear in running the simulation. According to the results of observations and simulation research, it is concluded that AISI 1045 steel material is safe and strong to use for the cylinder boom design.*

Keywords: *Boom Silinder, AISI 1045, Simulation.*

Abstrak: *Excavator (ekskavator) adalah alat berat yang terdiri dari boom (bahu) lengan (arm), serta bucket (alat keruk) dan digerakkan oleh tenaga hidrolis yang dimotori dengan mesin diesel dan berada di atas roda rantai (trackshoe). Boom cylinder merupakan salah satu komponen dari front attachment excavator. Komponen ini berfungsi meggerakkan bucket dalam posisi maksimal dengan memanfaatkan aliran oli hidrolis. Pada penelitian ini boom silinder didesain serta disimulasikan menggunakan software inventor. Pemilihan jenis material yang digunakan ialah stell AISI 1045 untuk boom silinder Berdasarkan hasil simulasi von misses stress dengan beban 100 kg dan menggunakan 3 sudut variasi yaitu 30°, 45° dan 60°. menghasilkan nilai tegangan dengan sudut sebagai berikut: 65MPa, 64,23MPa, 44,04MPa. Dari hasil pengamatan data simulasi 3 variasi sudut di atas yang sudah dilakukan, sudut yang mengalami nilai kritis yaitu sudut 45° dengan nilai tegangan 64,23 Mpa. Nilai tegangan tersebut lebih besar dari 2 variasi sudut yang lain. Berdasarkan hasil simulasi Displacement dengan beban 100kg dan menggunakan 3 sudut variasi yaitu 30°: Tidak terjadi perubahan bentuk, 45°: 0,007 mm. dan 60°: 0,06 mm. Berdasarkan hasil simulasi Safety factor dengan beban 100kg dan menggunakan 3 sudut variasi yaitu 30°, 45° dan 60°. menghasilkan nilai factor keamanan dengan sudut sebagai berikut: 8,25, 5,09 ,7. Menurut hasil dari desain yang menggunakan software inventor sudah cukup baik dan jelas dalam menjalankan simulasi. Menurut hasil pengamatan serta penelitian simulasi maka disimpulkan untuk material steel aisi 1045 aman dan kuat digunakan untuk desain boom silinder.*

Kata kunci: *Boom Silinder, AISI 1045, Simulasi.*

PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi ini berdampak besar kepada pekerjaan-pekerjaan yang membutuhkan kecepatan dan ketepatan di bidang-bidang seperti industri dan pertambangan. Hingga pada era saat ini dituntut buat jadi sumber energi manusia yang bermutu besar supaya sanggup buat menyeimbangkan kemajuan teknologi. Dalam dunia industri ataupun pertambangan perlengkapan berat ialah sesuatu perlengkapan yang sangat diperlukan buat memesatkan sesuatu pekerjaan. Khususnya *excavator* yang merupakan salah alat berat yang berpengaruh di industri dan pertambangan.

Silinder *boom* adalah salah satu komponen sambungan *excavator*. Komponen ini digunakan untuk memindahkan keranjang ke posisi maksimal menggunakan aliran fluida hidrolik. *Excavator* hidrolik biasanya dilengkapi dengan dua silinder *boom* di kiri dan kanan karena *boom* adalah yang terberat dalam hal beban yang dapat diangkatnya dibandingkan dengan silinder lainnya. Karena silinder hidrolik silinder *boom* bekerja dengan menerima daya dari pompa hidrolik, gerakan vertikal boom dilakukan oleh silinder *boom*. Pergerakan batang *boom* dibatasi pada gerakan rotasi pada sumbu rotasinya dan silinder hidrolik menerjemahkan [1].

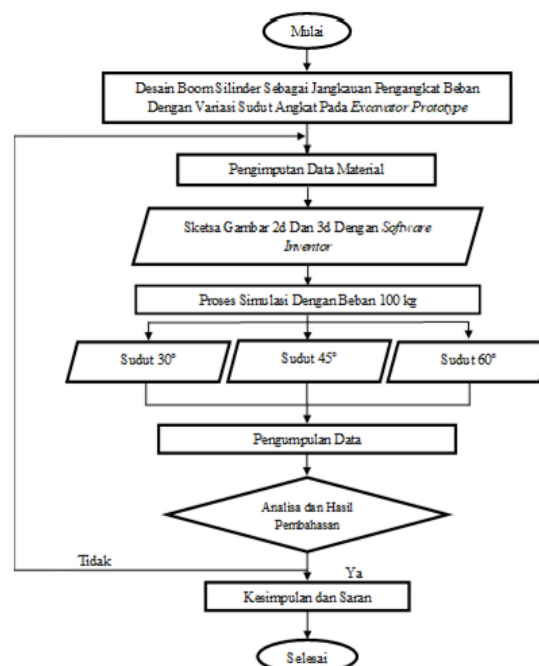
Pemodelan beban komponen *boom* adalah statistik. Kantilever dimodelkan sebagai objek fleksibel, yaitu objek yang mengalami deformasi, sedangkan kutub penyetel dimodelkan sebagai objek yang tidak mengalami deformasi. Pembebanan atau penyangga permukaan yang diterapkan berbentuk silinder. Beban didasarkan pada hasil analisis statis yang dijalankan sebelumnya menggunakan diagram benda bebas [2].

Excavator merupakan salah satu jenis alat berat yang sangat penting fungsi dan perannya. *Excavator* digunakan untuk melubangi tanah, membuat parit, dan memuat material ke dalam *dumptruck* [3]. *Excavator* terdiri dari beberapa komponen utama. Komponen *excavator* terdiri dari boom, lengan, dan keranjang di dalam rumah yang ditempatkan pada kendaraan yang berputar. Kendaraan berputar ini berada di atas *undercarriage*, yang terdiri dari *track* dan *shoe* yang membantu *excavator* dalam proses mobilitas [4].

METODOLOGI

Metodologi penelitian yang umum adalah proses penelitian yang mencakup survey, tes dan simulasi. Metodolpgi yang akan dipakai dalam penelitian meliputi pengumpulan data dengan inspeksi data, pengumpulan data visual, data desain, sampel bahan uji, pengujian, tinjauan pustaka untuk mendukung pengujian hipotesis dan data untuk menentukan kelayakan operasional yang dimulai dengan pengolahan dan analisis.

Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Flowchart Proses Pengujian

Proses penelitian analisa *boom* silinder secara garis besar proses penelitian yang dilakukan untuk mendapatkan studi kelayakan sistem pada *boom silinder* ialah:

1. Pengenalan masalah
2. Kesibukan untuk mengumpulkan data
3. Inspeksi visual dan mengukur ukuran
4. Tes laboratorium dan analisis kinetik
5. Analisis, pembahasan dan evaluasi kepatutan operasi
6. Kesimpulan dan saran

Tempat Dan Waktu Penelitian

Tempat Penelitian

Tempat penelitian adalah tempat diperolehnya informasi untuk menyampaikan informasi. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Gambar Teknik Universitas Pamulang yang terletak di jl. Witana Harja No. 18b, Pamulang barat, Kecamatan Pamulang, Tangerang Selatan Banten. Tempat ini dipilih karena alat untuk penelitian sangat sesuai.



Gambar 2. Lab Teknik Mesin Unpam

Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan dalam beberapa tahap. Fase penelitian ialah:

- a. Tahap Persiapan
Tahap persiapan melingkupi pengajuan judul penelitian, penyusunan proposal, dan saran dari dosen pembimbing.
- b. Tahap Penelitian
Tahap penelitian akan mencakup kegiatan yang dilakukan di lokasi, yaitu mengukur *boom* silinder *excavator*, mengumpulkan data dari percobaan dan mendokumentasikan kegiatan ini sebagai kelanjutan setelah tahap persiapan dan akan selesai pada tahun 2022 tepatnya bulan juni.
- c. Tahap Penyelesaian
Tahap penyelesaian melingkupi analisis data dan pelaporan. Kegiatan ini akan berlangsung pada bulan Juli-Agustus 2022.

Metode Simulasi

Metode penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Penelusuran pustaka penelitian yang meliputi tentang analisa *boom* silinder terhadap beban pada *excavator prototype* dengan menggunakan *software* pendukung.
2. Pengambilan data dengan pengukuran *boom* silinder yang didesain untuk menyuplai kekuatan terhadap beban *boom* silinder *excavator prototype*.
3. Sketsa gambar *boom* silinder 2D dengan menggunakan *Autodesk Inventor*.
4. Pemodelan gambar boom silinder 3D dengan menggunakan *Autodesk Inventor*.
5. Pemodelan beban dan tumpuan *boom* silinder menggunakan gambar dengan *Autodesk Inventor*.
6. Simulasi statis

Persiapan Simulasi

Prosedur simulasi *boom* silinder menggunakan *software Autodesk Inventor* dengan membuat model poros 2D dan 3D, memverifikasi material atau mengisi tabel sifat bahan, menentukan *constraints* dilakukan dengan acuan posisi dari tumpuan yang ada pada desain produk yang telah dimodelkan.

Persiapan Alat Dan Bahan Uji

Persiapan Alat

a. Alat Ukur

Alat untuk mengukur benda kerja. Alat ukur yang akan digunakan kali ini adalah:

1) Jangka Sorong

Jangka sorong merupakan alat ukur yang dipakai untuk mengukur diameter suatu benda. Jangka sorong sering dipakai untuk dipakai buat mengukur kedalaman, diameter dalam dan diameter luar suatu benda. Kaliper presisi dan tingkatpresisi adalah kaliper dan ada beberapa tingkat presisi. yaitu 0.1mm, 0,05mm, 0,02mm dan 0,01mm [5].

2) Meter

Meter adalah alat ukur yang sangat penting digunakan dalam industri dan bangunan. Setiap pekerjaan sering merujuk alat ini, karena setiap pekerjaan harus terkait dengan ukuran. Alat presisi tersedia dalam berbagai bentuk dan ukuran, dan alat ukur terbuat dari kayu, kain, plastik, dan bahkan baja. Pengukur umumnya diproduksi dalam dua unit metrik, metrik dan imperial, dan harus sesuai dengan ukuran standar yang berlaku. Alat pengukur di pasaran saat ini sering dapat ditemukan dalam berbagai ukuran panjang. Alat pengukur kecil biasanya panjangnya 3m dan 5m, meter panjang biasanya dalam gulungan dan tersedia dalam ukuran 10m, 20m, 30m, 50m dan 100m.

b. Alat Tulis

Alat untuk menulis ukuran suatu benda kerja. Alat tulis yang akan dipakai kali ini ialah:

1) Pulpen

Merek : Standard AE7
Ukuran : Alfa Tip 0,5
Warna : Hitam

2) Pensil

Merek : Faber Castell
Warna : Hitam
Ukuran : 0,5

c. Persiapan Simulasi

Perangkat yang akan membuat simulasi perancangan 2D dan 3D analisa *boom* silinder pada *excavator prototype* menggunakan *software Autodesk Inventor*. Perangkat simulasi yang akan dipakai untuk penelitian adalah:

1) Laptop

Merek : Asus Vivobook K531
Warna : Silver

2) Mouse

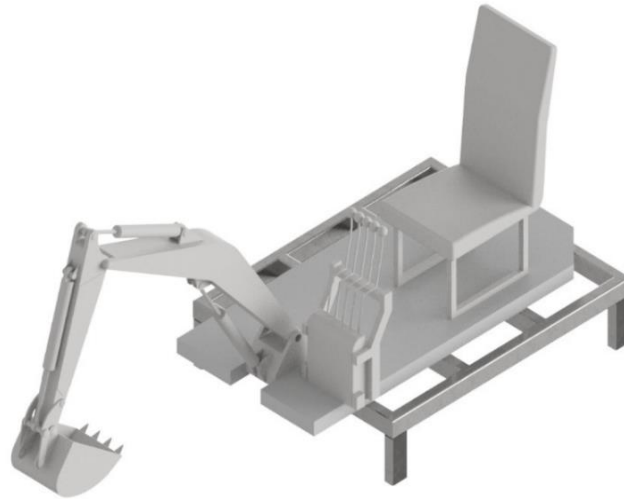
Merek : Logitech
Warna : Hitam Biru

Persiapan Bahan Uji

Bahan yang diuji merupakan dalam simulasi analisa *boom silinder* pada *excavator prototype* menggunakan *software Autodesk Inventor* dengan metode pengujian simulasi menggunakan *software Autodesk Inventor*. Sedangkan material yang digunakan adalah *Steel AISI 1045*.

