

Optimalisasi Hasil Cetak 3 Dimensi Creality CR-10 S5 Menggunakan Ekstruder Dengan Metode *Direct Drive*

Asma Ainuddin¹, Tino Suhaebri²

¹ Program Studi Teknik Listrik dan Instalasi, Akademi Komunitas Industri Manufaktur Bantaeng, ² Program Studi Teknik Listrik dan Instalasi, Akademi Komunitas Industri Manufaktur Bantaeng

Correspondent Author: asmaainuddin11@gmail.com

Abstract — A three-dimensional (3D) printing machine is a machine capable of making objects with a layer-by-layer printing process. This technique is called additive manufacturing in technology 4.0. There are many brands of 3D printers sold in the market, each of which has a variety of prices, printouts and features. One of the 3D printer brands that we use is the Creality CR-10 S5. This machine has a large print size. But the quality of the prints is not good, one of which is caused by the filament extruder that uses the bowden drive technique, where the extruder is separated from the hot end. This paper aims to design an extruder with a direct drive method that directs the filament to the nozzles without using PVC hoses, so that the filament delivery will be maximized. Five tests were conducted for each type of extruder. The designed direct drive type extruder shows that the extruder works well compared to the original bowden type extruder with 2 trials that experienced warping damage or raised print conditions, while printers with bowden type extruders experienced 2 fatal damage, namely grinding filament and stopping extruding mid print and 2 times weak infill damage.

Keyword — 3D print, Creality CR-10S5, extruder, direct drive.

Abstrak — Mesin cetak tiga dimensi (3D) merupakan mesin yang mampu membuat benda dengan proses cetak lapisan per lapisan. Teknik ini disebut *additive manufacturing* dalam teknologi 4.0. Terdapat banyak merek printer 3D yang dijual dipasaran yang masing-masing memiliki harga, hasil cetak dan fitur yang beraneka ragam. Salah satu merek printer 3D yang kami gunakan adalah Creality CR-10 S5. Mesin ini memiliki ukuran hasil cetak yang besar. Tapi kualitas hasil cetak yang kurang bagus yang salah satunya disebabkan oleh bagian ekstruder filamen yang menggunakan teknik *bowden drive*, dimana bagian ekstruder terpisah dengan hot end. Tulisan ini bertujuan merancang sebuah ekstruder dengan metode *direct drive* yang mengarahkan filamen ke nozel tanpa menggunakan selang PVC, sehingga penghantaran filamen akan menjadi maksimal. Pengujian dilakukan sebanyak lima kali untuk setiap tipe ekstruder. Ekstruder tipe *direct drive* yang dirancang menunjukkan bahwa ekstruder bekerja dengan baik dibandingkan ekstruder original yang bertipe bowden dengan 2 kali percobaan yang mengalami kerusakan warping atau kondisi hasil cetak terangkat, sedangkan printer dengan ekstruder tipe *bowden* mengalami 2 kali kerusakan fatal yaitu *grinding filament* dan *stop extruding mid print* serta 2 kali kerusakan *weak infill*.

Kata kunci — 3D print, Creality CR-10S5, ekstruder, *direct drive*.

I. PENDAHULUAN

Sektor industri pada era industri 4.0 terus mengalami perkembangan, terutama pada bidang manufaktur. Salah satu inovasi terbaru di era industri 4.0 adalah teknologi printer 3D. Printer 3D merupakan alat fabrikasi manufaktur aditif yang berfungsi untuk membuat benda nyata dari desain tiga dimensi. Printer 3D menggunakan teknologi *rapid prototyping* yaitu teknologi yang bermula dari data software desain (Solidwork, Inventor, Autocad) yang kemudian dengan cara menumpuk bahan (lapisan demi lapisan) untuk membuat produk [1].

Manfaat printer 3D tersebar di berbagai sektor, pada sektor pariwisata printer 3D digunakan sebagai alat untuk memproduksi souvenir, seperti pada kota madiun yang dikenal sebagai Madiun Delta Icon (MDI). MDI mendesain souvenir secara khusus yang menjadi ciri khas kota madiun [2]. Pada sector kesehatan, printer 3D digunakan sebagai alat pencetak rekayasa tulang dan jaringan. Penggunaan pencetakan 3D pada bidang medis, diantaranya : pembuatan jaringan dan organ, pembuatan prosthetic, implant, dan model anatomi yang disesuaikan [3]. Selain dibutuhkan dalam bidang industri, printer 3D dibutuhkan dalam dunia pendidikan untuk mengikuti perkembangan teknologi sesuai perkembangan dunia industri [4].

