

ANALISIS STRUKTUR ALUMINIUM PROFILE V-SLOT SEBAGAI DESAIN RANGKA MESIN 3D PRINTER

Lazuardi Akmal Islami

Program Studi Teknik Mesin Universitas Nusa Putra, Indonesia

Korespondensi penulis: lazuardi.akmal@nusaputra.ac.id

Dani Mardiyana

Program Studi Teknik Mesin Universitas Nusa Putra, Indonesia

Fabrobi Fazlur Ridha

Program Studi Teknik Mesin Universitas Nusa Putra, Indonesia

***Abstract.** Frame 3D printers do not require materials that can withstand too heavy a load because the nozzle and motor parts are generally small. However, for large 3D printers, it still has to be adjusted. This assessment was carried out by means of a systematic design. The design results are formed in a 3D model that can be analyzed by simulation. Then analysis by providing examples of loads is carried out to simulate real conditions. If the simulation results of the model can withstand the loads and perform the given functions, the study can be completed. However, if the results of the frame model do not meet the specified criteria, then the design needs to be remade to make it more suitable. the results of the structural analysis that have been carried out, the results of the stress on the structure are also still far below the UTS and YS of the aluminum profile.*

Keywords: 3D Printer, Aluminium Profile, Stress Analysis.

Abstrak. Frame 3D printer tidak memerlukan bahan yang dapat menahan beban yang terlalu berat karena bagian nozzle dan motor pada umumnya berukuran kecil. Namun untuk 3D printer yang berukuran besar, tetap harus disesuaikan. Pengkajian ini dilakukan dengan cara desain sistematis. Hasil desain itu dibentuk dalam sebuah model 3D yang dapat dianalisis secara simulasi. Kemudian analisis dengan memberikan contoh beban-beban dilakukan untuk menstimulasikan kondisi nyata. Apabila hasil simulasi model itu dapat menahan beban-beban dan melakukan fungsi yang telah diberikan, maka kajian dapat diselesaikan. Namun jika hasil model rangka tersebut tidak memenuhi kriteria yang ditentukan, maka desain perlu dibuat ulang agar lebih sesuai. hasil analisis struktur yang telah dilakukan, didapatkan hasil tegangan pada struktur juga masih jauh di bawah UTS dan YS dari aluminium profile.

Kata kunci: 3D Printer, Aluminium Profile, Analisis Tegangan.

1. PENDAHULUAN

Teknik dalam proses pembuatan aditif terus berkembang sebagai metode manufaktur yang mudah, praktis dan berkualitas. Di Indonesia sendiri, perkembangannya sudah mulai meluas dengan penggunaannya semakin meningkat dari tahun ke tahun [1]. Teknik pembuatan ini sudah mulai masuk ke berbagai sektor di antaranya sektor kesehatan, industri, sosiokultur dan juga pada pendidikan. Berbagai jenis pembuatan aditif telah dilaksanakan di Indonesia termasuk stereolithography [2], SDS dan FDM yang merupakan teknik-teknik 3D printing paling umum dilakukan. Ini menjadikan 3D printing sebuah alat yang potensinya sangat besar untuk berbagai aspek kehidupan.

Seperti perlatan-peralatan lainnya yang digunakan manusia, peralatan untuk pembuatan aditif memerlukan suatu standar kualitas yang baik agar dapat digunakan dengan optimal. Ada beberapa kekurangan yang tidak terlepas dari proses pembuatan dengan 3D printing. Salah satu hambatannya adalah bahwa peralatannya dapat memakan waktu yang cukup lama untuk pembuatan produk. Terutama dengan mesin Fused Deposition Modeling (FDM) yang dapat memakan waktu berjam-jam untuk membuat produk-produk yang besar dan/atau memerlukan akurasi yang tinggi [3]. Keuntungan metode ini adalah ini merupakan metode dengan system yang cukup mudah untuk dibuat dengan cara kerja yang relatif mudah juga. Karena metode ini mempunyai istilah rapid prototyping, metode pembuatan ini dapat membuat prototipe bergeometri kompleks dan rongga-rongga yang rumit dengan cara yang lebih cepat dalam satu gerak pekerjaan [4].

