

## Rancang Bangun *Large Format CoreXY 3D Printer* Dengan Sistem *Hot-swap Printhead*

**Rendi Pambudi Wicaksono, Dirvi Eko Juliando Sudirman, Tio Prima Aditya,  
Salsabilaturrohmatin Nazida Ulfa, Much Kevin Fauzi Muqorrobin**

Politeknik Negeri Madiun

rendipambudi@pnm.ac.id

**Abstract.** Dalam beberapa dekade terakhir teknologi *3D Printer* telah mengalami kemajuan signifikan. Salah satu tantangan terbesar yang terus dihadapi dunia *3D Printer* adalah ukuran cetakan yang dapat dihasilkan. Ukuran cetak yang lebih besar memungkinkan objek dicetak tanpa membaginya menjadi komponen-komponen yang lebih kecil, sehingga meningkatkan efisiensi produksi dan kualitas objek akhir. Selain itu, untuk meningkatkan fleksibilitas dan efisiensi saat menggunakan *3D Printer*, integrasi sistem *hot-swap printhead* juga sangat penting. Sistem *hot-swap printhead* memungkinkan pengguna mengganti kepala cetak dengan mudah tanpa perlu melakukan kalibrasi ulang. Pada penelitian ini, *3D Printer* tipe CoreXY dipilih karena kualitas hasil cetak dan efisien waktu dalam pembuatan 3D modelling yang di hasilkan lebih efektif dan optimal. Kualitas obyek yang dihasilkan mesin ini cukup baik. Mesin dapat melakukan pencetakan dengan baik pada setiap sisi dari bidang cetak, dan juga dengan kecepatan yang bervariasi. Hasil pada percetakan dengan sistem *hot-swap nozzle* menggunakan *nozzle* 0,5mm dan 0,8mm sudah mendapatkan tingkat presisi ukuran yang sama menggunakan objek kubus kalibrasi dengan ukuran 40mm x 40mm x 40mm. Sistem *hot-swap printhead* dapat berjalan sesuai dengan pengaturan.

**Kata Kunci :** *3D Printer, CoreXY, Hot-swap Printhead*

### 1. Pendahuluan

Teknologi *3D Printer* telah berkembang pesat dalam beberapa dekade terakhir. Hal ini mengubah paradigma proses manufaktur dan kreativitas. Ukuran cetakan yang dapat dihasilkan sampai sekarang masih merupakan tantangan yang terus dihadapi dunia *3D Printer* (Budiastra & Feryanda Frasiska, 2020). Hal ini membawa beberapa implikasi. Salah satunya cetakan yang lebih besar memungkinkan pembuatan objek yang lebih kompleks dan sesuai industri, namun seringkali menghadapi keterbatasan teknis (Tino et al., 2020).

Perkembangan *3D Printer* berukuran besar, seperti yang memiliki ukuran cetak 50 cm x 50 cm x 50 cm, dapat memberikan solusi terhadap tantangan tersebut. Ukuran cetak yang lebih besar memungkinkan objek dicetak tanpa membaginya menjadi komponen-komponen yang lebih kecil, sehingga meningkatkan efisiensi produksi dan kualitas objek akhir. Namun, mengembangkan *3D Printer* berukuran penuh juga memiliki tantangan tersendiri, seperti keakuratan gerakan poros, manajemen termal, dan manajemen material (Ardianto et al., 2021; Hakim et al., 2019). Banyak penelitian yang dilakukan pada bidang *3D Printer* berbagai model. Namun hasil dari penelitian tersebut mampu menjawab masalah ini.

Selain itu, untuk meningkatkan fleksibilitas dan efisiensi saat menggunakan *3D Printer*, integrasi sistem *hot-swap printhead* juga sangat penting. Sistem *hot-swap* kepala cetak memungkinkan pengguna mengganti kepala cetak dengan mudah tanpa mengganggu proses pencetakan (Daywin et al., 2019; Hakim et al., 2019). Ini adalah fitur yang diperlukan, terutama saat mencetak beberapa warna atau jenis bahan berbeda.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan printer 3D berukuran besar dengan ukuran cetak 50 cm x 50 cm x 50 cm yang dilengkapi dengan sistem *printhead hot-swap*. Kombinasi ukuran cetak yang besar dan kemampuan *hot-swappability* pada *printhead* akan memberikan dampak yang signifikan dalam dunia pencetakan 3D (Avdeev et al., 2019). Tantangan teknis dalam mengoordinasikan pergerakan poros dengan presisi tinggi pada ukuran cetakan besar, kualitas hasil cetakan, kemampuan kecepatan cetak yang dapat membentuk suatu bangun secara presisi.