Dalam proses pencetakan menggunakan printer 3D terdapat beberapa kendala sehingga membuat hasil cetakan tidak sesuai dengan yang diharapkan. Beberapa masalah yang biasa terjadi diantaranya : terlalu panas, celah antara kontur dan isi, suhu ekstruksi yang rendah, Lapisan yang tidak sempurna, adanya gumpalan [5]. Pada dunia pendidikan, printer 3D yang digunakan untuk menghasilkan produk pada hasil cetaknya terdapat beberapa kendala sehingga membuat hasil cetaknya gagal atau tidak sesuai hasil desain. Hal ini membutuhkan analisis lebih dalam pada pengaturan variable yang terdapat pada mesin printer 3D. berdasarkan latar belakang tersebutlah maka penting untuk melakukan penelitian Rancang Bangun *Direct Drive* Ekstruder Untuk Optimalisasi Hasil Cetak 3D Creality CR-10 S5 untuk meningkatkan kualitas hasil produksi printer 3D.

Penelitian ini bertujuan untuk mencari jalan keluar dari permasalahan yang dihadapi penulis, yaitu untuk menghasilkan hasil cetak yang berkualitas dengan cara merancang ulang ekstruder pada printer 3D Creality CR-10 S5. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi, pustaka dan bermanfaat bagi penelitian selanjutnya dalam upaya memperoleh hasil cetak yang berkualitas baik saat menggunakan printer 3D Creality CR-10 S5.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. 3D Printer

Pembuatan benda tiga dimensi (memiliki panjang, lebar dan tinggi) dari sebuah desain telah mampu dibuat menggunakan printer 3D atau disebut juga *additive manufacturing* [6]. Printer 3D Creality CR-10 S5 merupakan printer 3 dimensi dengan ukuran dimensi cetak yang besar, dilengkapi dengan 2 fitur tambahan yaitu pendeteksi filamen dan merekam posisi terakhir ketika terjadi masalah saat proses pencetakan [7].

Rapid prototyping adalah metode untuk membuat purwarupa sebuah produk. Macam-macam metode *rapid prototyping* adalah : *Stereolithography* (SLA), *Selective Laser Sintering* (SLS), *Laminated Object Manufacturing* (LOM), *Fused Deposition Modeling* (FDM), *Solid Ground Curing* (SGS). Printer 3D yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode FDM. Sedangkan bahan yang digunakan adalah filamen PLA 1,75 mm. pemilihan bahan ini dengan pertimbangan emisi partikel pada printer 3D. Sebab printer 3D memancarkan partikel ultrafine yang signifikan pada proses pencetakan. Pada hasil penelitian Yelin Den pada tahun 2016, Filamen ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*) memicu emisi partikel setidaknya satu kali lebih tinggi dari pada filamen PLA. emisi partikel sebagian besar dipicu oleh proses pemanasan daripada proses pencetakan. Pada proses pemanasan suhu nozel yang lebih tinggi memicu emisi partikel yang jauh lebih tinggi [6].

Pemanfaatan printer 3D di berbagai bidang keilmuan seperti bidang pariwisata untuk pembuatan souvenir yang khas untuk mendukung pariwisata lokal daerah. Pada bidang kesehatan untuk pembuatan rekayasa tulang dan jaringan sebagai pendekatan alternatif dalam menyembuhkan dan memperbaiki kerusakan pada tubuh manusia seperti *scaffold* [2]. Masih banyak lagi pemanfaatan printer 3D. Pada masa pandemi covid-19, sekolah dan kampus (dibawahi oleh Kementerian Perindustrian seperti Akademi Komunitas Industri Manufaktur Bantaeng) yang memiliki printer 3D, memanfaatkan printer 3D untuk pembuatan Alat Pelindung Diri (APD) yaitu *face shield* (pelindung wajah). Hal ini dilakukan untuk membantu rumah sakit rujukan Covid-19 karena kurang tersedianya alat pelindung diri bagi tenaga medis.