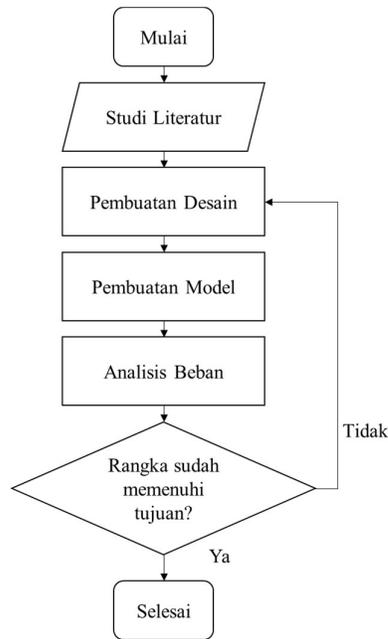
Pembuatan produk dengan 3D printing dengan metode FDM biasanya menggunakan beberapa komponen utama dalam sistemnya yang dapat digolongkan menjadi sistem ekstrusi dan pemanas (nozel), input komputer, dan frame dan platform pencetakan [5]. Sistem ekstrusi dan pemanas berfungsi membawa bahan kerja ke platform pencetakan yang sebelumnya dipanaskan dengan pemanas yang dilanjutkan ke nozzle pembentuk. Nozzle ini dapat digerakkan juga dengan motor, tergantung dengan design alat. Dalam beberapa sistem bahkan dapat menggunakan lebih dari satu nozel untuk mempercepat proses pembuatan [6]. Setelah itu, input komputer yang menggunakan perangkat keras berupa mikrokontroler dan display menentukan pergerakan platform untuk membentuk benda kerja yang dicetak. Platform pencetakan adalah sebuah bed yang menampang benda kerja pada sistem 3D printing ini. Bed ini bisa dipasangi motor untuk menggerakkan

dan menyesuaikan dalam pencetakan benda kerja. Dari sini bisa dipahami bahwa alat ini memerlukan sebuah frame yang mampu menahan berbagai beban statis dan dinamis sistem tersebut.

Dalam prakteknya, frame 3D printer tidak memerlukan bahan yang dapat menahan beban yang terlalu berat karena bagian nozzle dan motor pada umumnya berukuran kecil. Namun untuk 3D printer yang berukuran besar, berat sistem harus disesuaikan pula. Penelitian ini merancang sebuah desain rangka 3D printer yang dapat digunakan untuk menampung sebuah sistem 3D printer dengan metode FDM. Rangka tersebut perlu untuk bisa melaksanakan kinerja dalam gerakan tiga arah yakni, X, Y dan Z dalam pergerakan benda kerjanya.

2. METODE PENELITIAN

Pengkajian ini dilakukan dengan cara desain sistematis yang dilakukan dengan mengikuti diagram alur pada Gambar 1. Awal penelitian dimulai dengan melaksanakan studi literatur terdahulu yang dari hal tersebut kemudian dilanjutkan dengan membangun sebuah desain yang dapat memenuhi tujuan penelitian. Hasil desain itu dibentuk dalam sebuah model 3D yang dapat dianalisis secara simulasi. Kemudian analisis dengan memberikan contoh beban-beban dilakukan untuk menstimulasikan kondisi nyata. Apabila hasil simulasi model itu dapat menahan beban-beban dan melakukan fungsi yang telah diberikan, maka kajian dapat diselesaikan. Namun jika hasil model rangka tersebut tidak memenuhi kriteria yang ditentukan, maka desain perlu dibuat ulang agar lebih sesuai.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Dalam tahap pertama penelitian, studi literatur diperlukan untuk mendapatkan informasi atas desain, material dan metode pembuatan rangka 3D printer. Desain yang baik akan memiliki berbagai kelebihan dan sesuai akan kebutuhan yang diinginkan. Pemilihan material yang baik akan menggunakan material dengan sifat kekuatan, kelenturan dan sifat-sifat material yang mencukupi dengan biaya yang sesuai dan dapat dibuat dengan baik. Metode pembuatan yang tepat juga diperlukan untuk pembuatan alat, agar bahan pembuatan bisa diaplikasikan dengan baik.

Sebelum melakukan analisis dan simulasi beban, desain dimodel dalam bentuk 3D dalam program *AutoDesk Inventor*. Model ini kemudian diberi parameter yang sesuai dengan perancangan yang dibuat. Model kemudian disimulasikan untuk menguji berbagai beban yang terjadi pada mesin 3D printer. Data hasil simulasi akan dianalisis apakah sudah sesuai dengan tujuan penelitian. Apabila desain tidak memenuhi kriteria yang diberikan, maka perlu dilaksanakan kajian ulang pada pembuatan desain.