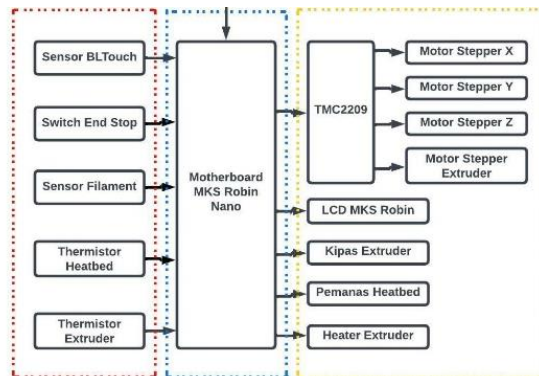
## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini mengadopsi pendekatan rancang bangun yang terfokus pada pengembangan *3D Printer* berukuran besar dengan dimensi cetak 50cm x 50cm x 50cm dan dilengkapi dengan sistem *hot-swap printhead* (Mardiyana et al., 2023). Langkah awal melibatkan perancangan konsep yang mencakup desain keseluruhan *3D Printer*, termasuk kerangka, mekanisme gerakan sumbu, sistem kendali, dan mekanisme *hot-swap printhead* (Diyanto et al., 2022; Panjaitan et al., 2021). Setelah konsep dirancang, langkah berikutnya adalah pengembangan perangkat keras. Ini mencakup pembuatan dan perakitan mesin *3D Printer*, dan mekanisme *hot-swap printhead*. Selama tahap ini, perangkat keras dirakit sesuai dengan desain yang telah direncanakan. Setelah proses perakitan selesai, *3D Printer* diuji dalam lingkungan kontrol (Fansuri, 2014).

Uji coba ini mencakup pengujian akurasi pencetakan, uji coba sistem *hot-swap printhead*, dan pengecekan terhadap fitur-fitur lainnya (Rodrigues Carneiro & Tavares, 2021). Performa *3D Printer* dievaluasi dengan mencetak berbagai objek dengan berbagai tingkat kompleksitas. Parameter yang dievaluasi meliputi akurasi geometri, kualitas cetakan, kecepatan pencetakan, dan kemampuan sistem *hot-swap printhead*. Hasil dari uji coba dan evaluasi performa digunakan untuk melakukan perbaikan dan pengembangan lanjutan. Jika ditemukan masalah atau kelemahan dalam kinerja, langkah perbaikan akan diambil untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi *3D Printer*.

### A. Diagram Blok Sistem

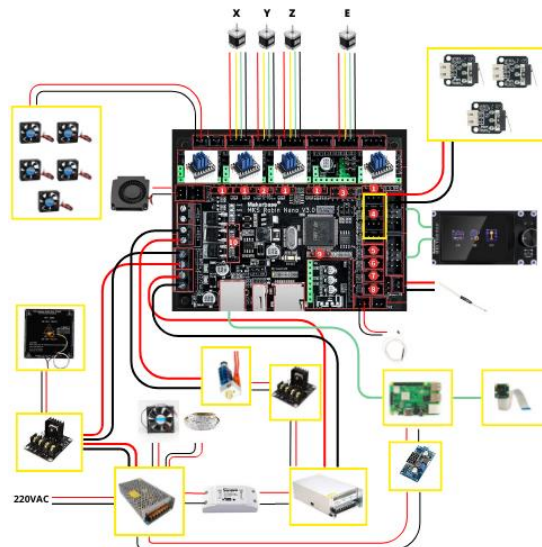
Pada Gambar 1 akan ditunjukkan blok diagram dari Rancang Bangun *3D Printer Large format Core XY* Dengan Sistem *Hot-swap Printhead*. Penjelasan dari Gambar 1 yaitu: Sensor BLTouch, Switch End Stop, sensor Filamen, *Thermistor Heatbed*, dan *Thermistor Extruder* merupakan input, pada *Motherboard* MKS Robin Nano merupakan sebuah proses, sedangkan driver motor stepper TMC2209, LCD, kipas *extruder*, Pemanas *Heatbed*, heater *extruder* dan motor stepper X, Y, Z, motor stepper *extruder* merupakan sebuah output dari sistem.



**Gambar 1. Diagram Blok Sistem**

### B. Wiring Diagram Pada Sistem 3D Printer

Pada rangkaian ini terdiri dari Makerbase Robin Nano V3.1 sebagai mikrokontroler dan sebagai pengatur pergerakan motor stepper. Semua komponen terhubung pada MKS Robin Nano, rangkaian keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 2.

