OPTIMALISASI DESIGN SAMBUNGAN ALUMINIUM EXTRUSION 2020 MENGGUNAKAN METODE FINITE ELEMENT ANALYSIS (FEA)

OPTIMIZATION OF ALUMINUM EXTRUSION CONNECTION DESIGN USING FINITE ELEMENT ANALYSIS (FEA) METHOD

Almadora Anwar Sani[1)*], Indra Gunawan[1)], Yogi Eka Fernandes[1)], Didi Suryana[1)], Agus Nugraha[2)]
[1)]Jurusan Teknik Mesin, Prodi D-IV Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Politeknik Negeri Sriwijaya
[2)]Mahasiswa Prodi D-IV Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Politeknik Negeri Sriwijaya, Jl. Sriwijaya Negara, Bukit Besar, Palembang 30139.
*email corresponding: almadora@polsri.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Diperbaiki:
Revised
25/09/2023

Diterima:
Accepted
14/03/2024

Publikasi Online:
Online-Published
30/04/2024

ABSTRAK

Dengan perkembangan teknologi yang begitu pesat, kebutuhan inovatif semakin meningkat pula. Salah satu teknologi saat ini yang begitu populer adalah 3D printer. Namun, untuk menghasilkan cetakan 3D yang berkualitas, struktur rangka yang baik sangatlah penting. Bagian yang terpenting dalam mencetak 3D adalah struktur rangka (frame). Bagian yang sangat krusial dalam proses pencetakan 3D adalah struktur rangka (frame) yaitu Core XY. Ini sangat krusial karena struktur rangka pada mesin 3D printer Core XY memiliki pengaruh besar terhadap beban yang akan ditampungnya dalam mendukung proses pencetakan 3D secara keseluruhan. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah aluminium 6061 dengan profile extrusion 2020. Penelitian ini berfokus kepada analisis kekuatan dan keseimbangan struktur, serta kekuatan sambungan pada 3D printer Core XY akibat pembebanan statik. Untuk mencapai tujuan tersebut, peneliti menggunakan metode analisis elemen hingga (Finite Element Analysis) dengan menggunakan software Ansys 2021 R1 untuk mendapatkan simulasi yang optimal. Pengujian yang digunakan oleh peneliti dilakukan dengan menentukan nilai bebas statis yang terjadi pada frame 3D printer Core XY. Hasil analisis struktur menunjukkan nilai lendutan maksimal yaitu δ_{maks} = 0,25635mm, tegangan luluh maksimal εy_{maks} = 42,169 MPa, dan rengangan luluh maksimal σy_{maks} = 6,1417e-004mm/mm. Peneliti dapat menyimpulkan bahwa printer 3D Core XY layak digunakan untuk dapat menghasilkan cetakan benda 3D.

***Kata Kunci** : 3D printer, Core XY, Finite Element Analysis, Ansys*

ABSTRACT

With the rapid development of technology, the need for innovation is also increasing. One of the most popular technologies today is 3D printers. However, to produce quality 3D prints, a good frame structure is essential. The most important part in 3D printing is the frame structure. The most crucial part in the 3D printing process is the frame structure, namely Core XY. This is very crucial because the frame structure of the Core XY 3D printer has a big influence on the load it will accommodate in supporting the overall 3D printing process. The material used in this research is 6061 aluminum with extrusion profile 2020. This research focuses on analyzing the strength and balance of the structure, as well as the strength of the joints on the Core XY 3D printer due to static loading. To achieve this goal, researchers used the finite element analysis method using Ansys 2021 R1 software to obtain an optimal simulation. The tests used by researchers were carried out by determining the static free value that occurs in the Core XY 3D printer frame. The structural analysis results show the maximum deflection value δmax = 0.25635mm, maximum yield stress εymax = 42.169 MPa, and maximum yield strain σymax = 6.1417e-004mm/mm. Researchers can conclude that the Core XY 3D printer is feasible to use to be able to produce 3D object prints.

