

**RANCANG BANGUN 3D PRINTER BERBASIS ARDUINO
DAN VISUAL BASIC**



YUSUF SYANI

5215122628

Skripsi Ini Ditulis Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar

Sarjana Pendidikan

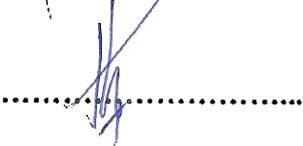
PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRONIKA

FAKULTAS TEKNIK

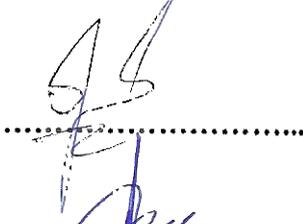
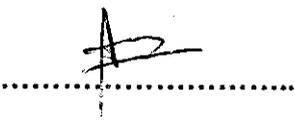
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2017

HALAMAN PENGESAHAN

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
<u>Drs. Jusuf Bintoro, MT</u> (Dosen Pembimbing I)		9-2-2017
<u>Drs. Pitoyo Yuliatmojo, MT</u> (Dosen Pembimbing II)		9-2-2017

PENGESAHAN PANITIA UJIAN SIDANG

NAMA	TANDA TANGAN	TANGGAL
<u>Dr. Moch. Sukardjo, M.Pd</u> (Ketua Sidang)		9-2-2017
<u>Dr. Muhammad Yusro, MT</u> (Dosen Sekretaris)		9-2-2017
<u>Aodah Diamah, Ph.D</u> (Dosen Ahli)		9 Februari 2017

Tanggal Lulus : 6 Februari 2017

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapat gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di perguruan tinggi lain.
2. Skripsi ini adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri dengan arahan dosen pembimbing.
3. Dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 31 Januari 2017

Yang membuat pernyataan



Yusuf Syani

5215122628

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas kuasa, kasih dan penyertaan-Nya yang telah memampukan penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Rancang Bangun 3D Printer berbasis Arduino Uno dan Visual Basic” yang merupakan persyaratan untuk meraih gelar Sarjana Pendidikan Teknik Elektronika pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Skripsi ini tidaklah terwujud dengan baik tanpa adanya bimbingan, dorongan, saran-saran dan bantuan dari berbagai pihak. Maka sehubungan dengan hal tersebut, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Drs. Jusuf Bintoro, MT. selaku dosen pembimbing.
2. Drs. Pitoyo Yuliatmojo, MT. selaku Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, dan dosen pembimbing.
3. Orangtua kakak, dan adik yang selalu memberi dorongan, bantuan dana, nasehat dan doa.
4. Sahabat-sahabatku semoga persahabatan kita akan selalu terjaga terimakasih atas bantuan dan dukungannya selama ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan jauh dari kesempurnaan maka, penulis mohon maaf apabila terdapat kekurangan dan kesalahan baik dari isi maupun tulisan. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi yang membacanya.

Penulis,



Yusuf Syani

5215122628

ABSTRAK

Yusuf Syani, Rancang Bangun 3D Printer berbasis Arduino Uno dan Visual Basic. SKRIPSI. Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta, 2017. Dosen pembimbing 1, Drs. Jusuf Bintoro, MT. Dosen pembimbing 2, Drs. Pitoyo Yuliatmojo, MT.

3D Printer merupakan alat yang berguna untuk membuat barang jadi yang menggunakan G-Code dan mikrokontroler sebagai pengendali arah motor dengan 3 sumbu. Mikrokontroler yang dipakai pada 3D Printer pada umumnya tidak *opensource* yang artinya tidak dapat dirubah maupun dipelajari. Skripsi ini bertujuan untuk menghasilkan 3D Printer dengan mikrokontroler yang programnya *opensource* atau artinya dapat dirubah, dipelajari, bahkan dikembangkan lebih lanjut.

Metode penelitian yang digunakan yaitu perancangan alat, pembuatan alat, pengambilan data, dan analisa data. Sehingga hasil penelitian ini ialah dapat dibuatnya rancang bangun 3D printer berbasis arduino uno dan visual basic.

Kesimpulannya 3D printer berbasis arduino uno dan visual basic dapat menghasilkan barang 3D printing dengan bentuk objek dasar seperti lingkaran, persegi, segitiga, bintang, dan huruf yang hasiln bentuknya sesuai dengan desan yang telah dibuat secara digital.

Kata Kunci : 3D Printer, Arduino Uno, Visual Basic.

ABSTRACT

Yusuf Syani. 2017. *Design 3D Printer based Arduino Uno and Visual Basic. ESSAY. Studies Program Electronics Engineering Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, State University of Jakarta. Supervisor 1, Drs. Jusuf Bintoro, MT. Supervisor 2, Drs. Pitoyo Yuliatmojo, MT.*

3D Printer is a useful tool to make finished goods that use G-Code and a microcontroller as controller with 3-axis motor direction. Microcontroller used in 3D printers are generally not opensource which means it can not be changed or learned. This thesis aims to produce a 3D printer with a microcontroller that programs opensource or meaning can be changed, dipelajari, developed even further.

The method used is the design tool, tool-making, data collection, and data analysis. So the result of this research is to be made based printers 3D design and visual basic arduino uno.

In conclusion arduino uno-based 3D printers and visual basic 3D printing can produce goods with basic object shapes such as circles, squares, triangles, stars and letters hasiln shape according to desain that have been created digitally.

Keywords: *3D Printer, Arduino Uno, Visual Basic.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	2
1.3. Pembatasan Masalah	2
1.4. Perumusan Masalah	3
1.5. Tujuan Penelitian	3
1.6. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Teori	4
2.1.1. 3D Printer	4
2.1.1.1 Cara Kerja 3D Printer	6
2.1.1.2 Bagian-bagian Mekanik 3D Printer	8
2.1.1.3 Objek 3D Membutuhkan 3 Sumbu	9
2.1.1.4 G-Code	11
2.1.1.5 M-Code.....	12
2.1.2. Arduino	13
2.1.2.1 Arduino Uno	15
2.1.2.2 Pemrograman Arduino IDE 1.05	18
2.1.3. Motor Stepper	18
2.1.3.1 Motor Stepper Bipolar dari CD-Rom.....	19
2.1.3.2 Driver Motor Stepper	21
2.1.4. Visual Basic	22
2.1.4.1. Integrated Development Environment (IDE) VB6	22
2.1.4.2. Memahami Istilah <i>Object</i> , <i>Property</i> , <i>Method</i> dan <i>Event</i>	25
2.2. Konsep.....	26

2.2.1. Block Diagram	27
2.3. Proses Penelitian	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	29
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	29
3.2. Alat dan Bahan Penelitian.....	29
3.2.1. Perancangan Perangkat Keras (Hardware)	29
3.2.2.1. Perancangan Maket.....	29
3.2.2.2. Penggunaan Motor Stepper pada CD-Rom....	30
3.2.2.3. Perancangan Ekstruder.....	31
3.2.2.4. Perancangan Driver	31
3.2.2. Perancangan Perangkat Lunak (Software).....	33
3.2.2.1. Flowchart Program	33
3.2.2.2. Perancangan Pemrograman Arduino	33
3.2.2.3. Perancangan Program GRBL <i>Controller</i> berbasis Visual Basic	35
3.2.3. Perancangan Pengawatan <i>Output</i>	36
3.3. Diagram Alir Penelitian	37
3.4. Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data	38
3.4.1. Perancangan dan Pembuatan.....	38
3.4.2. Pengujian dan Analisis.....	39
3.4.3. Prosedur Pengumpulan Data	39
3.5. Teknik Analisis Data	41
3.5.1. Kriteria Pengujian Hardware.....	41
3.5.1.1. Pengujian Driver Motor Stepper	41
3.5.1.2. Pengujian Tegangan Keluaran dari Catu Daya	42
3.5.1.3. Pengujian Motor Stepper Bi-polar.....	42
3.5.1.4. Pengujian 3D Pen (Ekstruder)	44
3.5.2. Kriteria Pengujian Software	45
3.5.2.1. Pengujian Program GRBL <i>Controller</i> dan Arduino	45
3.5.3. Kriteria Pengujian Printing	45
3.5.4. Pengukuran Hasil Printing	65
BAB IV HASIL PENELITIAN	67
4.1. Deskripsi Hasil Penelitian	67
4.1.1. Hasil Pengujian Hardware	67
4.1.1.1. Hasil Pengujian Driver Motor Stepper.....	67
4.1.1.2. Hasil Pengujian Tegangan Keluaran dari Catu Daya	67

4.1.1.3.	Hasil Pengujian Motor Stepper Bi-polar.....	68
4.1.1.4.	Hasil Pengujian 3D Pen (Ekstruder)	69
4.1.2.	Hasil Pengujian Software.....	70
4.1.2.1.	Hasil Pengujian GRBL dengan Motor	70
4.1.2.2.	Hasil Pengujian Printing.....	72
4.1.2.3.	Hasil Pengukuran Hasil Printing.....	74
4.2.	Analisis Data Penelitian	75
4.2.1.	Analisis Hasil Pengujian <i>Hardware</i>	75
4.2.1.1.	Analisis Hasil Pengujian Driver Motor Stepper.....	75
4.2.1.2.	Analisis Tegangan Keluaran Catu Daya	76
4.2.1.3.	Analisis Motor Stepper Bi-polar.....	76
4.2.1.4.	Analisis 3D Pen (Ekstruder)	77
4.2.2.	Analisis Pengujian <i>Software</i>	78
4.2.2.1.	Analisis Hasil Pengujian GRBL	78
4.2.2.2.	Analisis Hasil Pengujian Printing	79
4.2.2.3.	Analisis Pengukuran Hasil Printing Objek 3D	80
4.3.	Pembahasan	80
4.4.	Aplikasi Hasil Penelitian	81
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		82
5.1.	Simpulan.....	82
5.2.	Saran.....	83
DAFTAR PUSTAKA.....		84
LAMPIRAN		85
RIWAYAT HIDUP		110

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Tabel urutan step motor stepper bi-polar.....	21
Tabel 2.2.	Kegunaan pin-pin yang digunakan pada prototipe 3D Printer	22
Tabel 3.1.	Kegunaan pin-pin yang digunakan pada prototipe 3D Printer	32
Tabel 3.2.	Pengujian Rangkaian Driver Motor Stepper.....	42
Tabel 3.3.	Pengujian Keluaran Catu Daya.....	42
Tabel 3.4.	Pengujian Motor Stepper Bi-polar	44
Tabel 3.5.	Pengujian 3D Pen.....	44
Tabel 3.6.	Pengujian GRBL Pada Setiap Driver	45
Tabel 3.7.	Pengujian Printing Prototipe 3D Printer	65
Tabel 3.8.	Pengujian hasil printing.....	65
Tabel 4.1.	Hasil Pengujian Driver Motor Stepper	67
Tabel 4.2.	Hasil Pengukuran Rangkaian Catu Daya	68
Tabel 4.3.	Hasil Pengujian Motor Stepper Bi-polar	69
Tabel 4.4.	Hasil Pengujian 3D Pen (Ekstruder).....	70
Tabel 4.5.	Hasil Pengujian GRBL pada setiap Driver	71
Tabel 4.6.	Pengujian Prototipe 3D Printer.....	73
Tabel 4.7.	Ukuran Hasil printing dengan alat penelitian	74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Contoh Hasil 3D Printer	4
Gambar 2.2. Bagian Mekanik 3D Printer	8
Gambar 2.3. Poin pada suatu ruang memiliki koordinat X, koordinat y, dan koordinat Z.....	9
Gambar 2.4. Sebuah ekstruder 3D Printer dapat bergerak 3 arah	10
Gambar 2.5. Mikrokontroler Arduino.....	14
Gambar 2.6. Bentuk fisik Arduino Uno	16
Gambar 2.7. Tampilan Sketch Arduino IDE 1.05	18
Gambar 2.8. Motor Stepper Bipolar pada CD-Rom	20
Gambar 2.9. Skema Rangkaian Pengendali Motor Steppper	21
Gambar 2.10. Tampilan Menu awal visual Basic	23
Gambar 2.11. Tampilan utama IDE Visual basic.....	23
Gambar 2.12. Ilustrasi Pembuatan Program.....	25
Gambar 2.13. Diagram Alir Proses	27
Gambar 3.1. Motor Stepper dipasang untuk sumbu X,Y dan Z.....	31

Gambar 3.2. 3D Pen.....	31
Gambar 3.3. Modul EasyDriver v4.5 motor stepper driver	32
Gambar 3.4. Flowchart Program	33
Gambar 3.5. Tampilan software GRBL <i>Controller</i>	35
Gambar 3.6. Perancangan Pengawatan Output	36
Gambar 3.7. Blok Diagram Sistem.....	37
Gambar 3.8. Maket 3D Printer	39
Gambar 3.9. Pengkabelan motor, driver dan arduino uno.	43
Gambar 3.10. Tampilan awal makercam.com.....	46
Gambar 3.11. Tampilan menu insert	46
Gambar 3.12. Tampilan Input Diameter Lingkaran.....	47
Gambar 3.13. Posisi Objek yang dipindah kebagian tengah kordinat .	47
Gambar 3.14. Tampilan input menu <i>Follow Path Operation</i>	48
Gambar 3.15. Instruksi G-Code sebelum dirubah	49
Gambar 3.16. Instruksi G-Code setelah dirubah.....	50
Gambar 3.17. Tampilan input panjang dan lebar persegi	51
Gambar 3.18. Posisi Objek yang dipindah ke bagian tengah kordinat	51

Gambar 3.19. Instruksi G-Code persegi sebelum dirubah.....	53
Gambar 3.20. Instruksi G-Code persegi setelah dirubah.....	54
Gambar 3.21. Tampilan input radius segitiga	55
Gambar 3.22. Posisi objek yang dipindah ke bagian tengah kordinat .	55
Gambar 3.23. Instruksi G-Code segitiga sebelum dirubah	57
Gambar 3.24. Instruksi G-Code segitiga setelah dirubah	58
Gambar 3.25. Tampilan input radius bintang	59
Gambar 3.26. Posisi objek yang dipindah ke bagian tengah kordinat ..	59
Gambar 3.27. Instruksi G-Code bintang sebelum dirubah.....	61
Gambar 3.28. Instruksi G-Code bintang setelah dirubah	62
Gambar 3.29. <i>Line tool</i> pada <i>dashboard makercam.com</i>.....	63
Gambar 3.30. Gambar objek huruf UNJ dengan <i>line tool</i>.....	63
Gambar 3.31. Instruksi G-Code huruf UNJ sebelum dirubah.....	65
Gambar 3.32. Instruksi G-Code huruf setelah dirubah	66

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi (Foto) produk yang dihasilkan	85
Lampiran 2. Gambar Teknik.....	86
Lampiran 3. Data-Data Pengukuran	87

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi saat ini sudah berkembang sedemikian pesat sehingga banyak memunculkan teknologi-teknologi baru yang membantu manusia membuat suatu barang. Seiring berkembangnya teknologi, istilah “otomatisasi” pun sering terdengar di telinga kita. Proses otomatisasi telah diterapkan di berbagai bidang kehidupan manusia seperti pada bidang industri, kesehatan, rumah tangga, bahkan pertanian.

Pada bidang industri, proses otomatisasi dapat diterapkan untuk proses pembuatan barang. Banyak mesin yang telah dibuat dalam menghasilkan suatu barang, contohnya adalah 3D printer.

3D printer menggunakan mikrokontroler sebagai pengontrol gerak masing-masing motor. Karena 3D printer tergolong alat baru berkembang pada saat ini, maka banyak yang menjadikan alat ini sebagai barang dengan nilai jual yang tinggi, oleh karena itu mikrokontroler yang biasa digunakan pun dibuat sendiri alias tidak *opensource*.

Oleh karena hal tadi dalam penelitian ini akan dibuat prototipe 3D Printer menggunakan mikrokontroler arduino sehingga program yg digunakan *opensource* atau dapat dilihat programnya dan kembangkan lagi, menggunakan visual basic sebagai *interface*, dan menggunakan motor stepper bekas dari CD-Rom.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka dapat diidentifikasi suatu masalah yang akan diteliti yaitu sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang 3D printer?
2. Motor apa yang digunakan pada alat 3D printer?
3. Bagaimana memanfaatkan mikrokontroler sebagai sistem pengendali otomatisnya?
4. Bagaimana membuat sistem monitoring 3D printer menggunakan Visual Basic?

1.3. Pembatasan Masalah

Karena terbatasnya sarana dan prasarana dalam pembuatan alat, maka masalah yang akan dibahas akan dibatasi pada :

1. Sistem program pengendalian menggunakan Arduino Uno.
2. Penelitian prototipe 3D printer menggunakan tiga buah motor Stepper yang berfungsi sebagai sumbu X,Y, dan Z diambil dari CD-Rom.
3. 3D Printer hanya berfungsi sebagai pembuat barang berbahan dasar Filament.
4. Visual Basic dirancang untuk menampilkan kondisi dan posisi motor stepper pada 3D printer.

1.4. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka dirumuskan masalah sebagai berikut, “Apakah alat 3D Printer berbasis Arduino dan Visual Basic dapat membuat barang 3D dari bahan filament?”

1.5. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan alat 3D printer menggunakan Arduino dan Visual Basic sebagai pengontrol pusat terhadap motor stepper.

1.6. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang akan diperoleh dari penelitian ini, antara lain:

1. Memudahkan setiap pengguna dalam membuat barang 3D sederhana seperti bentuk dasar dan huruf.
2. Dapat menambah pengetahuan tentang salah satu aplikasi sistem kontrol menggunakan Arduino.
3. Menjadi referensi untuk penelitian lebih lanjut dalam bidang alat otomasi 3D Printer.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Teori

2.1.1. 3D Printer

Menurut Kelly (2013: 2) 3D printer adalah proses pembuatan benda padat tiga dimensi dari sebuah desain secara digital menjadi bentuk 3D yang tidak hanya dapat dilihat tapi juga dipegang dan memiliki volume (Kelly, 2013: 2). 3D printer dicapai dengan menggunakan proses aditif, dimana sebuah obyek dibuat dengan meletakkan lapisan yang berurut dari bahan.



Gambar 2.1. Contoh Hasil 3D Printer

3D Printing adalah sebuah terobosan baru dalam dunia teknologi. Terobosan ini sangatlah populer di seluruh belahan dunia, terutama di kalangan ilmuwan dan bangsawan. Hal ini karena mereka percaya bahwa teknologi 3D Printing akan mampu membawa dunia ini pada kemajuan dan kesejahteraan masyarakat. Terkait dengan definisinya sendiri, 3D Printing adalah sebuah printer dengan kecanggihannya khusus, yakni mampu mencetak benda, yang sama persis dengan gambar soft file-nya, dalam bentuk 3D (tidak lagi sebatas mencetak gambar di atas kertas saja). Berhubung hasil cetakan bukan berupa gambar atau tulisan di atas kertas, maka printer 3D pun tidak memiliki amunisi berupa tinta, melainkan bahan lain yang menjadi bahan dasar pembuatan produk. Misalnya, untuk mencetak gantungan kunci, maka tinta di printer diganti dengan bahan plastik. Dengan begitu, seseorang yang memiliki Printer 3D akan mampu memiliki apapun yang mereka inginkan, asalkan memiliki design atau gambar dalam bentuk soft file-nya.

3D Printing sebenarnya sudah ditemukan dan digunakan sejak dulu, khususnya oleh perusahaan yang ingin membuat model prototype untuk produk mereka. Proses ini dinamakan rapid prototyping. Desainer dari perusahaan tersebut membuat modelnya dalam file CAD yang kemudian dikirim ke mesin 3D printer. Tapi, masalahnya, bahan yang digunakan masih rapuh dan gampang hancur, jadi tidak bisa dikomersilkan.

Tapi, saat ini sudah ditemukan campuran bahan untuk keperluan 3D Printing yang cukup kuat yang terbuat dari campuran plastik dan besi. Bahan ini dinamakan nanocomposite. Bahan ini cukup kuat, sehingga dapat bertahan lama dan tahan pula dari benturan.

2.1.1.1. Cara Kerja 3D Printer

Sebenarnya konsep printer 3D ini (setidaknya yang kami lihat disana) serupa dengan mesin printer konvensional yang ada (2D). Yang membedakan adalah printer ini menggunakan bahan semacam plastik (PLA Filament tepatnya) sebagai tintanya dan menyusun bentuk sesuai desain dari bawah ke atas.

Generasi awal Printer 3D ini juga memiliki keterbatasan. Hanya satu buah warna bahan yang dapat dipilih. Diperlukan kreativitas tinggi dalam mencetak untuk membuat hasil yang memiliki beragam warna (print sebagian dengan warna a, stop, ganti bahan warna b, lanjut, dan seterusnya) – setidaknya begitu penjelasan sang penjaga booth.

Stereolithography (SLA) adalah teknik pertama untuk 3D Printing. Caranya adalah menambahkan layer terus menerus pada bahan photopolymer menuju keatas. Material yang digunakan pada awalnya adalah liquid (cairan) dan akan mengeras ketika liquid tersebut terkena sinar ultraviolet.

Digital Light Processing (DLP) adalah teknik yang hampir sama dengan SLA yang membuat bahan liquid mengeras dengan sinar ultraviolet. Tetapi, pada proses penyinaran digital, objek pada awalnya berbentuk liquid yang penuh. Sebagian dari liquid tersebut akan disinari, yang tentu saja akan mengeraskan liquid tersebut, lalu objek yang mengeras akan tenggelam kebawah dan menaikkan liquid selanjutnya. Proses ini terus menerus dilakukan hingga objek 3D tersebut berhasil dibuat.

Selective Laser Sintering (SLS) menggunakan tenaga yang sangat tinggi untuk menggabungkan berbagai material, seperti plastik, gelas, keramik, dan metal menjadi output 3D.

Electron Beam Melting (EBM) adalah proses dari 3D Printing untuk bahan metal. Prosesnya di sebuah vakum dan memulai prosesnya dengan menyebarkan sebuah layer dari metal powder (lebih sering menggunakan titanium). Electron beam akan mencairkan powder menjadi layer yang keras. Objek yang dibuat dengan teknik ini akan sangat kuat.

