

## **ANALISIS KEKUATAN FRAME MESIN 3D PRINTING BETON DENGAN FITUR ROTATING NOZZLE MELALUI SIMULASI STATIS SOLIDWORKS**

**Yonathan Ade Prayoga<sup>1\*</sup>, Raihan Allam Prabaswara<sup>2</sup>, Albert Gunawan<sup>3</sup>, Ratmono Hari Widyatmoko<sup>4</sup>, Ivan Christian Surya P., S.<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,4,5</sup> Program Studi Teknik Perancangan Mekanik dan Mesin, Politeknik ATMI Surakarta  
Jl. Mojo No. 1 Karangasem, Laweyan, Surakarta 57145

\*Email: ratmono.hari@atmi.ac.id

### **Abstrak**

Mesin 3D print beton dengan fitur rotating nozzle merupakan mesin yang dirancang khusus untuk mencetak struktur beton menggunakan teknologi pencetakan 3D. Fitur rotating nozzle memungkinkan variasi sudut dan kemampuan menghindari collision terhadap column tembok yang telah terpasang. Mesin 3D print beton ini memiliki spesifikasi dimensi mesin 14000 x 12000 x 5000 mm dengan panjang dapat ditambah atau dikurangi dan menggunakan mekanisme gantry. Frame yang digunakan dilakukan pengujian kekuatan dengan menggunakan Computer Aided Engineering (CAE) untuk mengetahui poros tersebut dapat menahan beban yang diberikan. Computer Aided Engineering (CAE) adalah proses design, analisis, simulasi dan perbaikan dengan menggunakan media komputer/laptop dalam software solidwork. Frame pada mesin 3D print beton terdiri dari 9 part utama, yaitu : Mover Axis X, Sub Assy Axis X, Bracket Axis X, Mover Axis Y, Sub Axis Y, Bracket Y, Connector L, Axis Z4m, dan Axis Z2m. Analisis dilakukan mulai dari identifikasi titik kritis dan besarnya stress ketika diberi pembebanan statis pada berbagai macam part dan analisis terhadap kekuatan dari frame. Hasil dari analisis ini untuk mengetahui kekuatan dan daerah kritis yang menentukan kualitas frame tersebut aman dan dapat digunakan. Setelah melakukan analisis menggunakan bantuan Software SOLIDWORKS Simulation, maka dapat disimpulkan bahwa desain material dan tebal part dari pipa frame masuk kriteria aman karena nilai stress tidak melebihi dari nilai yield strength material Aluminum 6061-T6. Nilai masing-masing stress frame adalah sebagai berikut : Mover Axis X = 35.685 N/mm<sup>2</sup>, Sub Assy Axis X = 44.370 N/mm<sup>2</sup>, Bracket Axis X = 40.151N/mm<sup>2</sup>, Mover Axis Y = 20.673 N/mm<sup>2</sup>, Sub Axis Y = 83.381 N/mm<sup>2</sup>, Bracket Y = 31.931 N/mm<sup>2</sup>, Connector L = 62.524 N/mm<sup>2</sup>, Axis Z 4m = 19.516 N/mm<sup>2</sup>, dan Axis Z 2m = 38.594 N/mm<sup>2</sup>.

**Kata kunci:** Analisis Rigging, Tegangan Von Mises, 3D Printer Beton

### **1. PENDAHULUAN**

3D printing beton merupakan metode inovatif ini melibatkan penggunaan cetakan digital yang mampu membentuk struktur beton secara presisi, efisien, dan cepat. Dengan potensi untuk mengubah paradigma konstruksi tradisional, teknologi ini menjanjikan keunggulan dalam aspek kecepatan, biaya, dan fleksibilitas desain.

Pada mesin 3D Printing Beton terdapat *frame* yang berfungsi sebagai bagian utama untuk menopang unit *extruder* dan pergerakan sumbu X dan sumbu Y. Dengan *frame rigging*, mesin 3D printing beton dinilai aman dan praktis dalam konstruksi mesin yang besar. Oleh karena itu, *frame* perlu dikaji lebih lanjut mengingat pentingnya fungsi bagi sebuah mesin dan operator mesin 3D Printing beton.