Media Perangkat Lunak

Dalam melakukan penelitian dan pengujian dilakukan 2 langkah pemodelan gambar. Pertama pemodelan sketsa 2D menggunakan *software* AutoCAD lalu dilanjutkan dengan pemodelan 3D menggunakan *software* Inventor berdasarkan ukuran dan ketebalan aktual pada bagian *boom* silinder. Pemodelan desain rancangan 3D ini menggunakan *software autodesk inventor profesional* dengan membuat *boom* silinder.



Gambar 3. *Excavator Prototype 2D*

Pengambilan Data

Pengambilan data dari spesifikasi unit *excavator prototype* teknik mesin unpan bertujuan agar dapat mengetahui spesifikasi *boom* silinder yang ditentukan sudah sesuai dengan kebutuhan unit *excavator prototype* dimana spesifikasinya ialah sebagai berikut:

Tabel 1. Spesifikasi dan Data Penelitian *Swing Drive Excavator*

Model Excavator	Hydraulic Excavator Trainer
Model Jenis	Tuas Hydraulic Solenoid Control
Kapasitas Mesin Penggerak	7,5 hp 380 volt Ac 3 phasa



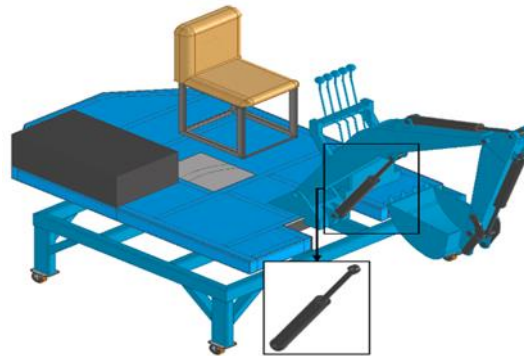
Gambar 4. *Hidraulic Excavator Prototype*

Tahapan Simulasi

Tahapan penelitian ini bertujuan untuk menganalisis *Von Misses stress*, *Displacement* dan *Safety Factor* yang diizinkan dengan 3 variasi pembebanan yang akan disimulasikan menggunakan *software* elemen hingga yaitu *Autodesk Inventor Profesional*.

1. Desain Gambar 3D

Desain gambar 3D ini menggunakan *software autodesk inventor* dengan membuat desain 3D boom silinder. Bisa dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 5. Desain 3D Boom Silinder Excavator

2. Proses Simulasi

Pada tahap proses simulasi analisis struktur perancangan menggunakan *software autodesk inventor* membuat model boom silinder 2D dan 3D, pemilihan jenis bahan, menentukan titik tumpuan (*fixed*), menentukan pembebanan, proses *meshing*, dan simulasi *analysis*.

a. Perangkat lunak Autodesk inventor

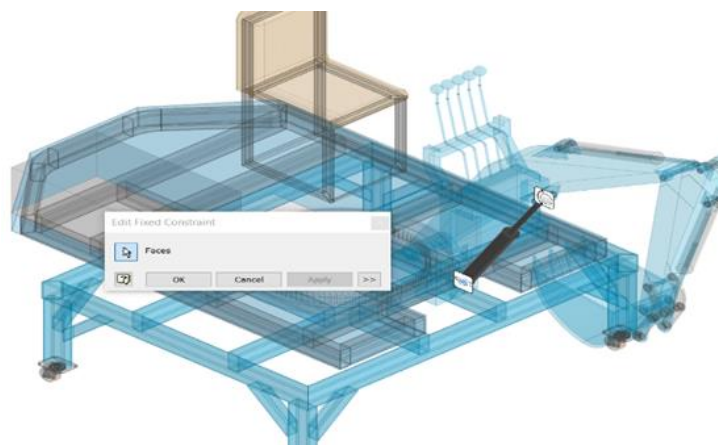
Menentukan bahan untuk setiap bagian selama proses pemodelan. Bahan di setiap komponen tersebut akan diperiksa lagi selama prosedur penelitian. Bahan yang dipakai untuk pemodelan material *swing drive excavator* yaitu *steel mild* dengan spesifikasi bahan adalah:

Name	Steel, Mild	
General	Mass Density	7.85 g/cm ³
	Yield Strength	207 MPa
	Ultimate Tensile Strength	345 MPa
Stress	Young's Modulus	220 GPa
	Poisson's Ratio	0.275 ul
	Shear Modulus	86.2745 GPa

Gambar 6. Spesifikasi Bahan

b. Menentukan *constraint*/titik tumpuan

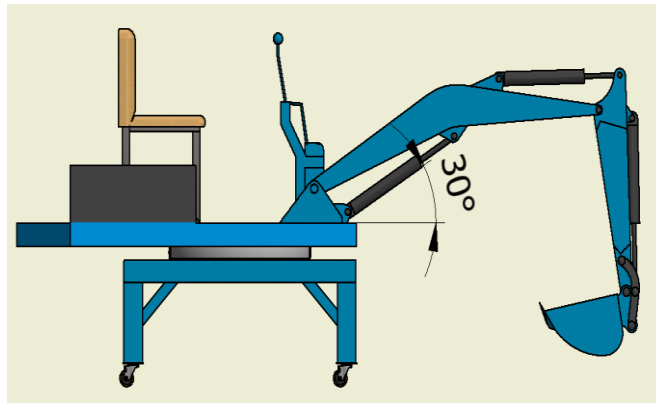
Langkah berikutnya adalah menentukan *constraint* atau titik tumpuan yang digunakan untuk acuan posisi tetap rangka dengan menggunakan *fixed constrains* dengan menentukan titik tumpuan bawah dengan *tool fixed constraint* dan posisi titik tumpuan ini berada pada diameter boom silinder.