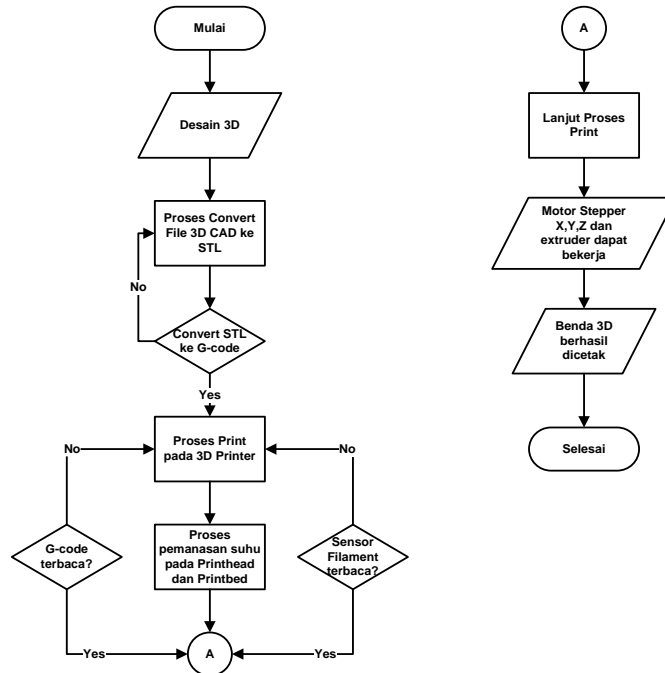


**Gambar 2. Wiring Diagram Pada Sistem 3D Printer**

Pada Gambar 2 menunjukkan bahwa Power supply 24V dihubungkan ke *motherboard* makerbase Robin Nano, maka inputnya dari *thermistor* pada printbed dan *thermistor* pada *printhead*. Selain itu outputan dari rangkaian diatas adalah panas dari printbed dan juga *printhead* dan BLtouch maupun nozzle. Selain itu fan akan menyala. Pada bagian X motor, Y motor dan Z motor adalah tempat untuk pemasangan motor stepper X, Y, dan Z. Sebelum motor stepper dinyalakan, terlebih dahulu menancapkan driver motor stepper TMC2209 ke *motherboard*. Pada bagian EO pada *motherboard* dipakai untuk motor stepper *extruder*. Port LCD pada *motherboard* untuk menghubungkan *motherboard* ke LCD, maka LCD dapat menampilkan perintah maupun informasi untuk proses 3D Printer.

### C. Flowchart Sistem

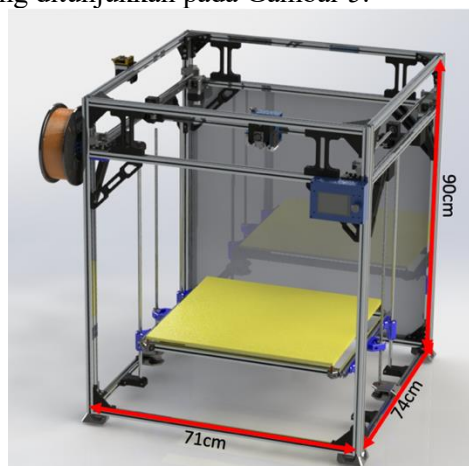
Gambar 3 merupakan *flowchart* sistem yang digunakan pada pembuatan sistem kendali mesin *3D Printer*.



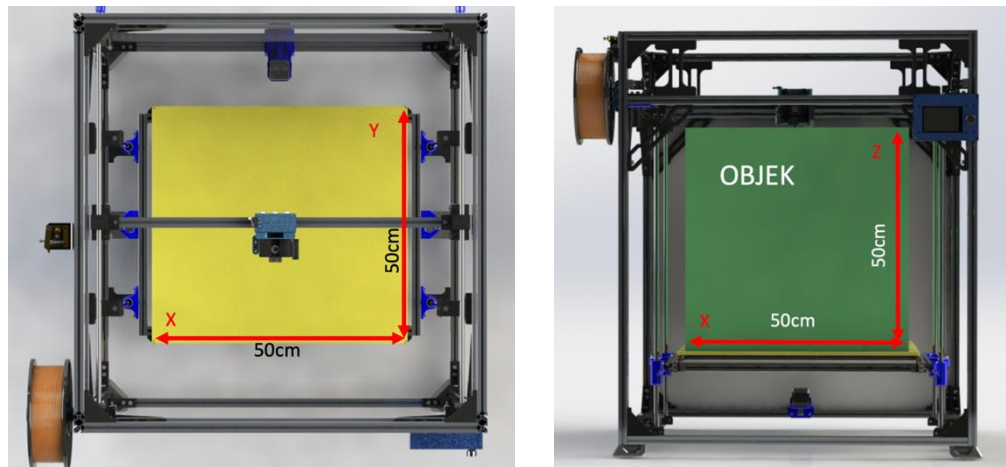
Gambar 3. *Flowchart* Sistem *3D Printer*