Dari permasalahan di atas dapat diidentifikasi beberapa masalah yang akan muncul dalam membuat *frame* pada mesin 3D Printing beton, antara lain : Proses analisis *frame*, yaitu jenis bahan yang digunakan untuk pembuatan *frame*, dimensi ukuran rigging untuk *frame*, dan bagaimana analisis *frame* yang kuat dan aman. Uji fungsional dan kekuatan *frame* pada mesin pada proses terakhir harus menunjukkan bahwa *frame* aman digunakan dan dapat berfungsi dengan baik.

### 1.1 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengoptimalkan performa mesin 3D print beton dengan fitur *rotating nozzle* berdasarkan analisis dan simulasi menggunakan *Computer Aided Engineering* (CAE), berikut 3 poinnya yaitu :

1. Menganalisa kekuatan *frame* terhadap gaya *statis*.
2. Membuktikan hasil analisis rancangan *frame* tidak melebihi *yield strength*.
3. Membuktikan bahwa kontruksi *frame* aman untuk digunakan.

### 2. METODOLOGI

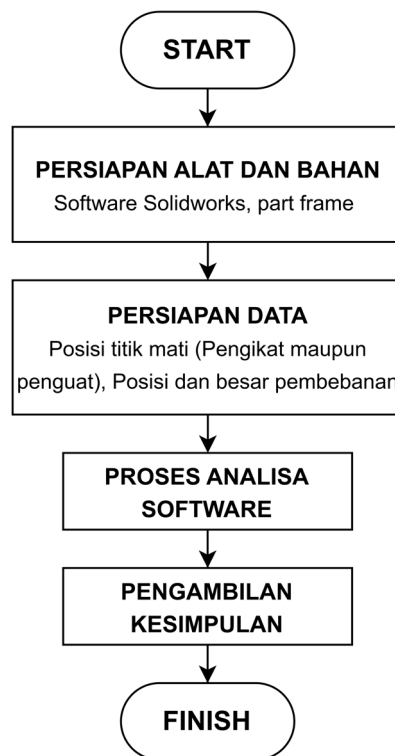
Proses penelitian ini memerlukan beberapa bahan dan peralatan sebagai perlengkapan dalam proses perancangan serta beberapa metode pengumpulan data dan perumusan masalah.

#### 2.1. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis menggunakan *software* simulasi, yaitu menggunakan *software SOLIDWORKS Simulation* dengan mengidentifikasi titik kritis dan besarnya *stress* ketika diberikan pembebanan *statis*. Lalu dari hasil identifikasi atau analisis *software* tersebut dilakukan proses pengambilan kesimpulan dengan melihat apakah kontruksi dan material yang digunakan aman diaplikasikan untuk *frame* pada Mesin 3D Printer beton.

#### 2.2. Proses Penelitian

Metode pengerjaan dilakukan dengan beberapa tahapan yang ditunjukkan pada *flowchart* di gambar 1.



Gambar 1. *Flowchart* Proses Penelitian

### 2.2.1. Persiapan Alat dan Bahan

#### 1. Laptop/PC

Proses perancangan yang dilakukan membutuhkan *laptop/PC* dengan jenis *11th Gen Intel(R) Core(TM) i7-11800H @ 2.30GHz 2.30 GHz* dan memori minimal RAM size 16 GB. Laptop ini digunakan untuk operasi analisis dan pembukaan file seperti yang tertera pada **gambar 1**.

#### 2. Software

Proses analisis menggunakan *software SOLIDWORKS* versi 2020 yang dalam paket penginstalannya lengkap atau terdapat *sub-software solidworks simulation*.

### 2.2.2. Persiapan Data

Persiapan data dilakukan dengan wawancara dan konsultasi dengan *customer* dan pembimbing tugas akhir serta diskusi dengan anggota kelompok tugas akhir, sehingga didapatkan berbagai data yang dapat digunakan dalam penyusunan *input* pada *software*. Selain melalui wawancara dan konsultasi serta diskusi, data penelitian didapatkan dari jurnal penelitian sebelumnya dan data pendukung lainnya.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

*Frame* dari *3D Printing Beton* dianalisis bebannya untuk mengetahui apakah *frame* tersebut cukup kuat jika ada beban lain yang tidak terduga atau tidak disengaja dan akibat getaran yang terjadi pada mesin saat sedang *running* proses. Pada penelitian ini fokus utamanya adalah melakukan Analisis pada *frame* mesin 3D Printing beton dengan menggunakan *software SOLIDWORKS Simulation*, dengan menggunakan material *Aluminum 6061-T6*. *Frame* pada mesin 3D Printing beton terdiri dari 9 *part* utama, yaitu : *Mover Axis X*, *Sub Assy Axis X*, *Bracket Axis X*, *Mover Axis Y*, *Sub Axis Y*, *Bracket Y*, *Connector L*, *Axis Z4m*, dan *Axis Z2m*. Hasil dari analisis ini untuk mengetahui kekuatan dan daerah kritis yang menentukan kualitas *frame* tersebut aman dan dapat digunakan.