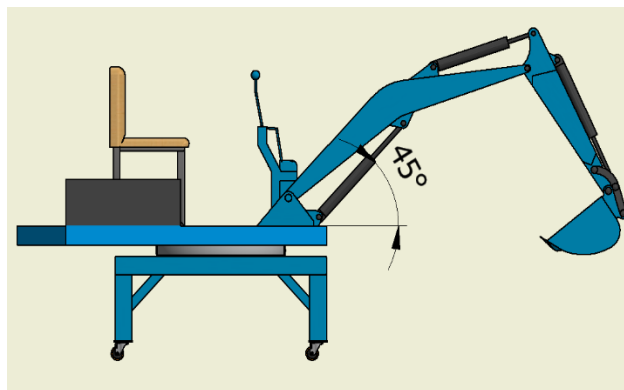
Gambar 7. Penentuan Posisi Fixed Constraint Pada Diameter Boom Silinder 3D Excavator

c. Menentukan pembebanan 3D pada boom silinder

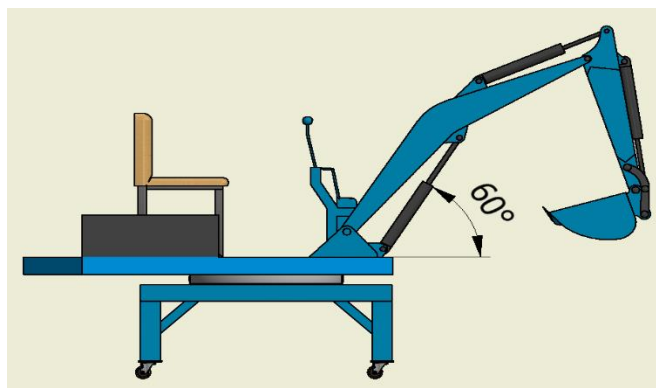
Langkah berikutnya adalah menentukan pembebanan untuk mengetahui kekuatan *cylinder boom* terhadap beban 100 kg dengan variasi sudut yang berbeda yaitu: (1) 30°, (2) 45°, (3) 60°.



Gambar 8. Sudut 30°



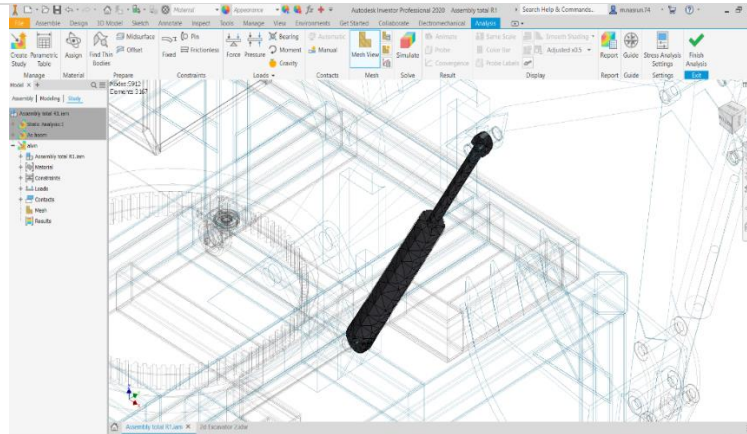
Gambar 9. Sudut 45°



Gambar 10. Sudut 60°

d. Proses *Meshing*

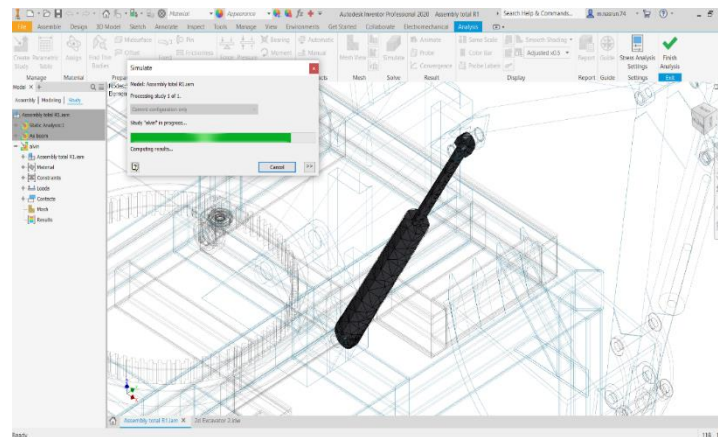
Sebelum menjalankan proses simulasi *boom* silinder *excavator* dimana terlebih dulu melakukan proses *meshing*. Proses *meshing* bertujuan untuk membagi geometri menjadi potongan-potongan kecil yang membentuk geometri objek [6]. Dimana ukuran *meshing* yang terbentuk semakin kecil maka akan mendekati nilai yang sebenarnya. Namun semakin lama simulasi yang akan berjalan. Pada proses *meshing boom silinder excavator* bisa dilihat pada Gambar 11 dimana akan terbentuk jumlah node sebanyak 62305 dan elements 34783.



Gambar 11. Proses Setelah Meshing

e. *Simulate* (Proses penyelesaian simulasi analisis)

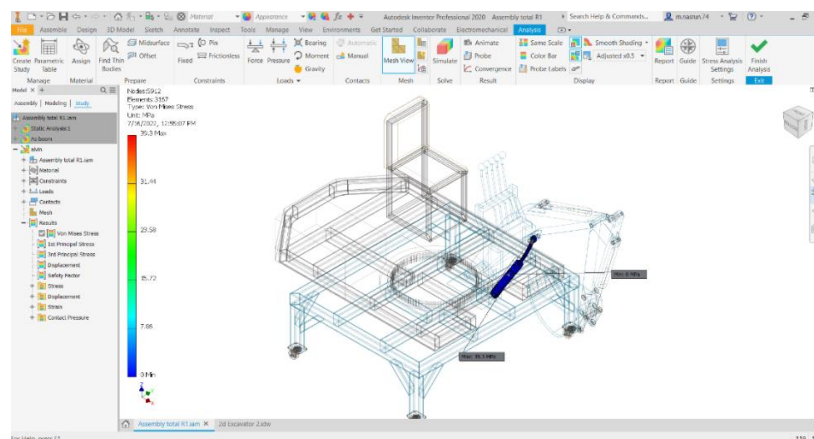
Setelah proses *meshing* sudah selesai maka selanjutnya proses menjalankan simulasi untuk mendapatkan hasil *Von misses*, *Displacement* dan *Safety factor*. Pada perangkat lunak *autodesk inventor* menggunakan perintah *Simulate*, selanjutnya running simulate untuk menjalankan simulasi.