Material yang digunakan pada Frame yaitu Aluminium 6061-AHC mempunyai Karakteristik seperti pada tabel dibawah ini

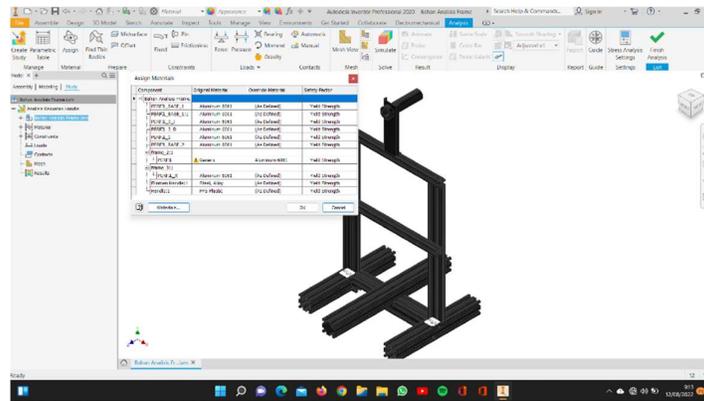
Tabel 1. Karakteristik sifat mekanik Aluminium 6061-AHC

Nama Material	Aluminum 6061-AHC	
Sifat Umum	Massa Jenis	2,7 g/cm ³
	<i>Yield Strength</i>	275 MPa
	<i>Ultimate Tensile Strength (UTS)</i>	310 MPa
Tegangan	Modulus Young	68.899,99 MPa
	Rasio Poisson	0,33 ul
	Modulus Geser	25.902,22 MPa

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Analisis *Stress Frame Atas*

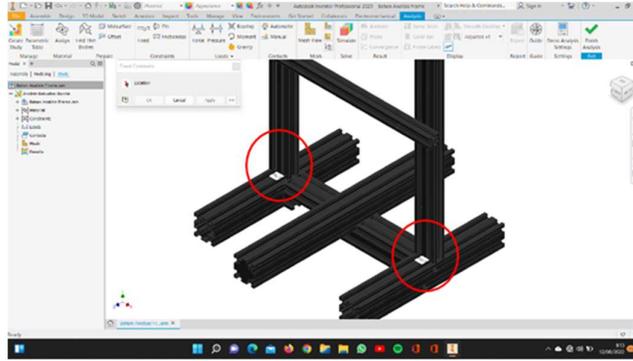
Tahapan analisis stress untuk frame atas dapat dimulai dari pemilihan material seperti yang ditampilkan pada Gambar 2



Gambar 2. Pemilihan jenis material yang akan dianalisis

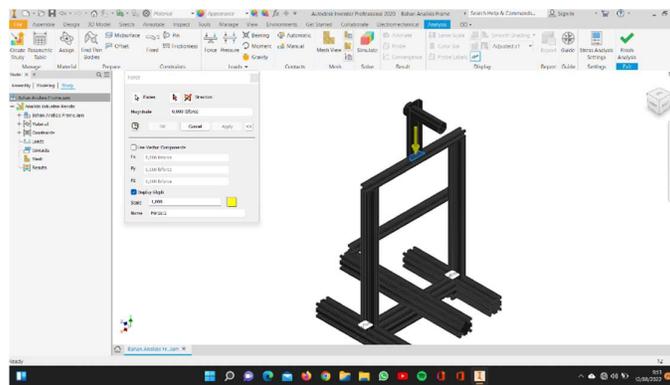
Memilih Material Sesuai dengan material yang asli yang di gunakan dalam Frame 3D Printer yaitu Aluminium V-Slot menggunakan material Aluminium 6061-AHC.

ANALISIS STRUKTUR ALUMINIUM PROFILE V-SLOT SEBAGAI DESAIN RANGKA MESIN 3D PRINTER



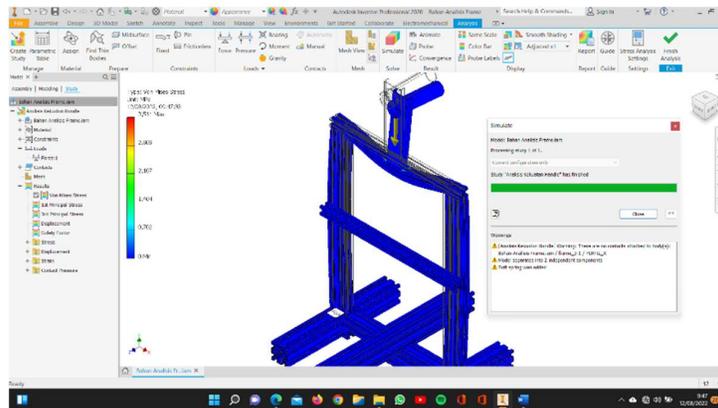
Gambar 3. Penentuan titik tumpu yang akan dianalisis