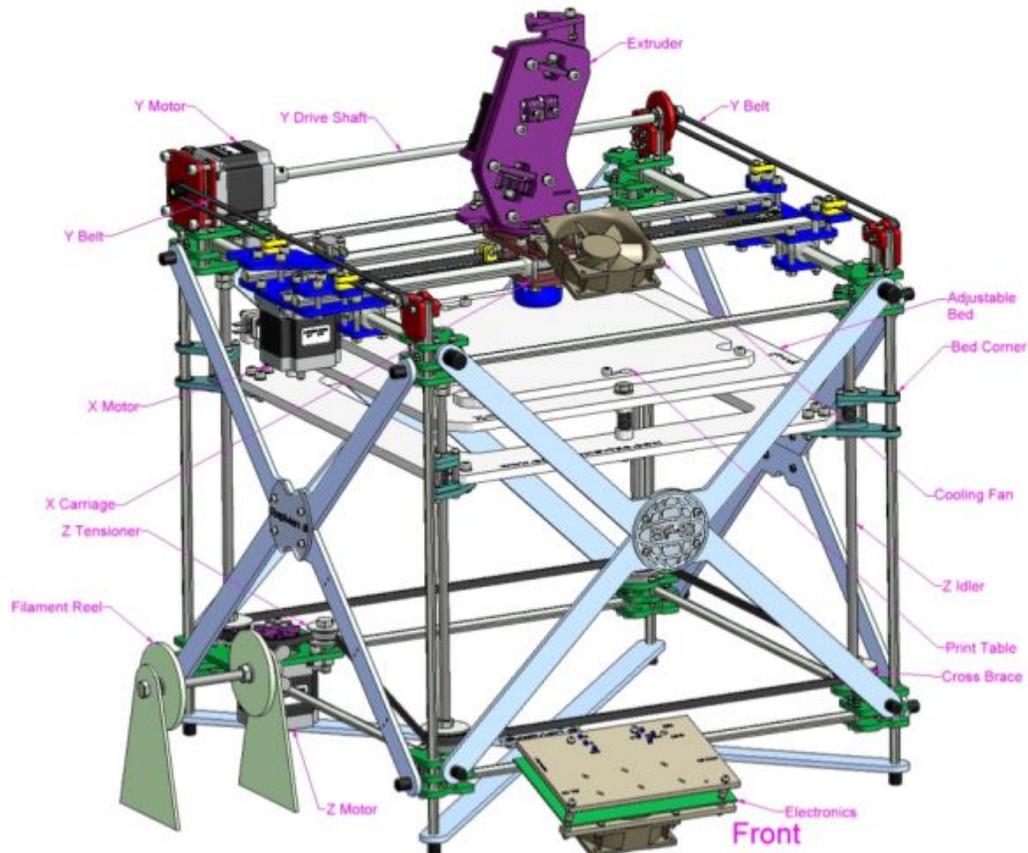
Multi Jet Modelling (MJM) mempunyai cara kerja yang sama dengan inkjet printer. Ia menyebarkan sebuah layer dari resin powder dan menyemburkan sebuah lem yang mempunyai berbagai warna dan akan mengeras pada satu layer. Multi Jet Modelling sangatlah berguna karena sangat cepat dan mendukung penyediaan warna.

Fused Deposition Modelling (FDM) menggunakan bahan nozzle yang dipanaskan dan akan melelehkan bahan seperti plastik pada hasil outputnya. Nozzle tersebut akan berpindah secara horizontal dan vertikal yang diatur oleh komputer. Ketika material keluar dari nozzle, material tersebut akan mengeras.

Semua aktivitas 3D Printing kebanyakan akan menggunakan STL File. STL File merupakan format 3D modelling yang membuat 3D Printer melakukan tugasnya dengan nyaman dan efektif untuk memotong objek dari layer pada saat print. Kebanyakan file STL dibuat oleh Computer Aided Design (CAD).

2.1.1.2. Bagian-bagian Mekanik 3D Printer

Berikut ini adalah bagian-bagian mekanik yang biasanya ada pada 3D printer, dapat dilihat pada gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2.2. Bagian Mekanik 3D Printer

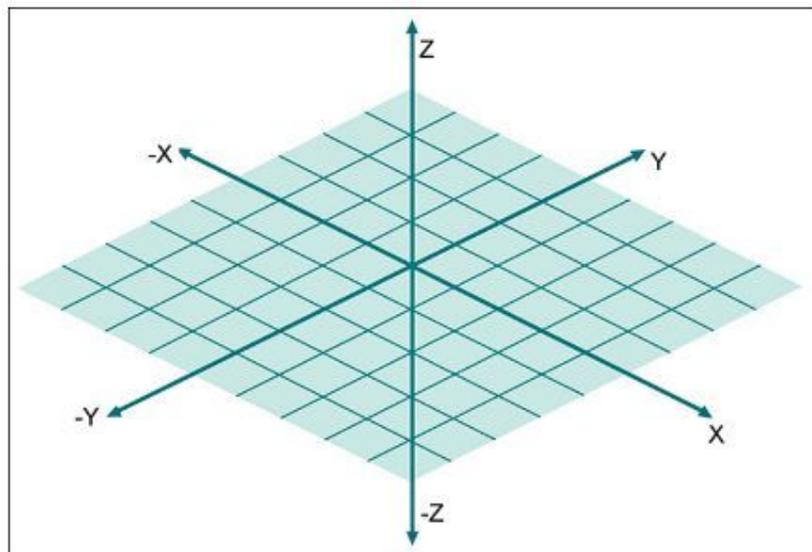
Fungsi dasar dari masing-masing bagian adalah sebagai berikut :

1. Motor Stepper sumbu X berguna sebagai penggerak alas cetak ke arah kiri dan kanan atau arah koordinat X.
2. Motor Stepper sumbu Y berguna sebagai penggerak alas cetak ke arah depan dan belakang atau arah koordinat Y.
3. Motor Stepper sumbu Z berguna sebagai penggerak alas cetak ke arah atas dan bawah atau arah koordinat Z

4. *Bed printing*/alas cetak berguna sebagai tempat dimana filament dicetak.
5. Ekstruder berguna sebagai pencair bahan filament dengan suhu yang tergantung dari jenis bahan filament yang dipakai.

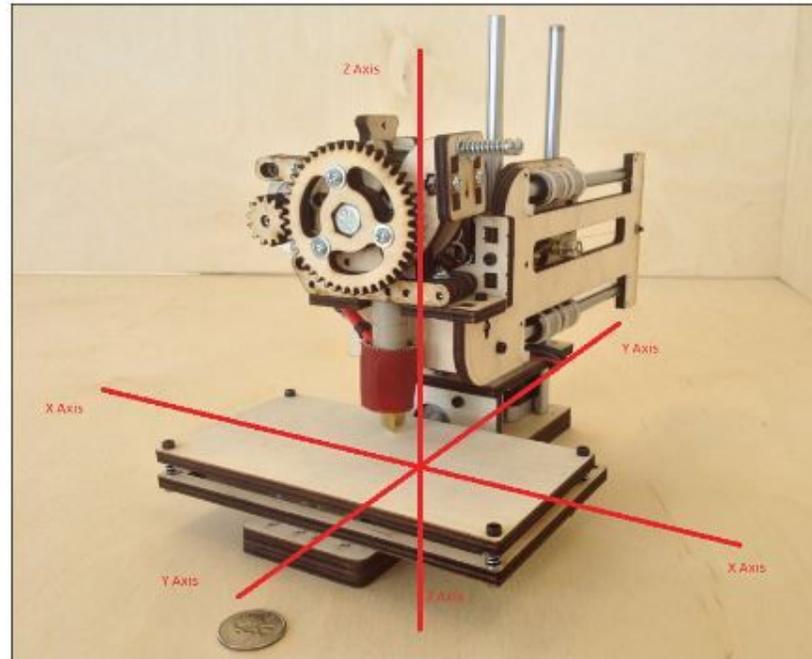
2.1.1.3. Objek 3D Membutuhkan 3 Sumbu

Ingat kembali ke awal pelajaran matematika tentang titik poin di suatu ruang akan dideskripsikan sebagai 3 koordinat: X, Y, dan Z. Jika memerlukan pengingat, silahkan lihat gambar 5 dibawah ini, dimana memperlihatkan semua 2.3 sumbu pada garfik xyz.



Gambar 2.3. Poin pada suatu ruang memiliki koordinat X, koordinat Y, dan koordinat Z.

Dibawah ini adalah contoh 3D Printer dengan garis 3 arah dimana ekstruder dapat bergerak. Gambar 3 garis sumbu koordinat X, Y dan Z dapat dilihat pada gambar dibawah 2.4 dibawah ini.



Gambar 2.4. Sebuah ekstruder 3D Printer dapat bergerak 3 arah

Melihat 3D printer dari atas, kita dapat melihat bahwa ketika hot-end bergerak ke kiri atau kanan (ketika dilihat dari depan 3D printer), ini sebenarnya bergerak sepanjang sumbu koordinat X. Lalu, ketika hot-end bergerak maju atau mundur, hot-end itu sedang bergerak sepanjang sumbu koordinat Y, dan ketika hot-end bergerak ke atas atau bawah, ini bergerak sepanjang sumbu koordinat Z.

Menurut Kelly (2013: 7) Sebuah motor 3D printer akan digunakan untuk menggerakkan hot-end ke kiri, kanan, belakang, depan, atas dan bawah. Ketika pergerakan ini dilakukan, ekstruder ini akan secara konstan mendorong masuk filament to meleleh oleh hot-end dan ketika keluar dari nozzle hot-end sebuah benang tipis dari lelehan plastik (Kelly, 2013: 7). Lelehan plastic ini secara terus menerus keluar dengan ukuran yang konstan, hampir mirip seperti tinta pulpen ketika menulis nama pada kertas. Hanya saja perbedaannya ketika lelehan plastic ini dingin, ini akan mulai mengeras. Setiap lelehan plastik di atas plastik yang

telah mengeras akan memberikan ketinggian. Dan begitulah kita mengetahui efek dari pelapisan pada 3D printer dalam membuat objek 3D.

2.1.1.4. G-Code

Menurut Lubis, dkk (2014: 26) G-Code, atau kode persiapan atau fungsi, adalah fungsi kontrol numerik (*Numerical Control*) dalam bahasa pemrograman (Lubis, dkk, 2014: 26). G-kode adalah kode posisi alat dan melakukan pekerjaan yang sebenarnya, berbeda dengan M-kode, yang mengelola mesin; T untuk alat-kode terkait. S dan F adalah alat-Speed dan alat-Feed, dan akhirnya D-kode untuk alat kompensasi.

Bahasa pemrograman *Numerical Control* (NC) kadang disebut G-kode. Namun dalam kenyataannya, G-kode ini hanya sebagian dari NC-bahasa pemrograman yang mengendalikan NC dan peralatan mesin CNC. Kontrol numerik istilah diciptakan di Laboratorium Servomechanisms MIT, dan beberapa versi dari NC itu dan masih dikembangkan secara mandiri oleh pabrik mesin CNC. Versi standar utama yang digunakan di Amerika Serikat telah diselesaikan oleh Electronic Industries Alliance di awal 1960-an. Revisi terakhir yang telah disetujui pada bulan Februari 1980 sebagai RS274D. Di Eropa, standar DIN 66.025 / ISO 6.983 sering digunakan sebagai gantinya.

Karena kurangnya pengembangan lebih lanjut, yang sangat besar alat mesin berbagai konfigurasi, dan sedikit permintaan untuk interoperabilitas, beberapa mesin alat pengontrol (CNCs) mengikuti standar ini. Ekstensi dan variasi telah ditambahkan secara terpisah oleh produsen, dan operator kontroler tertentu harus menyadari perbedaan dari masing-masing produsen 'produk. Ketika awalnya diperkenalkan, sistem CAM terbatas pada alat konfigurasi didukung.

Dimana instruksi pada G code biasanya menyakan gerakan yang akan dilakukan mesin, seperti bergerak ke titik a ke titik b, bergerak bebas, bergerak dengan pemakananan dan lainnya.

G code sendiri dibagi menjadi dua kelompok :

Jenis G code dasar meliputi:

-G00: gerakan cepat tanpa pemakanan benda kerja (gerakan bebas), dimana sangat cocok digunakan untuk memindahkan titik a ke titik b tanpa pemakanan benda kerja.

-G01: gerakan memotong atau pemakanan benda kerja.

-G02: gerakan memotong melingkar searah jarum jam

-G03: gerakan memotong melingkar berlawanan arah jarum jam

Jenis G code lanjutan meliputi:

gabungan langkah G00 dan G01 yang disedehanakan

-G90: sistem kordinat absolut

-G91: sistem kordinat incremental

2.1.1.5. M-code

Seperti halnya G code, M code sendiri memiliki 2 kelompok utama yang berpengaruh pada mesin :

M code Dasar meliputi:

M02 - menghidupkan poros mesin (spindel on) berputar searah jarum jam (CW).

M03 - menghidupkan poros mesin (spindel on) berputar berlawanan arah jarum jam (CCW).

M05 - mematikan poros mesin (spindel off)

M30 - langkah terakhir (end program)

M code Lanjutan meliputi:

M08 : Menghidupkan pendingin/coolant

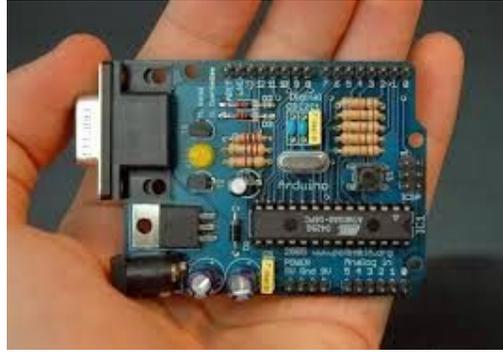
M09 : Mematikan pendingin/coolant

Selain itu ada kode kode pendukung untuk menggunakannya dengan sempurna seperti pengaturan speed(kecepatan putaran spindel/ penggerak mata bor/pemakan) dan feedrate (rata rata kecepatan pemakanan mm per menit).

2.1.2. Arduino

Arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik open source yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel.

Mikrokontroler itu sendiri adalah chip atau IC (integrated circuit) yang bisa diprogram menggunakan komputer. Tujuan menanamkan program pada mikrokontroler adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca input, memproses input tersebut dan kemudian menghasilkan output sesuai yang diinginkan. Jadi mikrokontroler bertugas sebagai otak yang mengendalikan input, proses dan output sebuah rangkaian elektronik. Karena komponen utama Arduino adalah mikrokontroler, maka Arduino pun dapat diprogram menggunakan komputer sesuai kebutuhan kita.



Gambar 2.5. Mikrokontroler Arduino

Kelebihan Arduino :

Arduino Kit tidak perlu perangkat chip programmer karena didalamnya sudah ada boot loader yang akan menangani upload program dari komputer. Sudah memiliki sarana komunikasi USB, Sehingga pengguna laptop yang tidak memiliki port serial/RS323 bisa menggunakannya. Kemudian memiliki modul siap pakai yang bisa ditancapkan pada board arduino. Contohnya shield GPS, Ethernet,dll.

1. Soket USB

Soket USB adalah soket kabel USB yang disambungkan kekomputer atau laptop. Yang berfungsi untuk mengirimkan program ke arduino dan juga sebagai port komunikasi serial.

2. Input/Output Digital dan Input Analog

Input/output digital atau digital pin adalah pin untuk menghubungkan arduino dengan komponen atau rangkaian digital. Contohnya, jika ingin membuat LED berkedip, LED tersebut bisa dipasang pada salah satu pin input atau output digital dan ground. komponen lain yang menghasilkan output digital atau menerima input digital bisa disambungkan ke pin pin ini. Input analog atau analog pin adalah pin yang berfungsi untuk menerima sinyal dari komponen atau rangkaian analog. contohnya, potensiometer, sensor suhu, sensor cahaya, dll.

3. Catu Daya

Pin catu daya adalah pin yang memberikan tegangan untuk komponen atau rangkaian yang dihubungkan dengan arduino. Pada bagian catu daya ini pin Vin dan Reset. Vin digunakan untuk memberikan tegangan langsung kepada arduino tanpa melalui tegangan pada USB atau adaptor, sedangkan Reset adalah pin untuk memberikan sinyal reset melalui tombol atau rangkaian eksternal.

4. Adaptor

Soket baterai atau adaptor digunakan untuk menyuplai arduino dengan tegangan dari baterai/adaptor 9V pada saat arduino sedang tidak disambungkan kekomputer. Jika arduino sedang disambungkan kekomputer dengan USB, Arduino mendapatkan suplai tegangan dari USB, Jika tidak perlu memasang baterai/adaptor pada saat memprogram arduino.

5. Bahasa Pemrograman Arduino

Bahasa pemrograman Arduino adalah bahasa C. Tetapi bahasa ini sudah dipermudah menggunakan fungsi-fungsi yang sederhana sehingga pemula pun bisa mempelajarinya dengan cukup mudah.

2.1.2.1. Arduino Uno

Arduino Uno adalah salah satu produk yang berlabel Arduino yang sebenarnya adalah satu papan elektronik yang mengandung mikrokontroler ATmega328 (sebuah keping yang secara fungsional bertindak seperti sebuah komputer). Peranti ini dapat dimanfaatkan untuk mewujudkan rangkaian elektronik dari yang sederhana hingga yang kompleks. Arduino Uno memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke komputer dengan sebuah kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC

atau menggunakan baterai untuk memulainya. Berikut ini adalah bentuk fisik dari Arduino Uno ditunjukkan pada gambar 2.6.



Gambar 2.6. Bentuk fisik Arduino Uno

Berdasarkan pada gambar 1 diatas menunjukkan panjang dan lebar maksimum dari PCB Arduino Uno masing-masing adalah 2,7 dan 2,1 inci, dengan konektor USB dan *power jack* yang memperluas dimensinya. Empat lubang sekrup memungkinkan papan untuk dipasangkan ke sebuah permukaan atau kotak. Arduino Uno dapat beroperasi pada sebuah suplai eksternal 6 hingga 24 volt. Jika menggunakan suplai yang lebih besar dari 12 volt, tegangan regulato bisa kelebihan panas dan membahayakan papan Arduino Uno.

Masing-masing dari 14 pin digital Uno dapat digunakan sebagai input atau output, menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWriter()`, dan `digitalRead()`. Pin tersebut beroperasi pada tegangan 5 volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima maksimum 40mA dan memiliki resistor pull-up internal (terputus secara default) dari 20-50 kOhms.

Selain itu beberapa kit memiliki fungsi spesial, yaitu:

1. Serial pin 0 (RX) dan 1 (TX) digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) data serial TTL. Pin ini terhubung dengan pin ATmega8U2 USB-to-Serial TTL.
2. External Interupsi. Pin 2 dan 3 dapat dikonfigurasi untuk memicu gangguan pada nilai yang rendah (low value) atau perubahan nilai. Lihat fungsi `attachInterrupt()` untuk rincinya.
3. PWM : Pin 3,5,6,9,10,dan 11 menyediakan 8 bit PWM dengan fungsi `analogWrite()`.
4. SPI : pin 10(SS), 11 (MOSI), 13(SCK) mendukung komunikasi SPI dengan menggunakan perpustakaan SPI.
5. LED : pin 13, *Built-in LED* terhubung ke pin digital 13. LED akan menyala ketika diberi nilai HIGH.

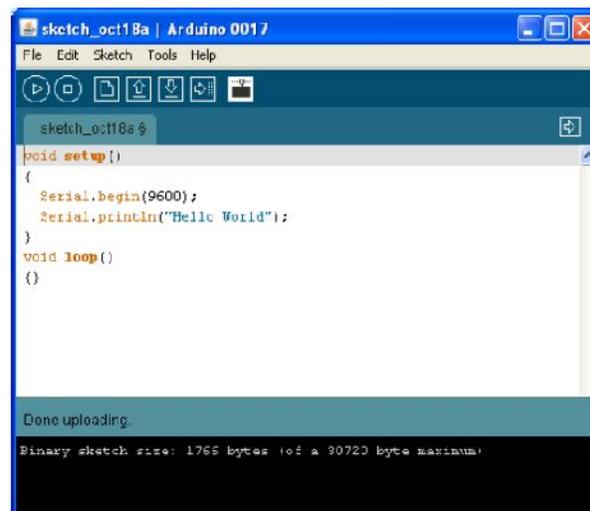
Arduino Uno memiliki 6 input analog, berlabel A0 sampai A5, yang masing-masing menyediakan resolusi 10 bit (yaitu 1024 nilai yang berbeda). Secara default mereka mengukur dari ground sampai 5 volt, perubahan tegangan maksimal menggunakan pin AREF dan fungsi `analogReference()`.

Selain itu, beberapa pin tersebut memiliki spesialisasi fungsi, yaitu TWI: Pin A4 atau SDA dan A5 atau SCI. Mendukung komunikasi TWI menggunakan wire. Ada beberapa pin lainnya yang berada di board :

1. AREF, tegangan referensi untuk input analog, dapat digunakan dengan fungsi `analogReference()`.
2. RESET. Gunakan LOW untuk me-reset mikrokontroler. Biasanya digunakan untuk menambah tombol reset.

2.1.2.2. Pemrograman Arduino IDE 1.05

Arduino memiliki bawaan *software* sendiri dimana pemrogramannya menggunakan bahasa C++, tetapi dengan penambahan pustaka dan fungsi-fungsi standar membuat pemrograman Arduino lebih mudah untuk dipelajari. Karena Arduino bersifat *open source* maka pustaka-pustaka yang tersedia di Arduino IDE 1.05 juga dapat di download gratis di website Arduino. Arduino IDE, *software* yang beroperasi di komputer berfungsi untuk menghasilkan sebuah file yang berformat hex yang akan diunduh pada papan Arduino. Berikut ini adalah tampilan dari sketch di Arduino IDE 1.05 ditunjukkan pada gambar 2.7 dibawah ini.



Gambar 2.7. Tampilan Sketch Arduino IDE 1.05

2.1.3. Motor Stepper

Motor stepper adalah perangkat elektromekanis yang bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis diskrit. Motor stepper bergerak berdasarkan urutan pulsa yang diberikan kepada motor. Karena itu, untuk menggerakkan motor stepper diperlukan pengendali motor stepper yang

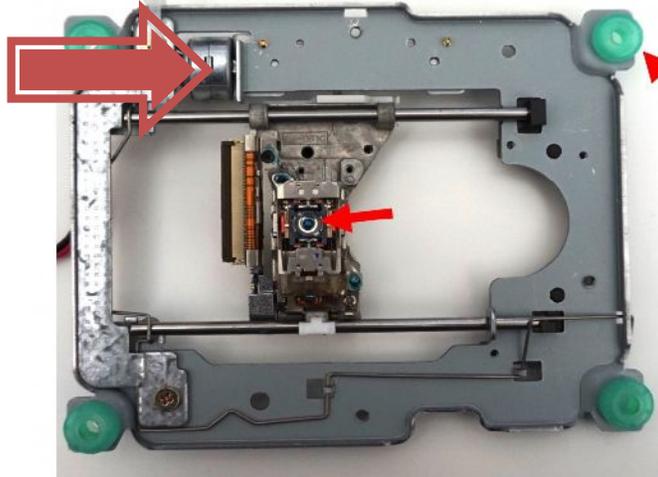
membangkitkan pulsa-pulsa periodik. Penggunaan motor stepper memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan penggunaan motor DC biasa. Keunggulannya antara lain adalah :

1. Sudut rotasi motor proporsional dengan pulsa masukan sehingga lebih mudah diatur.
2. Motor dapat langsung memberikan torsi penuh pada saat mulai bergerak
3. Posisi dan pergerakan repetisinya dapat ditentukan secara presisi
4. Memiliki respon yang sangat baik terhadap mulai, stop dan berbalik (perputaran)
5. Sangat realibel karena tidak adanya sikat yang bersentuhan dengan rotor seperti pada motor DC
6. Dapat menghasilkan perputaran yang lambat sehingga beban dapat dikopel langsung ke porosnya
7. Frekuensi perputaran dapat ditentukan secara bebas dan mudah pada range yang luas.

2.1.3.1. Motor Stepper Bipolar dari CD-Rom

Motor stepper yang digunakan pada penelitian ini adalah motor stepper yang dimanfaatkan dari CD-Rom lebih tepatnya pada bagian optic yang motornya berjenis stepper bipolar dan telah memiliki rel sehingga tidak perlu membuat rel lagi. Bagian CD-Rom yang dimanfaatkan motornya dapat dilihat pada gambar 2.8 dibawah ini.