### D. Desain mesin *3D Printer*

Pada Gambar 4 merupakan gambar *3D Printer* core XY dengan ukuran body frame 71x74x90cm. Serta memiliki ukuran cetak sebesar 50cm pada sumbu X, 50 cm pada sumbu Y dan 50cm pada sumbu Z seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 4. Gambar desain mesin *3D Printer*



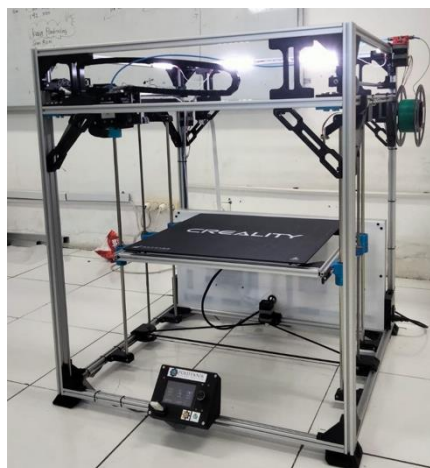
Gambar 5. Desain mesin 3D Printer: Tampak atas (kiri), Tampak depan (kanan)

### 3. Hasil dan Pembahasan

Tahap ini adalah pengujian alat yang dilakukan pada pembuatan Rancang Bangun 3D Printer Large format Core XY Dengan Sistem Hot-swap Printhead. Hasil dari pengujian ini untuk mengetahui hasil dari perencanaan, menganalisa kelemahan dari sistem, membandingkan akurasi dan hasil dari pengujian dengan yang direncanakan. Pengujian yang dilakukan sebagai berikut

#### A. Hasil Perancangan 3D Printer

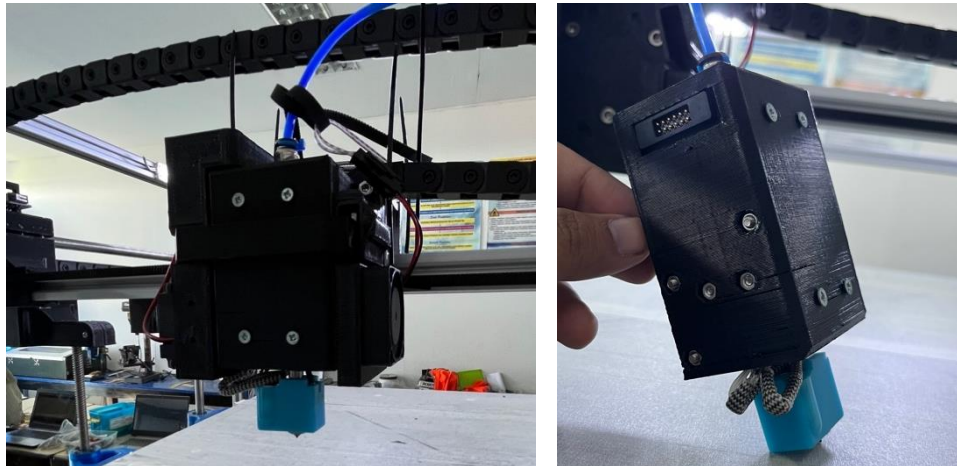
Mengacu pada desain yang telah dibuat, maka hasil perancangan mesin 3D Printer yang telah dibangun dapat dilihat pada Gambar 6. Pada mesin ini digunakan alas cetak dengan ukuran 50cm x 50cm. Sehingga mesin dapat mencetak obyek dengan ukuran 50cm x 50cm sesuai dengan desain yang diharapkan.



Gambar 6. Hasil perancangan mesin 3D Printer

Selanjutnya untuk hasil perancangan hot-swap printhead dapat dilihat pada Gambar 7. Pada Gambar 7 dapat dilihat posisi printhead ketika terpasang pada mesin dan ketika printhead terlepas. Dalam perancangan sistem hot-swap ini, digunakan pogo konektor untuk menghubungkan pemanas dan sensor pemanas menuju ke mainboard. Dengan menggunakan

pogo konektor, dapat mempermudah proses penggantian *printhead* sehingga tidak perlu untuk melepas dan memasang kembali masing – masing kabel.













**Gambar 7.** Hasil perancangan sistem *hot-swap printhead*

### B. Pengujian Hasil Proses Cetak

Pengujian hasil cetak bertujuan untuk mengetahui hasil cetak dengan menggunakan settingan *licer* yang berbeda. Menggunakan diameter *nozzle* 0.5mm dan menggubah pada *layer height* yang berbeda beda. Menggunakan kecepatan cetak 100%. Hasil dari pengujian cetak dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Pengujian Hasil Cetak**

