

RANCANG BANGUN *PRINTER* 3D BERBASIS *MIKROKONTROLLER* DAN *BLUETOOTH*

Muhammad Bahriyan Firdaus¹, Miftachul Ulum², Achmad Fiqhi Ibadillah³, Haryanto⁴,
Riza Alfita⁵, Kunto Aji Wibisono⁶

Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo, Universitas Trunojoyo Jalan Raya Telang
Bangkalan, Jawa Timur, Indonesia 69162

bahriyanfirdaus@gmail.com¹, miftachul.ulum@trunojoyo.ac.id², fiqhi.ibadillah@trunojoyo.ac.id³,
haryanto@trunojoyo.ac.id⁴, riza.alfita@trunojoyo.ac.id⁵, kunto.ajiw@trunojoyo.ac.id⁶

ABSTRAK

Prototyping merupakan hal yang diperlukan sebelum prodak difinalkan. Akan tetapi pembuatan purwarupa secara manual akan memakan waktu serta tidak efisien. Pesatnya perkembangan teknologi menjadikan banyak alat yang dapat mempermudah pembuatan purwarupa secara nyata. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang bangun mesin printer 3D untuk mempercepat pembuatan purwarupa dengan *file 3D cad* sebagai inputnya, file tersebut akan diolah untuk dijadikan *g-code* maupun *m-code* yang selanjutnya akan di proses *mikrokontroller arduino mega 2560*, file tersebut akan ditransfer menggunakan *bluetooth* maupun *usb* sehingga proses pencetakan tidak harus selalu terhubung dengan PC. *Arduino* kemudian mengontrol gerak beberapa *motor stepper* sebagai penggerak *extruder* ke titik X,Y maupun Z dan juga mendorong *filamen* masuk ke *extruder* serta mengatur suhu penampang panas maupun *extruder* untuk mengatur *filament* yang akan keluar menggunakan metode *fused filament fabrication*.

Kata kunci: *prototyping, printer, g-code, m-code, arduino.*

ABSTRACT

Prototyping is necessary before the product is finalized. However, making prototypes manually will be time consuming and inefficient. The rapid development of technology makes many tools that can facilitate the making of prototypes significantly. The purpose of this research is to design a 3D printer machine to accelerate the making of prototypes with 3d cad files as input, the file will be processed to be used as a g-code or m-code which will then to be processed by the arduino mega 2560 microcontroller, the file will be transferred using Bluetooth or USB so that the printing process does not have to be always connected to a PC. Arduino then controls the motion of several stepper motors as extruder drives to points X, Y and Z and also pushes the filament into the extruder and regulates the temperature of the heat section and extruder to regulate the filament that will come out using the fused filament fabrication method.

Key words: *Arduino, g-code, m-code, printer3D*

1. Pendahuluan

1.1 Latar belakang

Dunia industri saat ini terus mengalami pertumbuhan yang cepat, terutama pada industri di bidang manufaktur. Dalam industri manufaktur desain sebuah produk menjadi bagian yang penting dikarenakan begitu ketatnya persaingan dan banyak inovasi yang diproduksi oleh produsen agar mendapat pasar penjualan[1].

Pengembangan sebuah produk oleh perusahaan manufaktur adalah sebuah keharusan guna memenuhi kebutuhan para konsumen. Beberapa perusahaan manufaktur banyak yang melakukan pengembangan produk, yaitu proses penerjemahan konsep suatu produk dari gambar teknik menjadi produk fisik. Proses pembuatan produk fisik model pertama atau purwarupa disebut *prototyping*. *Prototyping* ini sangat diperlukan karena merupakan bagian terakhir dalam verifikasi bentuk, kesesuaian, dan fungsi suatu

produk. *Rapid Prototyping* atau *Layered Manufacturing* merupakan proses fabrikasi suatu produk dengan cara layer by layer, atau penambahan bahan mentah berturut-turut pada layer sehingga membentuk produk yang sesuai dengan model yang telah dibuat[2].

Sebuah produk yang akan diproduksi dalam jumlah besar memerlukan sebuah purwarupa awal sehingga dapat dinilai apakah produk yang telah dibuat desainnya telah sesuai kriteria yang diinginkan dan siap untuk diproduksi. *Prototyping* sangat membantu dalam menentukan proses produksi berikutnya dan estimasi biaya produksi yang harus dikeluarkan. Dalam pembuatan *prototyping* awal, salah satu alternatif yang bisa digunakan adalah printer 3D. Salah satu keuntungan jika penggunaan printer 3D untuk membuat *prototyping* adalah proses pembuatan *prototype* dalam waktu singkat dan biaya yang cenderung lebih murah dibandingkan dengan proses pembuatan *prototype* secara konvensional. Mesin *rapid prototyping* adalah alat yang sangat vital

dalam dunia industri. Namun di Indonesia belum banyak industri yang menggunakan mesin tersebut karena harganya relatif mahal untuk industri-industri berkembang[1].