Motor Stepper Bi-polar

**Gambar 2.8.** Motor Stepper Bipolar pada CD-Rom

Spesifikasi motor stepper bipolar yang ada pada CD-Rom dapat dilihat dibawah ini.

1. Karakteristik

- Jumlah step per rotasi : 20
- Metode *drive* : 2-2 *Phase*
- Sirkuit kendali : Bipolar
- Tegangan : 5V
- Resistansi lilitan : 10
- Material magnet : Nd-Fe-B bonded magnet
- Torsi penahan : 30×10^{-4} N.m]

Tabel 2.2. Kegunaan pin-pin yang digunakan pada prototipe 3D Printer

Nama Pin	Kegunaan
Motor A1, A2, B1, B2	Output untuk ke motor stepper bi-polar
Power In	Input tegangan untuk motor stepper (6-30V)
Step Input	Input untuk kecepatan motor stepper
Direction Input	Input untuk arah dari motor stepper
GND	Ground

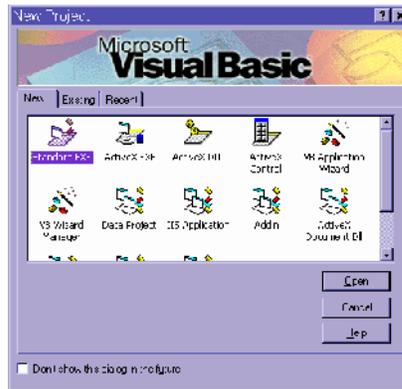
2.1.4. Visual Basic

Menurut Oktaviana (2010: 1) VisualBasic adalah salah satu bahasa pemrograman komputer. Bahasa pemrograman adalah perintah-perintah yang dimengerti oleh komputer untuk melakukan tugas-tugas tertentu. Bahasa pemrograman Visual Basic, yang dikembangkan oleh Microsoft sejak tahun 1991, merupakan pengembangan dari pendahulunya yaitu bahasa pemrograman BASIC (*Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code*) yang dikembangkan pada era 1950-an. Visual Basic merupakan salah satu *Development Tool* yaitu alat bantu untuk membuat berbagai macam program komputer, khususnya yang menggunakan sistem operasi Windows. Visual Basic merupakan salah satu bahasa pemrograman komputer yang mendukung object (*Object Oriented Programming* = OOP) (Oktaviana, 2010: 1).

2.1.4.1. Integrated Development Environment (IDE) VB6

Aktifkan VB6 melalui tombol Start > Programs> Microsoft Visual Studio 6.0 > Microsoft Visual Basic6.0.

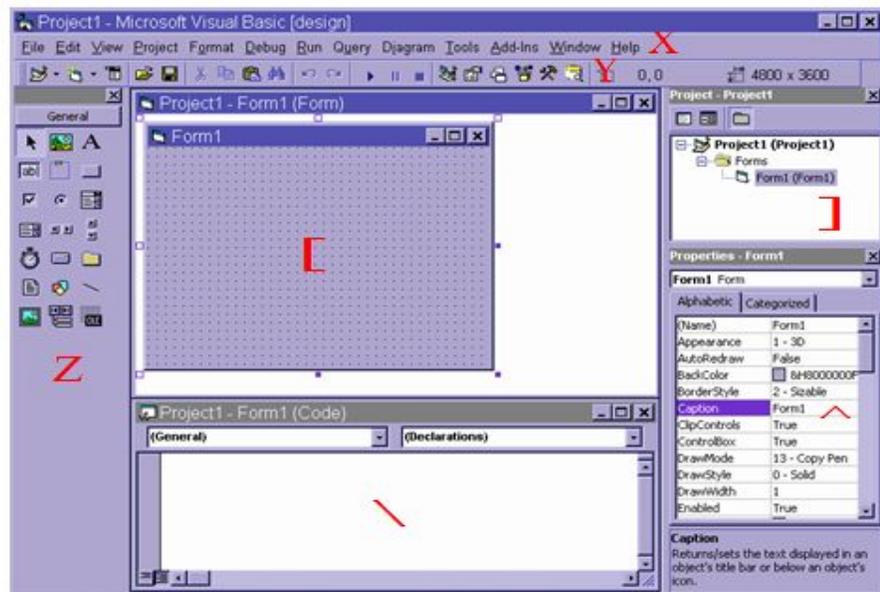
Tunggulah beberapa saat hingga muncul tampilan berikut :



Gambar 2.10. Tampilan Menu awal Visual Basic

Pilih Standard EXE dan klik tombol Open.

Anda akan melihat tampilan area kerja atau IDE VB 6. Kenali bagian-bagian utama di dalam IDE VB 6 berikut ini :



Gambar 2.11. Tampilan utama IDE Visual Basic

Keterangan :

XMenubar**YToolbar****ZToolbox**

Bila Toolbox tidak muncul klik tombol Toolbox () pada bagian Toolbar atau klik menu

View > Toolbox.

[Jendela Form

Bila Jendela Form tidak muncul klik tombol View Object () pada bagian Project Explorer atau klik menu View > Object.

\ Jendela Code

Bila Jendela Code tidak muncul klik tombol View Code () di pada bagian Project Explorer atau klik menu View > Code.

] Project Explorer

Bila Project Explorer tidak muncul klik tombol Project Explorer () pada bagian

Toolbar atau klik menu View > Project Explorer.

^ Jendela Properties

Bila Jendela Properties tidak muncul klik tombol Properties Window () pada bagian Toolbar atau klik menu View > Properties Window.

2.1.4.2. Memahami Istilah *Object*, *Property*, *Method* dan *Event*

Dalam pemrograman berbasis obyek (OOP), anda perlu memahami istilah *object*, *property*, *method* dan *event* sebagai berikut :

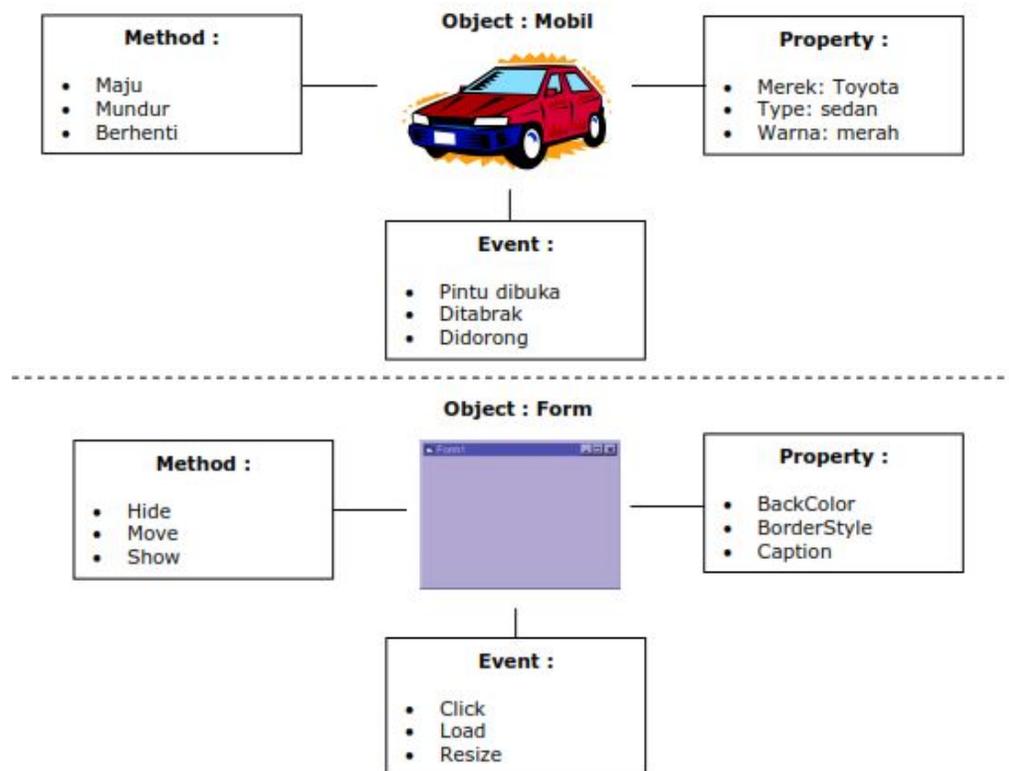
Object : komponen di dalam sebuah program

Property : karakteristik yang dimiliki object

Method : aksi yang dapat dilakukan oleh object

Event : kejadian yang dapat dialami oleh object

Sebagai ilustrasi anda dapat menganggap sebuah mobil sebagai obyek yang memiliki *property*, *method* dan *event*. Perhatikan gambar 12 berikut :



Gambar 2.12. Ilustrasi Pembuatan Program

Implementasinya dalam sebuah aplikasi misalnya anda membuat form, maka form tersebut memiliki *property*, *method*, dan *event*. Sebagaimana pemrograman

visual lain seperti Delphi dan Java, VB juga bersifat event driven programming. Artinya anda dapat menyisipkan kode program pada event yang dimiliki suatu obyek.

2.2. Konsep

Arduino merupakan suatu perangkat sistem kontrol yang sifatnya *programmable* atau dapat diprogram. Arduino digunakan untuk menggantikan perangkat-perangkat konvensional, dimana perangkat konvensional memiliki program yang terbatas namun. Dengan menggunakan Arduino, deteksi dan koreksi kesalahan akan lebih mudah diketahui. Oleh karena itu, saat ini Arduino telah banyak dimanfaatkan dan diimplementasikan ke dalam kontrol industri besar maupun kecil, peralatan rumah tangga, dan masih banyak penggunaan Arduino lainnya di bidang lain seperti bidang pertanian, perikanan, dan kesehatan.

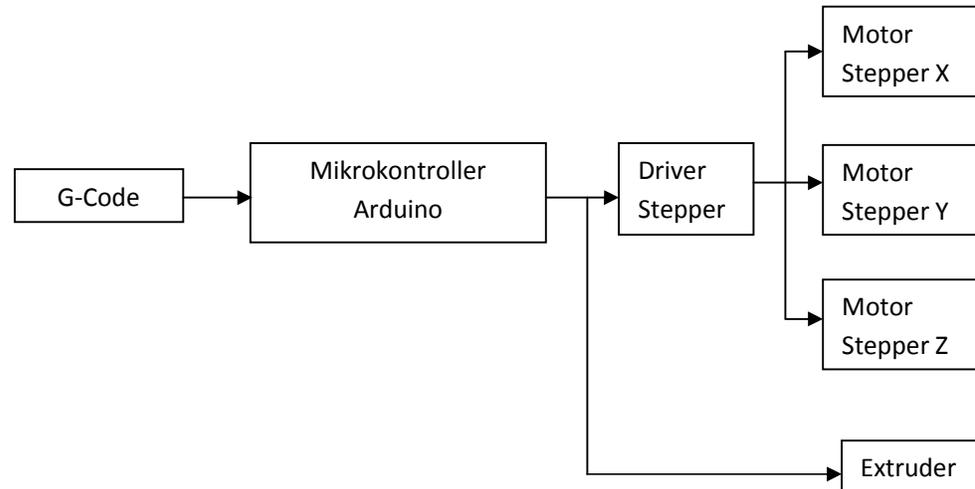
Visual Basic bukanlah suatu perangkat khusus, melainkan sebuah aplikasi sistem kendali yang mengacu pada pengontrolan dan akuisisi data. Visual Basic digunakan untuk melakukan analisis dan pengawasan terhadap sistem kontrol serta menampilkan data yang sifatnya *real time* pada sejumlah operator. Selain itu, Visual Basic biasanya digunakan untuk memantau dan mengendalikan peralatan industri. Seperti halnya Arduino, Visual Basic saat ini telah dimanfaatkan dalam proses industri.

Berdasarkan kajian-kajian teori yang telah dibahas pada sub bab sebelumnya maka dapat dirancang sebuah sistem otomatisasi untuk membuat barang 3D dimana sistem tersebut menggunakan mikrokontroler Arduino sebagai perangkat kontrolnya dan Visual Basic sebagai perangkat *monitoringcontrol* dan akuisisi

data.

2.2.1. Blok Diagram

Blok diagram dari sistem kerja proses tersebut dapat dilihat pada gambar 2.13 di bawah ini.



Gambar 2.13. Blok Diagram

Sistem alat 3D printer ini akan bekerja ketika pada program Visual Basic kita beri input nilai posisi X, Y, dan Z. Ketika semua data pada Visual Basic telah dimasukkan dan memulai *printing* maka Visual Basic akan mengirimkan data serial ke Mikrokontroller Arduino yang nantinya diproses oleh Arduino menurut data yang diberikan oleh Visual Basic. Hasil dari proses Arduino akan mengontrol Driver Stepper yang akan menjalankan Motor Stepper, dan Extruder bekerja apabila ada instruksi untuk mengeluarkan filament melalui sebuah instruksi dari Visual Basic.

2.3. Proses Penelitian

Untuk dapat mengarahkan hasil penelitian, disampaikan suatu hipotesis penelitian. Hipotesis penelitian ini adalah alat 3D Printer dapat membuat barang jadi objek 3D berdasarkan masukan G-Code dengan pengontrol arduino uno terprogram *sketch opensource* dan menggunakan motor stepper yang ada pada CD-Rom.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian prototipe 3D printer berbasis arduino dan visual basic ini dilakukan di laboratorium instrumentasi fakultas teknik dan ruang dosen lantai 4 jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Jakarta dengan waktu penelitian yang dilaksanakan pada bulan Maret 2016 sampai Januari tahun 2017.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian ini diawali dengan membuat maket dari prototipe 3D Printer dan mempersiapkan driver motor stepper berupa modul yang kemudian dilanjutkan dengan mencoba rangkaian driver motor stepper ke motor stepper yang ada di CD ROM.

Setelah rangkaian selesai diuji coba, penelitian ini dilanjutkan dengan pemilihan program yang *compatible* dengan Arduino Uno dan dilanjutkan percobaan software GRBL pada Arduino Uno. Berdasarkan penjabaran tersebut, maka dalam penelitian ini diambil langkah-langkah sebagai berikut:

3.2.1. Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

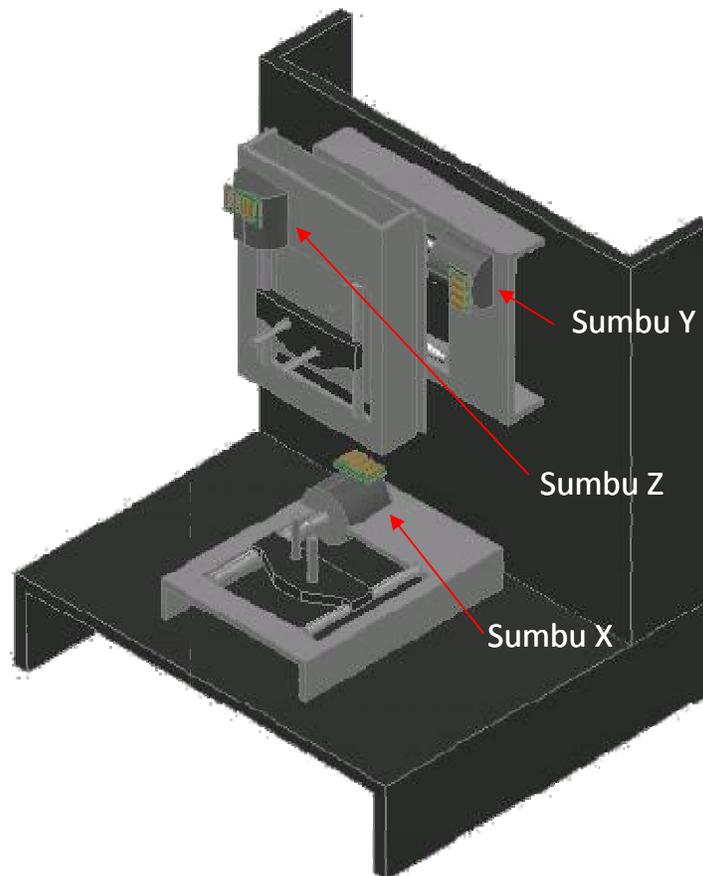
3.2.1.1. Perancangan Maket

Maket terbuat dari besi yang dilapisi skotlet warna hitam bertekstur batik agar tidak mudah berkarat. Ukuran maket sebagaimana yang telah dijelaskan sebelumnya adalah mempunyai panjang 16,51 cm, lebar 14,478 cm dan tinggi 20,115 cm. Pada maket ini terdapat tempat untuk meletakkan rangkaian-rangkaian elektronik dan Arduino Uno beserta Catu Daya.

3.2.1.2. Penggunaan Motor Stepper pada CD-Rom

Motor yang digunakan untuk prototipe 3D printer adalah motor stepper bipolar yang akan dipasang dengan rel atau jalur yang lurus. Di dalam CD-Rom terdapat beberapa motor salah satunya adalah motor stepper bipolar yang sudah terpasang dengan rel, sehingga siap dipasang untuk prototipe 3D Printer ini.

Motor Stepper akan dipasang sesuai dengan pergerakannya, yaitu sumbu X, Y, dan Z. Untuk X akan dipasang dibawah yang akan bergerak maju dan mundur, untuk Y akan dipasang diatas bergerak horizontal kiri dan kanan, sedangkan Z akan dipasang bersama dengan motor sumbu Y namun dipasang vertikal bergerak keatas dan bawah. Pemasangan motor pada prototipe ini seperti pada gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.1. Motor Stepper dipasang untuk sumbu X,Y dan Z.

3.2.1.3. Perancangan Ekstruder

3D printer memanfaatkan titik leleh bahan filament sehingga dapat dibentuk sesuai dengan keinginan dan dapat mengeras dengan cepat, dan untuk melelehkan bahan filament ini digunakanlah ekstruder yang suhu dan kecepatan mengeluarkan filamennya dapat ditentukan. Saat ini ada banyak macam ekstruder yang siap digunakan salah satunya adalah 3D Pen yang pada dasarnya digunakan untuk membuat barang namun pergerakannya menggunakan tangan. 3D pen yang akan digunakan dapat dilihat pada gambar 18 dibawah ini.



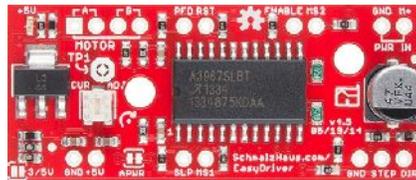
Gambar 3.2. 3D pen

3.2.2.4 Perancangan Driver

Motor yang dipakai pada prototipe 3D Printer ini adalah motor stepper bi-polar maka driver yang akan digunakan adalah driver motor yang dapat mengatur arah

dan kecepatan dari motor bi-polar. Saat ini banyak modul untuk driver motor stepper salah satunya adalah EasyDriver Stepper Motor Driver.

Modul EasyDriver menggunakan ic driver Allegro A3967 yang memiliki kelebihan dapat menyalurkan arus berkisar 150mA/tahap sampai 750mA/tahap sehingga dapat menghasilkan putaran motor yang kuat dan stabil. Versi EasyDriver yang masih diproduksi pada saat ini adalah v4.5 yang tampilannya dapat dilihat pada gambar 18 di bawah ini.



Gambar 3.3. Modul EasyDriver v4.5 motor stepper driver.

Pin-pin yang akan dipakai untuk prototipe 3D Printer dapat dilihat pada tabel 3.1. dibawah ini.

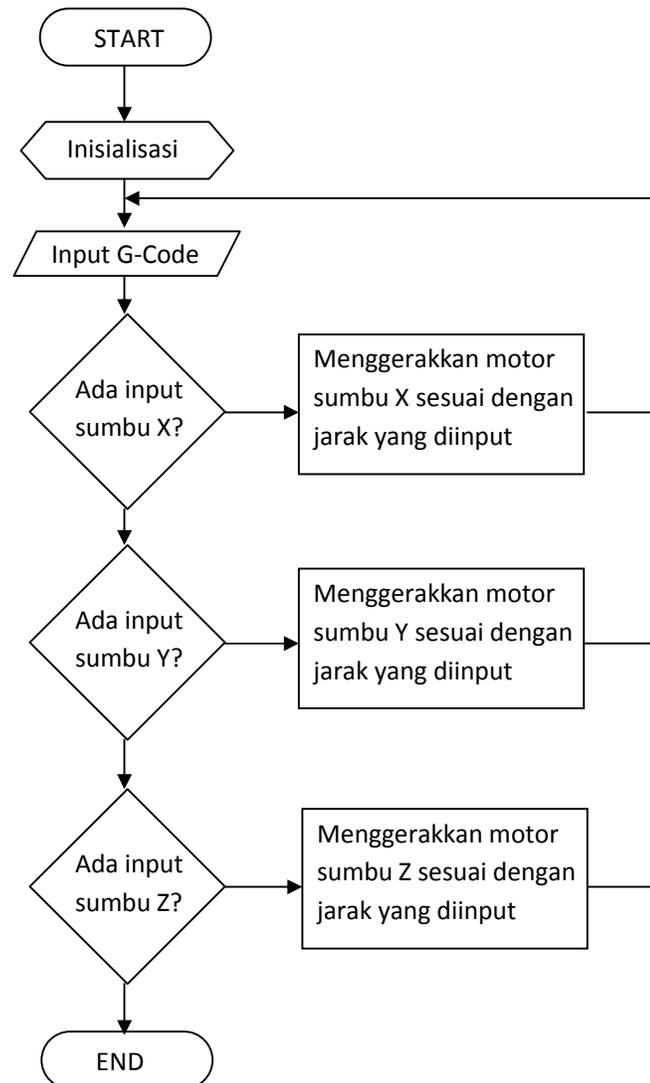
Tabel 3.1. Kegunaan pin-pin yang digunakan pada prototipe 3D Printer

Nama Pin	Kegunaan
Motor A1, A2, B1, B2	Output untuk ke motor stepper bi-polar
Power In	Input tegangan untuk motor stepper (6-30V)
Step Input	Input untuk kecepatan motor stepper
Direction Input	Input untuk arah dari motor stepper
GND	Ground

3.2.2. Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

3.2.2.1. Flowchart Program

Flowchart dalam membuat program arduino uno untuk alat penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.4 dibawah ini.



Gambar 3.4. Flowchart program

3.2.2.2. Perancangan Pemrograman Arduino

Arduino IDE merupakan salah satu *software* aplikasi yang digunakan untuk membuat program Arduino Uno. Deskripsi kerja perancangan program yang

dibuat adalah sebagai berikut, ketika arduino mendapat instruksi untuk menuju suatu koordinat oleh GRBL maka arduino akan mengontrol driver motor stepper untuk bergerak.

Pada GCode terdapat instruksi dan koordinat, ialah G yang bisa diartikan sebagai GO berfungsi menjalankan motor kearah koordinat yang ada setelah fungsi G diketik, X, Y dan Z adalah koordinat yang selalu ada setelah instruksi G diketik. Contohnya G0 X0 Y0 Z0, instruksi yang memiliki arti menjalankan motor ke koordinat X0, Y0 dan Z0.

Sketch program yang akan digunakan pada prototipe 3D Printer ini menggunakan *sketch* program dari GRBL yang bersifat *opensource* dan pada dasarnya diperuntukkan untuk alat CNC, namun karena prototipe 3D Printer yang akan dibuat menggunakan GCode yang hampir mirip dengan CNC maka penulis memanfaatkan *sketch* yang telah ada.