No	Tampak Depan	Tampak Belakang	Layer Height	Ket
1.			0,1 mm	Hasil cetak halus, detail mata dan hidung kucing dapat terlihat jelas. Namun masih ada pergeseran <i>layer</i> pada bagian kepala kucing.
2.			0,15 mm	Hasil cetak halus, walaupun tidak sehalus <i>layer height</i> 0,1mm namun detail mata dan hidung kucing masih terlihat jelas. Masih ada pergeseran <i>layer</i> pada bagian kepala kucing.
3.			0,2 mm	Hasil mulai terlihat kasar, namun detail mata dan hidung kucing masih dapat terlihat. Masih ada pergeseran <i>layer</i> pada bagian kepala kucing.
4.			0,25 mm	Hasil kasar, detail mata dan hidung kucing dapat terlihat samar. Masih ada pergeseran <i>layer</i> pada bagian kepala kucing.
5.			0,3 mm	Hasil cetak bergelombang, detail mata dan hidung kucing samar. Tidak ada pergeseran <i>layer</i> pada bagian kepala kucing.











Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan bahwa pada 5 percobaan hasil cetak pada 5 percobaan masih belum mendapatkan hasil yang sempurna. Pada pencetakan dengan *layer height* 0.1 hampir mendekati pencetakan yang sempurna tetapi pada saat memasuki pergantian bentuk pada leher kucing terdapat pergeseran *layer* sehingga mempengaruhi *layer* selanjutnya. Namun pada ukuran tinggi *layer* 0,3mm, pergeseran *layer* tidak terjadi. Hal ini bisa terjadi karena banyak faktor, yang paling memungkinkan adalah perbandingan tinggi *layer* dengan ukuran lubang *nozzle* yang digunakan (Msalleem et al., 2020).

Semakin besar ukuran lubang *nozzle* yang digunakan, maka semakin tinggi pula ukuran *layer* yang dibutuhkan. Karena ketika melakukan pencetakan dengan tinggi *layer* yang padat namun menggunakan ukuran *nozzle* yang besar, maka plastik filamen yang telah dikeluarkan akan tergeser ketika melakukan pencetakan pada *layer* selanjutnya (Wang et al., 2021). Selain itu suhu yang tidak stabil, pendinginan pada turbo fan yang tidak merata, dan pengaturan pada *slicer* juga dapat mempengaruhi permasalahan cetak tersebut. Namun secara umum, printer ini sudah berhasil dalam melakukan pencetakan obyek.

### C. Pengujian Kecepatan Cetak

Tujuan pengujian kecepatan pada cetakan untuk mengetahui hasil cetakan jika ingin mencetak dengan perbedaan kecepatan cetak (Print Speed), apakah hasil cetakan masih presisi atau tidak presisi. Dengan merubah persentase kecepatan mulai dari 100% hingga 300% dengan perubahan 50 100 mm/s, 150 mm/s, 200 mm/s, 250 mm/s, 300 mm/s.

**Tabel 2. Hasil pengujian kecepatan cetak**

No	Persentase	Kecepatan Cetak	Tampak Depan	Tampak Belakang
1.	100%	100 mm/s		
2.	150%	150 mm/s		
3.	200%	200 mm/s		
4.	250%	250 mm/s		
5.	300%	300 mm/s		

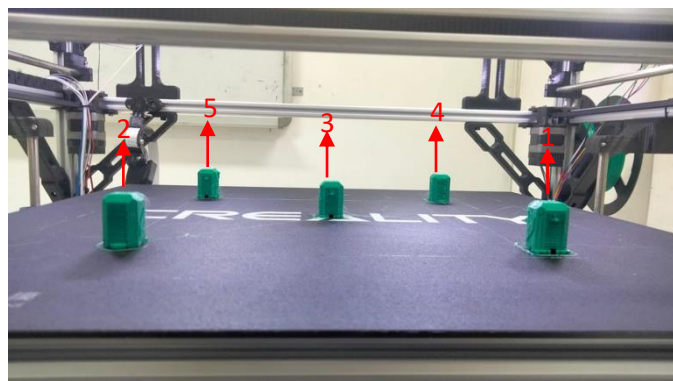
Hasil dan pembahasan uji kecepatan cetak dapat dirumuskan dalam beberapa poin. Poin yang pertama yaitu tampak depan presisi, bagian dagu moai terdapat sedikit filamen yang keluar jalur. Tampak belakang pada bagian bawah sudah presisi, bagian kepala banyak filamen yang keluar jalur. Waktu dibutuhkan untuk mencetak adalah 33:47 menit. Poin kedua, tampak depan presisi, bagian bahu moai hingga ke atas kepala terdapat sedikit filamen yang keluar jalur namun tidak terlalu banyak. Tampak belakang pada bagian bawah presisi, bagian kepala banyak filamen yang keluar jalur. Waktu dibutuhkan untuk mencetak adalah 32:10 menit.