Untuk itu perlu suatu inovasi perancangan mesin printer 3D yang harganya relatif lebih murah. Dari latar belakang tersebut, dengan maksud tujuan merancang bangun mesin printer 3D yang berbiaya murah dengan controller arduino mega 2560 r3 menggunakan metode *printing fused filament fabrication* dan dengan dukungan *Bluetooth* yang bisa mengirim file yang akan dieksekusi sehingga dalam proses pencetakan tidak harus terhubung dengan PC. Saat ini printer 3D ini masih belum terjangkau untuk semua kalangan masyarakat dikarenakan harga 3D printer ini masih terlalu mahal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang dijelaskan diatas, maka perumusan masalah yang dapat diambil yaitu :

- 1) Bagaimana Rancang bangun printer 3D dengan mikrokontroler arduino yang menggunakan metode *printing fused filament fabrication* dan dengan dukungan usb dan *Bluetooth*.
- 2) Bagaimana Prinsip kerja dari sebuah printer 3D yang berbasis mikrokontroler dan *bluetooth*.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah dapat diambil suatu tujuan yaitu :

- 1) Mengetahui Rancang bangun printer 3D dengan mikrokontroler arduino yang menggunakan metode *printing fused filament fabrication* dan dengan dukungan usb dan *Bluetooth*.
- 2) Mengetahui Prinsip kerja dari sebuah printer 3D yang berbasis mikrokontroler dan *bluetooth*.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada judul skripsi ini yaitu:

- 1) Proses pencetakan relatif lama
- 2) Hanya satu warna saat pencetakan
- 3) Masih harus menghaluskan cetakan yang sudah jadi
- 4) Daerah Kerja yang dapat dikerjakan terbatas

1.5 Manfaat Penelitian

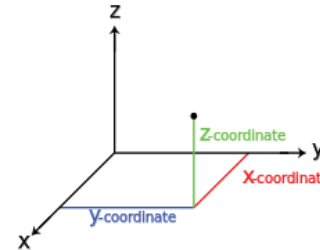
Adapun manfaat dan kegunaan dari tugas akhir ini adalah :

- 1) Manfaat Bagi Mahasiswa
Sebagai salah satu upaya memberikan pengetahuan dan menambah ilmu dalam pembuatan *printer* 3D.
- 2) Manfaat Bagi Fakultas dan Universitas
Tugas akhir ini diharapkan dapat bermanfaat untuk ilmu pengetahuan dan teknologi sehingga dapat menambah ilmu kepastasaan yang telah ada.
- 3) Manfaat Bagi Masyarakat
Dapat membantu yang bergerak di bagian modeling plastik agar dapat memakai dan membuat 3D *printer* ini

2. LANDASAN TEORI

2.1 Obyek 3D dan Permodelan 3D

Obyek tiga dimensi atau yang lebih sering disebut 3D adalah bentuk dari suatu benda yang memiliki ukuran panjang, lebar, dan tinggi. Istilah tersebut biasanya banyak ditemui dalam bidang seni rupa, animasi, komputer dan matematika. Setiap bangun tiga dimensi memiliki kapasitas yang disebut juga dengan volume.

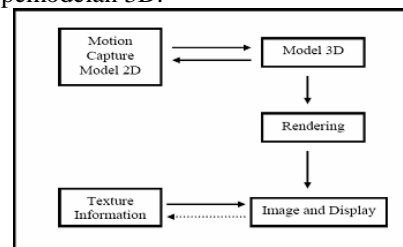


Gambar 2.1 Koordinat X,Y dan Z

Pemodelan merupakan proses membuat bentuk suatu benda atau obyek. Mendesain dan membuat obyek tersebut sehingga seperti nyata. Sesuai dengan obyek dan contohnya, seluruh proses ini akan dikerjakan oleh komputer. Melalui pengonsepan dan proses desain, seluruh obyek dapat dilihat dari seluruh sisi, sehingga hasil ini sering dikatakan sebagai pemodelan tiga dimensi (*3D modelling*) (Nalwan, 1998).

Ada beberapa aspek yang harus dipertimbangkan dalam merancang model obyek, seluruh aspek akan memberi kontribusi pada kualitas hasil akhir. Hal-hal tersebut meliputi metode untuk mendapatkan data yang mendeskripsikan obyek, tujuan dari pembuatan model, tingkat kerumitan, estimasi biaya, kesesuaian dan kenyamanan, serta kemudahan dalam memanipulasi sebuah model.