Fungsi utama *sketch* program GRBL untuk arduino adalah untuk mendefinisikan instruksi G-Code menjadi bahasa yang dapat dimengerti arduino yaitu bahasa mesin. Adapun contoh program definisi instruksi G-Code pada arduino IDE seperti dibawah ini.

```
#include "gcode.h"
#include <string.h>
#include "nuts_bolts.h"
#include <math.h>
#include "settings.h"
#include "motion_control.h"
#include "spindle_control.h"
#include "coolant_control.h"
#include "errno.h"
#include "protocol.h"
#include "report.h"

parser_state_t gc;

#define FAIL(status) gc.status_code = status;
```

```

static int next_statement(char *letter, float *float_ptr, char
*line, uint8_t *char_counter);

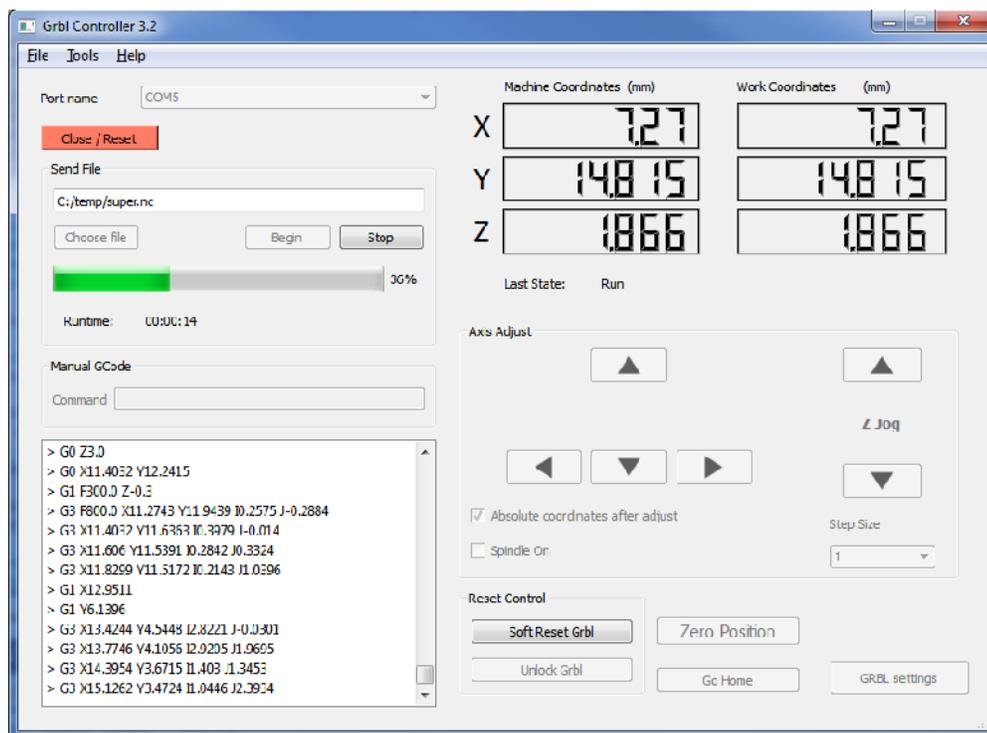
static void select_plane(uint8_t axis_0, uint8_t axis_1, uint8_t
axis_2)
{
    gc.plane_axis_0 = axis_0;
    gc.plane_axis_1 = axis_1;
    gc.plane_axis_2 = axis_2;
}

```

Untuk *sketch* program GRBL untuk arduino yang lebih lengkap ada pada lampiran.

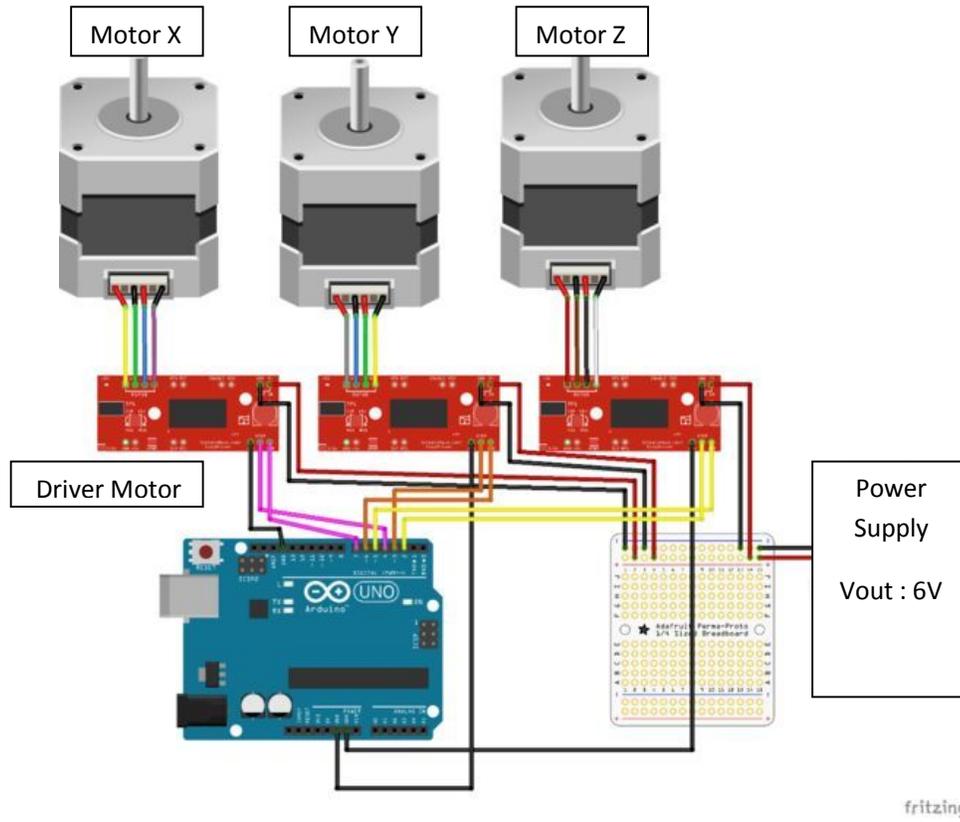
3.2.2.3. Perancangan Program GRBL *Controller* berbasis Visual Basic

GRBL adalah software yang biasa digunakan untuk mengontrol pergerakan motor dengan cara mendefinisikan G-Code menjadi instruksi yang dapat dimengerti oleh arduino, yang dasarnya digunakan untuk alat CNC.



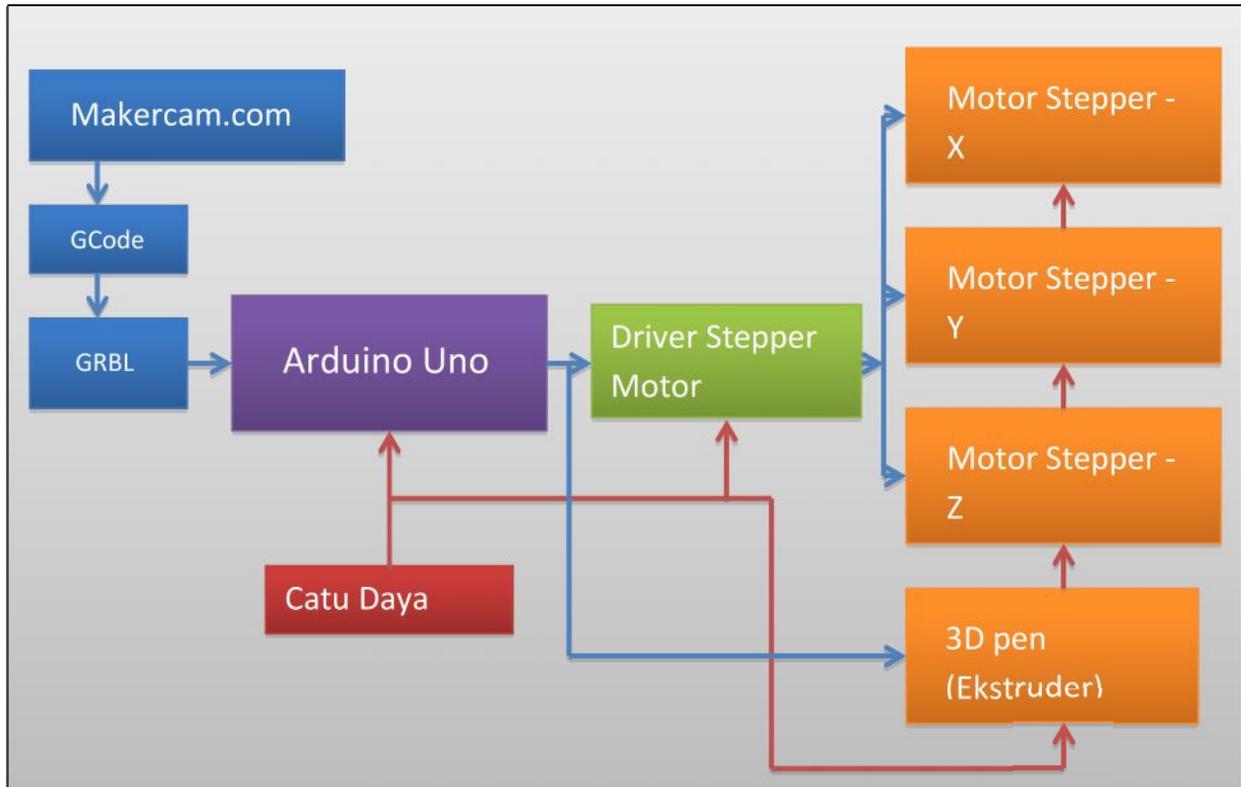
Gambar 3.5. Tampilan software GRBL *Controller*.

3.2.3. Perancangan Pengawatan *Output*



Gambar 3.6. Perancangan Pengawatan *Output*

3.3. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.7. Blok Diagram Sistem

Deskripsi gambar blok diagram di atas adalah :

1. Desain gambar yang akan dibuat bentuk barangnya di situs Makercam.com.
2. Ubah hasil gambar yang telah dibuat menjadi skrip GCode yang dapat dimengerti software GRBL.
3. Software GRBL mengubah script GCode menjadi bahasa pemrograman yang dapat dimengerti dan dieksekusi oleh Arduino Uno.
4. Arduino Uno mengeksekusi dan menjalankan program yang telah dibuat oleh GRBL untuk menjalankan motor stepper.
5. Driver Motor stepper berfungsi sebagai mengontrol dan menjalankan motor stepper sesuai arah dan kecepatan yang telah diinstruksikan oleh Arduino Uno.

6. 3D Pen (Ekstruder) berfungsi melelehkan benang filament.
7. Motor Stepper yang mengatur arah gerak dari motor stepper sesuai dengan koordinat yang telah dibuat

3.4. Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian eksperimen laboratorium, yaitu dengan membuat serta melakukan uji coba program Arduino dan GRBL untuk diterapkan pada prototipe 3D Printer. Tahapan-tahapan metode yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi perancangan dan pembuatan serta pengujian dan analisis.

3.4.1. Perancangan dan Pembuatan

Pada tahap perancangan dan pembuatan yang dilakukan adalah :

Merancang dan membuat 3D printer berbasis arduino dan visual basic dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Panjang : 16,5725 cm
- Lebar : 14,478 cm
- Tinggi : 20,115cm

Untuk desain gambar alat 3D printer yang akan dibuat dapat dilihat pada gambar 3.8 dibawah ini.

Maket dibuat menggunakan *case* dari CD-Rom yang disusun dengan 2 arah yaitu horizontal sebagai tempat dimana motor stepper sumbu X, dan dipasang vertikal sebagai tempat dimana motor stepper sumbu Y, Z dan 3D pen.

2. Menguji coba program GRBL pada Arduino.

Program GRBL dibuat untuk mendefinisikan G-Code sehingga dapat dimengerti oleh arduino, oleh karena apakah G-Code yang telah dibuat dapat didefinisi oleh GRBL sehingga arduino mengerti sesuai dengan keinginan. Apabila tidak dapat mengerti atau diam walaupun ada instruksi, program perlu diatur ulang sehingga dapat berjalan sesuai dengan keinginan.

3. Menguji coba driver motor stepper pada motor stepper bi-polar.

Driver motor stepper yang digunakan harus dapat menggerakkan motor stepper jenis bi-polar yang memiliki 4 input sesuai dengan arah dan kecepatan yang diinginkan.

4. Mengkoneksikan *software* GRBL dengan Arduino.

Agar terjadi komunikasi antara arduino dengan GRBL, yang terlebih dahulu komputer harus membuka komunikasi dengan arduino dengan cara mengkonfigurasi *usbport* pada PC agar sesuai dengan konfigurasi *usb port* pada arduino. Setelah komunikasi *port* terbuka, komputer akan dapat mengontrol dan memonitor arduino.

5. Pembuatan gambar 3D pada aplikasi online makercam.com.

Makercam.com adalah aplikasi desain 3D untuk CNC yang diakses secara online, namun penulis memanfaatkannya untuk mendesain barang untuk 3D printer.

6. Menguji coba G-Code yang dihasilkan oleh makercam.com.

Uji coba dilakukan untuk melihat G-Code yang dihasilkan sesuai dengan yang dibuat pada aplikasi online makercam.com, karena G-Code yang diharapkan benar menghasilkan koordinat yang sesuai.

7. Mengukur ukuran barang hasil dari 3D printer

3D printer menghasilkan barang jadi yang dibentuk berawal dari gambar 3D di aplikasi online makercam.com dengan ukuran yang dapat ditentukan, dan pengukuran dilakukan untuk melihat hasil yang telah dibentuk apakah sesuai dengan desain, karena dalam mendesain gambar 3D di makercam.com dapat mengatur ukurannya.

8. Mencatat hasil yang diperoleh

Hasil dari uji coba dicatat kemudian data-data yang diperoleh dianalisis untuk dijadikan hasil penelitian.

3.5. Teknik Analisis Data

Untuk memberikan hasil penelitian yang akurat dan dapat dipertanggungjawabkan, ada beberapa langkah-langkah yang dilakukan untuk pengujian dan analisis data terhadap sistem 3D Printer.

3.5.1. Kriteria Pengujian *Hardware*

3.5.1.1. Pengujian Driver Motor Stepper

Rangkaian driver motor stepper digunakan sebagai pengontrol kecepatan dan arah dari motor stepper, dalam 3D pen arah adalah hal terpenting dalam pergerakan motor stepper karena jika arahnya tidak sesuai maka hasilnya tidak akan sesuai dengan yang telah dibuat pada G-Code. Teknik analisis pengujian rangkaian driver motor stepper terlihat pada tabel 3.2 dibawah ini.

Tabel 3.2. Pengujian Rangkaian Driver Motor Stepper

Input Arah	Motor Stepper	Arah Motor	Hasil Arah Motor
1 (On)	Sumbu X	Kiri	
0 (Off)	Sumbu X	Kanan	
1 (On)	Sumbu Y	Mundur	
0 (Off)	Sumbu Y	Maju	
1 (On)	Sumbu Z	Atas	
0 (Off)	Sumbu Z	Bawah	

3.5.1.2. Pengujian Tegangan Keluaran dari Catu Daya

Rangkaian catu daya merupakan rangkaian inti dari seluruh sistem pada prototipe 3D printer berbasis arduino dan visual basic ini. Rangkaian catu daya memberikan sumber tenaga yang akan digunakan oleh rangkaian-rangkaian yang dipasang dan digunakan pada prototipe ini.

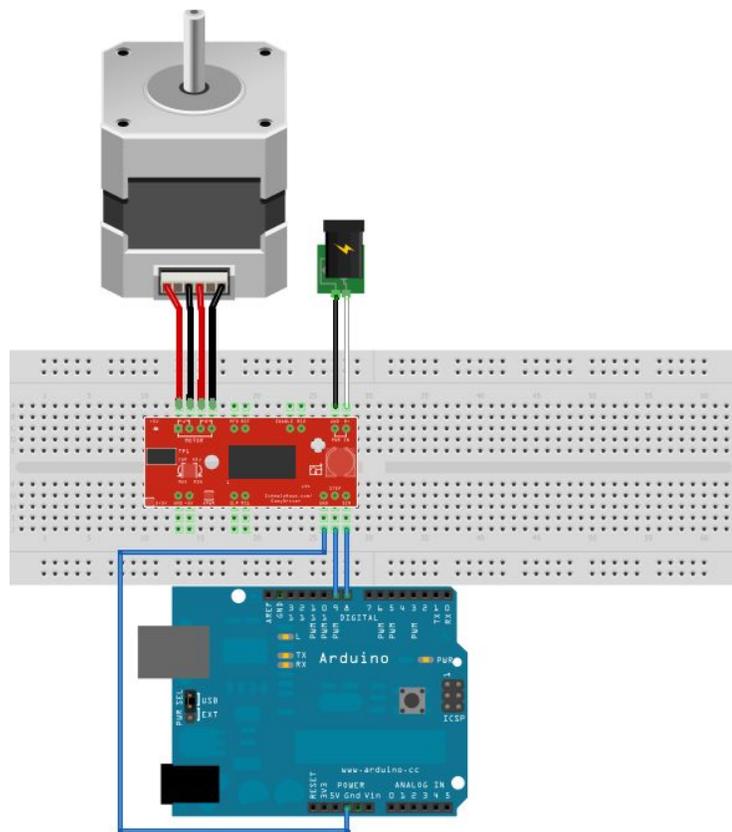
Tabel 3.3. Pengujian Keluaran Catu Daya

Keadaan	Vout	Hasil	Tampilan
On	5V		
Off	0V		

3.5.1.3. Pengujian Motor Stepper Bi-polar

Motor stepper yang dipakai adalah berjenis bi-polar, yang diambil dari bagian CD-Rom. Motor stepper ini memiliki 4 kaki yang dapat bergerak apabila diberi pola yang sesuai dengan ketentuan. Pada kaki motor stepper biasanya telah terpasang kabel namun sangat tipis dan kecil sehingga tidak dapat dipasang ke driver, untuk mengatasi hal tersebut penulis memutus kabel tipis tersebut lalu mensolder ulang dengan kabel yang lebih tebal sehingga dapat dipasang ke driver motor.

Oleh karena itu diperlukan pengujian motor yang telah kita ambil dan modifikasi dari CD-Rom ini, salah satunya dengan cara menguji pergerakan dari masing-masing motor stepper, yaitu dengan cara input motor stepper bi-polar ini memiliki 4 pin yang masing-masing dihubungkan secara berurut ke modul driver motor stepper. Lalu, pin pada driver dihubungkan ke arduino yaitu pin GND ke pin ground arduino, pin DIR (arah) ke pin 8, pin STP (tahap) ke pin 9, dan pin motor Vin ke catu daya. Jika motor, driver, dan arduino telah terkoneksi dengan benar maka akan terhubung seperti pada gambar 3.9. dibawah ini.



Gambar 3.9. Pengkabelan motor, driver dan arduino uno.

Setelah semua komponen terpasang dengan benar maka pengujian dilakukan dengan cara memakai program sederhana yang dimasukkan ke arduino lalu

melihat pergerakan dari masing-masing motor stepper. Program sederhana yang digunakan dapat dilihat dibawah ini.

```
void setup() {
  pinMode(8, OUTPUT);
  pinMode(9, OUTPUT);
  digitalWrite(8, LOW);
  digitalWrite(9, LOW);
}

void loop() {
  digitalWrite(9, HIGH);
  delay(1);
  digitalWrite(9, LOW);
  delay(1);
}
```

Teknik analisis data pengujian motor stepper bi-polar terlihat pada tabel 3.4 di bawah ini.

Tabel 3.4. Pengujian Motor Stepper Bi-polar

Motor Stepper	Arah		Hasil Arah	
	Kiri	Kanan	Kiri	Kanan
Sumbu X				
Sumbu Y				
Sumbu Z				

3.5.1.4. Pengujian 3D Pen (Ekstruder)

Pengujian pada 3D pen melihat hasil dari pelelehan filament dengan melihat suhu yang dapat dicapai 3D pen dan waktu yang dilalui hingga suhu 3D pen sesuai dengan kriteria.

Teknik analisis data pengujian 3D pen terlihat pada tabel 3.5 di bawah ini.

Tabel 3.5. Pengujian 3D pen

Suhu pada bahan	Suhu	Suhu yang dicapai	Waktu
Filament ABS	210°C		
Filament PLA	180°C		

3.5.2. Kriteria Pengujian Software

3.5.2.1. Pengujian Program GRBL *Controller* dan Arduino

Pengujian program dilakukan untuk mengetahui apakah program yang telah digunakan sesuai dengan keinginan. Pengujian ini juga dapat untuk mengetahui apakah semua perangkat keras di atas dapat bekerja dengan baik, ketika dihubungkan dengan arduino yang diinstruksikan melalui aplikasi GRBL. Teknik analisis pengujian dari GRBL terhadap hasil keluaran pada setiap driver motor stepper dapat dilihat pada tabel 3.6. di bawah ini.

Tabel 3.6. Pengujian GRBL Pada Setiap Driver

<i>Input</i> GRBL	<i>Output</i> Driver Motor Stepper		<i>Output</i> Driver Motor Stepper	
Koordinat	Arah Motor	Jarak	Arah Motor	Jarak
X1	Kanan	1mm		
X-1	Kiri	1mm		
Y1	Mundur	1mm		
Y-1	Maju	1mm		
Z1	Atas	1mm		
Z-1	Bawah	1mm		

3.5.3. Kriteria Pengujian Printing

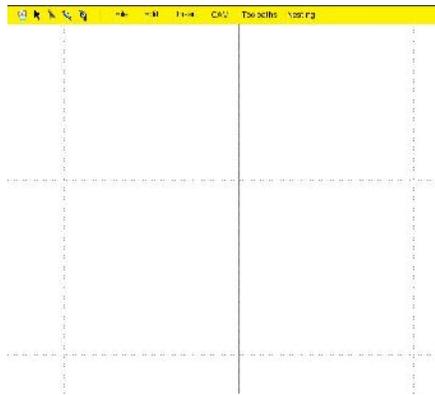
Pengujian dilakukan untuk mengetahui keberhasilan alat dalam mencapai tujuan dari penelitian yaitu dapat membuat sebuah barang jadi 3D. Untuk mengetahui keberhasilan maka dilakukan pengujian dengan cara membuat dan membentuk gambar 3D dengan bentuk lingkaran, persegi, segitiga, bintang, dan huruf pada aplikasi makercam.com yang bertujuan mendapat G-Code dari gambar objek 3D yang kita buat dan tentukan.

Berikut adalah cara untuk mendapatkan G-Code dari makercam.com dengan masing-masing bentuk yaitu :

1. Lingkaran

G-Code untuk lingkaran dihasilkan pada proses ekspor di aplikasi online makercam.com. Makercam berguna sebagai tempat mendesain gambar 3D dan menjadikannya G-Code, dengan cara :

1. Masuk ke website makercam.com
2. Akan muncul tampilan awal makercam.com seperti tampilan pada gambar 3.10 dibawah ini.



Gambar 3.10. Tampilan awal makercam.com

3. Masukkan gambar sesuai dengan keinginan dengan cara pilih menu Insert, lalu pilih gambar desain yang kita inginkan. Tampilan seperti gambar 3.11 dibawah ini.