Gambar 12. Proses *Simulate Boom Silinder Excavator*

f. *End Simulate*

Pada tahap akhir simulasi, didapatkan hasil simulasi berupa *von misses*, *displacement*, dan *safety factor*.



Gambar 13. *End Simulated*

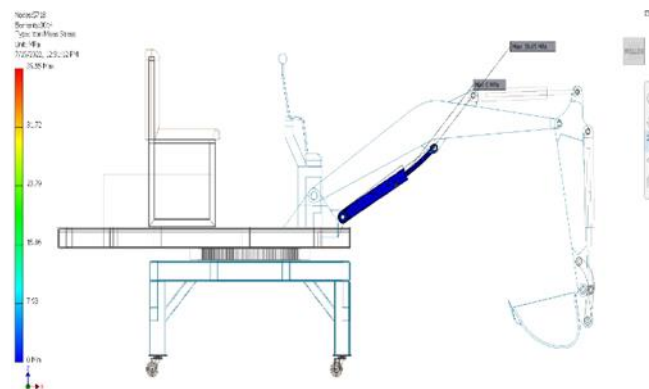
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

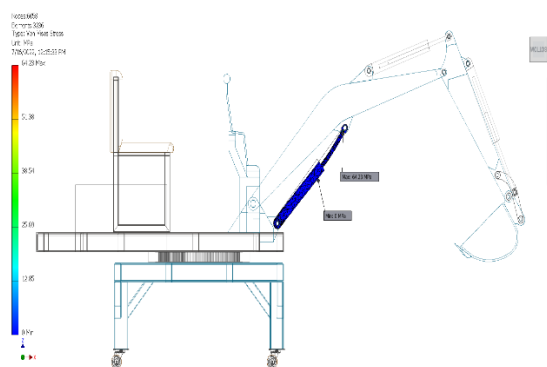
Hasil penelitian analisis simulasi diterima dari *software autodesk inventor* dapat dihitung berupa nilai tegangan (*von mises stress*), perubahan bentuk (*displacement*) dan faktor keamanan (*safety factor*) ialah:

1. Tegangan (*Von Mises Stress*)

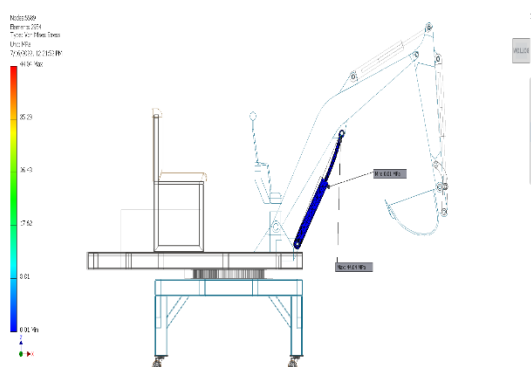
Tegangan (*Von mises stress*) adalah tegangan yang nilainya diturunkan dari teori patah akibat regangan energi. Jika nilai tegangan *von Mises* melebihi kekuatan luluh material, desain gagal. Pada simulasi tegangan, berdasarkan hasil analisis tegangan *von Mises*, maka pada gambar dibawah akan terjadi perubahan warna dimana merah menunjukkan tegangan maksimum dan biru menunjukkan tidak ada tegangan sama sekali. Dari simulasi pada cylinder boom excavator dengan beban 100 kg dan 3 variasi sudut yaitu 30°, 45° dan 60° yang telah dilakukan didapatkan nilai *von mises stress* dari cylinder boom excavator sebagai berikut:



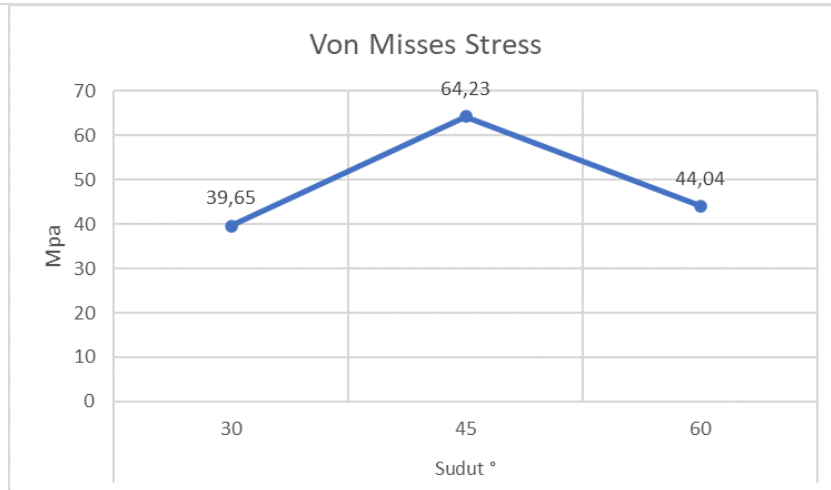
Gambar 14. Simulasi von mises 30°



Gambar 15. Simulasi von mises 45°



Gambar 16. Simulasi von mises 60°



Gambar 17. Grafik Von mises stress dengan beban 100 Kg

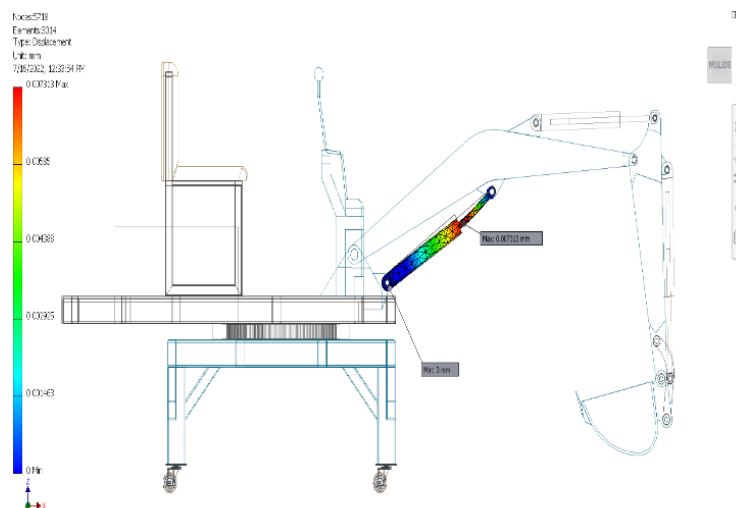
Berdasarkan hasil simulasi *von mises stress* dengan beban 100 kg dan menggunakan 3 sudut variasi yaitu 30°, 45° dan 60°. menghasilkan nilai tegangan dengan sudut sebagai berikut:

- a) Sudut 30° menghasilkan nilai tegangan yaitu 39,65 MPa.
- b) Sudut 45° menghasilkan nilai tegangan yaitu 64,23 MPa.
- c) Sudut 60° menghasilkan nilai tegangan yaitu 44,04 Mpa.