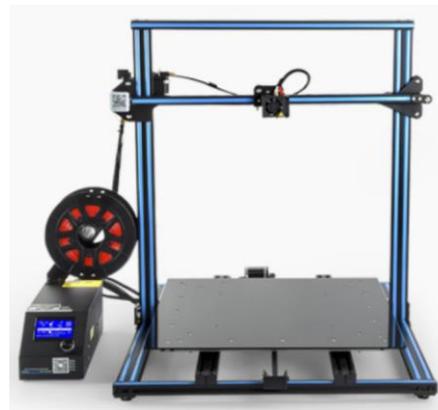
B. CR-10 S5 3D Printer

CR-10 S5 3D Printer merupakan 3D print yang menjadi objek dalam penelitian ini. 3D print ini dibuat oleh perusahaan Shenzhen Creality 3D Technology Co., Ltd,

yang didirikan pada tahun 2014. Perusahaan tersebut mengkhususkan diri dalam mengintegrasikan penelitian, desain, dan perdagangan printer 3D secara keseluruhan [8].

Desain printer ditunjukkan pada Gambar 1 dengan spesifikasi sebagai berikut [7]:

- a) Warna: oranye, biru, hitam (sesuai pilihan);
- b) Metode: FDM;
- c) Ukuran area cetak: 500x500x500mm;
- d) N.W.: 14.6KG;
- e) G.W.: 22.8KG;
- f) Diameter nozel: Standar 0.4mm;
- g) Sistem kendali OS: Win, XP, MAC, VISTA, LINUX;
- h) Software: Cura, Simplify 3D, Repetier-host;
- i) File format: STL, obj, g-code;
- j) Kecepatan cetak: Normal 60mm/s, Max 100mm/s;
- k) Diameter filamen 1.75mm;
- l) Filamen yang didukung: PLA, ABS, TPU, WOOD, CARBON FIBER, COPPER;
- m) Kebutuhan daya: masukan 110-220V, luaran 12V, daya 270W;



Gambar 1. 3D Printer Creality CR-10S5

CR-10 S5 3D memiliki beberapa bagian utama yang terdiri dari bagian mekanikal dan elektrikal. Bagian mekanikal secara umum diantaranya adalah *frame*, *bed*, ekstruder dan kendali arah. sedangkan bagian elektrikal secara umum adalah *power supply*, rangkaian kontrol, *driver* motor dan layar antarmuka. Dalam penelitian ini, keseluruhan dari bagian tersebut tidak dibahas lebih lanjut, hanya bagian tertentu saja yang sangat berkaitan pada penelitian ini yaitu bagian ekstruder.

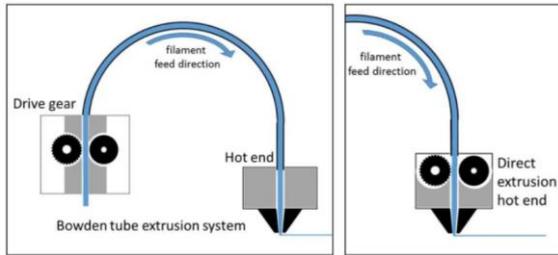
C. Ekstruder

Ekstruder adalah inti dari printer. Di sinilah plastik ditarik masuk, dilebur, dan didorong keluar. Prinsip ini menyerupai lem tambah tapi dalam konsep yang lebih kompleks. Ekstruder terdiri dari dua bagian; ujung yang panas (*Hot end*) dan ujung yang dingin (*cold end*). Pada bagian ujung dingin terdapat motor yang berfungsi untuk menarik filamen dan mendorongnya. Bagian ujung yang panas adalah tempat filamen meleleh dan didorong keluar [9].