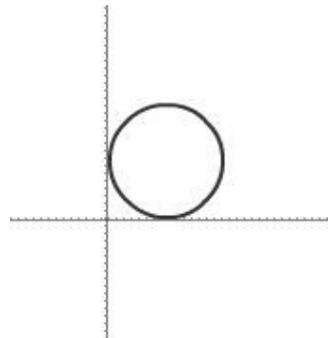
Gambar 3.11. Tampilan menu insert.

4. Ketika telah memilih gambar yang ingin dibuat maka akan diminta ukuran dari gambar yang akan kita buat. Contoh memasukkan ukuran pada lingkaran akan tampil seperti gambar 3.12 dibawah ini.



Gambar 3.12. Tampilan Input Diameter Lingkaran

5. Saat telah memberikan ukuran pada gambar yang kita buat maka akan tampil bentuk gambar dengan ukuran yang telah kita input sebelumnya. Lalu, pindah posisi gambar ke bagian tengah garis koordinat seperti pada gambar 3.13 dibawah ini.



Gambar 3.13. Posisi Objek yang dipindah ke bagian tengah kordinat

6. Saat telah selesai dengan gambar, sekarang saatnya memberikan ketinggian pada gambar dengan cara pilih menu *Cam* lalu pilih *Follow Path Operation*.
7. Akan muncul tampilan input data untuk memberikan ketinggian yang kita inginkan. Contoh ingin membuat benda dengan ketinggian 0.02 inci (0,508 mm) maka dengan cara merubah Target *depth* (in) menjadi -0.02, *safety height* (in) menjadi 0, *step down* (in) menjadi 0.01, *feed rate* (in/minute) menjadi 50

dan plunge rate (in/minute) menjadi 50. Penjelasan masing masing input dapat dilihat gambar 3.14 dibawah ini.

The image shows a dialog box titled 'Follow Path Operation' with a red close button in the top right corner. The dialog contains several input fields with labels on the left side pointing to them with arrows:

Nama	name	follow path 1
Diameter alat	tool diameter (in)	0.25
Target Kedalaman/ ketinggian	target depth (in)	-0.02
Ketinggian yang aman	safety height (in)	0
Latar efek	stock surface (in)	0
Pergerakan menurun	step down (in)	0.01
Laju umpan	feedrate (in/minute)	50
Laju menurun	plunge rate (in/minute)	50

An 'OK' button is located at the bottom center of the dialog box.

Gambar 3.14. Tampilan input menu *Follow Path Operation*

8. Lalu, pilih *Cam* dan pilih *Calculate All*, ini berfungsi untuk menghitung semua ukuran sehingga siap untuk dibuat G-Codenya.
9. Ketika gambar sudah selesai dibuat dan telah dihitung maka sekarang buat file G-Codenya dengan cara pilih menu *Cam* dan pilih *Export gcode*, lalu pilih *Path* yang telah dibuat sebelumnya dan *save* ditempat yang diinginkan.

Ketika sudah mendapatkan G-Code dengan gambar yang telah dibuat maka sekarang mengedit G-Code itu agar dapat dimengerti oleh alat penelitian ini dengan cara :

1. Buka file G-Code yang telah dibuat dan disimpan sebelumnya yang berformat .nc dengan aplikasi text editor seperti notepad. Akan muncul text dan angka yang menunjukkan instruksi G-Code seperti gambar 3.15 dibawah ini.

```

(Generated by Partkam version 0.05)
G21 G90 G40
(follow path 5)
G0 Z0
T0 M6
G17
M3
G0 X0.665228426395939 Y6.12994923857868
G1 Z-2.5 F50
G1 X0.7131979695431472 Y0.9035532994923857 F50
G1 X0.9974619289340102 Y0.47461928934010156
G1 X2.0913705583756346 Y0.4289340101522843
G1 X2.4238578680203045 Y0.9492385786802031
G1 X2.3274111675126905 Y6.177664974619289
G1 X4.086294416243655 Y1.1878172588832487
G1 X4.038071065989848 Y6.177664974619289
G1 X5.370558375634518 Y6.177664974619289
G1 X5.370558375634518 Y1.8045685279187818
G1 X5.274111675126903 Y1.0939086294416243
G1 X4.799492385786802 Y0.616751269035533
G1 X2.8045685279187813 Y0.616751269035533
G0 Z0
M5
M30

```

Gambar 3.15. Instruksi G-Code sebelum dirubah.

2. Hapus G0 Z0 yang ada pada awal kode karena instruksi itu akan membuat ekstruder pada alat penelitian bergerak ke koordinat 0 pada sumbu Z, yang seharusnya dihindari karena posisi ekstruder yang telah diatur sebelumnya dan malah akan merusak kondisi awal yang kita inginkan.
3. Rubah nilai Z pada instruksi G0 Z0 yang ada pada bagian paling bawah menjadi G0 Z-0.03 yang berfungsi agar ketika alat penelitian telah selesai bekerja maka intruksi itu akan membuat ekstruder bergerak keatas dan menjauhi alas printing sehingga hasilnya tidak menggumpal. Hasil edit G-Code yang benar dan dapat dimengerti oleh alat penelitian ini bisa dilihat pada gambar 3.16 dibawah ini.

```

(Generated by PartKam Version 0.05)
G21 G90 G40
(follow path 5)
T0 M6
G17
M3
G0 X0.665228426395939 Y6.12994923857868
G1 Z-2.5 F50
G1 X0.7131979695431472 Y0.9035532994923857 F50
G1 X0.9974619289340102 Y0.47461928934010156
G1 X2.0913705583756346 Y0.4289340101522843
G1 X2.4238578680203045 Y0.9492385786802031
G1 X2.3274111675126905 Y6.177664974619289
G1 X4.086294416243655 Y1.1878172588832487
G1 X4.038071065989848 Y6.177664974619289
G1 X5.370558375634518 Y6.177664974619289
G1 X5.370558375634518 Y1.8045685279187818
G1 X5.274111675126903 Y1.0939086294416243
G1 X4.799492385786802 Y0.616751269035533
G1 X2.8045685279187813 Y0.616751269035533
G0 Z-0.03|
M5
M30

```

Gambar 3.16. Instruksi G-Code Setelah dirubah.

4. Ketika G-Code sudah selesai dirubah maka save file, dan siap digunakan untuk alat penelitian ini.

2. Persegi

G-Code untuk persegi dihasilkan pada proses ekspor di aplikasi online makercam.com. Makercam berguna sebagai tempat mendesain gambar 3D dan menjadikannya G-Code, dengan cara :

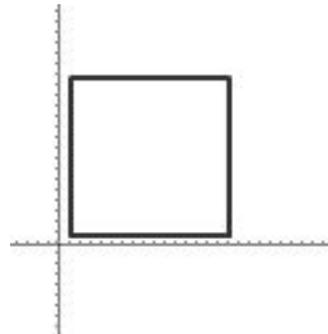
1. Masuk ke website makercam.com
2. Akan muncul tampilan awal dari makercam.com seperti pada gambar 3.10 pada pembahasan sebelumnya.
3. Masukkan gambar sesuai dengan keinginan dengan cara pilih menu Insert, lalu pilih gambar desain yang kita inginkan. Tampilan seperti gambar 3.11 pada pembahasan sebelumnya.

4. Ketika telah memilih gambar yang ingin dibuat maka akan diminta ukuran dari gambar yang akan kita buat. Contoh memasukkan ukuran pada persegi akan tampil seperti gambar 30 dibawah ini.

A dark-themed dialog box with a red 'X' close button in the top right corner. It contains two input fields: 'Rectangle Width (in)' with the value '0.25' and 'Rectangle Height (in)' with the value '0.25'. Below the input fields is an 'OK' button.

Gambar 3.17. Tampilan input panjang dan lebar persegi

5. Saat telah memberikan ukuran pada gambar yang kita buat maka akan tampil bentuk gambar dengan ukuran yang telah kita input sebelumnya. Lalu, pindah posisi gambar ke bagian tengah garis koordinat seperti pada gambar 3.18 dibawah ini.



Gambar 3.18. Posisi Objek yang dipindah ke bagian tengah kordinat

6. Saat telah selesai dengan gambar, sekarang saatnya memberikan ketinggian pada gambar dengan cara pilih menu *Cam* lalu pilih *Follow Path Operation*.
7. Akan muncul tampilan input data untuk memberikan ketinggian yang kita inginkan. Contoh ingin membuat benda dengan ketinggian 0.02 inci (0,508 mm) maka dengan cara merubah Target *depth* (in) menjadi -0.02, *safety height* (in) menjadi 0, *step down* (in) menjadi 0.01, *feed rate* (in/minute)

menjadi 50 dan plunge rate (in/minute) menjadi 50. Penjelasan masing masing input dapat dilihat gambar 3.14 pada pembahasan sebelumnya.

8. Lalu, pilih *Cam* dan pilih *Calculate All*, ini berfungsi untuk menghitung semua ukuran sehingga siap untuk dibuat G-Codenya.
9. Ketika gambar sudah selesai dibuat dan telah dihitung maka sekarang buat file G-Codenya dengan cara pilih menu *Cam* dan pilih *Export gcode*, lalu pilih *Path* yang telah dibuat sebelumnya dan *save* ditempat yang diinginkan.

Ketika sudah mendapatkan G-Code dengan gambar yang telah dibuat maka sekarang mengedit G-Code itu agar dapat dimengerti oleh alat penelitian ini dengan cara :

1. Buka file G-Code yang telah dibuat dan disimpan sebelumnya yang berformat .nc dengan aplikasi text editor seperti notepad. Akan muncul text dan angka yang menunjukkan instruksi G-Code seperti gambar 3.19 dibawah ini.

```
(Generated by PartKam Version 0.05)
G20 G90 G40
(follow path 1)
G0 Z0
T0 M6
G17
M3
G0 X0.0124 Y0.013
G1 Z-0.01 F50
G1 X0.2624 Y0.013 F50
G1 X0.2624 Y0.263
G1 X0.0124 Y0.263
G1 X0.0124 Y0.013
G0 Z0
G0 X0.0124 Y0.013
G1 Z-0.02 F50
G1 X0.2624 Y0.013 F50
G1 X0.2624 Y0.263
G1 X0.0124 Y0.263
G1 X0.0124 Y0.013
G0 Z0
M5
M30
```

Gambar 3.19. Instruksi G-Code persegi sebelum dirubah.

2. Hapus G0 Z0 yang ada pada awal kode karena instruksi itu akan membuat ekstruder pada alat penelitian bergerak ke koordinat 0 pada sumbu Z, yang seharusnya dihindari karena posisi ekstruder yang telah diatur sebelumnya dan malah akan merusak kondisi awal yang kita inginkan.
3. Rubah nilai Z pada instruksi G0 Z0 yang ada pada bagian paling bawah menjadi G0 Z-0.03 yang berfungsi agar ketika alat penelitian telah selesai bekerja maka intruksi itu akan membuat ekstruder bergerak keatas dan menjauhi alas printing sehingga hasilnya tidak menggumpal. Hasil edit G-Code yang benar dan dapat dimengerti oleh alat penelitian ini bisa dilihat pada gambar 33 dibawah ini.

```

(Generated by PartKam Version 0.05)
G20 G90 G40
(follow path 1)
T0 M6
G17
M3
G0 X0.0124 Y0.013
G1 Z-0.01 F50
G1 X0.2624 Y0.013 F50
G1 X0.2624 Y0.263
G1 X0.0124 Y0.263
G1 X0.0124 Y0.013
G0 Z0
G0 X0.0124 Y0.013
G1 Z-0.02 F50
G1 X0.2624 Y0.013 F50
G1 X0.2624 Y0.263
G1 X0.0124 Y0.263
G1 X0.0124 Y0.013
G0 Z-0.03
M5
M30

```

Gambar 3.20. Instruksi G-Code persegi setelah dirubah.

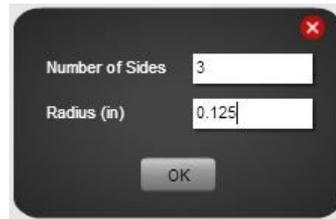
4. Ketika G-Code sudah selesai dirubah maka save file, dan siap digunakan untuk alat penelitian ini.

3. Segitiga

G-Code untuk segitiga dihasilkan pada proses ekspor di aplikasi online makercam.com. Makercam berguna sebagai tempat mendesain gambar 3D dan menjadikannya G-Code, dengan cara :

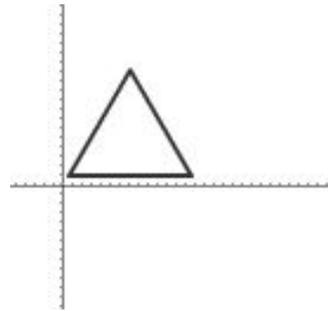
1. Masuk ke website makercam.com
2. Akan muncul tampilan awal dari makercam.com seperti pada gambar 3.10 pada pembahasan sebelumnya.
3. Masukkan gambar sesuai dengan keinginan dengan cara pilih menu Insert, lalu pilih gambar desain yang kita inginkan. Tampilan seperti gambar 3.11 pada pembahasan sebelumnya.

4. Ketika telah memilih gambar yang ingin dibuat maka akan diminta ukuran dari gambar yang akan kita buat. Contoh memasukkan ukuran pada persegi akan tampil seperti gambar 34 dibawah ini.



Gambar 1.21. Tampilan input radius segitiga

5. Saat telah memberikan ukuran pada gambar yang kita buat maka akan tampil bentuk gambar dengan ukuran yang telah kita input sebelumnya. Lalu, pindah posisi gambar ke bagian tengah garis koordinat seperti pada gambar 3.22 dibawah ini.



Gambar 3.22. Posisi objek yang dipindah ke bagian tengah kordinat

6. Saat telah selesai dengan gambar, sekarang saatnya memberikan ketinggian pada gambar dengan cara pilih menu *Cam* lalu pilih *Follow Path Operation*.
7. Akan muncul tampilan input data untuk memberikan ketinggian yang kita inginkan. Contoh ingin membuat benda dengan ketinggian 0.02 inci (0,508 mm) maka dengan cara merubah Target *depth* (in) menjadi -0.02, *safety height* (in) menjadi 0, *step down* (in) menjadi 0.01, *feed rate* (in/minute)

menjadi 50 dan plunge rate (in/minute) menjadi 50. Penjelasan masing masing input dapat dilihat gambar 27 pada pembahasan sebelumnya.

8. Lalu, pilih *Cam* dan pilih *Calculate All*, ini berfungsi untuk menghitung semua ukuran sehingga siap untuk dibuat G-Codenya.
9. Ketika gambar sudah selesai dibuat dan telah dihitung maka sekarang buat file G-Codenya dengan cara pilih menu *Cam* dan pilih *Export gcode*, lalu pilih *Path* yang telah dibuat sebelumnya dan *save* ditempat yang diinginkan.

Ketika sudah mendapatkan G-Code dengan gambar yang telah dibuat maka sekarang mengedit G-Code itu agar dapat dimengerti oleh alat penelitian ini dengan cara :

1. Buka file G-Code yang telah dibuat dan disimpan sebelumnya yang berformat .nc dengan aplikasi text editor seperti notepad. Akan muncul text dan angka yang menunjukkan instruksi G-Code seperti gambar 3.23 dibawah ini.

```
(Generated by PartKam Version 0.05)
|
G20 G90 G40

(follow path 1)
G0 Z0
T0 M6
G17
M3
G0 X0.1248 Y0.2002
G1 Z-0.01 F50
G1 X0.2331 Y0.0127 F50
G1 X0.0166 Y0.0127
G1 X0.1248 Y0.2002
G1 Z-0.02 F50
G1 X0.2331 Y0.0127 F50
G1 X0.0166 Y0.0127
G1 X0.1248 Y0.2002
G0 Z0
M5
M30
```

Gambar 3.23. Instruksi G-Code segitiga sebelum dirubah.

2. Hapus G0 Z0 yang ada pada awal kode karena instruksi itu akan membuat ekstruder pada alat penelitian bergerak ke koordinat 0 pada sumbu Z, yang seharusnya dihindari karena posisi ekstruder yang telah diatur sebelumnya dan malah akan merusak kondisi awal yang kita inginkan.
3. Rubah nilai Z pada instruksi G0 Z0 yang ada pada bagian paling bawah menjadi G0 Z-0.03 yang berfungsi agar ketika alat penelitian telah selesai bekerja maka intruksi itu akan membuat ekstruder bergerak keatas dan menjauhi alas printing sehingga hasilnya tidak menggumpal. Hasil edit G-Code yang benar dan dapat dimengerti oleh alat penelitian ini bisa dilihat pada gambar 3.24 dibawah ini.

```
(Generated by PartKam Version 0.05)
G20 G90 G40
(follow path 1)
T0 M6
G17
M3
G0 X0.1248 Y0.2002
G1 Z-0.01 F50
G1 X0.2331 Y0.0127 F50
G1 X0.0166 Y0.0127
G1 X0.1248 Y0.2002
G1 Z-0.02 F50
G1 X0.2331 Y0.0127 F50
G1 X0.0166 Y0.0127
G1 X0.1248 Y0.2002
G0 Z-0.03|
M5
M30
```

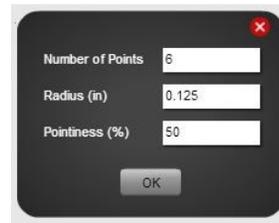
Gambar 3.24. Instruksi G-Code segitiga setelah dirubah.

4. Ketika G-Code sudah selesai dirubah maka save file, dan siap digunakan untuk alat penelitian ini.

4. Bintang

G-Code untuk objek bintang dihasilkan pada proses ekspor di aplikasi online makercam.com. Makercam berguna sebagai tempat mendesain gambar 3D dan menjadikannya G-Code, dengan cara :

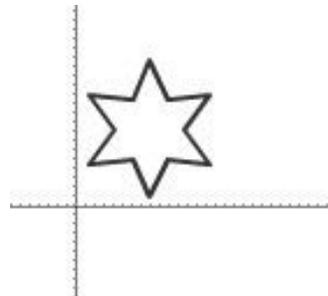
1. Masuk ke website makercam.com
2. Akan muncul tampilan awal dari makercam.com seperti pada gambar 3.10 pada pembahasan sebelumnya.
3. Masukkan gambar sesuai dengan keinginan dengan cara pilih menu Insert, lalu pilih gambar desain yang kita inginkan. Tampilan seperti gambar 3.11 pada pembahasan sebelumnya.
4. Ketika telah memilih gambar yang ingin dibuat maka akan diminta ukuran dari gambar yang akan kita buat. Contoh memasukkan ukuran pada persegi akan tampil seperti gambar 3.25 dibawah ini.



A dialog box with a dark background and a red close button in the top right corner. It contains three input fields: 'Number of Points' with the value '6', 'Radius (in)' with the value '0.125', and 'Pointiness (%)' with the value '50'. Below the input fields is an 'OK' button.

Gambar 3.25. Tampilan input radius bintang

5. Saat telah memberikan ukuran pada gambar yang kita buat maka akan tampil bentuk gambar dengan ukuran yang telah kita input sebelumnya. Lalu, pindah posisi gambar ke bagian tengah garis koordinat seperti pada gambar 3.26 dibawah ini.



Gambar 3.26. Posisi objek yang dipindah ke bagian tengah kordinat

6. Saat telah selesai dengan gambar, sekarang saatnya memberikan ketinggian pada gambar dengan cara pilih menu *Cam* lalu pilih *Follow Path Operation*.
7. Akan muncul tampilan input data untuk memberikan ketinggian yang kita inginkan. Contoh ingin membuat benda dengan ketinggian 0.02 inci (0,508 mm) maka dengan cara merubah Target *depth* (in) menjadi -0.02, *safety height* (in) menjadi 0, *step down* (in) menjadi 0.01, *feed rate* (in/minute) menjadi 50 dan *plunge rate* (in/minute) menjadi 50. Penjelasan masing masing input dapat dilihat gambar 27 pada pembahasan sebelumnya.
8. Lalu, pilih *Cam* dan pilih *Calculate All*, ini berfungsi untuk menghitung semua ukuran sehingga siap untuk dibuat G-Codenya.
9. Ketika gambar sudah selesai dibuat dan telah dihitung maka sekarang buat file G-Codenya dengan cara pilih menu *Cam* dan pilih *Export gcode*, lalu pilih *Path* yang telah dibuat sebelumnya dan *save* ditempat yang diinginkan.

Ketika sudah mendapatkan G-Code dengan gambar yang telah dibuat maka sekarang mengedit G-Code itu agar dapat dimengerti oleh alat penelitian ini dengan cara :

1. Buka file G-Code yang telah dibuat dan disimpan sebelumnya yang berformat .nc dengan aplikasi text editor seperti notepad. Akan muncul text dan angka yang menunjukkan instruksi G-Code seperti gambar 3.27 dibawah ini.

```

(Generated by PartKam Version 0.05)
G20 G90 G40

(follow path 1)
G0 Z0
T0 M6
G17
M3
G0 X0.1248 Y0.2588
G1 Z-0.01 F50
G1 X0.1561 Y0.1879 F50
G1 X0.2331 Y0.1963
G1 X0.1873 Y0.1338
G1 X0.2331 Y0.0713
G1 X0.1561 Y0.0797
G1 X0.1248 Y0.0088
G1 X0.0936 Y0.0797
G1 X0.0166 Y0.0713
G1 X0.0623 Y0.1338
G1 X0.0166 Y0.1963
G1 X0.0936 Y0.1879
G1 X0.1248 Y0.2588
G0 Z0
G0 X0.1248 Y0.2588
G1 Z-0.02 F50
G1 X0.1561 Y0.1879 F50
G1 X0.2331 Y0.1963
G1 X0.1873 Y0.1338
G1 X0.2331 Y0.0713
G1 X0.1561 Y0.0797
G1 X0.1248 Y0.0088
G1 X0.0936 Y0.0797
G1 X0.0166 Y0.0713
G1 X0.0623 Y0.1338
G1 X0.0166 Y0.1963
G1 X0.0936 Y0.1879
G1 X0.1248 Y0.2588
G0 Z0
M5
M30

```

Gambar 3.27. Instruksi G-Code bintang sebelum dirubah.

2. Hapus G0 Z0 yang ada pada awal kode karena instruksi itu akan membuat ekstruder pada alat penelitian bergerak ke koordinat 0 pada sumbu Z, yang seharusnya dihindari karena posisi ekstruder yang telah diatur sebelumnya dan malah akan merusak kondisi awal yang kita inginkan.
3. Rubah nilai Z pada instruksi G0 Z0 yang ada pada bagian paling bawah menjadi G0 Z-0.03 yang berfungsi agar ketika alat penelitian telah selesai bekerja maka intruksi itu akan membuat ekstruder bergerak keatas dan menjauhi alas printing sehingga hasilnya tidak menggumpal. Hasil edit G-Code yang benar dan dapat dimengerti oleh alat penelitian ini bisa dilihat pada gambar 3.28 dibawah ini.

```

(Generated by PartKam Version 0.05)
G20 G90 G40
(follow path 1)
T0 M6
G17
M3
G0 X0.1248 Y0.2588
G1 Z-0.01 F50
G1 X0.1561 Y0.1879 F50
G1 X0.2331 Y0.1963
G1 X0.1873 Y0.1338
G1 X0.2331 Y0.0713
G1 X0.1561 Y0.0797
G1 X0.1248 Y0.0088
G1 X0.0936 Y0.0797
G1 X0.0166 Y0.0713
G1 X0.0623 Y0.1338
G1 X0.0166 Y0.1963
G1 X0.0936 Y0.1879
G1 X0.1248 Y0.2588
G0 Z0
G0 X0.1248 Y0.2588
G1 Z-0.02 F50
G1 X0.1561 Y0.1879 F50
G1 X0.2331 Y0.1963
G1 X0.1873 Y0.1338
G1 X0.2331 Y0.0713
G1 X0.1561 Y0.0797
G1 X0.1248 Y0.0088
G1 X0.0936 Y0.0797
G1 X0.0166 Y0.0713
G1 X0.0623 Y0.1338
G1 X0.0166 Y0.1963
G1 X0.0936 Y0.1879
G1 X0.1248 Y0.2588
G0 Z-0.02
M5
M30

```

Gambar 3.28. Instruksi G-Code persegi setelah dirubah.