Dalam analisis terdapat titik tumpuan beban yang terdapat pada bagian tersebut seperti yang ditunjukkan oleh lingkaran merah pada Gambar 3. Penentuan titik tumpuan ini biasanya bagian yang terhubung dengan frame atau bagian yang menjadi tumpuan beban pada analisis yang menyesuaikan dengan aslinya.



Gambar 4. Penentuan titik beban

Menentukan titik beban sesuai dengan keadaan yang sebenarnya yaitu beban terdapat sesuai dengan panah kuning (Gambar 4). Lalu masukan berat beban yang ingin dimasukkan sesuai dengan berat filament dan handle yang mempunyai berat 2 kg dan jika di konversi ke dalam satuan lbf atau lbforce sesuai dengan satuan yang harus dimasukkan kedalam analisis yaitu sebesar 4,406 lbf.



Gambar 5. Proses pemodelan

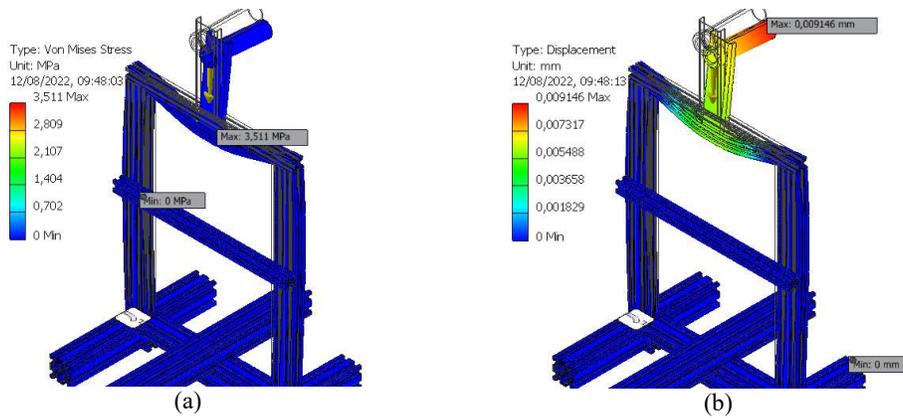
Jika nilai analisis serta penempatannya sudah dilakukan maka tahapan berikutnya yaitu melakukan simulasi atau *generate* analisis dan tunggu proses analisis selesai seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 5. Setelah di simulasi maka akan terlihat hasil analisis yang dilakukan seperti pada gambar di samping. Adapun hasil detailnya terdapat pada uraian dibawah ini.

Tabel 2. Hasil analisis struktur *frame* atas

Parameter	Minimum	Maksimum
Volume		1.219.270 mm ³
Massa		3,35 kg
Tegangan Von Mises	0 MPa	3,51 MPa
Pergeseran	0 mm	9,15 x 10 ⁻³ mm
<i>Safety Factor</i>	15 ul	15 ul

Berdasarkan hasil analisis struktur yang telah dilakukan, didapatkan hasil tegangan pada struktur masih jauh di bawah UTS dan YS dari aluminium *profile*. Hal ini menunjukkan kelayakan dari struktur yang telah dibuat. Adapun hasil analisis distribusi Von Mises Stress dan Displacement ditampilkan pada Gambar 6 di bawah ini

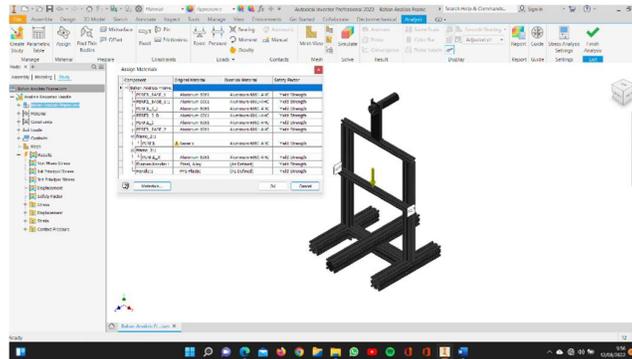
ANALISIS STRUKTUR ALUMINIUM PROFILE V-SLOT SEBAGAI DESAIN RANGKA MESIN 3D PRINTER