***Keywords** : 3D printer, Core XY, Finite Element Analysis, Ansys*

©2024 The Authors. Published by AUSTENIT (Indexed in SINTA)

doi:

10.53893/austenit.v16i1.7572

1 PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya zaman, pertumbuhan serta pengembangan akan teknologi melonjak pesat. Pada saat ini, teknologi sangat membantu manusia dalam keberlangsungan kehidupan manusia terutama pada sektor industri. Di era sekarang, sektor industri telah berada pada sektor 4.0 yang mana industri akan menghadapi berbagai pertumbuhan yang sangat pesat (Sumantri, 2012). Salah satu bentuk perkembangan teknologi yang sekarang sedang populer yaitu, 3D printer. Teknologi ini juga digunakan di berbagai penerapan, termasuk di bidang industri manufaktur, Kesehatan dan arsitektur.

3D printer yang merupakan bagian dari manufaktur tambahan, yakni metode pembuatan objek tiga dimensi dengan cara menumpuk lapisan demi lapisan bahan secara berurutan untuk membentuk objek tersebut. Meskipun teknologi ini telah ada selama beberapa dekade, popularitasnya meningkat drastis dalam beberapa tahun terakhir karena kemajuan dalam variasi bahan dan komponen yang digunakan, serta penurunan biaya produksinya. Dalam industri manufaktur, 3D printer memiliki berbagai keunggulan, seperti kemampuan untuk membuat prototipe, menguji desain baru, dan bahkan memproduksi komponen untuk penggunaan akhir. Teknologi ini memungkinkan pengembangan produk yang cepat dan efisien dalam penggunaan sumber daya. Dalam bidang Kesehatan, 3D printer digunakan untuk membuat objek pembelajaran secara visual bagi pelajar sebagai bahan ajar praktik. Sedangkan, dalam bidang arsitektur, 3D printer digunakan sebagai pemodelan atau prototipe arsitektur. 3D printer memang sangat berguna dalam beberapa bidang, sebagaimana telah disebutkan sebelumnya, karena mampu mencetak detail-detail yang rumit atau ornamen yang sulit atau mahal jika dibuat secara manual.

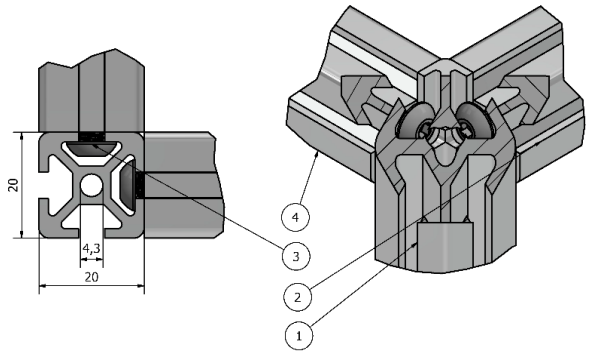
Meskipun banyak manfaat dari 3d Printer, ada juga beberapa keterbatasan teknologinya. Menurut (Rusianto et al., 2019) terdapat Batasan terhadap teknologi 3D printer dengan batasannya yakni mahalnya biaya peralatan serta terdapatnya batasan akan bahan material yang diperlukan dalam mencetak. Saat ini, mencetak beraneka ragam jenis objek dibutuhkan 3d printer yang sesuai kebutuhan tergantung ragam jenis objek. Biaya peralatan yang dikeluarkan untuk printer yang bisa mencetak warna memiliki harga yang lebih tinggi dibandingkan printer dengan menghasilkan objek monokrom. Selain itu, 3D printer bisa bekerja pada kurang lebih 100 bahan baku yang memiliki perbedaan bahan dengan dibutuhkannya sumber penelitian melimpah dalam merancang metode yang memiliki kemungkinan akan hasil pada produk cetak 3D terbentuk lebih awet dan kuat.