4. Ketika G-Code sudah selesai dirubah maka save file, dan siap digunakan untuk alat penelitian ini.

5. Huruf

G-Code untuk objek huruf dihasilkan pada proses ekspor di aplikasi online makercam.com. Makercam berguna sebagai tempat mendesain gambar 3D dan menjadikannya G-Code, dengan cara :

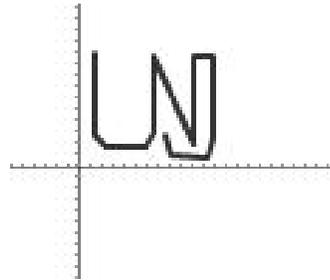
1. Masuk ke website makercam.com
2. Akan muncul tampilan awal dari makercam.com seperti pada gambar 3.10 pada pembahasan sebelumnya.
3. Untuk membuat objek huruf pada makercam harus menggunakan *line tool*.

Tampilan line tool seperti yang dilingkari pada gambar 3.29 dibawah ini.



Gambar 3.29. Line tool pada dashboard makercam.

4. Ketika telah memilih *line tool* pada *dashboard* makercam.com. Lalu tarik garis hingga membentuk huruf sebagai contoh huruf UNJ seperti yang ada pada gambar 3.30 dibawah ini.



Gambar 3.30. Gambar objek huruf UNJ dengan *line tool*.

5. Saat telah selesai dengan gambar, sekarang saatnya memberikan ketinggian pada gambar dengan cara pilih menu *Cam* lalu pilih *Follow Path Operation*.
6. Akan muncul tampilan input data untuk memberikan ketinggian yang kita inginkan. Contoh ingin membuat benda dengan ketinggian 0.02 inci (0,508 mm) maka dengan cara merubah *Target depth (in)* menjadi -0.02, *safety height (in)* menjadi 0, *step down (in)* menjadi 0.01, *feed rate (in/minute)* menjadi 50 dan *plunge rate (in/minute)* menjadi 50. Penjelasan masing masing input dapat dilihat gambar 27 pada pembahasan sebelumnya.
7. Lalu, pilih *Cam* dan pilih *Calculate All*, ini berfungsi untuk menghitung semua ukuran sehingga siap untuk dibuat G-Codenya.
8. Ketika gambar sudah selesai dibuat dan telah dihitung maka sekarang buat file G-Codenya dengan cara pilih menu *Cam* dan pilih *Export gcode*, lalu pilih *Path* yang telah dibuat sebelumnya dan *save* ditempat yang diinginkan.

Ketika sudah mendapatkan G-Code dengan gambar yang telah dibuat maka sekarang mengedit G-Code itu agar dapat dimengerti oleh alat penelitian ini dengan cara :

1. Buka file G-Code yang telah dibuat dan disimpan sebelumnya yang berformat .nc dengan aplikasi text editor seperti notepad. Akan muncul text dan angka yang menunjukkan instruksi G-Code seperti gambar 3.31 dibawah ini.

```
(Generated by PartKam version 0.05)
G20 G90 G40
(follow path 1)
G0 Z0
T0 M6
G17
M3
G0 X0.0251 Y0.1716
G1 Z-0.01 F50
G1 X0.0251 Y0.0502 F50
G1 X0.0419 Y0.0335
G1 X0.1005 Y0.0335
G1 X0.113 Y0.0544
G1 X0.113 Y0.1674
G1 X0.1716 Y0.0377
G1 X0.1716 Y0.1674
G1 X0.2009 Y0.1674
G1 X0.2009 Y0.046
G1 X0.1926 Y0.0167
G1 X0.1381 Y0.0209
G1 X0.1298 Y0.0502
G0 X0.0251 Y0.1716
G1 Z-0.02 F50
G1 X0.0251 Y0.0502 F50
G1 X0.0419 Y0.0335
G1 X0.1005 Y0.0335
G1 X0.113 Y0.0544
G1 X0.113 Y0.1674
G1 X0.1716 Y0.0377
G1 X0.1716 Y0.1674
G1 X0.2009 Y0.1674
G1 X0.2009 Y0.046
G1 X0.1926 Y0.0167
G1 X0.1381 Y0.0209
G1 X0.1298 Y0.0502
G0 Z0
M5
M30
```

Gambar 3.31. Instruksi G-Code huruf UNJ sebelum dirubah.

2. Hapus G0 Z0 yang ada pada awal kode karena instruksi itu akan membuat ekstruder pada alat penelitian bergerak ke koordinat 0 pada sumbu Z, yang seharusnya dihindari karena posisi ekstruder yang telah diatur sebelumnya dan malah akan merusak kondisi awal yang kita inginkan.
3. Rubah nilai Z pada instruksi G0 Z0 yang ada pada bagian paling bawah menjadi G0 Z-0.03 yang berfungsi agar ketika alat penelitian telah selesai bekerja maka intruksi itu akan membuat ekstruder bergerak keatas dan

menjauhi alas printing sehingga hasilnya tidak menggumpal. Hasil edit G-Code yang benar dan dapat dimengerti oleh alat penelitian ini bisa dilihat pada gambar 3.32 dibawah ini.

```
(Generated by PartKam Version 0.05)
G20 G90 G40
(follow path 1)
T0 M6
G17
M3
G0 X0.0251 Y0.1716
G1 Z-0.01 F50
G1 X0.0251 Y0.0502 F50
G1 X0.0419 Y0.0335
G1 X0.1005 Y0.0335
G1 X0.113 Y0.0544
G1 X0.113 Y0.1674
G1 X0.1716 Y0.0377
G1 X0.1716 Y0.1674
G1 X0.2009 Y0.1674
G1 X0.2009 Y0.046
G1 X0.1926 Y0.0167
G1 X0.1381 Y0.0209
G1 X0.1298 Y0.0502
G0 X0.0251 Y0.1716
G1 Z-0.02 F50
G1 X0.0251 Y0.0502 F50
G1 X0.0419 Y0.0335
G1 X0.1005 Y0.0335
G1 X0.113 Y0.0544
G1 X0.113 Y0.1674
G1 X0.1716 Y0.0377
G1 X0.1716 Y0.1674
G1 X0.2009 Y0.1674
G1 X0.2009 Y0.046
G1 X0.1926 Y0.0167
G1 X0.1381 Y0.0209
G1 X0.1298 Y0.0502
G0 Z-0.03
M5
M30
```

Gambar 3.32. Instruksi G-Code huruf setelah dirubah.

4. Ketika G-Code sudah selesai dirubah maka save file, dan siap digunakan untuk alat penelitian ini.

G-Code yang hasilnya diedit dan dimasukkan ke aplikasi GRBL sehingga dapat didefinisi arduino. Motor stepper akan bergerak sesuai dari koordinat yang ada pada G-Code. 3D pen (ekstruder) akan mengeluarkan filament terus menerus secara stabil dan konsisten hingga diberhentikan. Lalu, membentuk barang jadi objek 3D seperti yang telah dibuat pada G-Code dan dengan ketentuan yang telah diberikan

Ketika sudah mendapat G-Code dengan gambar yang sesuai, masukkan G-Code kedalam software GRBL Controller. Lalu, memulai operasi dari prototipe

3D printer ini, hitung dan ukur hasil jadi objek 3D dengan ketentuan seperti yang ada pada tabel 3.7 dibawah ini.

Tabel 3.7. Pengujian Printing Prototipe 3D Printer

Bentuk Objek	Diameter/ Panjang	Lebar	Tampilan
Lingkaran	0.25 inci (6.35 mm)	-	
Persegi	0.25 inci (6.35 mm)	0.25 inci (6.35 mm)	
Segitiga	0.125 inci (3.175 mm)	-	
Bintang	0.25 inci (6.35 mm)	-	
Huruf	0.3 inci (7.62 mm)	0.218 inci (5.537 mm)	

3.5.4. Pengukuran Hasil Printing

Pengukuran hasil printing dilakukan untuk mengetahui ukuran dari hasil printing sesuai dengan ukuran gambar yang telah ditentukan. Untuk mengukur hasil printing dilakukan dengan cara mengukur hasil printing menggunakan penggaris dan hitung hasilnya sesuai dengan ketentuan yang ada pada tabel 3.8 dibawah ini.

Tabel 3.8. Pengujian hasil printing.

Bentuk Objek	Diameter /panjang	Hasil Diameter /panjang	Tampilan	Tinggi	Hasil Tinggi	Tampilan
Lingkaran	0.25 inci (6.35 mm)			0.01 inci (0.254 mm)		
Persegi	0.25 inci (6.35 mm)			0.01 inci (0.254 mm)		
Segitiga	0.125 inci (3.175 mm)			0.01 inci (0.254 mm)		
Bintang	0.25 inci			0.01 inci		

	(6.35 mm)			(0.254 mm)		
Huruf	0.3 inci (7.62 mm)			0.01 inci (0.254 mm)		

BAB IV

HASIL PENELITIAN

4.1. Deskripsi Hasil Penelitian

Hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap indikator-indikator penelitian dari prototipe 3D printer berbasis Arduino dan Visual Basic dapat dikategorikan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian perangkat keras (*hardware*)
2. Hasil pengujian perangkat lunak (*software*)

4.1.1. Hasil Pengujian *Hardware*

4.1.1.1. Hasil Pengujian Driver Motor Stepper

Driver motor stepper yang berada pada prototipe 3D printer dihubungkan dengan Arduino dan pada pin arah diberikan logika high dan low untuk mengetahui arah dari setiap motor.

Tabel 4.1. Hasil Pengujian Driver Motor Stepper

Input Arah	Motor Stepper	Arah Motor	Hasil Arah Motor
1 (On)	Sumbu X	Kiri	Kiri
0 (Off)	Sumbu X	Kanan	Kanan
1 (On)	Sumbu Y	Mundur	Mundur
0 (Off)	Sumbu Y	Maju	Maju
1 (On)	Sumbu Z	Atas	Atas
0 (Off)	Sumbu Z	Bawah	Bawah

4.1.1.2. Hasil Pengujian Tegangan Keluaran dari Catu Daya

Prototipe 3D printer berbasis arduino ini dihubungkan dengan sumber tegangan 220VAC/50Hz menggunakan trafo 3 Ampere. Pengujian dilakukan menggunakan

multitester digital yang probe positif (merah) dihubungkan ke positif catu daya dan probe negatif (hitam) dihubungkan ke negatif catu daya. Hasil pengujian rangkaian catu daya ditunjukkan oleh tabel 4.2. dibawah ini

Tabel 4.2. Hasil Pengukuran Rangkaian Catu Daya

Keadaan	Vout	Hasil Vout	Tampilan
On	5V	5.22V	 A digital multimeter (CD8004) is shown with its red and black probes connected to a power source. The LCD display shows a reading of 5.22V.
Off	0V	0V	 A digital multimeter (CD8003a) is shown with its red and black probes connected to a power source. The LCD display shows a reading of 0V.

4.1.1.3. Hasil Pengujian Motor Stepper Bi-polar

Motor stepper yang dipakai pada prototipe 3D printer ini berjenis bi-polar dan diambil dari komponen CD-Rom maka diperlukan pengujian ulang terhadap fungsi dari motor stepper.

Motor stepper bi-polar, driver dan arduino uno dihubungkan sesuai dengan ketentuan yang sebelumnya telah dijelaskan. Lalu, program diupload dan dijalankan untuk melihat hasilnya. Hasil pengujian motor stepper bi-polar ini dapat dilihat pada tabel 4.3. dibawah ini.

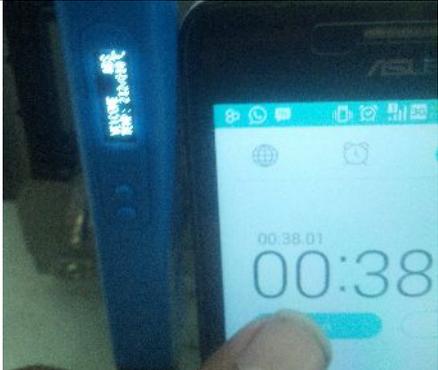
Tabel 4.3. Hasil Pengujian Motor Stepper Bi-polar

Motor Stepper	Arah		Hasil Arah	
	Kiri	Kanan	Kiri	Kanan
Sumbu X				
Sumbu Y				
Sumbu Z				

4.1.1.4. Hasil Pengujian 3D Pen (Ekstruder)

Pengujian yang dilakukan pada 3D Pen (Ekstruder) ialah dengan cara mengukur suhu yang dapat dihasilkan 3D Pen terhadap masing masing jenis bahan filament antara ABS dengan PLA, dan diukur waktu ketika mencapai suhu yang sesuai. Suhu yang dihasilkan diukur menggunakan pengukur suhu digital yang terintegrasi pada 3D Pen dengan merk Maxwell dan waktu dihitung menggunakan timer pada handphone merk asus. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.4 dibawah ini.

Tabel 4.4. Hasil Pengujian 3D Pen (Ekstruder)

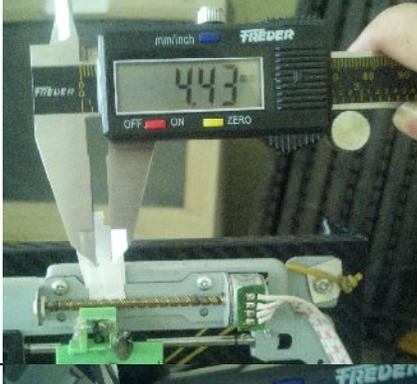
Suhu pada bahan	Suhu yang dicapai	Hasil Suhu yang dicapai	Waktu	Tampilan
Filament PLA	180°C	181°C	26 detik	
Filament ABS	210°C	212°C	38 detik	

4.1.2. Hasil Pengujian Software

4.1.2.1. Hasil Pengujian GRBL dengan Motor

Pada pengujian aplikasi GRBL, peneliti menggunakan G-Code sebagai objek pengambilan data. Ketika instruksi G-Code diinput, setiap motor akan bergerak sesuai dengan instruksi G-Code yang masuk. Gerak dari motor stepper akan diperhatikan sehingga didapatkan hasil yang sesuai keinginan. Pergerakan motor diukur menggunakan jangka sorong bermerk Freder dengan display digital menampilkan hasil pengukuran dalam bentuk millimeter. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada tabel 4.5 dibawah ini.

Tabel 4.5. Hasil Pengujian GRBL pada setiap Driver

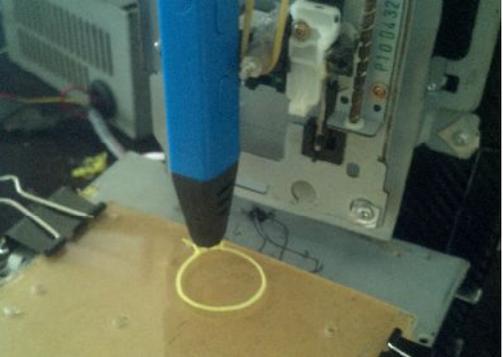
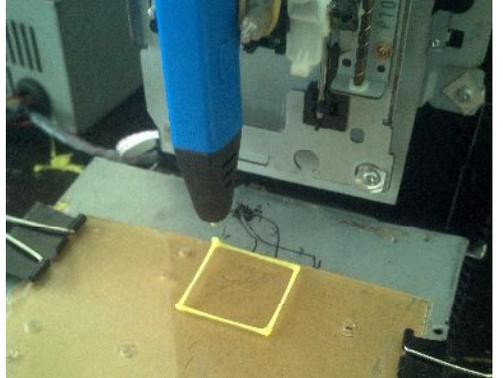
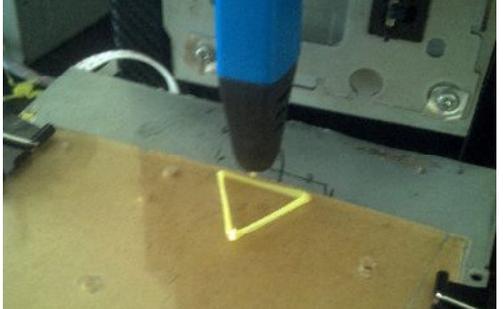
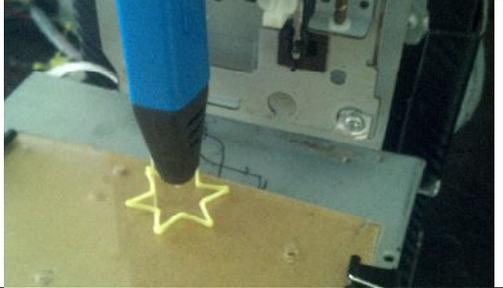
Input GRBL	Output Driver Motor Stepper		Tampilan
	Koordinat	Arah Motor	
X1	Kanan	4.44mm	
X-1	Kiri	-4.43cm	
Y1	Mundur	5.60cm	
Y-1	Maju	-5.03cm	

Z1	Atas	8.06cm	
Z-1	Bawah	-7.55cm	

4.1.3. Hasil Pengujian Printing

Hasil dari printing ini adalah membuat objek dasar seperti lingkaran, persegi, segitiga, bintang dan huruf dengan menggunakan alat penelitian ini dengan cara membuat G-Code dari gambar yang dibuat pada makercam.com dan hasilnya G-Code di masukkan kedalam software *GRBL Controller*, lalu memulai alat dan memperhatikan hasil yang dibuat alat penelitian ini. Hasil 3D printing dapat dilihat pada tabel 4.6 dibawah ini.

Tabel 4.6. Pengujian Prototipe 3D Printer

Bentuk Objek	Diameter/ Panjang	Lebar	Tampilan
Lingkaran	0.25 inci (6.35 mm)	-	
Persegi	0.25 inci (6.35 mm)	0.25 inci (6.35 mm)	
Segitiga	0.125 inci (3.175 mm)	-	
Bintang	0.25 inci (6.35 mm)	-	

Huruf	0.3 inci (7.62 mm)	0.218 inci (5.537 mm)	
-------	-----------------------	--------------------------------	--

4.1.3.1. Hasil Pengukuran Hasil Printing

Pengujian pada hasil jadi objek 3D dilakukan menggunakan alat ukur jangka sorong merek Freder dengan display digital menampilkan hasil pengukuran dalam satuan millimeter. Hasil pengukuran barang dibandingkan dengan gambar yang telah dibuat pada makercam.com dapat dilihat pada tabel 4.7 dibawah ini.

Tabel 4.7. Ukuran hasil printing dengan alat penelitian.

Bentuk Objek	Diameter /panjang	Tampilan	Tinggi	Tampilan
Lingkaran	29.78mm		0.45mm	
Persegi	31.21mm		1.97mm	

Segitiga	26.87mm		1.76mm	
Bintang	30.33mm		2.15mm	
Huruf	29.92mm		1.76mm	

4.2. Analisis Data Penelitian

4.2.1. Analisis Hasil Pengujian *Hardware*

4.2.1.1. Analisis Hasil Pengujian Driver Motor Stepper

Driver motor stepper digunakan untuk mengatur arah dari masing masing sumbu 3D Printer yang sesuai dengan instruksi dari koordinat G-Code, oleh karena itu apabila driver motor stepper tidak dapat mengatur arah sesuai dengan apa yang diinstruksikan, maka hasilnya tidak akan sesuai dengan yang telah dibuat.

Pengujian pertama kali dilakukan dengan menyambungkan pin arah pada driver stepper ke pin digital output pada arduino. Lalu, dibuat program yang memberikan logika 1(On) dan 0(Off) secara bergantian, sehingga didapat hasil yang sesuai dengan yang di inginkan, contohnya sumbu X yang jika diberi logika

1(On) maka akan bergerak maju dan jika diberi logika 0(Off) maka akan bergerak mundur.

4.2.1.2. Analisis Tegangan Keluaran Catu Daya

Catu daya yang telah digunakan dalam prototipe 3D printer berbasis arduino ini digunakan sebagai sumber tegangan DC. Bekerjanya rangkaian-rangkaian pada prototipe ini bersumber dari rangkaian catu daya yang digunakan untuk mengeluarkan tegangan 5.2V. Hasil pengujian rangkaian catu daya ini menunjukkan bahwa rangkaian catu daya telah bekerja dengan baik. Hasil tegangan yang dihasilkan mendekati tegangan yang seharusnya dikeluarkan yaitu 5.2V. Rangkaian catu daya dihubungkan sumber listrik AC 220V.

Pengujian pertama kali dilakukan dengan mengukur tegangan keluaran dari terminal output catu daya yang fungsinya adalah untuk menyuplai tenaga ke setiap rangkaian elektronika yang digunakan pada prototipe ini. Dari hasil pengukuran dan pengujian, didapat nilai tegangan keluaran sebesar 5.2 Volt dari terminal output catu daya.

4.2.1.3. Analisis Motor Stepper Bi-polar

Motor stepper bi-polar pada penelitian kali ini menggunakan driver motor stepper yaitu EasyDriver Stepper Motor Driver yang saling terhubung ke arduino uno. Motor stepper bekerja ketika program arduino telah dijalankan yang dapat dilihat pada instruksi program yang telah diupload ke arduino uno sebelumnya yaitu seperti dapat dilihat dibawah ini

```
void setup() {
  pinMode(8, OUTPUT); //pin Arah sebagai output
  pinMode(9, OUTPUT); //pin Step/tahap sebagai output
  digitalWrite(8, LOW); //pin Arah di set searah jarum jam
  digitalWrite(9, LOW); //pin Step di set low
}
```

```

}

void loop() {
  digitalWrite(9, HIGH); //pin Step di set high agar gerak
  delay(1);             //delay 1ms
  digitalWrite(9, LOW); //pin Step di st low
  delay(1);             //delay 1ms
}

```

Motor stepper yang pertama diuji adalah untuk pemasangan pada sumbu X yang hasilnya motor dapat bergerak kearah kanan dan ketika input motor di balik, hasilnya motor dapat bergerak kearah kiri. Motor stepper yang kedua adalah untuk pemasangan pada sumbu Y yang hasilnya motor dapat bergerak kearah maju dan ketika input motor dibalik, hasilnya motor dapat bergerak kearah mundur. Motor stepper ketiga adalah pemasangan pada sumbu Z yang hasilnya motor dapat bergerak kearah atas dan ketika input motor dibalik, hasilnya motor dapat bergerak kearah bawah.

4.2.1.4. Analisis 3D Pen (Ekstruder)

Ekstruder adalah bagian dari 3D printer yang berfungsi sebagai peleleh benang filament. Filament sendiri ada berbagai jenis diantaranya PLA dan ABS. Masing-masing bahan memiliki titik leleh yang berbeda yaitu PLA dapat meleleh pada suhu 180°C sedangkan ABS dapat meleleh pada suhu 210°C.