Proses pemodelan 3D membutuhkan perancangan yang dibagi dengan beberapa tahapan untuk pembentukannya. Seperti obyek apa yang ingin dibentuk sebagai obyek dasar, metoda pemodelan obyek 3D, pencahayaan dan animasi gerakan obyek sesuai dengan urutan proses yang akan dilakukan. Gambar berikut menunjukkan proses pemodelan 3D.



Gambar 2.2 Permodelan 3D

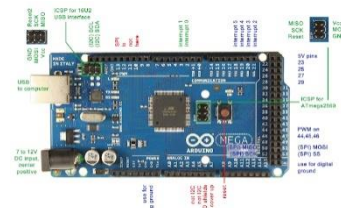
Pada gambar di atas ada lima bagian yang saling berhubungan dan saling mendukung untuk pembuatan model 3D. Maksud dan fungsi setiap bagian adalah proses yang akan dijelaskan di bawah ini:

Sebuah *Motion Capture* / Model 2D, yang merupakan langkah pertama untuk menentukan bentuk model objek yang akan dibangun dalam 3D. Penekanannya adalah objek dalam bentuk gambar wajah yang telah membentuk intensitas warna setiap piksel dengan metode Kecerahan Penyesuaian Gambar / Kontras, Keseimbangan Warna Gambar, Lapisan Berlipat ganda, dan tampilan Konversi mode RGB dan format JPEG. Pada tahap ini aplikasi grafis seperti *Adobe Photoshop* atau sejenisnya digunakan. Pada tahap ini proses penentuan objek 2D memiliki pemahaman bahwa objek 2D yang akan dibentuk merupakan dasar pemodelan 3D. Secara keseluruhan objek 2D dapat dimasukkan dalam lebih dari satu angka, model akan dibentuk sesuai kebutuhan. Tahap rekayasa hasil objek 2D dapat dilakukan dengan program aplikasi grafis seperti *Adobe Photoshop* dan sebagainya, pada tahap pemodelan 3D, pemodelan yang dimaksud dilakukan secara manual. Dengan basis objek 2D yang telah ditentukan sebagai referensi. Pemodelan objek 3D memiliki gaya yang berbeda dalam pengolahannya, polanya terletak pada permukaan objek.

Metode Pemodelan 3D Dasar, Ada beberapa metode yang digunakan untuk pemodelan 3D. Ada beberapa jenis metode pemodelan objek yang disesuaikan dengan kebutuhan mereka seperti nurbs dan poligon atau subdivisi. Pemodelan poligon adalah segitiga dan persegi panjang yang menentukan luas permukaan karakter. Setiap *poligon* menentukan bidang datar dengan menempatkan garis poligon sehingga kita dapat membuat bentuk permukaan. Untuk mendapatkan permukaan yang halus, dibutuhkan banyak bidang poligon. Jika Anda hanya menggunakan *poligon* kecil, maka objek yang diperoleh akan membagi sejumlah fraksi poligon. Sedangkan Pemodelan dengan *NURBS (Non-Uniform Rational Bezier Spline)* adalah metode yang paling populer untuk membangun model organik. Kurva di *Nurbs* dapat dibentuk dengan hanya tiga poin. Dibandingkan dengan kurva *poligon* yang membutuhkan banyak titik (simpul), metode ini membuatnya lebih mudah dikendalikan. Satu titik *CV (Control vertex)* dapat mengontrol satu area untuk proses tekstur.

2.2 Arduino Mikrokontroler

Banyak *platform* mikrokontroler yang sering digunakan pada saat ini, salah satu *platform* yang populer saat ini adalah Arduino Mega. Sebuah produk Papan mikrokontroler yang sangat mudah untuk mengaplikasikan sebuah *project* dibuat oleh perusahaan *Smart Project. Board* ini merupakan perangkat keras yang memiliki sifat “*open source*” sehingga semua orang dapat menggunakan.



Gambar 2.3 Arduino Mega

Board berbasis mikrokontroler pada *ATmega2650* ini Memiliki 16 pin input analog dan 56 pin input dan output digital. USB *type A to type B* digunakan untuk koneksi pemrograman. Sama seperti yang digunakan pada USB *printer, jack* listrik dan tombol *reset*. Pin – pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler. Pada hal ini arduino uno digunakan sebagai penerima data input untuk mengontrol *driver* gerak aktuator sehingga proses kerja alat sesuai dengan perintah. Pada penelitian ini digunakan Arduino uno sebagai pemeroses utama.