### 3.1. Spesifikasi Part Solidworks

**Tabel 1. Properties dari Frame**

Nama Part	Mass (gram)	Volume (mm <sup>3</sup> )
<i>Mover Axis X</i>	28.968,95	10.729.240,33
<i>Sub Assy Axis X</i>	100.665,86	37.283.650,23
<i>Bracket Axis X</i>	30.542,90	11.312.185,40
<i>Mover Axis Y</i>	100.594,20	12.814.547,23
<i>Sub Axis Y</i>	117.855,88	43.650.324,70
<i>Bracket Y</i>	42.442,29	10.499.073,87
<i>Connector L</i>	53.308,45	19.743.871,92
<i>Axis Z 4m</i>	30.953,00	11.464.074,34
<i>Axis Z 2m</i>	15.976,61	5.917.264,68

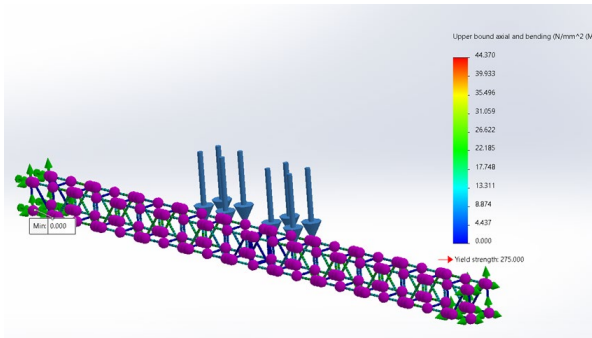
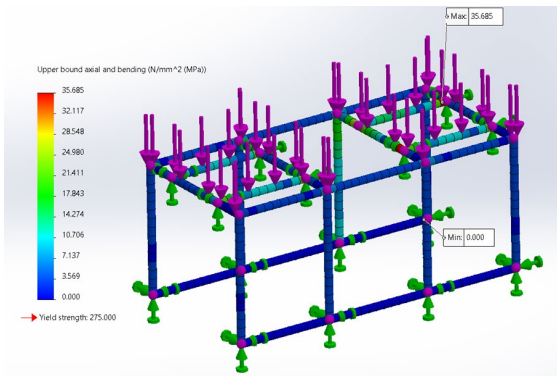
Dari **Tabel 1** diketahui massa dan volume dari masing-masing *part* yang akan di analisis menggunakan *software SOLIDWORKS*.

### 3.2. Hasil Analisis Software

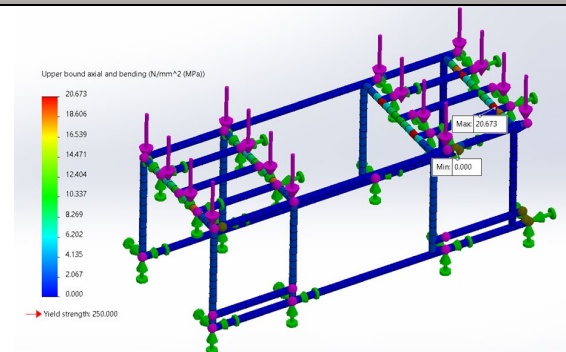
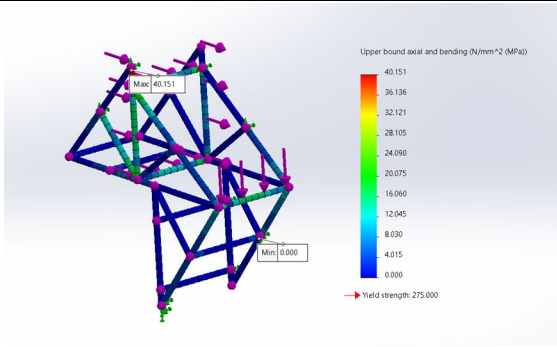
Desain *frame* pada mesin akan mengalami masa kelelahan (*fatigue*) akibat pergerakan dan pembebanan yang berulang-ulang. Dalam mengatasi kegagalan desain, diperlukan kajian dalam pembebanan maksimal yang diberikan pada mesin. Pada *Frame* telah dilakukan analisis dengan pembebanan *statis* dari atas sebesar 3430 *Newton* atau 700kg yang disesuaikan dengan posisi *part*, tebal *part* dan material *part*. Bagian *Fix* adalah bagian yang dalam perakitannya terdapat sambungan baut dan mur. Pada **tabel 2** akan dipaparkan hasil dari analisis yang sudah dilakukan.