3D pen adalah sistem yang memiliki banyak fitur selain adanya ekstruder antara lain, feeder, sensor suhu, dan pengatur suhu. Dengan fitur lengkap ini penulis menggunakan 3D pen untuk pelelehnya agar hasilnya stabil dan bagus.

Pengujian 3D pen pertama kali adalah dengan menyalakan 3D pen. Lalu, mengatur suhu sesuai dengan jenis bahan filament yang akan dilelehkan, dan pertama mencoba untuk melelehkan ABS dengan suhu yang diatur yaitu 210°C, hasilnya 3D pen mencapai suhu 210°C dalam waktu 38 detik. Pada jenis PLA

dengan pengaturan suhu 180°C, hasilnya 3D pen mencapai suhu 180°C dalam waktu 26 detik.

4.2.2. Analisis Hasil Pengujian *Software*

4.2.2.1. Analisis Hasil Pengujian GRBL

GRBL pada dasarnya berfungsi sebagai software pengontrol alat CNC yang berbasis Visual Basic, berguna untuk mendefinisikan instruksi G-Code menjadi bahasa mesin yang dapat dimengerti mikrokontroler seperti Arduino Uno.

Pengujian GRBL dilakukan pertama kali dengan cara menyambungkan laptop yang telah ter-*install* GRBL dengan Arduino Uno. Lalu, membuka port arduino uno pada GRBL sehingga saling terkoneksi satu sama lain. Kemudian arduino uno dikoneksikan ke driver motor stepper untuk mengotrol motor stepper yang telah disusun sesuai dengan sumbunya. Ketika semua telah terkoneksi, penulis memasukkan instruksi G-Code secara manual ke GRBL yaitu :

1. G0 X1 yang artinya pergi ke koordinat X sejauh 1mm dan hasilnya motor sumbu X bergerak mundur sejauh 4.44mm.
2. G0 X-1 yang artinya pergi ke koordinat X sejauh -1mm dan hasilnya motor sumbu X bergerak maju sejauh -4.43mm.
3. G0 Y1 yang artinya pergi ke koordinat Y sejauh 1mm dan hasilnya motor sumbu Y bergerak ke arah kanan sejauh 5.60mm.
4. G0 Y-1 yang artinya pergi ke koordinat Y sejauh -1mm dan hasilnya motor sumbu Y bergerak ke arah kiri sejauh -5.03mm.
5. G0 Z1 yang artinya pergi ke koordinat Z sejauh 1mm dan hasilnya motor sumbu Z bergerak ke arah atas sejauh 8.06mm.

6. G0 Z-1 yang artinya pergi ke koordinat Z sejauh -1mm dan hasilnya motor sumbu Z bergerak kearah bawah sejauh -7.55mm.

Dari hasil pengujian ini maka dapat disimpulkan bahwa akan ada perbedaan hasil yang terjadi antara yang digambar pada G-Code dengan hasil jadi objek 3D. Perbedaan ukuran yang terjadi akan membuat hasil objek 3D lebih besar sekitar 4x (400%) dari gambar yg dibuat G-Codenya.

4.2.2.2. Analisis Hasil Pengujian Printing

Pengujian printing pertamakali dilakukan dengan cara membuat desain dan gambar di makercam.com yang hasilnya di eksport dalam bentuk G-Code. G-Code yang telah dibuat lalu dimodifikasi agar dapat dioperasikan oleh alat penelitian ini melalui aplikasi *GRBL Controller* dan hasilnya ialah :

1. Ketika alat penelitian ini diberikan G-Code berisi gambar lingkaran, 3D Printer dapat bergerak dan menghasilkan bentuk lingkaran.
2. Ketika alat penelitian ini diberikan G-Code berisi gambar persegi, 3D Printer dapat bergerak dan menghasilkan bentuk persegi.
3. Ketika alat penelitian ini diberikan G-Code berisi gambar segitiga, 3D Printer dapat bergerak dan menghasilkan bentuk segitiga.
4. Ketika alat penelitian ini diberikan G-Code berisi gambar bintang, 3D Printer dapat bergerak dan menghasilkan bentuk bintang.
5. Ketika alat penelitian ini diberikan G-Code berisi gambar huruf, 3D Printer dapat bergerak dan menghasilkan bentuk huruf.

4.2.2.3. Analisis Pengukuran Hasil Printing Objek 3D

Pengujian hasil printing objek 3D yang dihasilkan oleh alat penelitian yaitu prototipe 3D printer berbasis arduino uno dan visual basic maka dilakukan pengujian diameter/panjang dan tinggi pada objek yang telah di print.

Jika dibandingkan dengan gambar dengan ukuran yang kita tentukan sebelumnya dapat dilihat pada tabel 3.7 pada bab 3, bisa diambil contoh pada objek lingkaran yang pada pembuatannya diameter yang diinginkan dan gambar adalah 0.25 inci (6.35 mm) namun pada hasil printing dengan alat penelitian ini diameter lingkarannya menjadi 29.78 mm (1,172 inci) dengan arti diameter dari hasil printing meningkat 4.68 kali (468%) dari ukuran yang dibuat dan gambar pada makercam.

Dari hasil pengukuran hasil jadi objek 3D ini dan pengukuran pergerakan motor yang sudah dilakukan sebelumnya maka benar terjadi perbedaan ukuran dimana hasil pengukuran hasil printing lebih besar berkisar 4x (400%) dari ukuran gambar yang telah dibuat G-Codenya.

4.3. Pembahasan

Dari hasil analisis data penelitian yang telah dihasilkan bisa diperoleh bahwa prototipe 3D printer berbasis arduino uno dan visual basic telah mencapai target sesuai dengan tujuan penelitian yaitu dapat membuat barang jadi 3D dengan bentuk dasar seperti lingkaran, persegi, segitiga, bintang dan huruf dengan ukuran yang hasilnya 4x lipat dari desain yang telah dibuat.

4.4. Aplikasi Hasil Penelitian

Prototipe 3D printer berbasis arduino uno dan visual basic dapat diterapkan pada dunia pendidikan dimana alat akan berguna untuk pembelajaran pada dasar-dasar dunia 3D Printer dengan komponen yang mudah ditemukan dan murah.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Sistem 3D Printer dapat berkerja sesuai dengan rancangan yang telah dibuat, baik rancangan rangkaian maupun program dan visualisasinya dalam komputer menggunakan software *GRBL Controller* dimana G-Code sebagai instruksi *input* dan Arduino Uno sebagai pengendali. G-Code mampu diterjemah sebagai input ke Arduino Uno yang bertindak sebagai pemicu sistem 3D Printer ini. GRBL dalam penelitian ini pun dapat bekerja sesuai dengan keinginan walaupun penggunaannya sangat terbatas. GRBL dalam penelitian ini dapat merubah instruksi G-Code menjadi instruksi mesin untuk dieksekusi oleh Arduino Uno.

Yang perlu diperhatikan adalah proses pergerakan motor stepper pada masing-masing sumbu dapat bekerja jika G-Code yang telah dibuat pada aplikasi CAD telah dimengerti instruksinya oleh Arduino Uno. Namun, hasil dari *printing* dengan alat penelitian ini ukurannya tidak sesuai dengan gambar yang telah di buat dan desain pada makercam.com. Perbedaan yang dihasilkan adalah ukuran hasil printing berkisar 4x lebih besar dari ukuran dari desain yang telah dibuat. Dan prototipe 3D Printer berbasis arduino uno dan visual basic dapat bekerja dan menghasilkan bentuk yang sesuai walaupun tidak sesuai dengan ukuran yang ditentukan.

5.2. Saran

Dalam pembuatan prototipe 3D Printer berbasis Arduino dan Visual Basic, peneliti menyadari masih banyak kekurangan dan kelemahan yang ada pada prototipe tersebut. Diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Prototipe ini hanya dapat menerjemah beberapa bahasa G-Code, bahkan untuk membuat lingkaran saja masih belum dapat dieksekusi dengan baik oleh Arduino Uno disarankan menggunakan mikrokontroler lain yang khusus penggunaannya dalam dunia 3D Printer.
2. Prototipe ini masih menggunakan motor stepper bi-polar yang memanfaatkan motor stepper yang ada pada CD-Rom sehingga dimensi yang dihasilkan sangat terbatas atau kecil sehingga disarankan untuk menggunakan motor stepper bi-polar yang dapat digunakan untuk dimensi yang lebih luas.
3. Penulis mendorong penelitian lebih lanjut untuk pengembangan prototipe 3D Printer ini dengan sistem pengendalian yang berbeda dan batasan masalah yang lebih luas karena kebutuhan *printing* akan barang jadi yang sangat banyak terhadap dunia elektronika bahkan kesehatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Kelly, James. "3D Printing Build Your Own 3D Printer and Print Your Own 3D Objects." Que Publishing, (United State of America: 2013).
- Lubis, Sobron, and David Sutanto. "Pengaturan Orientasi Posisi Objek pada Proses Rapid Prototyping Menggunakan 3D Printer Terhadap Waktu Proses dan Kualitas Produk." *Jurnal Teknik Mesin* 15.1 (2014): 26-33.
- Octovhiana, Krisna D. "Cepat Mahir Visual Basic 6.0." IlmuKomputer.com(Jakarta: 2003). Hal. 1.
- Pradana, Dityo. "RANCANG BANGUN CNC MILLING MACHINEHOME MADE UNTUK MEMBUAT PCB." *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro* 10.1 (2013).
- Sofwan, A., and P. Winarso. "Rancang bangun sistem pengendali suhu dan kelembaban udara pada rumah wallet berbasis mikrokontroler AT89C51." *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI)*. 2005.
- Sudarno, Sudarno, Martono Martono, and Sholih Mauladin. "Rancang Bangun Mesin CNC Router Berbasis Arduino." *Politeknosains* 15.2 (2016): 51-55.
- Uthara, Ida Bagus Gede, Angga Rusdinar, and Erwin Susanto. "PERANCANGAN MESIN CAKE DECORATOR DENGAN ARDUINO
CAKE DECORATOR DESIGN WITH ARDUINO."

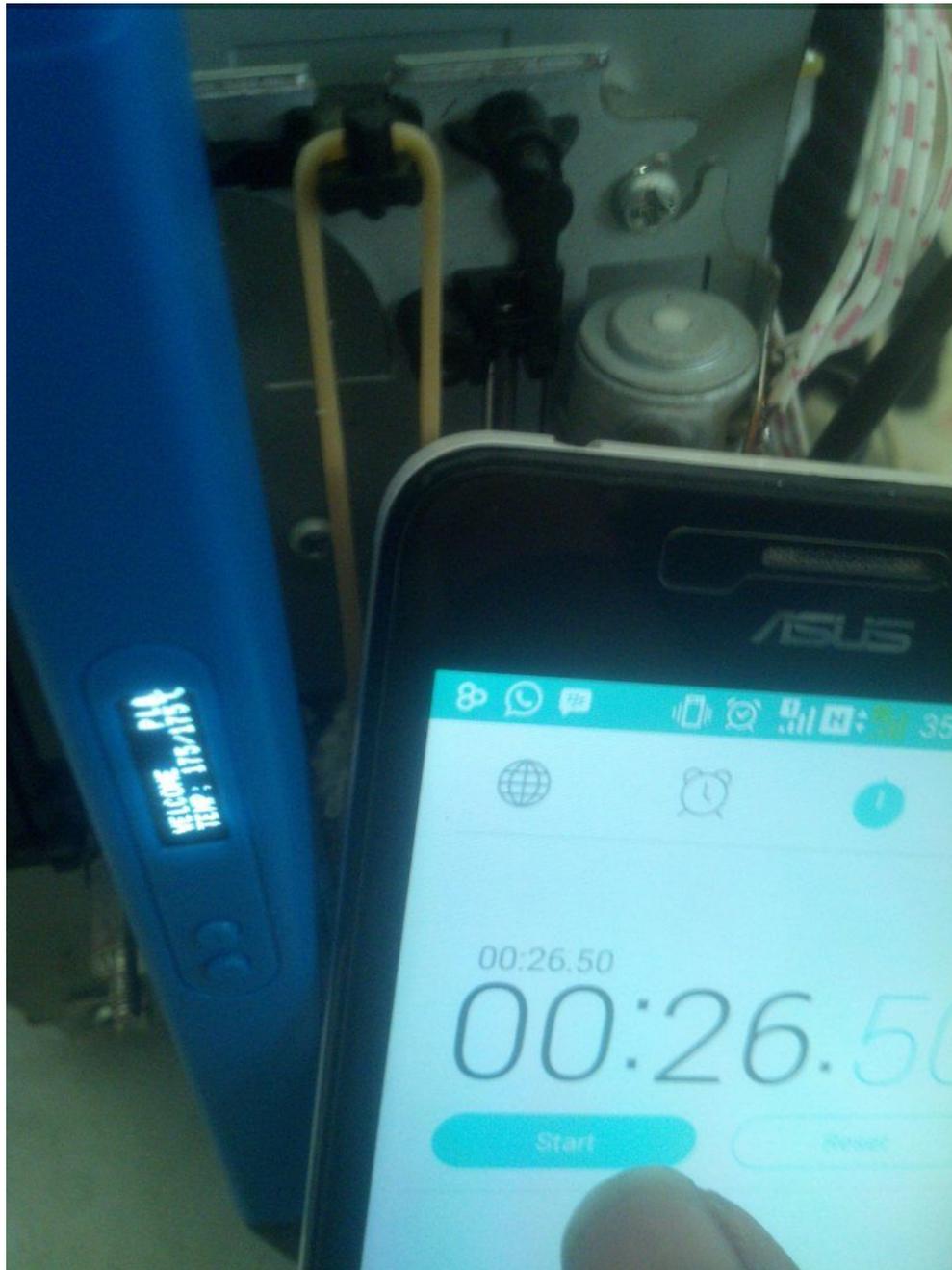
LAMPIRAN

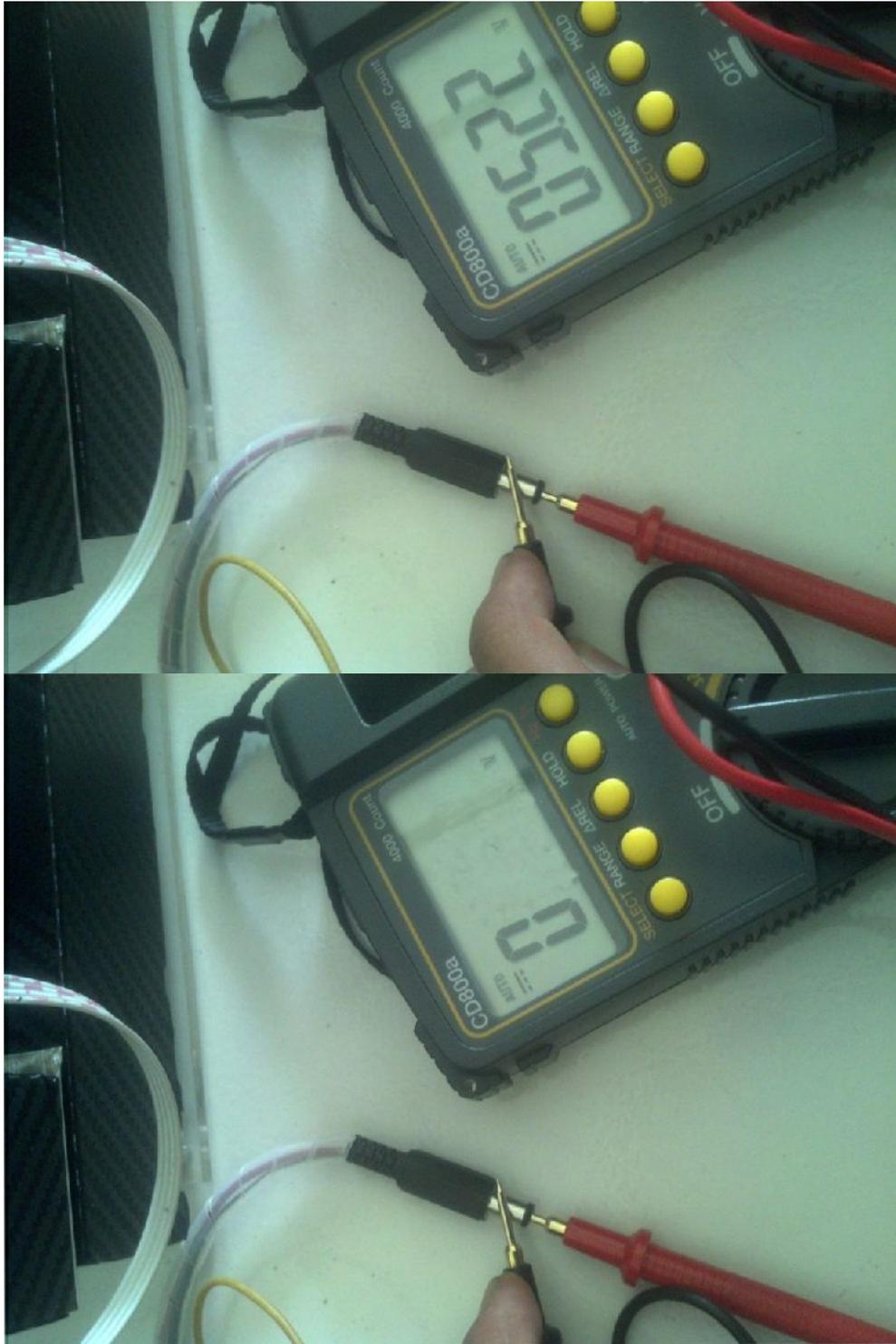
Lampiran 1. Dokumentasi (Foto) produk yang dihasilkan