Gambar 6 (a) Analisis *Von Mises Stress*; (b) Analisis *Displacement*

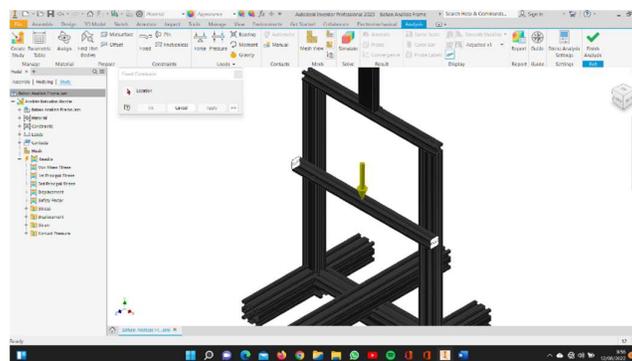
3.2 Hasil Analisis *Stress Frame Bawah*

Tahapan analisis stress untuk frame bawah dapat dimulai dari pemilihan material seperti yang ditampilkan pada Gambar 7.



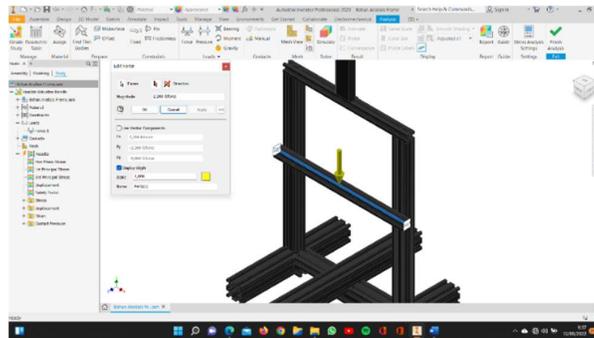
Gambar 7. Pemilihan jenis material yang akan dianalisis

Memilih Material Sesuai dengan material yang asli yang di gunakan dalam Frame 3D Printer yaitu Aluminium V-Slot menggunakan material Aluminium 6061-AHC



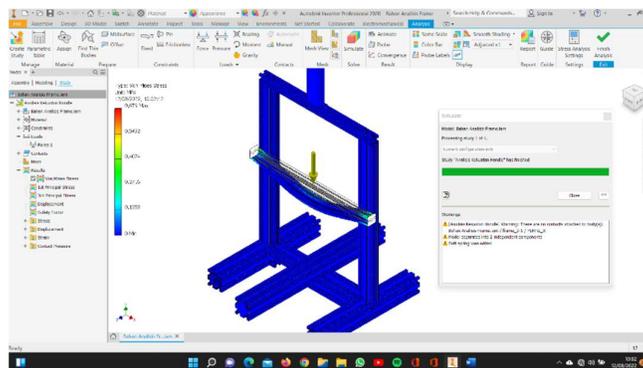
Gambar 8. Penentuan titik tumpu *frame* bawah yang akan dianalisis

Dalam analisis terdapat titik tumpuan beban yang terdapat pada bagian tersebut seperti yang ditunjukkan oleh lingkaran merah pada Gambar 8. Penentuan titik tumpuan ini biasanya bagian yang terhubung dengan frame atau bagian yang menjadi tumpuan beban pada analisis yang menyesuaikan dengan aslinya.



Gambar 9. Penentuan titik beban *frame* bawah

Menentukan titik beban sesuai dengan keadaan yang sebenarnya yaitu beban terdapat sesuai dengan panah kuning yang disajikan pada Gambar 10. Lalu masukan berat beban yang ingin dimasukkan sesuai dengan berat filament dan handle yang mempunyai berat 1 kg dan jika di konversi ke dalam satuan lbf atau lbf force sesuai dengan satuan yang harus dimasukkan kedalam analisis yaitu sebesar 2,204 lbf. Setelah di simulasi maka akan terlihat hasil analisis yang dilakukan seperti pada gambar di samping. Adapun hasil detailnya terdapat pada uraian dibawah ini.