**Tabel 2. Hasil Analisis *Frame* menggunakan *SOLIDWORKS Simulation***

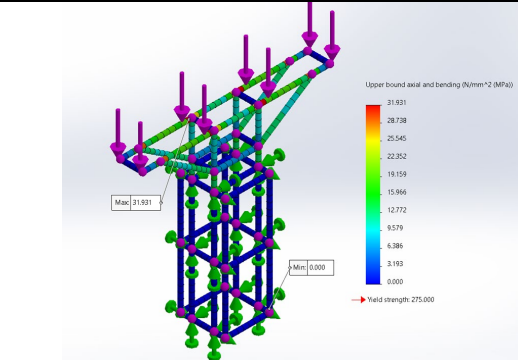
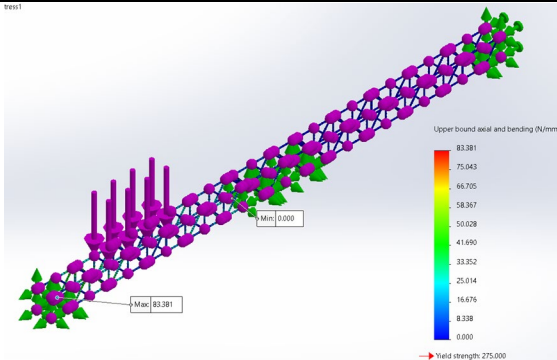
**1. Mover Axis X** **2. Sub Assy Axis X**



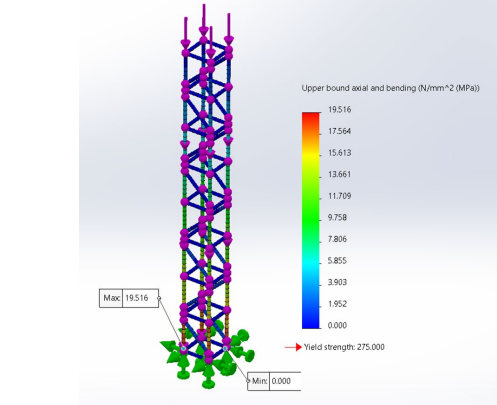
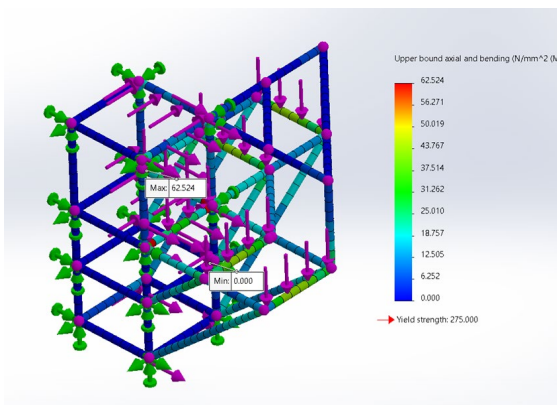
**3. Bracket Axis X** **4. Mover Axis Y**



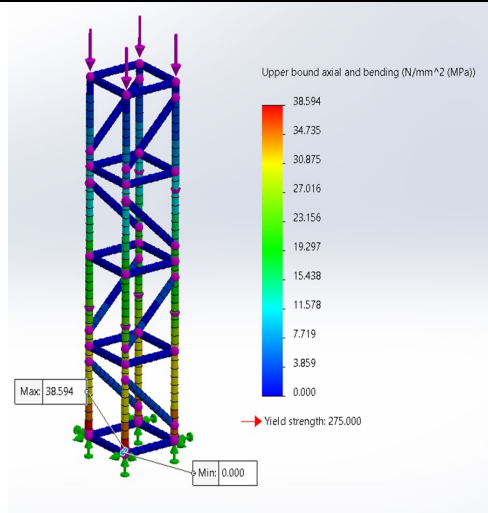
**5. Sub Axis Y** **6. Bracket Y**



**7. Connector L** **8. Axis Z 4m**



## 9. Axis Z 2m



## 3.3. Stress dan Yield Strength

Tabel 3. Perbandingan Hasil Analisis Stress dengan Yield Strength.