2.3 Bluetooth HC-05

Bluetooth merupakan sebuah teknologi komunikasi nirkabel (tanpa kabel) yang berkerja dengan mengirimkan data melewati sinyal radio pada frekwensi 2.4 *GigaHertz* yang mampu menyediakan layanan komunikasi data dan suara secara *real-time* antara *host-host Bluetooth* dengan jarak jangkauan efektif yang terbatas (sekitar 10 meter). Protokol *bluetooth* menggunakan sebuah kombinasi antara *circuit switching* dan *packet switching*. *Bluetooth* dapat mendukung sebuah kanal data asinkron, tiga kanal suara sinkron simultan atau sebuah kanal dimana secara bersamaan mendukung layanan data asinkron. Setiap kanal suara mendukung sebuah kanal suara sinkron 64 kb/s. Kanal asinkron dapat mendukung kecepatan maksimal 723,2 kb/s asimetris, dimana untuk arah sebaliknya dapat mendukung sampai dengan kecepatan 57,6 kb/s. Sedangkan untuk mode simetris dapat mendukung sampai dengan kecepatan 433,9 kb/s. Sebuah perangkat yang memiliki teknologi *wireless bluetooth* akan mempunyai kemampuan untuk melakukan pertukaran informasi dengan jarak jangkauan sampai dengan 10 meter (~30 feet).

Sistem *bluetooth* menyediakan layanan komunikasi *point to point* maupun komunikasi *point to multipoint*. **HC-05** Adalah sebuah modul *Bluetooth SPP (Serial Port Protocol)* yang mudah digunakan untuk komunikasi serial *wireless*

(nirkabel) yang mengkonversi port serial ke *Bluetooth*. HC-05 menggunakan modulasi *bluetooth* V2.0 + *EDR (Enhanced Data Rate)* dengan memanfaatkan gelombang radio berfrekuensi 2,4 GHz.



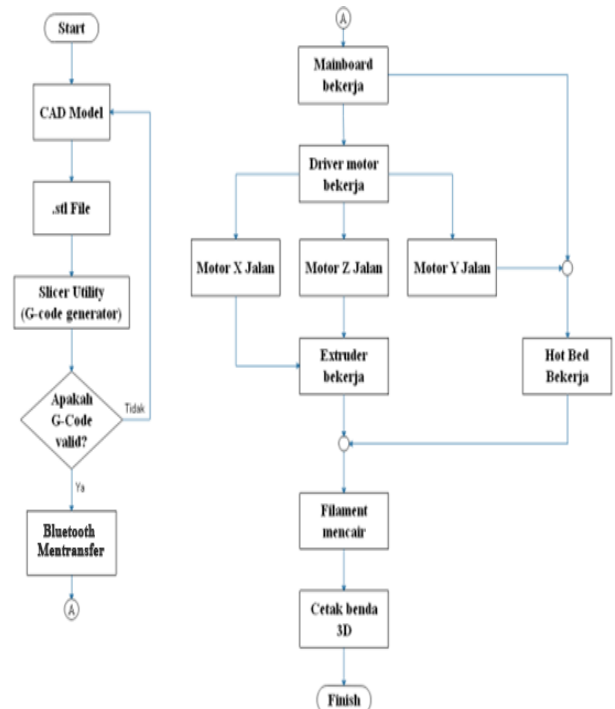
Gambar 2.4 Bluetooth HC-05

3. PERANCANGAN SISTEM

Sistem yang akan di teliti ini merupakan rancang bangun printer 3d berbasis mikrokontroller dan Bluetooth. Printer ini memerlukan desain 3d dalam bentuk *Cad (Computer Aided Design)* yang diperoleh dari *Autocad* atau aplikasi-aplikasi cad lainnya desain 3d tersebut akan di proses dan dipotong-potong pada *Proterface*. Hasil dari pemrosesan pada *pronterface* akan langsung dikirim ke mikrokontroller melalui *Bluetooth* yang akan di proses printer setelah menunggu nosel dan penampang (*hotbed*) mencapai suhu ideal