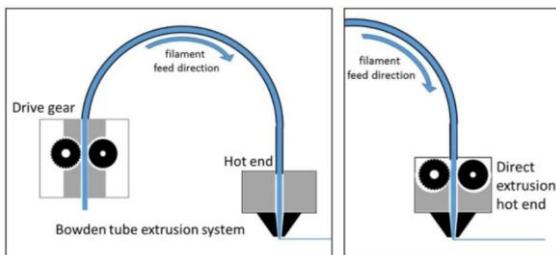
Terdapat dua tipe ekstruder yang dapat digunakan yaitu *direct drive* dan *bowden* ekstruder yang konsepnya

diperlihatkan

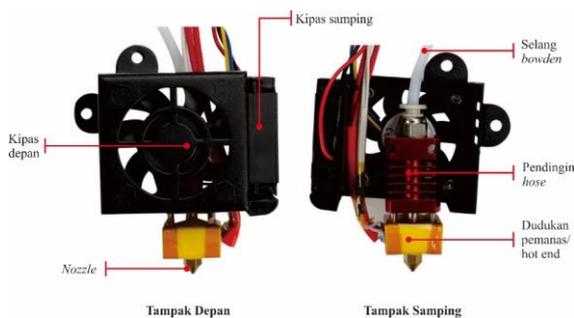
pada



Gambar 2. Masing-masing tipe ekstruder ini memiliki keunggulan. Pada penelitian ini, printer CR-10 S5 menggunakan ekstruder dengan tipe *bowden* seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 2. Tipe ekstruder 3D printer



Gambar 3. Ekstruder Creality CR-10 S5

Untuk itu modifikasi yang dilakukan adalah merancang ekstruder dengan mode *direct drive*. Berdasarkan berbagai sumber, kelebihan dan kekurangan dari kedua tipe ekstruder tersebut adalah [10]:

1. *Direct Drive*

Kelebihan: Dapat mencetak dengan variasi bahan yang lebih luas karena ujung panas dan ekstruder berdekatan, sehingga kontrol yang lebih baik dengan proses ekstrusi. Jarak yang lebih pendek ke ujung panas, jadi respons yang lebih baik terhadap ekstrusi. Daya tanggap yang lebih baik ini berarti hasil cetak lebih bersih dan hasil akhir permukaan yang lebih baik secara keseluruhan. Selain itu, hal ini menghasilkan lebih sedikit gaya atau torsi yang diperlukan untuk mengeluarkan filamen, sehingga dapat menggunakan motor yang lebih kecil atau menggunakan pengaturan yang lebih ringan. Lebih baik digunakan untuk mencetak bahan fleksibel. Meskipun tidak setiap saat, ada beberapa contoh pengekstrusi/ekstruder *bowden* yang dapat menjalankan bahan fleksibel tanpa masalah, tetapi aturan umumnya adalah pengekstrusi langsung dapat mencetak lebih konsisten dengan bahan fleksibel seperti TPU atau Nilon.

Kekurangan: Karena kedua bagian terpasang, ini menyebabkan masalah saat mencetak dengan kecepatan tinggi karena massa keseluruhan lebih tinggi. Lebih berat dan lebih banyak massa secara keseluruhan, massa yang lebih besar ini dapat mengakibatkan *overshooting* dan menyebabkan *frame* goyang karena masalah perlambatan dan percepatan, sehingga mengurangi kualitas komponen. Namun, pengaturan pemotongan dan pencetakan yang efektif sebagian besar dapat mengatasi hal ini. Metode ini juga menghasilkan panas berlebih pada motor karena massa yang lebih berat membutuhkan tenaga ekstra.

2. *Bowden*

Kelebihan: Masalah lebih rendah karena lebih sedikit massa yang perlu dipindahkan. Pencetakan 3D yang lebih ringan dan lebih cepat. Memisahkan ekstruder dari *hot end* berarti mengurangi berat, karena badan ekstruder yang berat dapat dipasang pada *frame* printer sehingga ekstruder tidak bergerak-gerak saat mencetak. Ini berarti printer 3D yang dilengkapi ekstruder *bowden* dapat mencetak lebih cepat dan akselerasi pergerakan yang lebih cepat. Lebih sedikit *overshooting*, tanpa tambahan berat dari ekstruder pada *hot end*.

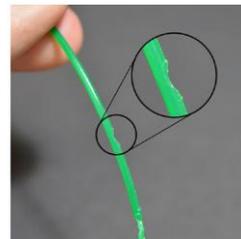
Kekurangan: Masalah pencetakan dengan filamen tertentu seperti bahan fleksibel. Kelambatan cetak karena filamen memiliki jarak yang lebih jauh untuk melakukan perjalanan antara *idler* dan *hot end* sebelum dicetak, yang dapat menghasilkan hasil cetak yang sedikit kurang halus. Karena ada jeda tambahan, namun dapat diimbangi dengan pengaturan tambahan pada aplikasi *licer* 3D sebelum mencetak. Lebih banyak gesekan pada filamen karena jarak yang lebih jauh ini bagi filamen untuk bergerak. Hal ini membuat pencetakan 3D dengan filamen fleksibel seperti TPU jauh lebih sulit.