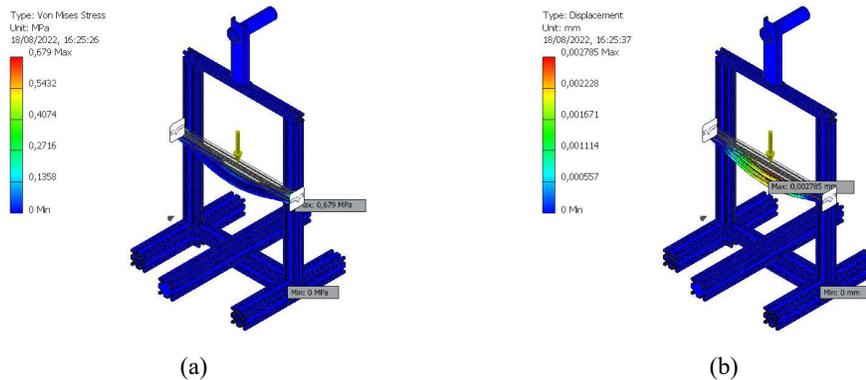
Gambar 10. Proses pemodelan *frame* bawah

Setelah di simulasi maka akan terlihat hasil analisis yang dilakukan seperti pada Gambar 10. Adapun hasil detailnya terdapat pada uraian dibawah ini. Adapun hasil dari analisis diatas sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil analisis struktur *frame* bawah

Parameter	Minimum	Maksimum
Volume		1.219.270 mm ³
Mass		3,35 kg
Von Mises Stress	0 MPa	0,68 MPa
1st Principal Stress	-0,40 MPa	0,92 MPa
3rd Principal Stress	-1,12 MPa	0,33 MPa
Displacement	0 mm	2,79 x 10 ⁻³ mm
Safety Factor	15 ul	15 ul

Berdasarkan hasil analisis struktur yang telah dilakukan, didapatkan hasil tegangan pada struktur juga masih jauh di bawah UTS dan YS dari aluminium profile. Hal ini menunjukkan kelayakan dari struktur yang telah dibuat. Kekuatan struktur dari aluminium profile ini sendiri juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan sebelumnya, di mana kekuatan struktur bahan hingga mencapai 304,1 MPa dan bahan aluminium profile cocok digunakan sebagai bahan struktur untuk mesin-mesin manufaktur cerdas [7], [8]. Adapun hasil analisis *Von Mises Stress* dan *Displacement* ditampilkan pada Gambar 11 di bawah ini



Gambar 11 (a) Analisis *Von Mises Stress*; (b) Analisis *Displacement*

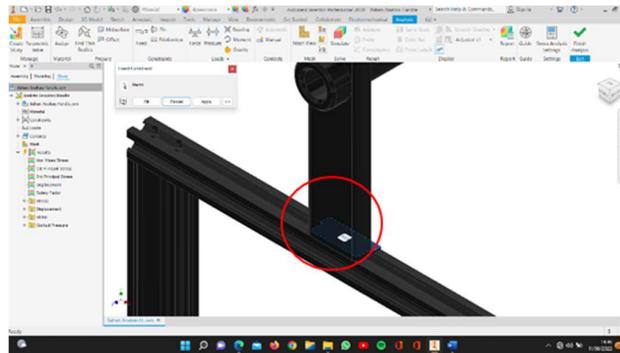
3.3 Hasil Analisis Stress Handle

Pemilihan material untuk bagian handle ini berbeda dengan bagian frame. Material yang digunakan adalah PPS Plastic dan Steel Alloy mempunyai Karakteristik seperti pada table dibawah ini:

Tabel 4. Karakteristik sifat mekanik *Steel Alloy* dan Plastik PPS

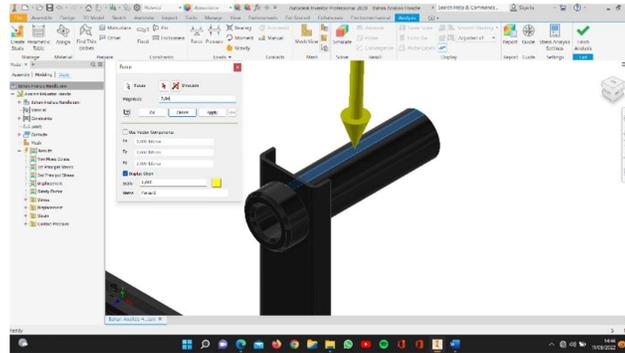
Nama Material	<i>Steel Alloy</i>	
Sifat Umum	Massa Jenis	7,73 g/cm ³
	<i>Yield Strength</i>	250 MPa
	<i>Ultimate Tensile Strength</i> (UTS)	400 MPa
Tegangan	Modulus Young	205.000 MPa
	Rasio Poisson	0,3 ul
	Tegangan Geser	78.846,38 MPa
Nama Material	<i>PPS Plastic</i>	
Sifat Umum	Massa Jenis	1,64 g/cm ³
	<i>Yield Strength</i>	68,9 MPa
	<i>Ultimate Tensile Strength</i> (UTS)	82,7 MPa
Tegangan	Modulus Young	2.700 MPa
	Rasio Poisson	0,4 ul
	Tegangan Geser	964,29 MPa