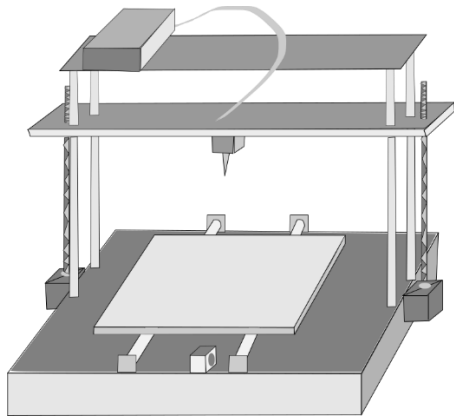
3.1 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Perancangan perangkat keras (*hardware*) pada rancang bangun printer 3D berbasis mikrokontroller dan *bluetooth* menggunakan mikrokontroller Arduino sebagai pemroses data dan beberapa komponen lainnya seperti *Arduino Mega*, *Bluetooth HC-05*, *RAMPS 1.4*, *Driver Motor Polulu A4988*, *Motor stepper nema 17, shaft* berulir maupun tanpa ulir, Nosel pemanas beserta kipas dan *Power supply unit* berkapasitas 450w . Yang ditempatkan pada rangka besi yang dirancang sedemikian rupa seperti alat-alat CNC agar bisa mengakomodasi sumbu-sumbu X,Y dan Z yang bergerak secara terus menerus. Adapun blok diagram dari sistem perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) dari desain purwarupa dapat dilihat pada gambar 3.1 dan gambar 3.2.



Gambar 3.1 Blok diagram *Hardware*

Pada blok diagram sebelumnya dapat dijelaskan Printer 3D ini terdiri dari beberapa komponen perangkat keras yang memiliki fungsi-fungsi yang saling berkaitan yang dapat mengakomodasi Printer 3D ini saat mencetak hingga selesai. komputer di gunakan sebagai pemroses desain CAD 3D menggunakan *software* yang telah disesuaikan untuk mendapatkan data perintah yang akan dikirimkan ke *Arduino mega*. Yang selanjutnya akan mengontrol pulsa dari 3 *driver motor stepper* dan nosel pemanas maupun penampang panas juga, fungsi motor stepper untuk mengontrol Gerakan sumbu x, y, dan z , yang terhubung dengan *shaft* ulir dan *vanbelt* yang akan memindah *nozzle hotend* ke posisi sesuai perintah untuk mengeluarkan *filamen* yang telah dipanaskan oleh *nozzle hotend* .Dalam pembuatan perangkat keras (*hardware*) pada penelitian rancang bangun Printer 3D komponen-komponen yang akan digunakan disusun seperti pada gambar desain di bawah ini:



Gambar 3.2 Desain Alat

Blok diagram *hardware* pada gambar 3.1 bahwa proses pertama yaitu pendesainan cad 3d menggunakan autocad maupun aplikasi-aplikasi cad lainnya sebagai data yang diinputkan, kemudian akan diproses menjadi *G-code* di komputer. Selanjutnya data hasil proses akan di kirimkan ke mikrokontoller melalui *Bluetooth*. Adapun penjelasan dari blok diagram sistem printer 3d. Adapun penjelasan blok diagram diatas sebagai berikut:

- 1) Komputer, digunakan sebagai inputan sistem berupa data desain 3D yang telah di konversi ke G-Code yang lalu dikirim menggunakan *Bluetooth* ke printer
- 2) *Bluetooth*, *bluetooth* disini digunakan untuk mentransmisikan data yang telah di proses di komputer ke *arduino*
- 3) *Arduino Mega*, digunakan sebagai pemroses data yang telah di terima dari komputer yang selanjutnya akan menginstruksikan motor stepper untuk bergerak
- 4) *Motor Stepper*, Digunakan untuk menggerakkan sumbu X,Y dan Z
- 5) *HotEnd/Extruder* dan Nosel, Digunakan untuk memanaskan *filament* Plastik yang akan di cetak pada *HotedBed*
- 6) *HotedBed*, Merupakan penampang yang bisa di panaskan.

3.2 Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Perancangan perangkat lunak (software) menggunakan *Python* dan *Arduino IDE*. Program pertama adalah program untuk pengolahan desain 3D Cad dengan menggunakan aplikasi *Pronterface* yang berbasis *python*. Program selanjutnya adalah pemrograman *arduino IDE* yang digunakan untuk mengatur *output* mikrokontroller.

Penjelasan dari *software* yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut.

1) *Arduino IDE*

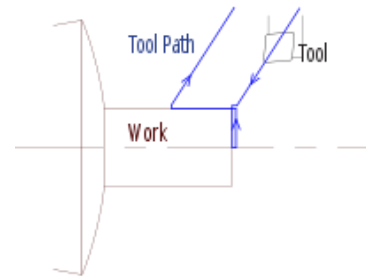
Arduino IDE adalah *software* yang digunakan untuk menulis program dengan bahasa pemrograman C, dan meng-*compile*, meng-*upload* dan meng-*debug* program ke *hardware* arduino

2) *Python 2.7*

Python 2.7 digunakan sebagai basis dari pemrograman aplikasi *Pronterface* yang digunakan pada penelitian ini.