Poin ketiga, tampak depan presisi, bagian dagu moai dan hidung moai terdapat sedikit filamen yang keluar jalur. Tampak belakang pada bagian bawah masih ada filamen yang keluar jalur dan pada bagian kepala banyak filamen yang keluar jalur. Waktu dibutuhkan untuk mencetak adalah 30:08 menit. Poin keempat, tampak depan hasil masih terdapat bintik-bintik filamen dari bagian bawah hingga ke atas terutama pada bagian mulut moai dan hidung moai terdapat sedikit filamen yang keluar jalur. Tampak belakang pada bagian bawah masih ada filamen yang keluar jalur hingga bagian atas. Bagian kepala atas tampak banyak filamen yang keluar jalur. Waktu dibutuhkan untuk mencetak adalah 29:53 menit.

Poin kelima, tampak depan hasil masih terdapat bintik-bintik filamen dari bagian bawah hingga ke atas terutama pada bagian bawah mulut moai terdapat lubang kecil dan hidung moai terdapat sedikit filamen yang keluar jalur. Tampak belakang pada bagian bawah masih ada filamen yang keluar jalur hingga bagian atas. Terlihat pada bagian kepala atas tampak banyak filamen yang keluar jalur. Waktu dibutuhkan untuk mencetak adalah 29:23 menit.

#### **D. Pengujian Hasil Cetak pada Sisi Berbeda dari Bidang Cetak**

Tujuan pengujian cetakan dengan perbedaan posisi bed untuk mengetahui apakah jika objek di cetak dengan posisi koordinat bed yang lain tetap menghasilkan hasil cetakan yang presisi. Diketahui pada posisi 1 menggunakan koordinat  $(X,Y) = (127 \text{ mm}, 127 \text{ mm})$ , posisi 2 pada koordinat  $(X,Y) = (-127 \text{ mm}, 127 \text{ mm})$ , posisi 3 koordinat  $(X,Y) = (0 \text{ mm}, 0 \text{ mm})$ , posisi 4 koordinat  $(X,Y) = (127 \text{ mm}, -127 \text{ mm})$ , posisi 5 koordinat  $(X,Y) = (-127 \text{ mm}, -127 \text{ mm})$ . Dimana koordinat  $(0,0)$  adalah koordinat posisi tengah dari area cetak.



**Gambar 8. Posisi obyek pada pengujian cetak dengan posisi yang berbeda pada bidang cetak**

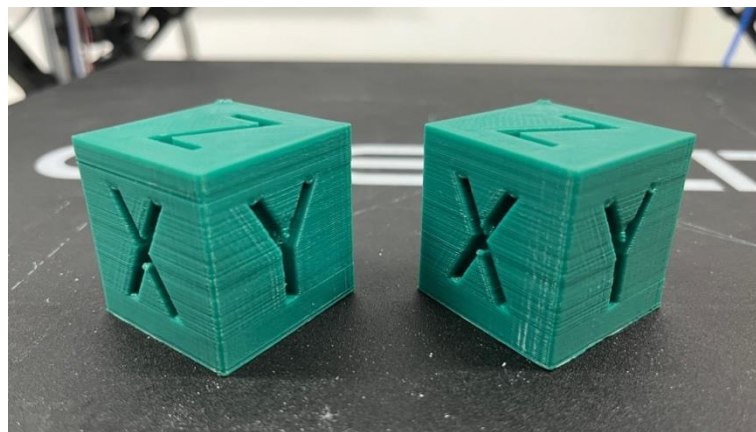
Pada hasil pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat hasil pada pengujian 1 masih ada filamen yang keluar pada bagian belakang namun tampak depan sudah presisi. Pada



pengujian 2 masih ada filamen yang keluar pada bagian depan namun tampak bagian belakang sudah presisi. Pada pengujian 3 sudah adanya presisi yang cukup baik. Pada pengujian 4 masih ada filamen yang keluar pada bagian belakang namun tampak depan sudah presisi. Pada pengujian 5 masih ada filamen yang keluar pada bagian depan namun tampak belakang sudah presisi. Bisa dikatakan masih ada bagian bagian yang harus di *levelling* ulang.

### E. Pengujian Hasil Cetak dengan Sistem *Hot-swap Printhead*







Pengujian sistem *hot-swap printhead* bertujuan untuk mengetahui akurasi dan presisi posisi *printhead* yang tidak berubah dan tidak melakukan pengkalibrasian/ leveling ulang. Dengan membandingkan antara 2 *printhead* dengan ukuran *nozzle* yang berbeda yaitu menggunakan ukuran *nozzle* 0.5mm dan *nozzle* 0.8mm Pengujian dilakukan dengan cara mengukur hasil cetakan dengan pengaturan cetakan yang sama.