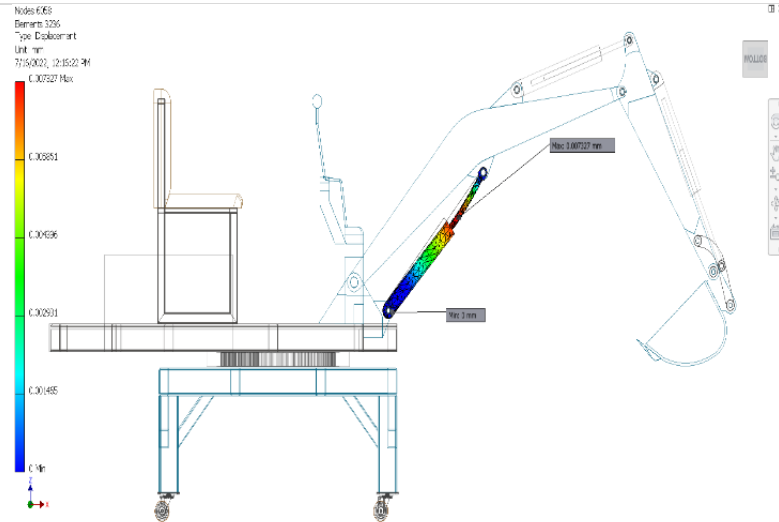
Dari hasil pengamatan data simulasi 3 variasi sudut diatas yang sudah dilakukan, sudut yang mengalami nilai kritis yaitu sudut 45° dengan nilai tegangan 64,23 Mpa. Nilai tegangan tersebut lebih besar dari 2 variasi sudut yang lain.

2. Perubahan bentuk (*Displacement*)

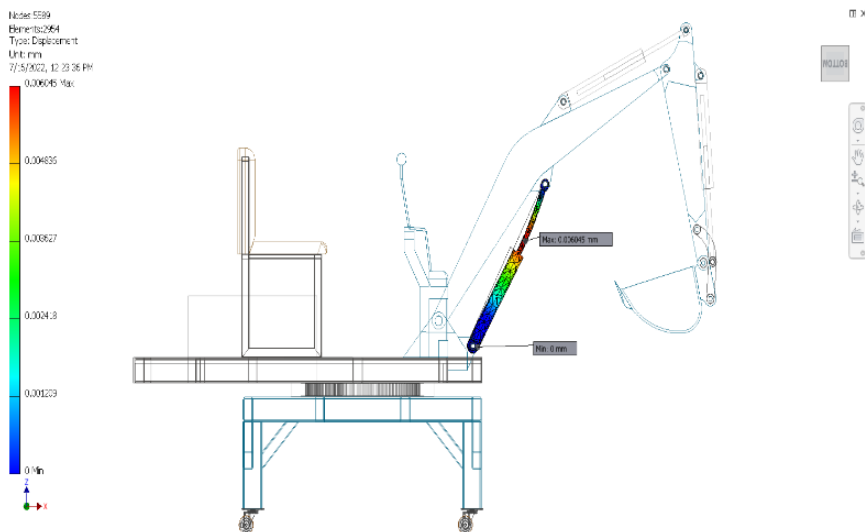
Perubahan bentuk (*Displacement*) menunjukkan perpindahan menggambarkan perubahan bentuk atau defleksi desain setelah pembebanan. Dalam simulasi tegangan, dapat dilihat jumlah pergeseran yang terjadi dengan melihat perubahan warna yang terjadi pada desain. Warna merah menunjukkan perubahan terjauh dari titik awal, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 18 dari simulasi yang dilakukan dengan beban 100 kg dan 3 sudut variasi yaitu 30°, 45°, dan 60° sebagai berikut:



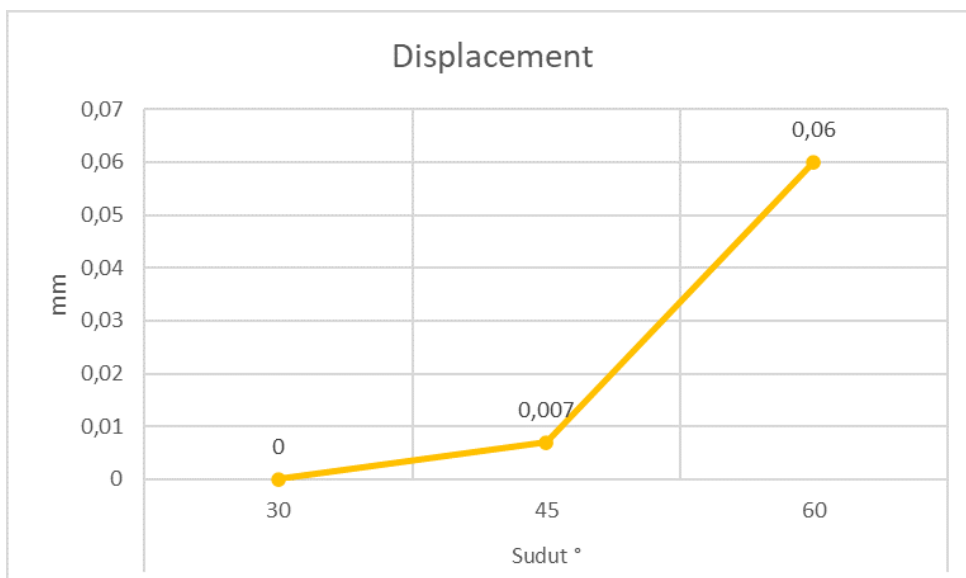
Gambar 18. Simulasi displacement dengan sudut 30°