D. *Kualitas hasil cetak*

Kualitas hasil cetak merupakan hal yang sangat penting diperhatikan. Ada banyak faktor yang mempengaruhi kualitas hasil cetak pada printer 3D, diantaranya pengaturan suhu, vibrasi, ekstruder dan lain-lain.

Beberapa jenis kerusakan pada hasil cetak yang umum dan tentunya mengurangi kualitas hasil cetak adalah sebagai berikut [11].

1. *Grinding Filament*



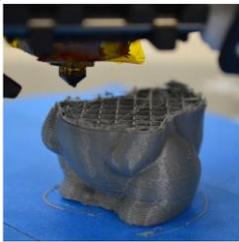
Gambar 4. Kerusakan *Grinding Filamen*

Sebagian besar printer 3D menggunakan roda gigi penggerak kecil yang menjepit filamen dan menempelkannya ke bantalan lain. Roda gigi penggerak memiliki gigi tajam yang memungkinkannya menggigit

filamen dan mendorongnya ke depan atau ke belakang, tergantung ke arah mana roda gigi penggerak berputar. Jika filamen tidak dapat bergerak, namun roda gigi tetap berputar, hal ini dapat menghilangkan cukup banyak plastik dari filamen sehingga tidak ada yang tersisa untuk dipegang oleh gigi roda gigi. kondisi ini juga disebut "stripped" atau filamen yang "dilucuti", karena terlalu banyak bagian dari filamen yang terkupas karena roda gigi terus berputar sementara filamen terhambat.

Masalah ini ditandai dengan banyaknya serutan plastik kecil dari filamen yang telah digiling dan pada saat printer berfungsi dapat diperhatikan bahwa motor ekstruder berputar, tetapi filamen tidak tertarik ke dalam bodi ekstruder.

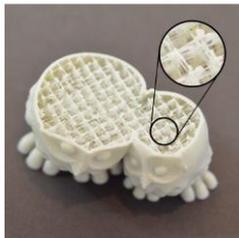
2. Stops Extruding Mid Print



Gambar 5. Kerusakan *Stops Extruding Mid Print*

Masalah ini sering juga terjadi dimana pada permulaan proses cetak filamen keluar dengan normal, namun selang beberapa saat atau saat proses telah berjalan beberapa lapi, tiba-tiba filamen berhenti keluar. Tentunya hal ini sangat mengganggu. masalah ini juga berkaitan dengan masalah griding filament.

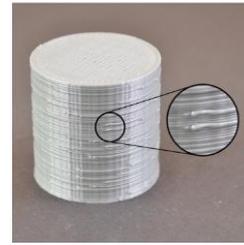
3. Weak Infill



Gambar 6. Kerusakan *Weak Infill*

Isi di dalam bagian cetakan 3D atau yang disebut dengan infill berperan sangat penting dalam kekuatan keseluruhan model yang dicetak. Infill ini bertanggung jawab untuk menghubungkan kulit terluar cetakan 3D, dan juga harus mendukung permukaan atas yang akan dicetak di atas infill. Jika Infill tampak lemah atau berserabut, perlu disesuaikan beberapa pengaturan dalam perangkat lunak untuk menambah kekuatan tambahan pada model yang dicetak.

4. Blobs and Zits



Gambar 7. Kerusakan *Blobs and Zits*

Selama proses pencetakan 3D, ekstruder harus terus-menerus berhenti dan mulai mengekstrusi saat bergerak ke berbagai bagian platform build. Kebanyakan ekstruder sangat baik dalam menghasilkan ekstrusi yang seragam saat mereka berjalan, namun, setiap kali ekstruder dimatikan dan dinyalakan lagi, ini dapat menciptakan variasi tambahan.