Hasil penelitian yang dilakukan (Abdillah et al., 2019) menyatakan bahwa pola cor yang dibuat oleh sang peneliti menggunakan 3D printer memiliki kelemahan dalam kualitas permukaan yang dihasilkan dengan hasil yang kurang rata bergerigi dibandingkan metode konvensional menggunakan bahan baku kayu atau resin. Apabila profil benda memiliki nilai yang tinggi saat akan di *print* maka semakin lama pula durasi waktu mesinnya serta semakin rapat lapisan maka dapat mempengaruhi waktu mesin dalam bekerja. Sedangkan, pada proses pembuatan master dari permesinan CNC hanya memerlukan 2 tahapan terhadap penggunaan material dengan memperoleh hasil yang unggul dengan waktu singkat.(Satriyo,2022) Sehingga, dalam pengoperasian 3D printer saat ini yang tergolong lebih lambat dibandingkan dengan CNC lain, hal tersebut karena pengoperasian dengan kecepatan lebih dari 50mm/s maka meningkatkan getaran yang terjadi pada mesin 3D printer. Menurut (Anwar Sani et al., 2022) Vibrasi berlebihan mempengaruh proses pencetakan yang dapat menyebabkan kegagalan dan terjadinya penyimpangan.

Pada penelitian ini, peneliti mencoba untuk melakukan Analisa kekuatan dan kesetimbangan struktur serta kekuatan sambungan yang bekerja pada 3D printer Core XY terhadap material Aluminium *Extrusion* 2020. Metode yang akan peneliti gunakan adalah *Finite Element Analysis* (FEA) atau metode elemen hingga. Keuntungan menggunakan metode FEA dapat menekan biaya dan waktu, bisa digunakan sebelum prototipe yang asli dibuat. FEA memiliki kemampuan untuk membagi objek yang dianalisis menjadi beberapa bagian yang terbatas (*finite*). Bagian-bagian ini disebut elemen, dan setiap elemen terhubung dengan elemen lainnya melalui nodal atau sambungan. Proses pembagian objek menjadi beberapa bagian ini dikenal sebagai proses *meshing*. *Software* pendukung yang akan digunakan pada penelitian ini adalah *Ansys* 2021 R1 dengan metode FEA, yang juga dapat memberikan solusi untuk parameter defleksi, tegangan, regangan, dan umur *fatigue*.

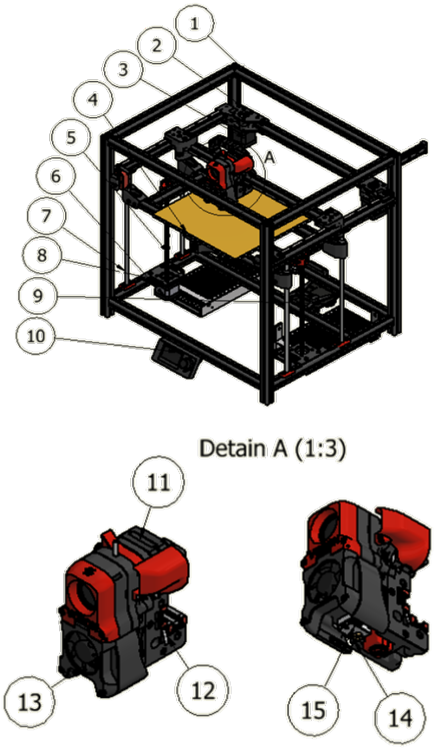
2. BAHAN DAN METODA

Pada proses penelitian menggunakan *software ansys* sebagai simulasi. Proses pembuatan *design* sambungan dan rangka digambar menggunakan *software* Inventor Professional 2021. Pengujian ini mempertimbangkan *design* sambungan saat dilakukan pembebanan secara statis.