Gambar 19. Simulasi displacement dengan sudut 45°



Gambar 20. Simulasi displacement dengan sudut 60°



Gambar 21. Grafik Simulasi Displacement dengan beban 100 Kg

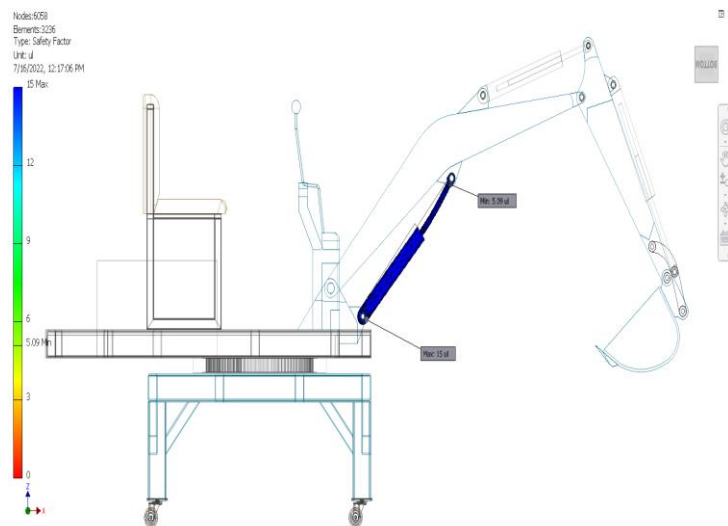
Berdasarkan hasil simulasi *displacement* dengan beban 100 kg dan menggunakan 3 sudut variasi yaitu 30°, 45° dan 60° menghasilkan nilai perubahan bentuk dengan sudut sebagai berikut:

- a) Sudut 30° tidak menghasilkan nilai perubahan bentuk.
- b) Sudut 45° menghasilkan nilai perubahan bentuk 0,007 mm.
- c) Sudut 60° menghasilkan nilai perubahan bentuk 0,06 mm.

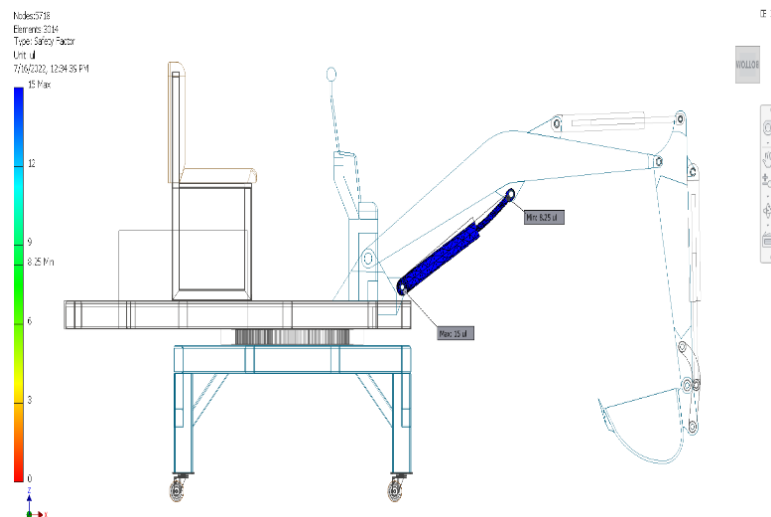
Menurut hasil pengamatan data 3 variasi sudut diatas yang sudah dilakukan pada simulasi *displacement*, perubahan bentuk pada 3 variasi tidak terlalu besar perubahannya

3. Faktor keamanan (*Safety factor*)

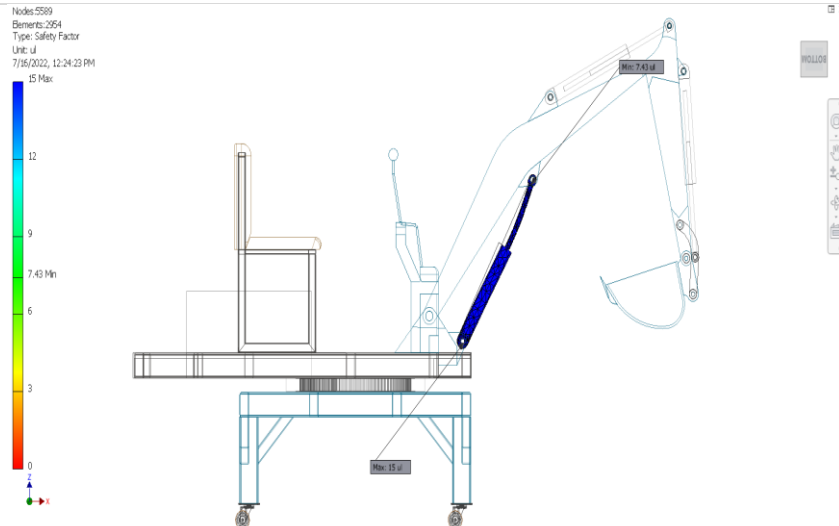
Faktor keamanan (*Safety factor*) merupakan factor untuk menilai keamanan elemen mesin. Untuk faktor antara 1 dan 15, *factor* keamanan diharuskan bertambah dari 1 untuk menghindari kegagalan penggerak ayun. Biru menunjukkan area teraman dan merah menunjukkan area di luar batas aman. Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan beban 100 kg dan 3 sudut variasi 30°, 45° dan 60° sebagai berikut:



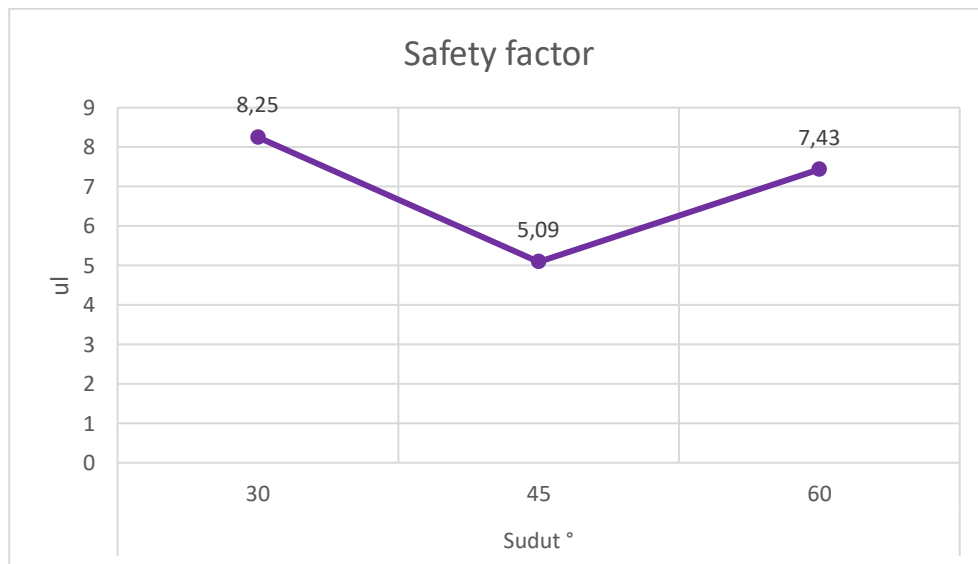
Gambar 22. Simulasi *Safety Factor* dengan sudut 30°



Gambar 23. Simulasi *Safety Factor* dengan sudut 45°



Gambar 24. Simulasi *Safety Factor* dengan sudut 60°



Gambar 25. Grafik Simulasi *Safety Factor* dengan beban 100 Kg

Berdasarkan hasil dari simulasi *Safety Factor* dengan beban 100kg dan menggunakan 3 sudut variasi yaitu 30°, 45° dan 60°. menghasilkan nilai *factor* keamanan dengan sudut sebagai berikut:

- Sudut 30° dengan nilai *safety factor* 8,25.
- Sudut 45° dengan nilai *safety factor* 5,09.
- Sudut 60° dengan nilai *safety factor* 7,43.

Menurut hasil pengamatan data 3 variasi sudut diatas yang sudah dilakukan pada simulasi *safety factor*, nilai *safety factor* dari 3 variasi telah melebihi nilai yang di persyaratkan. Sehingga untuk 3 variasi sudut ini sangat aman terhadap pembebanan 100 kg.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi *von misses stress* dengan beban 100 kg dan menggunakan 3 sudut variasi yaitu 30°, 45°, dan 60°, sudut 30° menghasilkan nilai tegangan yaitu 39,65 MPa, sudut 45° menghasilkan nilai tegangan yaitu 64,23 MPa, dan Sudut 60° menghasilkan nilai tegangan yaitu 44,04 MPa. Dari hasil pengamatan data simulasi 3 variasi sudut diatas yang sudah dilakukan, sudut yang mengalami nilai kritis yaitu sudut 45° dengan nilai tegangan 64,23 Mpa. Nilai tegangan tersebut lebih besar dari 2 variasi sudut yang lain.

Berdasarkan hasil simulasi *Displacement* dengan beban 100kg dan menggunakan 3 sudut variasi yaitu 30°, 45° dan 60°, Sudut 30° tidak menghasilkan nilai perubahan bentuk, sudut 45° menghasilkan nilai perubahan bentuk sebesar 0,007 mm, dan sudut 60° menghasilkan nilai perubahan bentuk sebesar 0,06 mm. Menurut hasil pengamatan data 3 variasi sudut diatas yang sudah dilakukan pada simulasi *displacement*, perubahan bentuk pada 3 variasi tidak terlalu besar perubahannya.

Berdasarkan hasil simulasi *Safety factor* dengan beban 100kg dan menggunakan 3 sudut variasi yaitu 30°, 45° dan 60°, sudut 30° menghasilkan nilai *safety factor* sebesar 8,25. Sudut 45° menghasilkan nilai *safety factor* sebesar 5,09. Sudut 60° menghasilkan nilai *safety factor* sebesar 7,43. Menurut hasil pengamatan data 3 variasi sudut diatas yang sudah dilakukan pada simulasi *safety factor*, nilai *safety factor* dari 3 variasi telah melebihi nilai yang di persyaratkan. Sehingga untuk 3 variasi sudut ini sangat aman terhadap pembebanan 100 kg.

Menurut hasil pengamatan serta penelitian simulasi maka disimpulkan untuk material *steel* AISI 1045 aman dan kuat digunakan untuk desain *boom* silinder. Dan menurut hasil dari desain yang menggunakan *software* inventor sudah cukup baik dan jelas dalam menjalankan simulasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Ardianto, "Analisa Kerusakan Sistem Hidraulik Pada Boom Cylinder Unit Excavator XGMA XG822EL," Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2019.
- [2] N. A. Sutisna and Z. Azhar, "Analisis Terhadap Desain Komponen Boom Pada Mini Excavator Excava 50 Menggunakan Metode Elemen Hingga," *J. Tek. Mesin Indones.*, vol. 16, no. 2, pp. 1–6, 2021, doi: <https://doi.org/10.36289/jtmi.v16i2.233>.
- [3] Irdam and R. Syam, "Aplikasi Sistem Pneumatik Pada Model Excavator," *Hasanuddin Univ. Repos.*, 2017.
- [4] M. Rizky, "Perancangan Mesin Plastic Molding Menggunakan Perangkat Lunak Autodesk Inventor Professional 2017," Teknik mesin Politeknik Harapan Bersama, 2021.
- [5] Mulyadi, Djuhana, E. T. Astuti, and Sunardi, "Pelatihan Penggunaan Alat Ukur Dimensi Jangka Sorong dan Mikrometer Skrup di SMK Sasmita Pamulang," *Pros. SENANTIAS Semin. Nas. Has. Penelit. dan Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 1, no. 1, pp. 1419–1424, 2020.
- [6] A. A. N. Amri and W. Sumbodo, "Perancangan 3D Printer Tipe Core XY Berbasis Fused Deposition Modeling (FDM) Menggunakan Software Autodesk Inventor 2015," *J. Din. Vokasional Tek. Mesin*, vol. 3, no. 2, pp. 110–115, 2018, doi: <https://doi.org/10.21831/dinamika.v3i2.21407>.