Ekstruder harus mulai mencetak kulit terluar model 3D Anda di lokasi tertentu, dan akhirnya kembali ke lokasi itu ketika seluruh kerangka telah dicetak. Tanda ini biasanya disebut sebagai *Blobs* dan *Zits* (gumpalan atau jerawat). Seperti yang dapat dibayangkan, sulit untuk menggabungkan dua potong plastik tanpa meninggalkan bekas sama sekali, tetapi ada beberapa alat di yang dapat digunakan untuk meminimalkan munculnya noda pada permukaan ini.

5. Warping



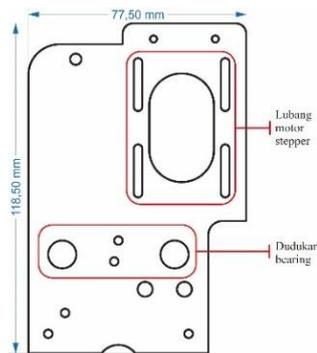
Gambar 8. Kerusakan *Warping*

Saat mencetak model yang lebih besar, biasanya dapat diperhatikan bahwa meskipun beberapa lapisan pertama dari model yang dicetak berhasil menempel ke *bed*, namun kemudian bagian tersebut mulai melengkung dan berubah bentuk. Kerutan ini bisa sangat parah sehingga menyebabkan sebagian model terpisah atau terangkat dari *bed*, dan dapat menyebabkan seluruh proses cetak gagal. Perilaku ini umum terjadi saat mencetak komponen yang sangat besar atau sangat panjang dengan bahan bersuhu tinggi seperti ABS. Alasan utama masalah ini adalah fakta bahwa plastik cenderung menyusut saat terjadi pendinginan. Misalnya, jika mencetak komponen ABS pada suhu 230 C dan kemudian dibiarkan dingin hingga mencapai suhu ruangan, maka komponen tersebut akan menyusut hampir 1,5%. Pada beberapa model yang besar, ini bisa disamakan dengan penyusutan beberapa milimeter. Saat pencetakan berlangsung, setiap lapisan yang berurutan akan berubah bentuk sedikit lebih banyak sampai seluruh bagian melengkung dan terpisah dari *bed*.

III. RANCANGAN PENELITIAN

A. Perancangan Desain Dudukan Ekstruder

Desain ekstruder pada penelitian ini dibuat menggunakan software Autodesk Inventor dan Corel. Hal ini bertujuan agar kesalahan dalam pembuatan langsung dapat diminimalisir. bagian yang dirancang adalah dudukan nozel dan ekstruder serta dudukan sensor filamen. Hasil dari rancangan ini berupa desain 3D yang kemudian bagian-bagiannya akan dicetak menggunakan mesin 3D Print dan dipotong menggunakan mesin CNC router.



Gambar 9. Desain dudukan ekstruder

Gambar 9 menunjukkan desain dudukan ekstruder atau disebut juga dudukan utama. Dudukan ini akan dibuat menggunakan akrilik 5 mm yang dipotong menggunakan mesin CNC router. Pada bagian ini seluruh komponen ekstruder dan sensor filamen akan melekat.



Gambar 10. Desain dudukan sensor

Gambar 10 menunjukkan desain dudukan sensor. Dudukan ini akan dibuat menggunakan mesin 3D dengan bahan PLA. Dudukan ini berfungsi untuk menempatkan sensor pendeteksi filamen.



Gambar 11 Desain konektor hose

Gambar 11 menunjukkan desain konektor hose. bagian ini digunakan sebagai penyambung antara bagian cold dan hot end.

B. Perakitan dan Pengujian

Pada tahap ini, seluruh komponen yang telah ada ataupun yang telah melalui proses pembuatan baik menggunakan mesin 3D maupun menggunakan mesin CNC akan disatukan menjadi bagian utuh. Proses ini memerlukan ketelitian. Setelah proses perakitan selesai, bagian ini akan dipasang langsung pada mesin 3D creality CR10 S5 kemudian dilakukan pengujian.

C. Analisis Perancangan

Analisis perancangan dilakukan dengan menguji hasil perancangan dengan melakukan proses pencetakan model desain 3D face shield.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perancangan

Hasil penelitian yang dilakukan berdasarkan tahap yang telah dijelaskan pada metode penelitian berupa satu bagian ekstruder dengan sistem direct drive.