Gambar 1. Sambungan rangka

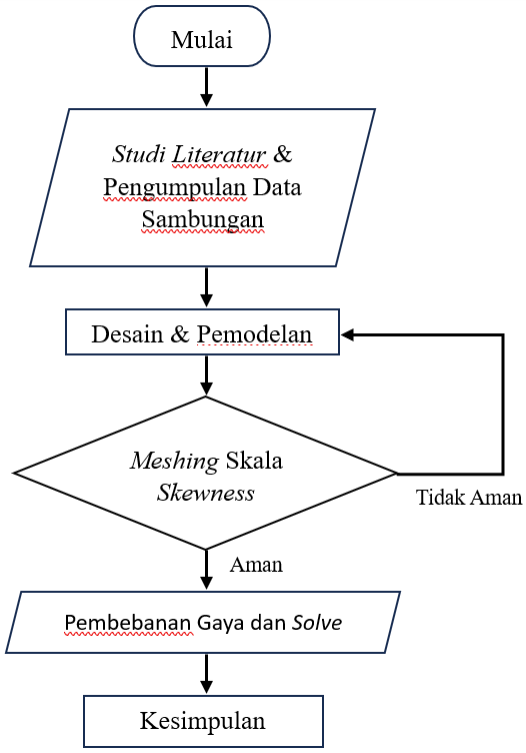
Keterangan gambar :
1) Rangka vertikal sumbu Z
2) Rangka Horizontal sumbu X
3) Baut M5
4) Rangka vertical sumbu Y



Gambar 2. Mesin 3D *Printing CoreXY*

Keterangan :
1) Frame
2) Baut M5 10mm
3) Motor Nema 23
4) Bed
5) Lead Screaw
6) Motor Nema 17
7) Rod Ɵ8
8) Motor Nema 17
9) Bed
10) Lcd Monitor
11) Motor Nema
12) Limit Switch
13) Cooling fan
14) Nozzle
15) Exstruder

Permasalahan yang yang dibahas pada judul penelitian ini dapat diketahui dari alur penelitian yang dibuat, maka akan dijelaskan pada *flow chart* Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir

2.1 Alat dan Bahan dalam Penelitian

Saat proses penelitian memerlukan peralatan dan bahan penelitian yang perlu dipersiapkan saat penelitian sedang berlangsung, sebagai berikut :
1) Laptop
2) *Software Ansys*
3) *Software Autodesk Inventor Professional 2021.*
4) Aluminium Extrusion 2020
5) Baut M5

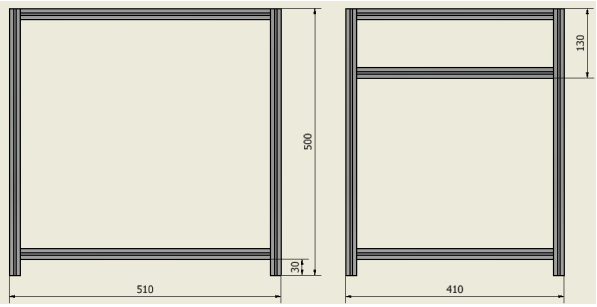
2.2 Metode Analisa dalam Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian pembebanan statis terhadap rangka 3d *printer, Finite Element Analysis* ada beberapa langkah yang perlu dilakukan, diantaranya :

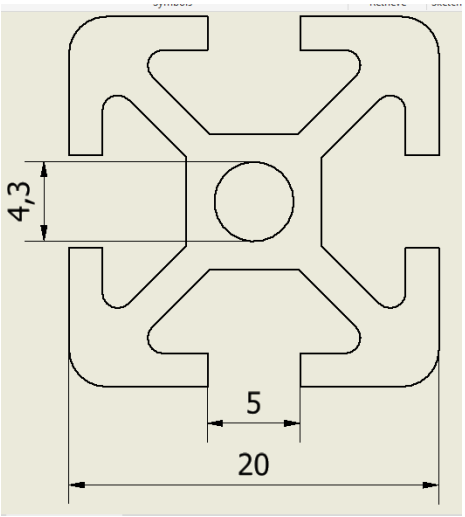
2.2.1 Pembuatan *Geometry* Rangka

Pembuatan *Geometry* rangka 3d *printer* CoreXY dilakukan dengan bantuan *software Autodesk Inventor Professional* 2021. Langkah-langkah untuk pembuatan *geometry* sebagai berikut:
a. Buka *aplikasi* pilih *part* lalu pilih *plane* yang tepat untuk membuat *geometry* rangka 3d *printer* CoreXY.
b. *Assembly part*.
c. Penyimpanan gamabar hasil *geometry* rangka 3d *printer* CoreXY dengan format standar *software Ansys*.