3.2.1 Komunikasi Serial

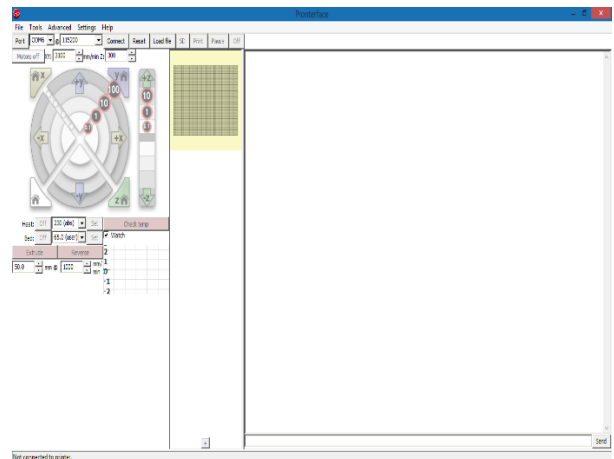
Komunikasi serial yang digunakan antara software *pronterface* dan *arduino* pada penelitian ini memakai rangkaian string pada Bahasa *g-code* atau yang sebelumnya disebut RS-274. Disini koordinat akan ditentukan oleh software *licer*, software *licer* ini akan meng-*generate* rangkaian *g-code* yang detail agar dapat dikenali oleh sistem operasi *marlin* yang dipakai oleh printer 3D ini.



Gambar 3.3 Perencanaan Jalur Nozzle

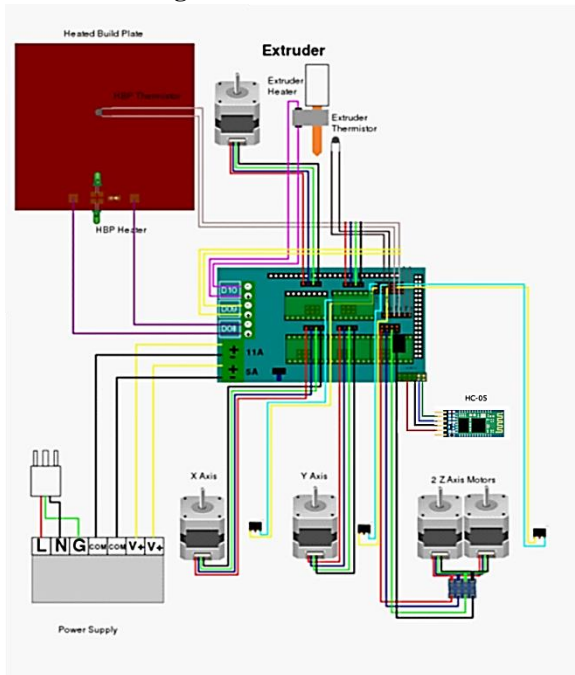
3.2.2 Printron Pronterface

Printrun adalah toolchain atau perangkat lunak yang digunakan untuk membaca memodifikasi file STL, dan mengubahnya menjadi G-Code yang dihasilkan, dan mengirimkan G-Code maupun mentransmisikan ke Printer 3D.



Gambar 3.4 GUI Pronterface

3.2 Skema Rangkaian Elektronika

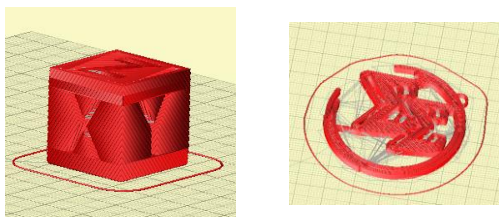


Gambar 3.5 Skema Rangkaian Elektronika

Skematik rangkaian elektronik menggunakan arduino mega sebagai mikrokontroler yang menerima data input dari komputer melalui kabel data maupun *bluetooth*. Pada pin output arduino terhubung dengan empat driver *motor stepper* yang mengontrol gerak dari motor stepper. Terdapat lima buah *motor stepper* yang terhubung dengan *driver*. Dua motor stepper dengan fungsi *Z axis* untuk menggerakkan *Extruder* sumbu Z atau secara vertikal, satu *motor stepper X axis* untuk menggerakkan *Extruder* untuk sumbu X atau secara *horizontal*, satu *motor stepper Y axis* untuk menggerakkan *Extruder* secara maju maupun mundur dan satu lagi *motor stepper* untuk menggerakkan *filamen* ke *Extruder*. Arduino juga mengontrol pemanas penampang (*hotbet*) dan pemanas *Extruder*. *Supply* tegangan berasal dari *power supply* berdaya 450 watt.