Nama Part	Stress (N/mm <sup>2</sup> )	Yield Strength (N/mm <sup>2</sup> )
Mover Axis X	35.685	275.000
Sub Assy Axis X	44.370	275.000
Bracket Axis X	40.151	275.000
Mover Axis Y	20.673	275.000
Sub Axis Y	83.381	275.000
Bracket Y	31.931	275.000
Connector L	62.524	275.000
Axis Z 4m	19.516	275.000
Axis Z 2m	38.594	275.000

Dari **Tabel 3** disimpulkan bahwa dari ke-9 Part yang menjadi perhatian adalah pada *Sub Axis Y* dan *Connector L* karena nilai *stress* yang paling tinggi, namun masih dalam kondisi aman karena tidak melebihi *yield strength*.

## 4. KESIMPULAN

Setelah melakukan analisis menggunakan bantuan *Software SOLIDWORKS Simulation* maka dapat disimpulkan bahwa desain *Frame 3D Printing* beton memiliki hasil analisis sebagai berikut : *Mover Axis X* = 35.685 N/mm<sup>2</sup>, *Sub Assy Axis X* = 44.370 N/mm<sup>2</sup>, *Bracket Axis X* = 40.151 N/mm<sup>2</sup>, *Mover Axis Y* = 20.673 N/mm<sup>2</sup>, *Sub Axis Y* = 83.381 N/mm<sup>2</sup>, *Bracket Y* = 31.931 N/mm<sup>2</sup>, *Connector L* = 62.524 N/mm<sup>2</sup>, *Axis Z 4m* = 19.516 N/mm<sup>2</sup>, dan *Axis Z 2m* = 38.594 N/mm<sup>2</sup>. Dari hasil simulasi tersebut, nilai yang didapatkan tidak melebihi nilai *yield strength* atau batas patah dari Aluminum 6061-T6, maka dapat disimpulkan bahwa *frame 3D Printer* beton aman dan dapat digunakan untuk menopang komponen. Setelah proses analisis kekuatan desain, selanjutnya perlu dilakukan analisis secara fisik pada *frame*.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Dzulfikar Muhammad Hizbullah, Dzulfikar. *Perancangan dan Analisis Chassis Ladder Frame Kendaraan Listrik Enggang EVO 4.1 Kategori Prototype untuk Shell Eco Marathon Dengan Simulasi Finite Element Analysis (FEA)*. Diss. Institut Teknologi Kalimantan, 2021.
- Radyantho, Kholiq D., Batan I. Londen, and Rosadila Febritasari. "Experimental study of Mandrel's effect on rotary draw bending process of aluminium 6061 pipe." *AIP Conference Proceedings*. Vol. 2384. No. 1. AIP Publishing, 2021.
- Cahyono, A. B., Pratama, R. A., & Wibisono, G. (2018). *Buckling analysis of aluminum 6061-T6 frame structure for lightweight vehicle*. *International Journal of Materials, Mechanics and Manufacturing*, 6(1), 1-6.
- Prasetyo, A. B., Suryadi, P., & Hermawan, A. (2015). *Vibration analysis of aluminum 6061-T6 frame structure for a solar-powered vehicle*. *Journal of Vibration Engineering and Technology*, 3(2), 123-130.
- Rahman, M., & Gupta, S. (2020). *Comparative Study of Aluminum 6061-T6 and Steel Frame Structures through Finite Element Analysis in SolidWorks*. *International Journal of Mechanical Engineering*, 35(2), 78-86.
- Zhang, X., & Tan, L. (2018). *Static and Dynamic Analysis of Bicycle Frame made of Aluminum 6061-T6 using SolidWorks Simulation*. *Journal of Materials Science and Engineering*, 25(4), 189-198.
- Indrawan, R., & Sharma, V. (2013). *Thermal Analysis of Aluminum 6061-T6 Pipe Frame Structures in Aerospace Applications using SolidWorks Simulation*. *Journal of Aerospace Technology and Materials*, 22(1), 30-38.