Gambar 9. Hasil cetak dari pengujian sistem *hot-swap printhead*. Hasil dari ukuran *nozzle* 0,5mm (kiri), hasil dari *nozzle* 0,8mm (kanan)

Pada percobaan ini pada pengaturan *slicer* hanya dirubah pengaturan pada *nozzlenya* saja. Dan menggunakan objek *calibration cube X,Y,Z*. Hasil dari cetakan dengan *nozzle* 0,5mm dan 0,8mm dapat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Hasil cetak dari pengujian sistem *hot-swap printhead***

Ukuran <i>Nozzle</i>	Tampak X	Tampak Y	Tampak Z
0,5mm			
0,8mm			

Dari hasil pengujian yang ditampilkan pada Gambar 9, dapat dilihat bahwa kedua obyek yang dicetak dengan menggunakan dua ukuran *nozzle* berbeda memiliki hasil yang identik dan tidak ada perbedaan kualitas dari kedua obyek tersebut. Sedangkan pada Tabel 3, disajikan hasil pengukuran dari kedua obyek yang dicetak dengan ukuran *nozzle* yang berbeda. Kedua obyek memiliki ukuran yang identik juga, tidak ada perbedaan ukuran dari kedua obyek hasil

percetakan menggunakan dua ukuran *nozzle* yang berbeda pada pengujian sistem *hot-swap printhead* ini. Hal ini membuktikan bahwa sistem *hot-swap printhead* yang dirancang dapat bekerja sesuai harapan. Sehingga dengan melakukan penggantian *printhead* dengan ukuran *nozzle* yang berbeda, akan tetap mendapatkan hasil cetak dengan kualitas yang sama tanpa perlu melakukan kalibrasi ulang dari masing-masing *printhead* (Salsana & AH Siboro, 2022; Syaifudin et al., 2022; Taufik et al., 2017).

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan pembuatan dan pengujian pada Rancang Bangun *3D Printer Large format Core XY* dengan Sistem *Hot-swap Printhead* dapat diambil kesimpulan sebagai berikut. Pertama, Perancangan *3D Printer large format core xy* dengan menggunakan sistem *hot-swap printhead* telah berhasil dilakukan. Diawali dari proses pembuatan desain, perakitan hasil desain dan dilakukan pengujian cetak dan pengujian kemampuan *hot-swap printhead* tanpa membutuhkan kalibrasi. Kedua, pada pengujian hasil cetakan, didapatkan hasil cetak yang cukup rapi pada kondisi pengaturan ketinggian *layer* 0,1mm. Walaupun hasil cetak belum sempurna pada pengaturan ketinggian *layer* diatas 0,2mm, namun hasil yang didapat sudah mampu membuktikan bahwa mesin *3D Printer* telah berhasil melakukan pencetakan dengan kualitas yang cukup bagus.

Ketiga, pada pengujian kecepatan cetak bisa didapatkan hasil cetakan yang hampir mendekati sempurna menggunakan kecepatan 100mm/s. Jika ingin menggunakan kecepatan di atas 100% harus memperhatikan terlebih dahulu pengaturan *licer* dan juga komponen pendukung pada *3D Printer* agar cetakan bisa sempurna seperti contohnya pada fan turbo agar bisa mendinginkan filamen yang keluar dari *nozzle*. Keempat, pada pengujian cetakan menggunakan 5 tata letak yang berbeda hasil dari kelima cetakan tersebut sudah sama tetapi jika di lihat pada *layer* awal, *nozzle* masih terlalu dekat dengan bed sehingga tidak mendapatkan keluaran filamen yang baik. Sehingga dibutuhkan kalibrasi ketinggian bidang cetak terhadap *printhead* pada beberapa titik bidang cetak.

Kelima, pada hasil pengujian cetak menggunakan *hot-swap printhead* dengan menggunakan *nozzle* 0,5mm dan 0,8mm mendapatkan tingkat presisi yang sesuai dengan menggunakan obyek cetak yaitu *calibration cube X,Y,Z* dengan ukuran 40mm x 40mm x 40mm tanpa perlu melalui proses kalibrasi ulang pada masing-masing pergantian *printhead*. Jika ingin mengembangkan *3D Printer* dengan efisiensi yan tinggi perlu memperhatikan banyak faktor yang menyertainya.