Perbedaan material yang digunakan ini menyebabkan input untuk analisis rangka juga berbeda. Memilih material Sesuai dengan material yang asli yang terdapat di dalam 3D Printer yaitu untuk bagian *roll handle* menggunakan material PPS *plastic* sedangkan untuk material Penyangga *roll handle* menggunakan material *steel alloy* yang dimana masing-masing material mempunyai nilai *Yield Strength* yang berbeda yang pastinya mempunyai kekuatan luluh yang berbeda [9].



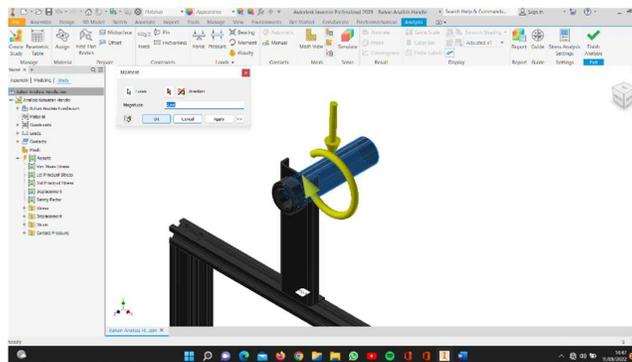
Gambar 12. Penentuan titik tumpu handle

Dalam analisis terdapat titik tumpuan beban yang terdapat pada bagian tersebut seperti yang ditunjukkan oleh lingkaran merah pada Gambar 12 di atas. Penentuan titik tumpuan ini biasanya bagian yang terhubung dengan frame atau bagian yang menjadi tumpuan beban pada analisis yang menyesuaikan dengan aslinya.



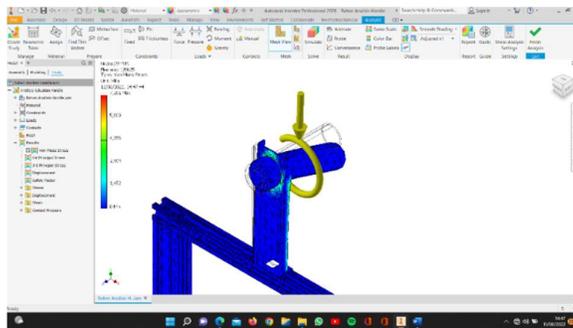
Gambar 13. Menentukan titik beban dari handle

Menentukan titik beban sesuai dengan keadaan yang sebenarnya yaitu beban terdapat sesuai dengan panah kuning (Gambar 13). Lalu masukan berat beban yang ingin dimasukan sesuai dengan berat *roll filament* yang mempunyai berat 1,2 kg dan jika di konversi ke dalam satuan Lbf atau *lbforce* sesuai dengan satuan yang harus dimasukan kedalam analisis yaitu sebesar 2,64 lbf.



Gambar 14. Menentukan momen puntir pada handle

Karena dalam bagian roll nya itu terdapat filamen yang berputar maka harus di tambahkan momen puntir yang dimana seperti pada gambar dengan panah yang memutar roll (Gambar 14), dengan memasukan berat beban yang terdapat dalam roll tersebut yaitu 1,2 kg atau 2,64 lbf.