3.4 Desain yang Akan di Ujicoba

Desain yang akan diujicoba merupakan desain yang digunakan untuk mengetahui secara pasti ketelitian dari alat ini.



Gambar 3.1 Desain Kubus dan Logo

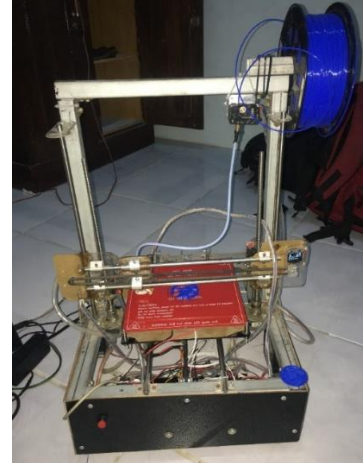
Desain yang disiapkan merupakan desain kubus dengan ukuran 2cm x 2 cm x 2 cm desain ini digunakan untuk mengetahui ketelitian ukuran dari tiap-tiap sumbu dan desain selanjutnya yaitu logo

yang berdiameter 5cm dan ketebalan 3mm desain ini digunakan untuk mengetahui bagaimana alat jika digunakan untuk mencetak desain yang agak rumit dan monoton.

4. HASIL PENELITIAN DAN ANALISA

4.1 Hasil Perancangan Alat

Hasil penelitian sistem ini membahas tentang pengujian secara keseluruhan dari proses pengoperasian sampai hasil yang bertujuan untuk mengetahui kesesuaian hasil dengan perintah yang dimasukkan. Sehingga dapat dianalisa pada proses selanjutnya.



Gambar 4.1 Hasil Perancangan Alat

Table 4.1 Spesifikasi Printer 3D

Spesifikasi	
Bahan Rangka	Besi Hollow dengan Ketebalan 2mm
Ukuran Printer 3D	40cm x 30cm x 40cm
Kapasitas Hasil Cetak	16cm x 20 cm x 30cm
Daya	450 W
Mikrokontroler	Arduino Mega ATmega2650
Nozzle	0.4mm
Sistem Penggerak	Motor Stepper Nema 17
Motor Stepper	1.8° / step, 200 step/rotasi
Sistem Notifikasi	OLED Monochrome 0,9 inci
Shaft ulir	Panjang 30cm dengan pitch 2mm
Vanbelt	GT2 dengan pitch 2mm

Pada gambar 4.1 adalah hasil perancangan *hardware* yang digunakan pada *printer* 3D terbuat dari besi *hollow* dengan ketebalan 2mm yang memiliki ukuran. Ukuran hasil cetak maksimal berukuran 16cm x 20 cm x 30cm, terdapat beberapa komponen pada *printer* 3d yaitu *power supply* 450w sebagai penyuplai tegangan *arduino* sebagai mikrokontroler penerima perintah untuk dikirimkan pada *driver motor* yang terhubung dengan *motor stepper* sebagai penggerak *extruder* dan juga mengatur suhu dari *extruder* maupun penampang panas (*hotbed*). Terdapat dua *shaft* ulir berukuran 30mm dan berdiameter 8mm dengan jarak pitch 2mm dan *vanbelt* yang juga ber-pitch 2mm sebagai penggerak sumbu x, y dan z

Pada saat mencetak kubus ini dilakukan beberapa macam percobaan untuk mengetahui suhu ideal maupun kepresisian, maka pada tabel g-code bagian baris terakhir diubah sesuai nilai suhu yang diinginkan, untuk mencapai suhu yang ditentukan membutuhkan waktu yang agak lumayan lama dan diusahakan untuk *filamen* agar tidak kusut karena dapat menyebabkan *filamen* tidak terdorong ke *nozzle*.

4.2 Hasil Percobaan



Gambar 4.2 Hasil Percobaan Kubus



Gambar 4.3 Hasil Percobaan Logo

Pada percobaan mencetak kubus dengan dimensi 20 mm x 20 mm x 20 mm, suhu sangat berpengaruh terhadap kualitas hasil akhir cetakan dan dapat dilihat pada grafik perbandingan antara suhu dan selisih ukuran adanya *layer skipping* yang dikarenakan *extruder* lambat mendorong *filamen*, dengan rata-rata waktu pencetakan 60 menit lebih lambat 7,5 menit dari estimasi waktu cetak dan rata-rata kesalahan ukuran cetak, pada percobaan pertama sampai ke tiga terjadi kesalahan ukuran pada saat kalibrasi sumbu x,y dan z sehingga ukuran hasil cetak terlalu berlebih, ukuran cetak pada sumbu x dan y bertambah sebesar 2 cm dan sumbu z kurang 13 mm hal itu disebabkan oleh konfigurasi *motor stepper* yang seharusnya 1 step 1 mm berubah 1 step 3 mm dan untuk sumbu z yang dipengaruhi oleh batang ulir