#### Daftar Pustaka

- Ardianto, O. P. S., Kristianto, T. A., Rucitra, A. A., Budianto, C. A., & Mahardhika, S. (2021). Rancang Bangun Aksesori Gagang Pintu Berbasis Teknologi 3Dprint sebagai Upaya Meminimalkan Penularan COVID19 di Gedung Akademik. *SEWAGATI*, 5(3), 295–306. <https://doi.org/10.12962/j26139960.v5i3.72>
- Avdeev, A., Shvets, A., & Torubarov, I. S. (2019). Investigation of Kinematics of 3D Printer Print Head Moving Systems. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Proceedings of the 5th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2019). <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:214099314>
- Budiastra, I. N., & Feryanda Frasiska, I. G. (2020). Rancang Bangun 3D Printer Core XY Menggunakan Ramp 1.4 Berbasis ATMEGA 2560. *Jurnal SPEKTRUM*, 7(2), 57. <https://doi.org/10.24843/SPEKTRUM.2020.v07.i02.p8>

- Daywin, F. J., Utama, D. W., Kosasih, W., & Wiliam, K. (2019). Perancangan Mesin 3D Printer Dengan Metode Reverse Engineering (Studi Kasus di Laboratorium Mekatronika dan Robotics Universitas Tarumanagara). *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 7(2). <https://doi.org/10.24912/jitiuntar.v7i2.5929>
- Diyanto, M. A. C., Setiawan, B., & Nurcahyo, S. (2022). Pengatur Suhu Hopper dan Debit Extruder Pada 3D Printing Simetris Bilateral. *Jurnal Elektronika dan Otomasi Industri*, 9(3), 176. <https://doi.org/10.33795/elk.v9i3.375>
- Fansuri, M. (2014). Membangun Sistem Informasi Monitoring Data Inventory di Vio Hotel Indonesia. *Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika (KOMPUTA)*, 1(1), 1–8.
- Hakim, R., Saputra, I., Utama, G. P., & Setyoadi, Y. (2019). Pengaruh Temperatur Nozzle dan Base Plate Pada Material PLA Terhadap Nilai Masa Jenis dan Kekasaran Permukaan Produk Pada Mesin Leapfrog Creatr 3D Printer. *Jurnal Teknologi dan Riset Terapan (JATRA)*, 1(1), 1–8. <https://doi.org/10.30871/jatra.v1i1.1242>
- Mardiyana, D., Sulaiman, Z., Ihsan, S., Ridha, F., & Rahman, T. (2023). Rancang Bangun 3D Printer FDM Model Cartesian Berbasis Arduino. *JMPM (Jurnal Material dan Proses Manufaktur)*, 7(1), 63–72. <https://doi.org/10.18196/jmpm.v7i1.16866>
- Msallem, B., Sharma, N., Cao, S., Halbeisen, F. S., Zeilhofer, H.-F., & Thieringer, F. M. (2020). Evaluation of the Dimensional Accuracy of 3D-Printed Anatomical Mandibular Models Using FFF, SLA, SLS, MJ, and BJ Printing Technology. *Journal of Clinical Medicine*, 9(3), 817. <https://doi.org/10.3390/jcm9030817>
- Panjaitan, J. H., Tampubolon, M., Sihombing, F., & Simanjuntak, J. (2021). Pengaruh Kecepatan, Temperatur dan Infill Terhadap Kualitas dan Kekasaran Kotak Relay Lampu Sign Sepedamotor Hasil dari 3D Printing. *SPROCKET JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING*, 2(2), 87–99. <https://doi.org/10.36655/sproket.v2i2.530>
- Rodrigues Carneiro, L. R., & Tavares, J. J.-P. Z. D. S. (2021). Design and implementation of 3D printer for Mechanical Engineering Courses. *International Journal for Innovation Education and Research*, 9(3), 293–312. <https://doi.org/10.31686/ijer.vol9.iss3.3001>
- Salsana, B., & AH Siboro, B. (2022). Asesmen Teknologi untuk Mesin 3D Printer di Laboratorium Desain Produk dan Inovasi. *JST (Jurnal Sains dan Teknologi)*, 11(1), 106–116.
- Syaifudin, A., Effendi, M. K., Pramono, A. S., Kaelani, Y., Ariatedja, J. B., Harnany, D., & Yohanes, Y. (2022). Analisis Efektivitas Pelatihan Singkat 3D Modelling, 3D Scanning dan 3D Printing pada Siswa SMA. *Sewagati*, 6(5). <https://doi.org/10.12962/j26139960.v6i5.283>
- Taufik, I., Herianto, & Herliansyah, K. (2017). Monitoring Dan Analisis Mesin 3d Printing Berbasis Sensor Getaran Untuk Mengoptimalkan Kualitas Hasil. *Proceeding International Seminar 1st ECOSTECH 2017*, 1–9.
- Tino, R., Moore, R., Antoline, S., Ravi, P., Wake, N., Ionita, C. N., Morris, J. M., Decker, S. J., Sheikh, A., Rybicki, F. J., & Chepelev, L. L. (2020). COVID-19 and The Role of 3D Printing in Medicine. *3D Printing in Medicine*, 6(1), 11, s41205-020-00064–00067. <https://doi.org/10.1186/s41205-020-00064-7>
- Wang, X., Shujaat, S., Shaheen, E., & Jacobs, R. (2021). Accuracy of desktop versus professional 3D printers for maxillofacial model production. A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry*, 112, 103741. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2021.103741>