d. Penyimpanan *geometry* rangka 3d *printer* CoreXY dengan format standar *software Ansys* yaitu IGES(.igs).
Model dimensi rangka 3d *printer* ditunjukkan oleh Gambar 4 dengan sambungan rangka ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 4. Dimensi Rangka



Gambar 5. Penampang Rangka

2.2.2 Langkah - Langkah Simulasi Struktur Statis

Terdapat beberapa Langkah yang perlu dilakukan dalam mengsimulasikan struktur statis menggunakan metode penyelesaian *Finite Element Analysis* (FEA) pada *software Ansys* 2021 R1, yakni :

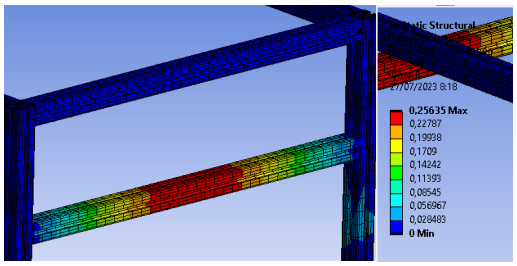
a. Pilih *file* yang berisi model rangka 3d *printer* CoreXY yang memiliki format bentuk IGES (.igs) lalu lakukan *import*.
b. Pada *toolbox* dilakukan penggunaan jenis *analysis static structural.*
c. Selanjutnya pada geometri *static structural* dilakukan sebuah penyeretan *geometry* model.
d. Di mana pada *Engineering Data* akan dilakukan pemilahan jenis material rangka 3d *printer* CoreXY yaitu menggunakan Alumunium 6061.
e. Pemilahan Jenis *meshing* menggunakan skala *skewness* baik.
f. Penentapan titik tumpuan *(support)* terhadap struktur.
g. Pemastian posisi dan besaran beban yang akan diperoleh struktur.
h. Penentuan jenis *solution* yang diinginkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Gambar 6 s.d 9 menunjukkan bahwa setelah dilakukannya proses *solving software* Ansys 2021 R1 terdapat beberapa solusi yang diberikan oleh *software* saat melakukan simulasi rangka dan sambungan 3D printer Core XY. Pada tahap ini, untuk memvalidasi hasil *meshing metric* yang dihasilkan melalui *software* Ansys, peneliti menggunakan metode *swekness* sebagai acuan, yang memiliki rentang nilai dari 1 sampai 0. Nilai yang diperoleh mencakup rentang nilai minimum, rata-rata, dan maksimum.

a. Lendutan (Deformasi Total)
Lendutan menunjukkan perubahan bentuk terhadap material pada sumbu *y* akibat adanya pembebanan secara vertikal. Berikut adalah hasil lendutan yang terjadi pada material.

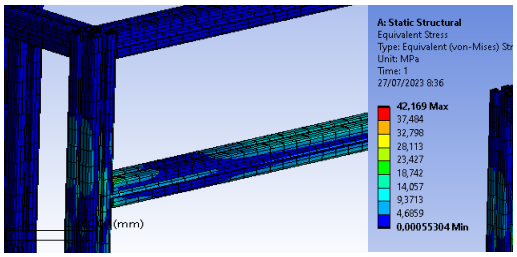
δ_{min} = 0
$\delta_{rata\text{-}rata}$ = 4,6384mm
δ_{maks} = 0,25635mm



Gambar 6. Hasil *Solution* Lendutan

b. Tegangan Luluh
Tegangan luluh menunjukkan tidak ada terjadinya deformasi atau perubahan bentuk maupun ukuran akibat panas atau gaya tekan atau tarikan pada suatu material. Berikut adalah hasil tegangan luluh yang terjadi pada material.