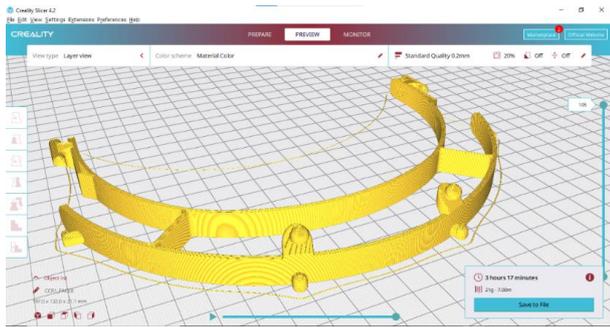


Gambar 12. Hasil Perancangan

Gambar 12 adalah hasil setelah melalui proses perakitan, bagian ini dinamakan Ekstruder set, dimana bagian-bagiannya antara lain: 1. Ekstruder; 2. Konektor Hose; 3. Pelindung hot end; 4. Kipas pendingin hot end; 5. Roller slider v-slot; 6. Nozel; 7. Dudukan sensor filamen; 8. Dudukan Ekstruder; 9. Motor Stepper Ekstruder.

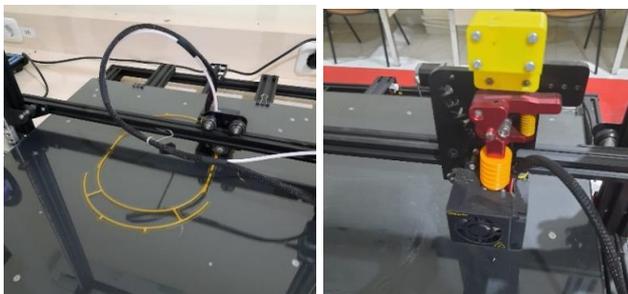
B. Hasil Pengujian dan Pembahasan

Pengujian dilakukan untuk mengetahui hasil cetak dari printer 3D CR10 5S setelah melalui proses penggantian mode ekstruder dari bowden ke direct drive. Proses pengujian dilakukan dengan mencetak model Face shield seperti yang diperlihatkan pada Gambar 13. Proses slicer model 3D dengan parameter tinggi layer 0.2mm, infill 20%, dan tanpa support.



Gambar 13. Proses slicer model 3D

Proses pengujian ditunjukkan pada Gambar 14. Proses Pengujian. Tiap printer dengan tipe ekstruder yang berbeda akan diberikan proses cetak sebanyak 5 kali proses. Kemudian setiap proses akan dinilai berdasarkan kualitas hasil cetak. Hasil yang didapatkan ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 14. Proses Pengujian

Tabel 1. Hasil Pengujian Kualitas Hasil Cetak

Hasil Uji	Tipe Ekstruder	Kerusakan Hasil Cetak				
		1	2	3	4	5
1	Direct drive	tidak	tidak	tidak	tidak	ya
2	Direct drive	tidak	tidak	tidak	tidak	tidak
3	Direct drive	tidak	tidak	tidak	tidak	tidak
4	Direct drive	tidak	tidak	tidak	tidak	ya
5	Direct drive	tidak	tidak	tidak	tidak	tidak
1	Bowden	tidak	tidak	ya	tidak	ya
2	Bowden	ya	ya	-	-	-
3	Bowden	ya	ya	-	-	-
4	Bowden	tidak	tidak	tidak	tidak	
5	Bowden	tidak	tidak	ya	tidak	tidak

Keterangan:
 Kerusakan 1: Grinding Filament
 Kerusakan 2: Stops Extruding Mid Print
 Kerusakan 3: Weak Infill
 Kerusakan 4: Blobs and Zits
 Kerusakan 5: Warping

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa kualitas cetak dari *direct drive* lebih baik dibanding *bowden*. Pada tipe ekstruder *direct drive*, sebanyak 2 percobaan yang mengalami kerusakan *Warping* yaitu pada percobaan ke 1 dan ke 5, selebihnya mendapatkan hasil yang sempurna. Pada tipe ekstruder *bowden*, dari 5 kali percobaan, seluruhnya terdapat kerusakan. pada percobaan ke 2 dan ke 3 proses cetak tidak dilanjutkan karena filamen tidak lagi keluar dari nozzle. Untuk percobaan lain masing masing

mengalami kerusakan *weak infill* (percobaan 1 dan 5), *warping* (percobaan 1 dan 4). Kerusakan *warping* terjadi di kedua tipe ekstruder, hal ini disebabkan karena pengaruh *bed* printer yang tidak bersih. Untuk mengatasi hal tersebut dapat dilakukan dengan cara memberikan lem kertas pada permukaan *bed* printer agar filament merekat dan menempel lebih baik.