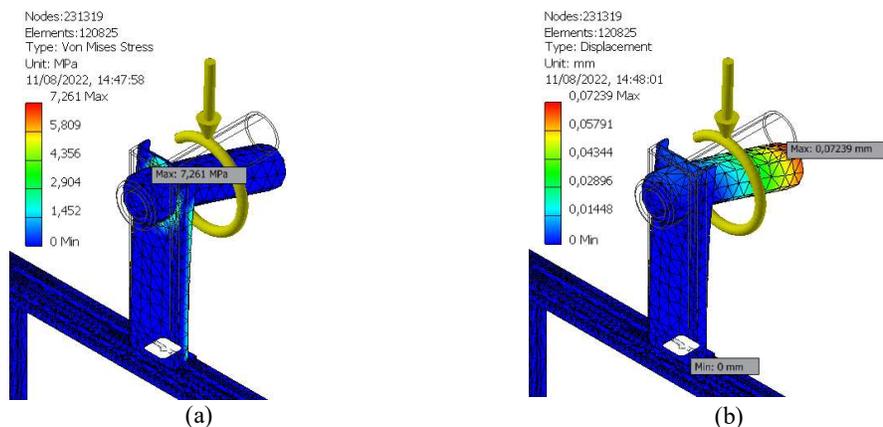
Gambar 15. Hasil pemodelan beban puntir pada handle

Setelah di simulasi maka akan terlihat hasil analisis yang dilakukan seperti pada Gambar 15. Adapun hasil detailnya terdapat pada uraian dibawah ini.

Tabel 5. Hasil analisis struktur *handle*

Name	Minimum	Maximum
Volume		342.072 mm ³
Mass		0,98 kg
Von Mises Stress	3,91 x 10 ⁻⁸ MPa	7,26 MPa
Displacement	0 mm	7,24 x 10 ⁻² mm
Safety Factor	15 ul	15 ul

Adapun hasil analisis *Von Mises Stress* dan *Displacement* ditampilkan pada Gambar 16 di bawah ini



Gambar 16 (a) Analisis *Von Mises Stress*; (b) Analisis *Displacement*

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut: material aluminium profile v-slot cocok digunakan sebagai bahan struktur mesin 3D printer. Berdasarkan pemodelan yang dilakukan tegangan yang didapatkan oleh tiap bagian yaitu frame atas, bawah, dan handle menunjukkan distribusi tegangan masih di bawah UTS dan YS sehingga aman digunakan untuk struktur permesinan manufaktur cerdas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ismianti and Herianto, "Adoption of 3D Printing in Indonesia and Prediction of Its Application in 2025," IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., vol. 722, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/722/1/012028.
- [2] W. Novarika, M. Ginting, A. A. Sani, and D. Astra, "Pengaruh Parameter Proses Rapid Prototyping Dengan Teknologi Stereolithography Terhadap Kekerasan Spesimen Uji," Austenit, vol. 11, no. 2, 2019, [Online]. Available: <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/austenit/article/view/1863%0Ahttps://jurnal.polsri.ac.id/index.php/austenit/article/download/1863/902>.
- [3] J. M. Holman and T. Serdar, "Analyzing the composite 3-D printer frame for rigidity," ASEE Annu. Conf. Expo. Conf. Proc., vol. 2018-June, 2018, doi: 10.18260/1-2--29803.
- [4] V. G. Surange and P. V. Gharat, "3D Printing Process Using Fused Deposition Modelling (FDM)," Int. Res. J. Eng. Technol., vol. 03, no. 03, pp. 1403–1406, 2016.
- [5] F. M. Mwema and E. T. Akinlabi, "Basics of Fused Deposition Modelling (FDM)," SpringerBriefs Appl. Sci. Technol., pp. 1–15, 2020, doi: 10.1007/978-3-030-48259-6_1.
- [6] A. Abilgazyev, T. Kulzhan, N. Raissov, M. H. Ali, W. L. K. O. Match, and N. Mir-Nasiri, "Design and development of multi-nozzle extrusion system for 3D printer," 2015 4th Int. Conf. Informatics, Electron. Vision, ICIEV 2015, 2015, doi: 10.1109/ICIEV.2015.7333982.
- [7] V. Macillo, "Special Joint Systems for Aluminium Structures: Experimental Tests and Numerical Models," p. 271, 2013, [Online]. Available: www.unina.it.
- [8] M. Špago, A. J. Muminović, N. Pervan, M. Trobradović, V. Hadžiabdić, and M. Delić, "Development and Design of a Machine Using Standard Aluminium Profiles," TEM J., vol. 11, no. 1, pp. 56–63, 2022, doi: 10.18421/TEM111-07.
- [9] T. Cadiou, F. Demoly, and S. Gomes, "A hybrid additive manufacturing platform based on fused filament fabrication and direct ink writing techniques for multi-material 3D printing," Int. J. Adv. Manuf. Technol., vol. 114, no. 11–12, pp. 3551–3562, 2021, doi: 10.1007/s00170-021-06891-0.