εy_{min} = 5,5304e-004 MPa
$\varepsilon_{rata\text{-}rata}$ = 2,836 MPa
εy_{maks} = 42,169 MPa.

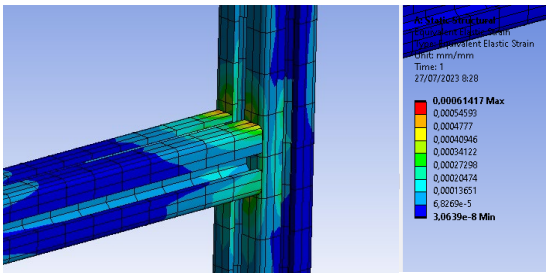


Gambar 7. Hasil *Solution* Tegangan Luluh

c. Regangan Luluh

Berikut adalah hasil regangan luluh yang terjadi pada material.

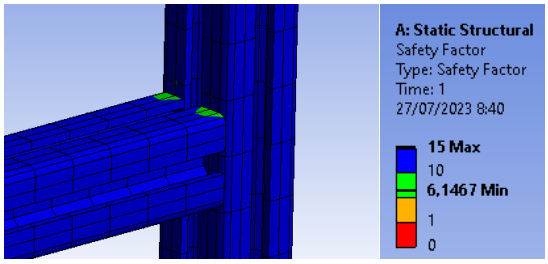
σy_{min} = 3,0639e-008mm/mm
$\sigma_{rata\text{-}rata}$ = 4,3967e-005mm/mm
σy_{maks} = 6,1417e-004mm/mm.



Gambar 8. Hasil *Solution* Regangan Luluh

d. *Safety Factor*

Ambang nilai keamanan untuk rentang 0 - 15 telah ditetapkan sebagai nilai maksimal, dengan hasil sebesar 6,1467. Nilai ini ditempatkan dalam spektrum warna hijau, menandakan bahwa termasuk dalam kategori yang aman.



Gambar 9. Hasil *Solution Safety Factor*

Setelah mendesain simulasi struktur 3D printer Core XY menggunakan *software* Ansys 2021 R1 sehingga mendapatkan hasil perhitungan beban statik dengan nilai deformasi maksimum sebesar δ_{maks} = 0,25635mm, maksimum tegangan luluh sebesar εy_{maks} = 42,169 MPa, regangan luluh sebesar dan *safety factor* sebesar 6,1467. Dari simulasi yang telah dilakukan bahwa struktur rangka dan sambungan 3D printer Core XY termasuk dalam kondisi aman untuk digunakan.

4. KESIMPULAN

Pada perancangan desain simulasi terhadap struktur rangka dan sambungan pada mesin 3D printer Core XY menggunakan *software* Ansys 2021 R1 dengan menggunakan material untuk rangka menggunakan aluminium 6061 dengan ukuran profile 20mm x 20mm dan material untuk sambungan baut menggunakan baut *structural steel* 5M dengan panjang 12mm.

Selain itu, peneliti mendapatkan hasil simulasi dari mesin 3D printer Core XY dengan menunjukkan nilai deformasi maksimal yang terjadi sebesar δ_{maks} = 0,25635mm. Nilai dari tegangan luluh maksimal yang terjadi sebesar εy_{maks} = 42,169 MPa. Nilai dari regangan luluh maksimal yang terjadi sebesar sebesar σy_{maks} = 6,1417e-004mm/mm. Berdasarkan hasil dari *safety factor dengan nilai sebesar* 6,1467 dengan nilai maksimal 15. Maka dapat dinyatakan bahwa rangka dan sambungan 3d *printer* CoreXY termasuk kedalam kondisi aman.