V. KESIMPULAN

Dari keseluruhan hasil pengujian terhadap ekstruder tipe *direct drive* yang dirancang menunjukkan bahwa ekstruder bekerja dengan baik dibandingkan ekstruder original yang bertipe *bowden*. Dari 5 kali percobaan hanya terdapat 2 percobaan yang mengalami kerusakan *warping* atau kondisi hasil cetak terangkat, namun hal ini didapat juga pada hasil cetak menggunakan ekstruder tipe *bowden*.

Printer dengan ekstruder tipe *bowden* mengalami 2 kali kerusakan fatal yaitu *Grinding filament* dan *stop extruding mid print* yang mengakibatkan proses cetak tidak dilanjutkan. Kerusakan lain yang terjadi adalah *weak infill*, dimana bagian isian atau bagian dalam dari model yang dicetak tidak sesuai sehingga hasil cetak menjadi rapuh.

VI. SARAN

Dalam penelitian selanjutnya diharapkan memasukkan lebih banyak jenis kerusakan yang dapat terjadi, dan jumlah pengujian diperbanyak sehingga hasil yang didapatkan jauh lebih akurat.

DAFTAR ACUAN

- [1] A. A. Nurul Amri and W. Sumbodo, "Perancangan 3D Printer Tipe Core XY Berbasis Fused Deposition Modeling (FDM) Menggunakan Software Autodesk Inventor 2015," J. Din. Vol. Tek. Mesin, vol. 3, no. 2, pp. 110–115, Oct. 2018, doi: 10.21831/dinamika.v3i2.21407.
- [2] R. Zamzam F, D. Susanto W, B. Bambang I, and I. Prastyaningrum, "Pemanfaatan Teknologi Print Tiga Dimensi Sebagai Usaha Manufaktur Pendukung Pariwisata Lokal Daerah," G-Tech, vol. 3, no. 1, pp. 175–178, Aug. 2020, doi: 10.33379/gtech.v3i1.313.
- [3] I. R. Putra and A. E. Tontowi, "Properti Mekanik Material [Sagu/PMMA] '3D-Printable,'" p. 4, 2019.
- [4] J. Szulzyk-Cieplak, A. Duda, and B. Sidor, "3D Printers – New Possibilities In Education," Adv. Sci. Technol. Res. J., vol. 8, pp. 96–101, 2014, doi: 10.12913/22998624/575.
- [5] M. Galati et al., "A methodology for evaluating the aesthetic quality of 3D printed parts," Procedia CIRP, vol. 79, pp. 95–100, 2019, doi: 10.1016/j.procir.2019.02.018.
- [6] S. WINARTO, "Pengaruh Suhu Dari Bottom Plate Terhadap Produk Printer 3D," 2015.
- [7] www.creality.com, "CR-10S 3D Printer," Jan. 01, 2021. <https://www.creality.com/goods-detail/cr-10s-3d-printer> (accessed Jan. 01, 2021).
- [8] www.creality.com, "Become 3D Printer & Filament supplier of Creality | Creality 3D." /dealer (accessed Jan. 01, 2021).

- [9] T. Anderson, “Anatomy of a 3D Printer: How Does a 3D Printer Work?” MatterHackers, Jan. 07, 2021. [/articles/anatomy-of-a-3d-printer](#) (accessed Jan. 07, 2021).
- [10] creality3d.shop, “List of DIY 3d printer parts & components exploring” Creality 3D, Jan. 07, 2021. <https://creality3d.shop/blogs/choose-your-3d-printer/list-of-diy-3d-printer-parts-components-exploring> (accessed Jan. 07, 2021).
- [11] www.simplify3d.com, “Print Quality Guide” Jan. 07, 2021. [/support/print-quality-troubleshooting/](#) (accessed Jan. 07, 2021).