yang tidak presisi. Pada percobaan ke empat sampai ke tujuh mencetak empat buah kubus terjadi kesalahan pada *extruder filament* sehingga pada saat mencetak tidak keluar dan hanya sampai separuh ketinggian yang di tetapkan. Hal tersebut dapat diperbaiki dengan mengatur tempat gulungan *filament* agar tidak tersangkut. Pada percobaan setelahnya diperoleh hasil yang memuaskan.

Pada percobaan mencetak logo dengan tingkat kesulitan agak tinggi diperoleh hasil lebar 52,2mm dan tinggi 3,0mm dengan waktu pencetakan selama 45 menit dan waktu inisialisasi selama 20 menit. Pada hasil pencetakan ini terdapat banyak terdapat sisa-sisa *filament* yang melebihi dimensi.

Dari semua percobaan yang sudah dilakukan didapat Kalibrasi pada nosel dan penampang panas sangat berpengaruh terhadap kerapian hasil yang dicetak, jadi dibutuhkan kalibrasi setiap akan melakukan pencetakan produk. Untuk *filament* berjenis *PLA* yang digunakan dalam percobaan-percobaan dibutuhkan suhu *extruder* 220°C dan 60°C pada penampang agar menghasilkan cetakan yang bagus. Pada saat mencetak akan terjadi sedikit perubahan pada dimensi cetak dan dimensi desain. Kecepatan *Bluetooth* HC-05 pada *printer* 3d di set 115.200 bps kecepatan tersebut diperoleh karena pada ramps 1.4 di *Arduino mega* dibatasi untuk kestabilan karena jika terlalu tinggi akan menyebabkan *UART error* atau komunikasi antara *Bluetooth* pengirim dan penerima di *printer* 3d akan gagal, hal ini dapat dihindari dengan menyamakan baud rate antara pengirim dan penerima agar tidak terjadi *error*.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa :

- 1) Suhu ideal untuk mencetak *filamen* *PLA* adalah 220c untuk suhu *extruder* dan 60c untuk penampang panas untuk menghasilkan cetakan dengan bagus
- 2) Kecepatan motor 100mm/menit untuk sumbu X dan Y sedangkan sumbu Z 50mm/menit
- 3) Perlu kalibrasi jarak antara *extruder* dengan penampang panas ketika akan mencetak
- 4) Beberapa hasil dari 3D Printer masih perlu finishing ketika akan digunakan, karena masih terdapat sisa-sisa *filament* yang melebihi dimensi khususnya yang memiliki desain dengan tingkat kerumitan sedang.
- 5) Suhu lingkungan sekitar berpengaruh saat inisialisasi alat

5.2 Saran

Dalam pengembangan selanjutnya, alat ini perlu ditambahkan *proximity sensor* sebagai sensor untuk otomatisasi kalibrasi antara nosel/*ekstruder* dengan meja pemanas

DAFTAR PUSTAKA

1. Dede Sumantri, 2012, "Peningkatan Kinerja Mesin *Rapid Prototyping* Berbasis *Fused Deposition Modelling*", Universitas Indonesia, Jakarta.
2. Gandjar Kiswanto, dkk, "Pengembangan Mesin *Rapid Prototyping* Berbasis Fdm (*Fused Deposition Modeling*) Untuk Produk Berkontur Dan Prismatic, 2010", Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) ke-9 Palembang.
3. Moh. Dahlan¹, Budi Gunawan, dan F. Shoufika Hilyana. 2017." RANCANG BANGUN PRINTER 3D MENGGUNAKAN KONTROLLER ARDUINO MEGA 2560". Kudus. Jurusan Teknik Elektro, Universitas Muria Kudus.
4. Sobron Lubis, David Sutanto. 2014. "Pengaturan Orientasi Posisi Objek pada Proses *Rapid Prototyping* Menggunakan 3D Printer Terhadap Waktu Proses dan Kualitas Produk". Jakarta. Jurusan Teknik Mesin, Universitas Tarumanagara.
5. Mohammad Kamruzzaman Khan Pangeran, Muhsi-Al-Mukaddem Ansary, dan Abu Shafwan Mondol. 2017. "*Implementation of a Low-cost CNC Plotter Using Spare Parts*". Bangladesh. Shahjalal Universitas Sains dan Teknologi, Kumargaon, Bangladesh.