DAFTAR PUSTAKA

Abdillah, H., Pengecoran Logam, T., Manufaktur Ceper Batur, P., Ceper, K., & Klaten, K. (2019). Aplikasi 3D Printer Fused Deposite Material (FDM) Pada Pembuatan Pola Cor. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, *13*(2), 110–115. https://doi.org/https://doi.org/10.24853/sintek.13.2.110-115

Albukhari, J., & Anuar, K. (2021). Analisa Pembebanan Statik Pada Fuselage Wahana Terbang Tanpa Awak Atha Mapper 2150 Dengan Simulasi Ansys. *Jom FTEKNIK*, *8*, 1–5. https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFTEKNIK/article/viewFile/30129/29027

Amri, N., & Sumbodo, W. (2015). Perancangan 3D Printer Tipe Core XY Berbasis Fused Deposition Modeling (FDM) Menggunakan Software Autodesk Inventor 2015. *Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, *3*(2), 110–115.

Anwar Sani, A., Suryana, D., Meita Utami, O., Nugraha, M., (2022). Pengaruh Penyimpangan Gerak Terhadap Sumbu Axis XYZ Pada CNC Router 3018 The Effect Of Motion Deviation To XYZ Axis On The CNC Router 3018. *AUSTENIT*, *14*(2), 95–100. https://doi.org/10.5281/zenodo.72

Dahlan, M., Gunawan, B., & Hilyana, S. (2017). Rancang Bangun Printer 3D Menggunakan Kontroller Arduino Mega 2560. *Prosiding SNATIF Ke - 4*, 105–110.

Pris, F. R., Suyitno, B. M., & Suhadi, A. (2019). Analisis Kekuatan Velg Aluminium Alloy 17 Inc Dari Berbagai Desain Menggunakan Metode Finite Element Analysis (FEA). *Jurnal Ilmiah TEKNOBIZ*, *9*(2), 33–39. https://doi.org/https://doi.org/10.35814/teknobiz.v9i2.558

Rusianto, T., Huda, S., Hary Wibowo, dan, Kalisahak No, J., & Balapan Yogyakarta, K. (2019). Jenis dan Pencetakan 3D (3D Printing) untuk Pembuatan Prototipe. *Jurnal Teknologi*, *12*(1), 14–21.

Satriyo, Y. (2022). *Analisis Hasil Spin Casting Mesin C-400 Matic Menggunakan Master*

Produk dari Permesinan 3D Printing Resin dan CNC. https://dspace.uii.ac.id/handle/123456789/42021

Sofyan, A., Glusevic, J., Zulfikar, A. J., & Umroh, B. (2019). Analisis Kekuatan Struktur Rangka Mesin Pengering Bawang Menggunakan Perangkat Lunak Ansys APDL 15.0. *Journal Of Mechanical Engineering Manufactures Materials And Energy*, *3*(1), 20–28. https://doi.org/10.31289/jmemme.v3i1.2417

Sumantri, D. (2012). *Peningkatan Kinerja Mesin Rapid Prototyping Berbasis Fused Deposition Modeling*.

Taufik, I. (2018, October 8). *3D Printing; Solusi Teknologi untuk Membuat Organ Tubuh Manusia*. Https://3dprinting.ft.ugm.ac.id/2018/10/08/3d-printing-solusi-teknologi-untuk-membuat-organ-tubuh-manusia/

Totu, E., Stanciu, loana, Butnarasu, C., & Isildak, I. (2017). On Latest Application Developments for Dental 3D Printing. *Conference: 6-Th Edition of the International Conference on e-Health and Bioengineering*. https://doi.org/10.1109/EHB.2017.7995393

Widyaningrum, F., Jatisukamto, G., & Ilminnafik, N. (2018). Analisis Struktur Statis Provision Crane Dengan Software Ansys 16.2. *Jurnal ROTOR*, *11*(1), 18–21. https://doi.org/https://doi.org/10.19184/rotor.v11i1.9644

Pala'biran, O. A., Windah, R. S., & Pandaleke, R. (2019). Perhitungan Lendutan Balok Taper Kantlever Dengan Menggunakan SAP2000. *Jurnal Sipil Statik*, *7*(8), 1039–1048.