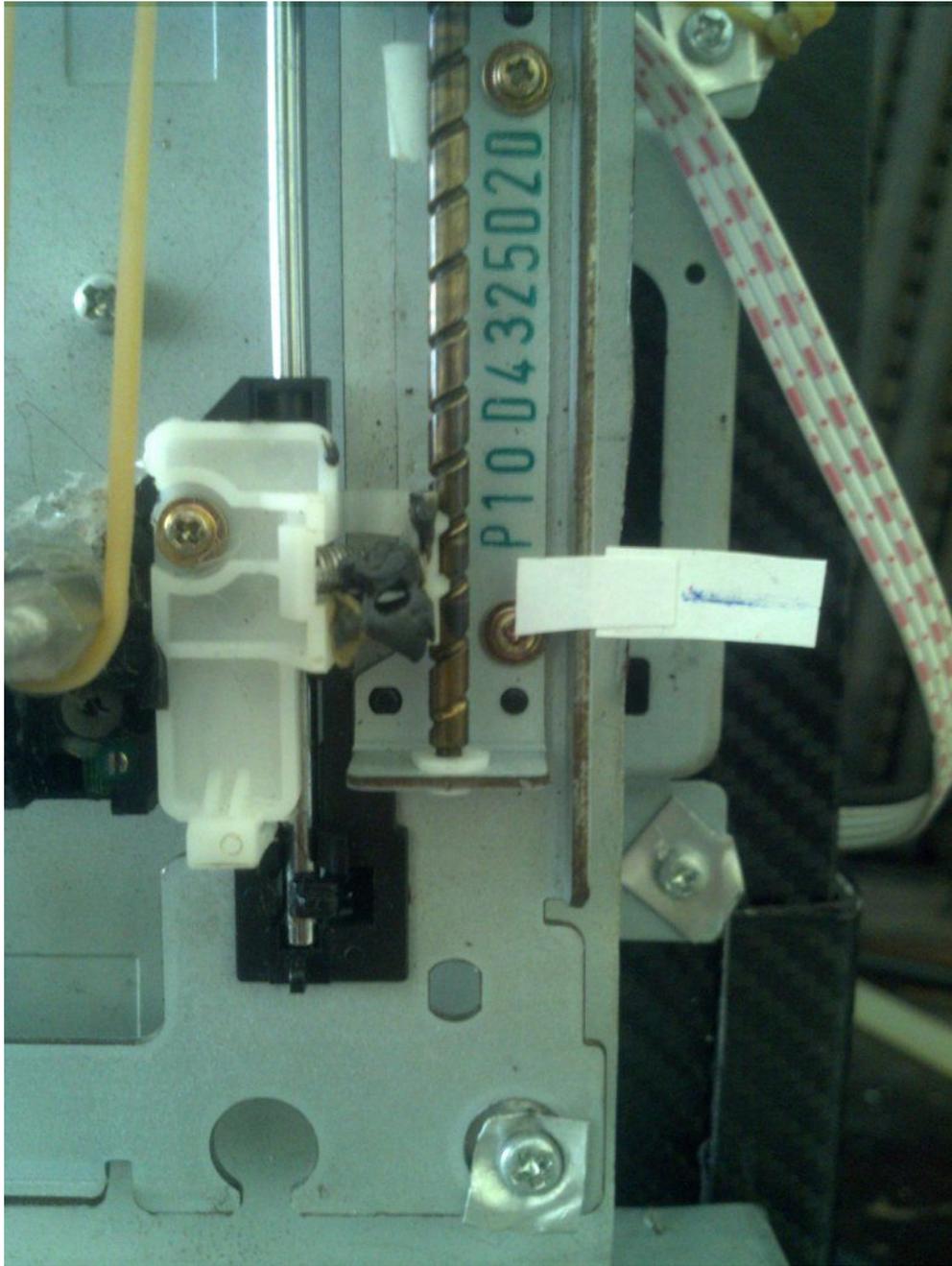


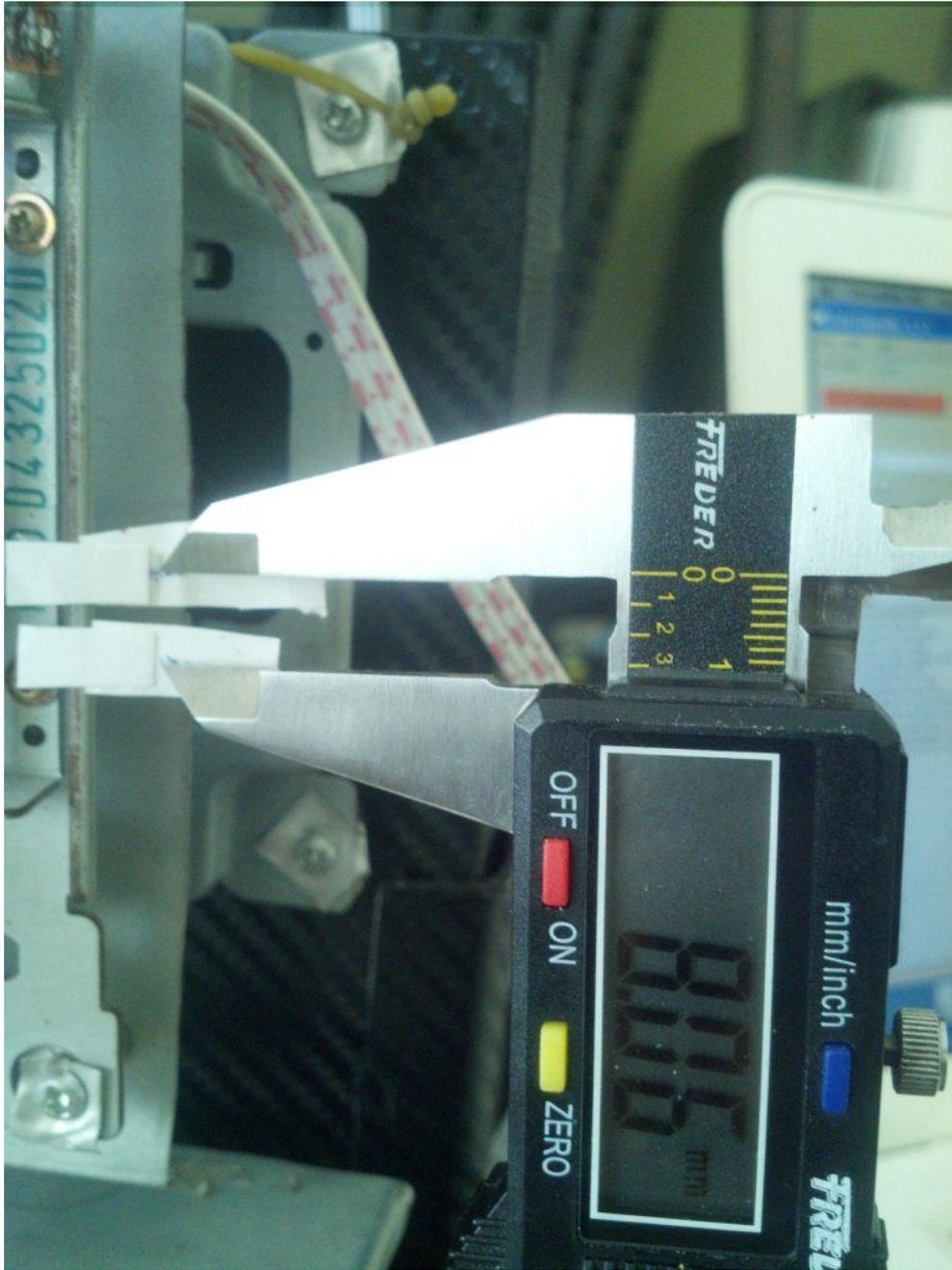
Lampiran 3. Data Data Pengukuran



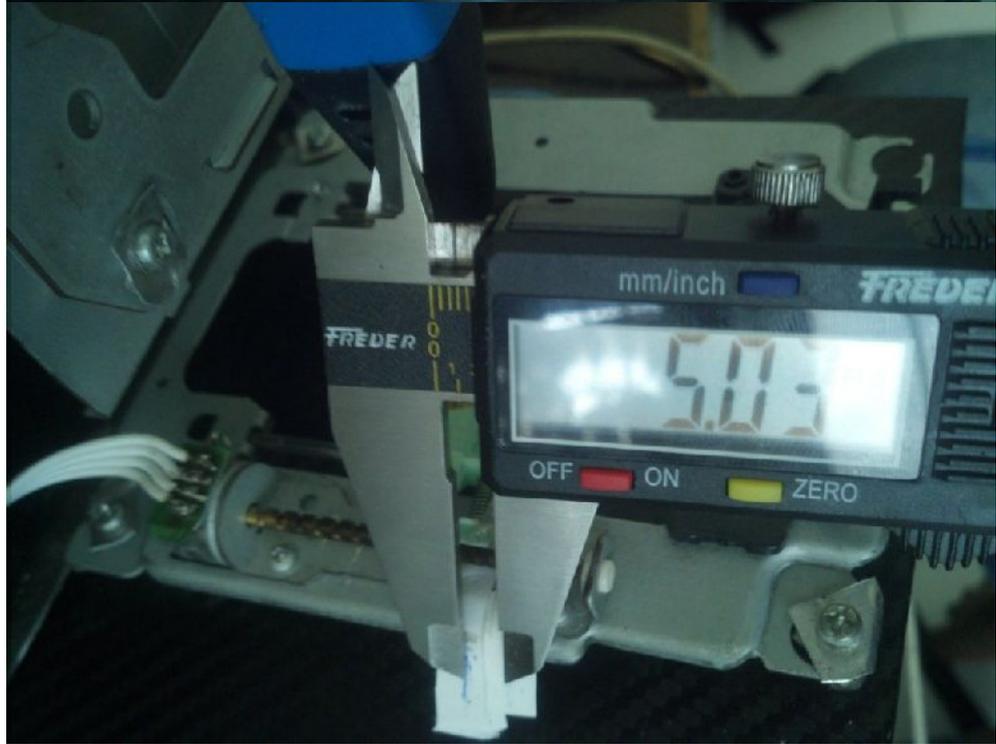


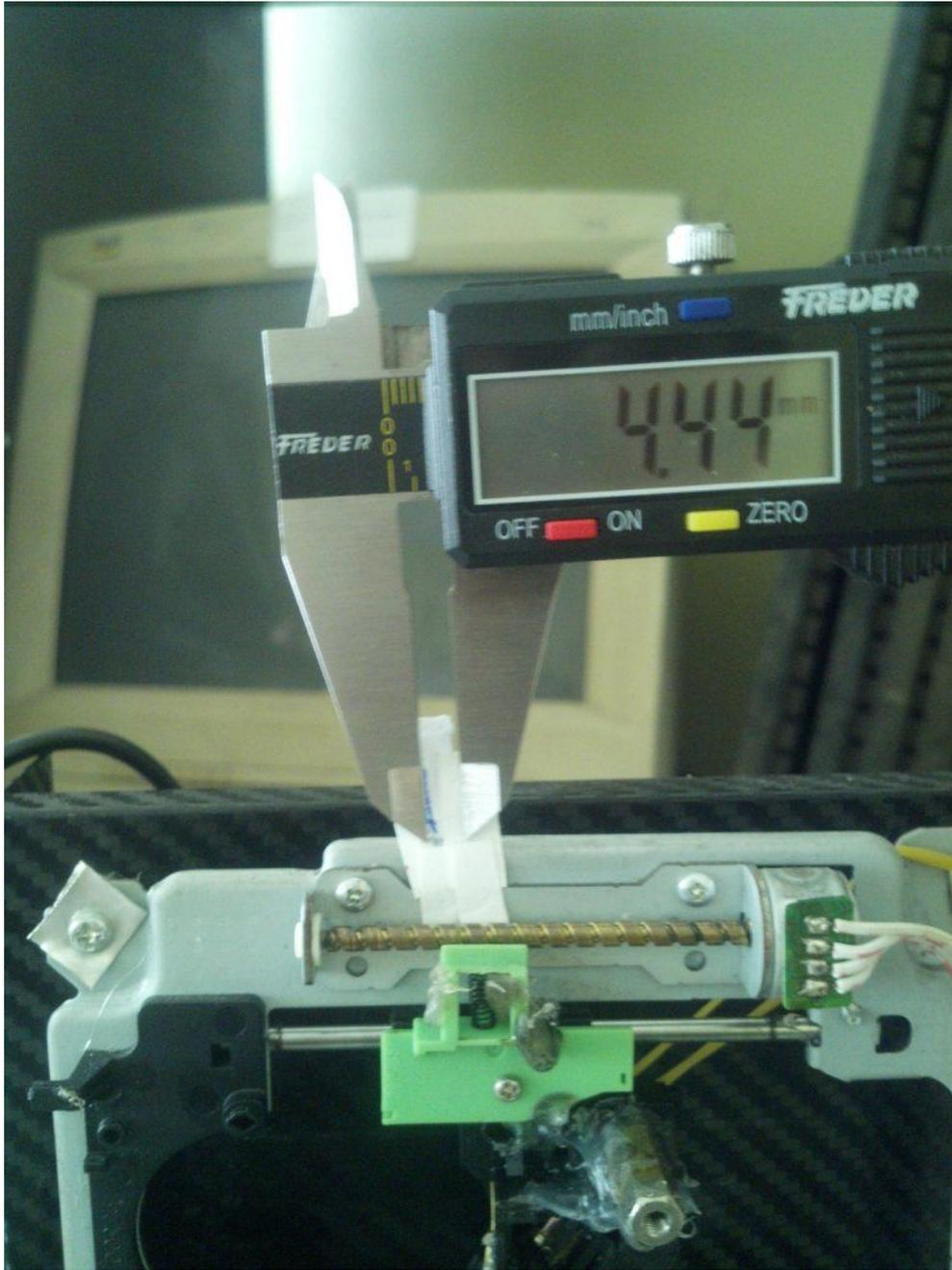


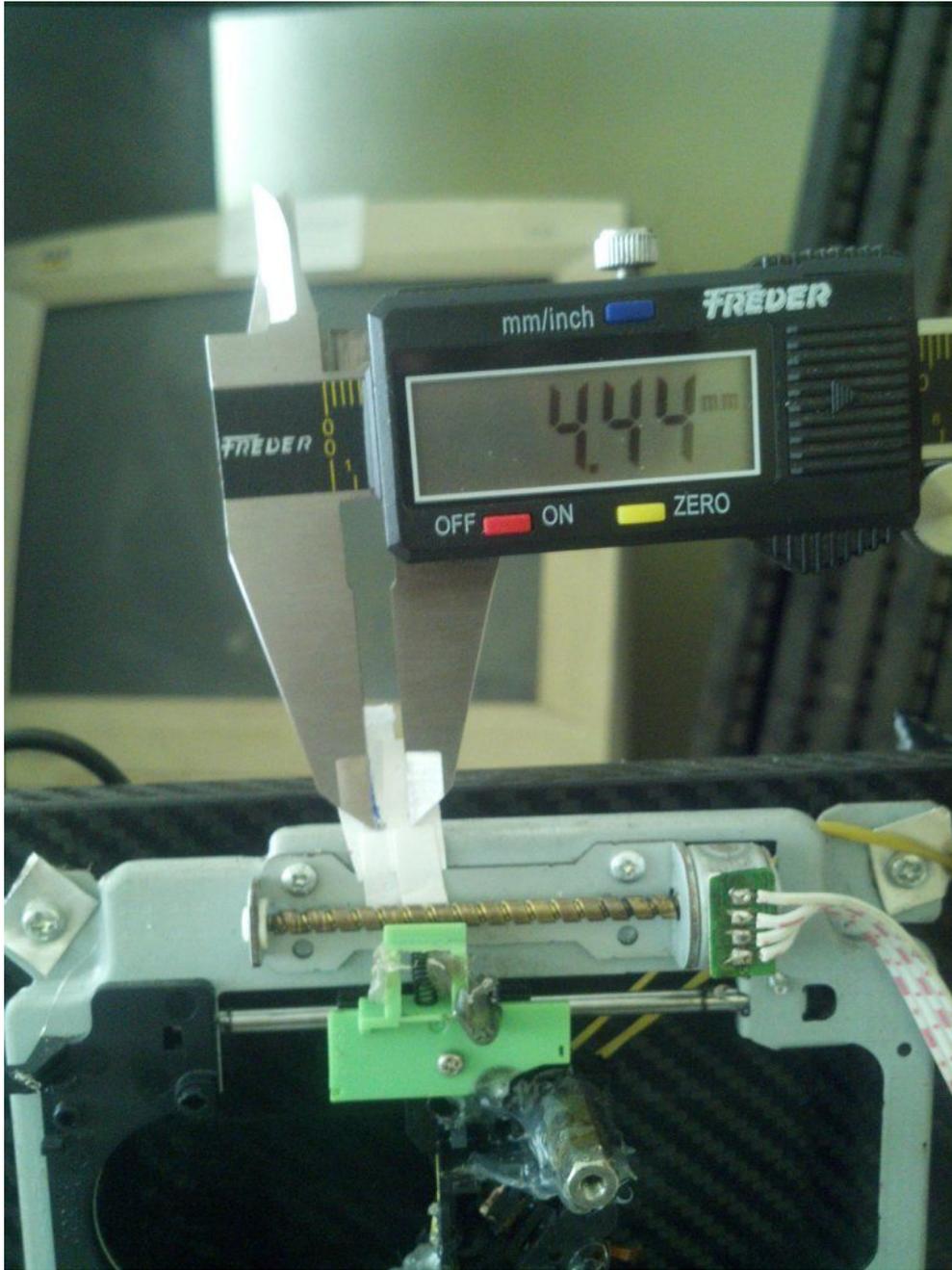


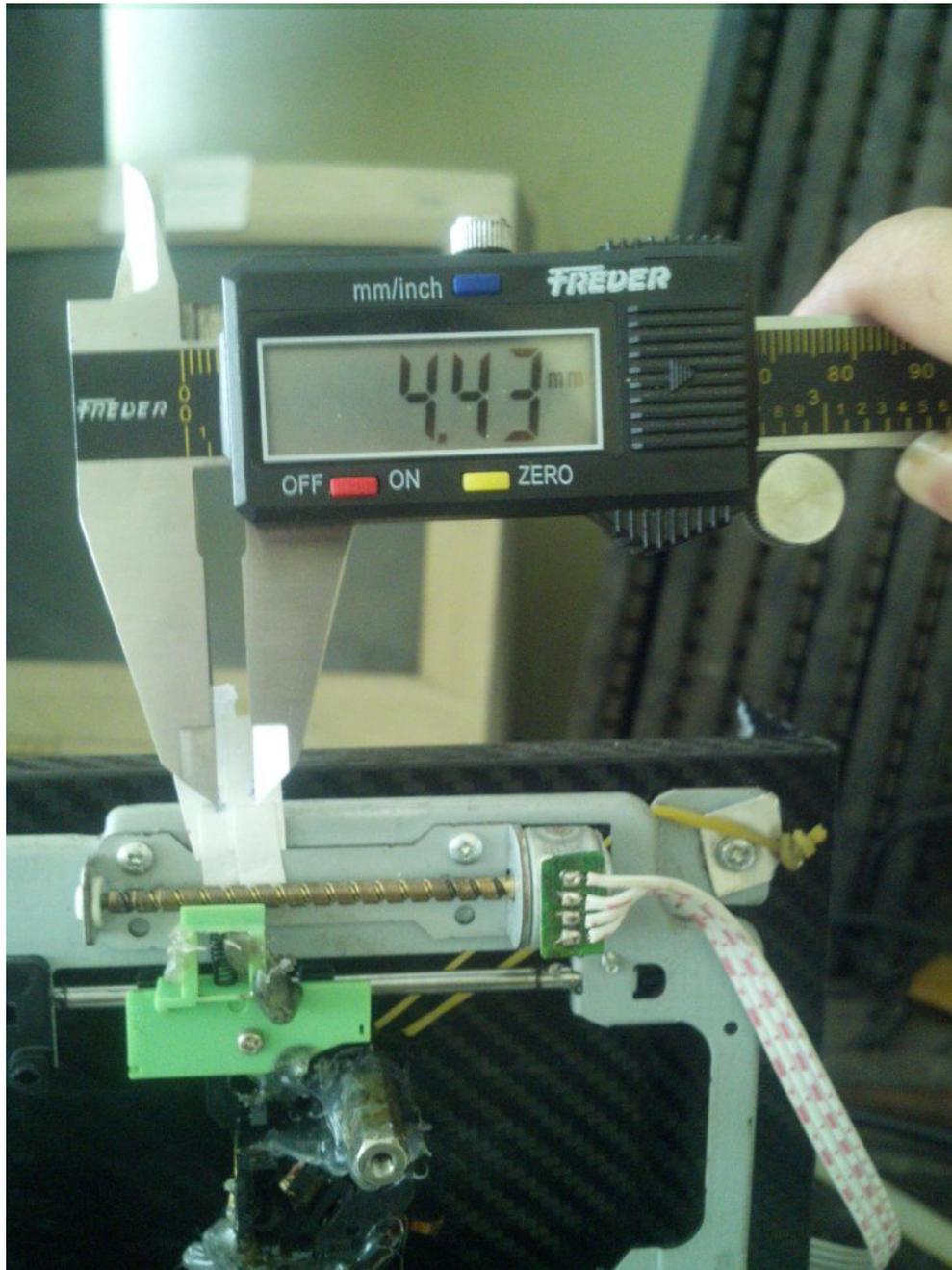


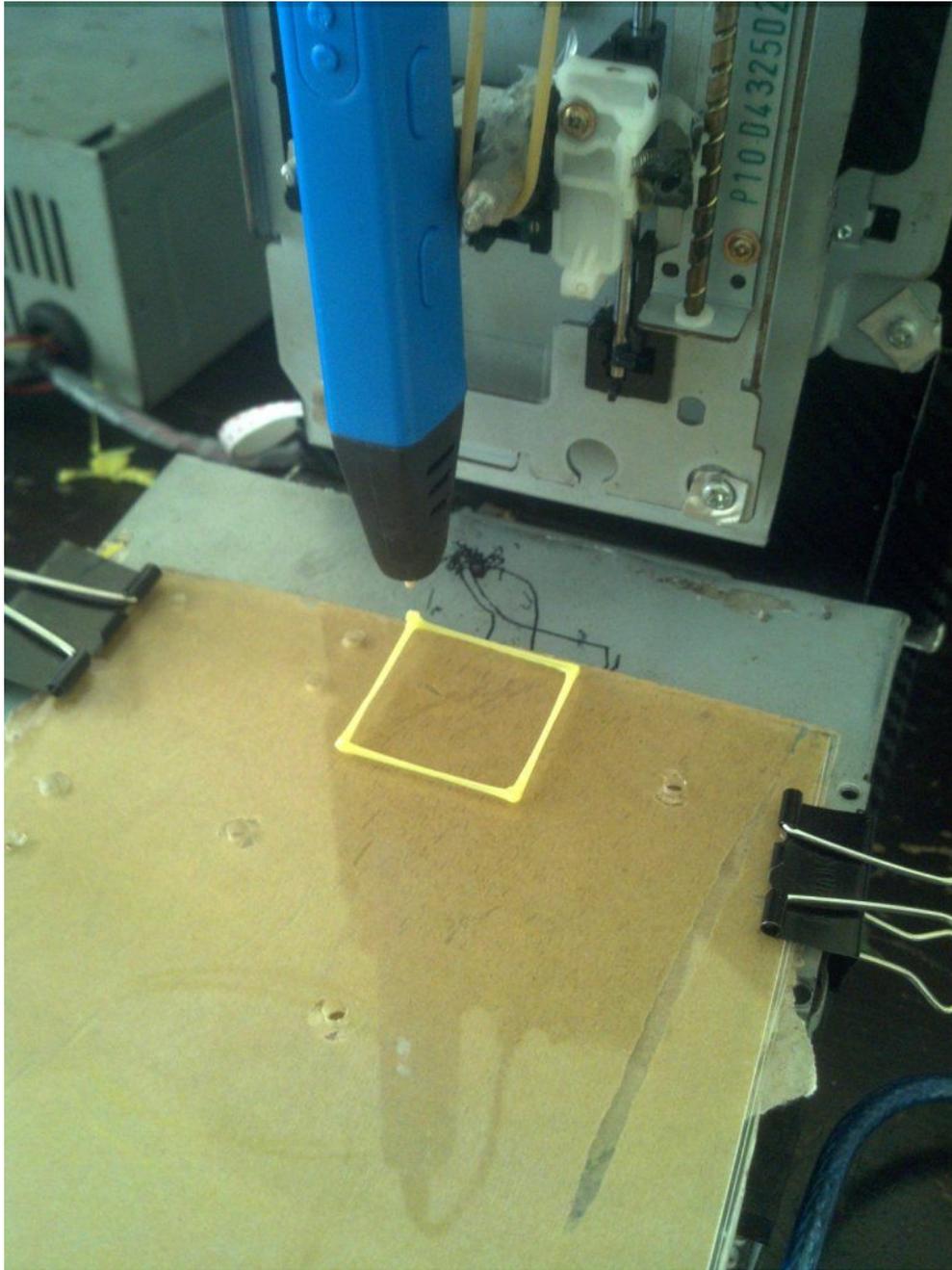


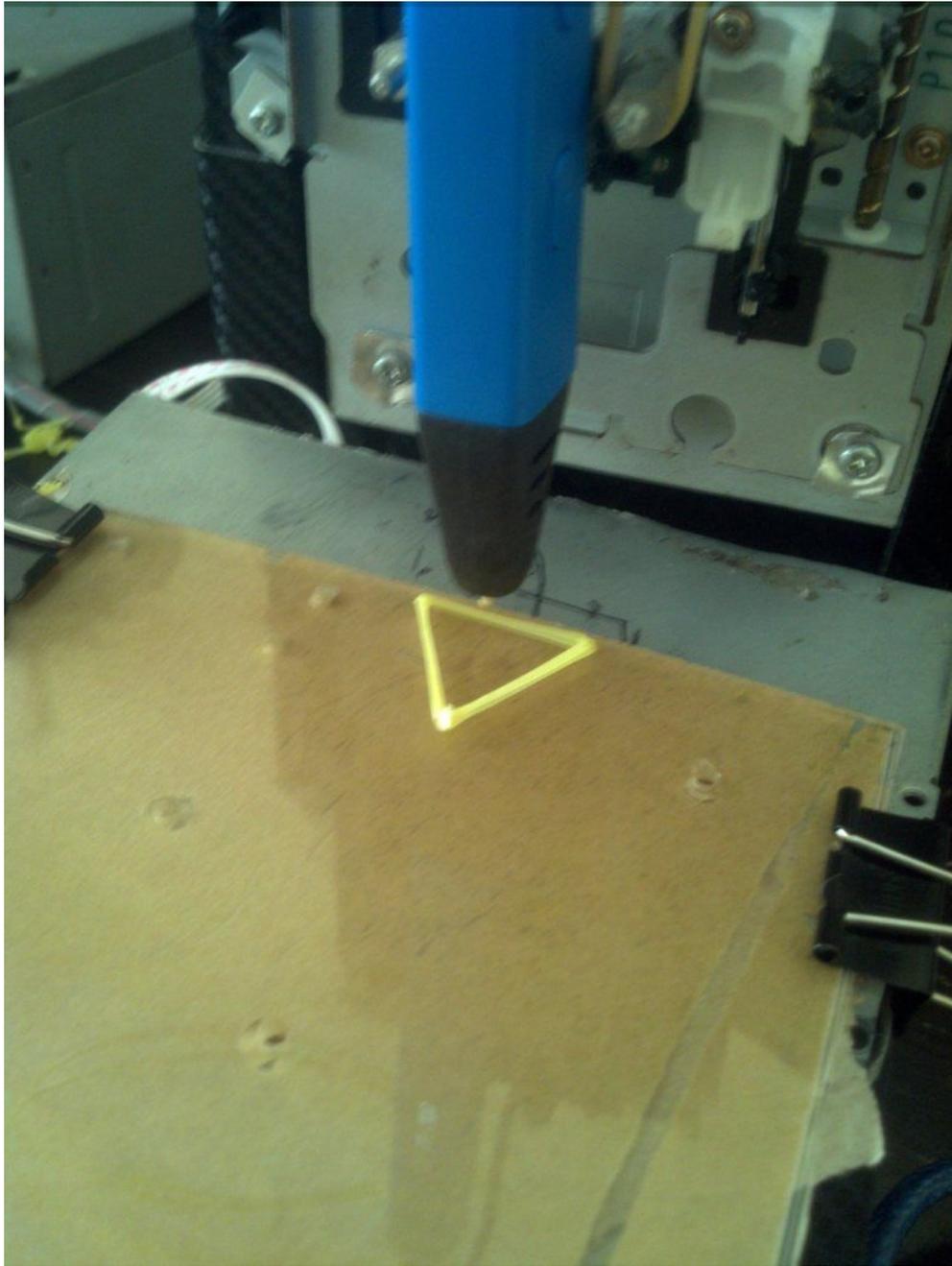


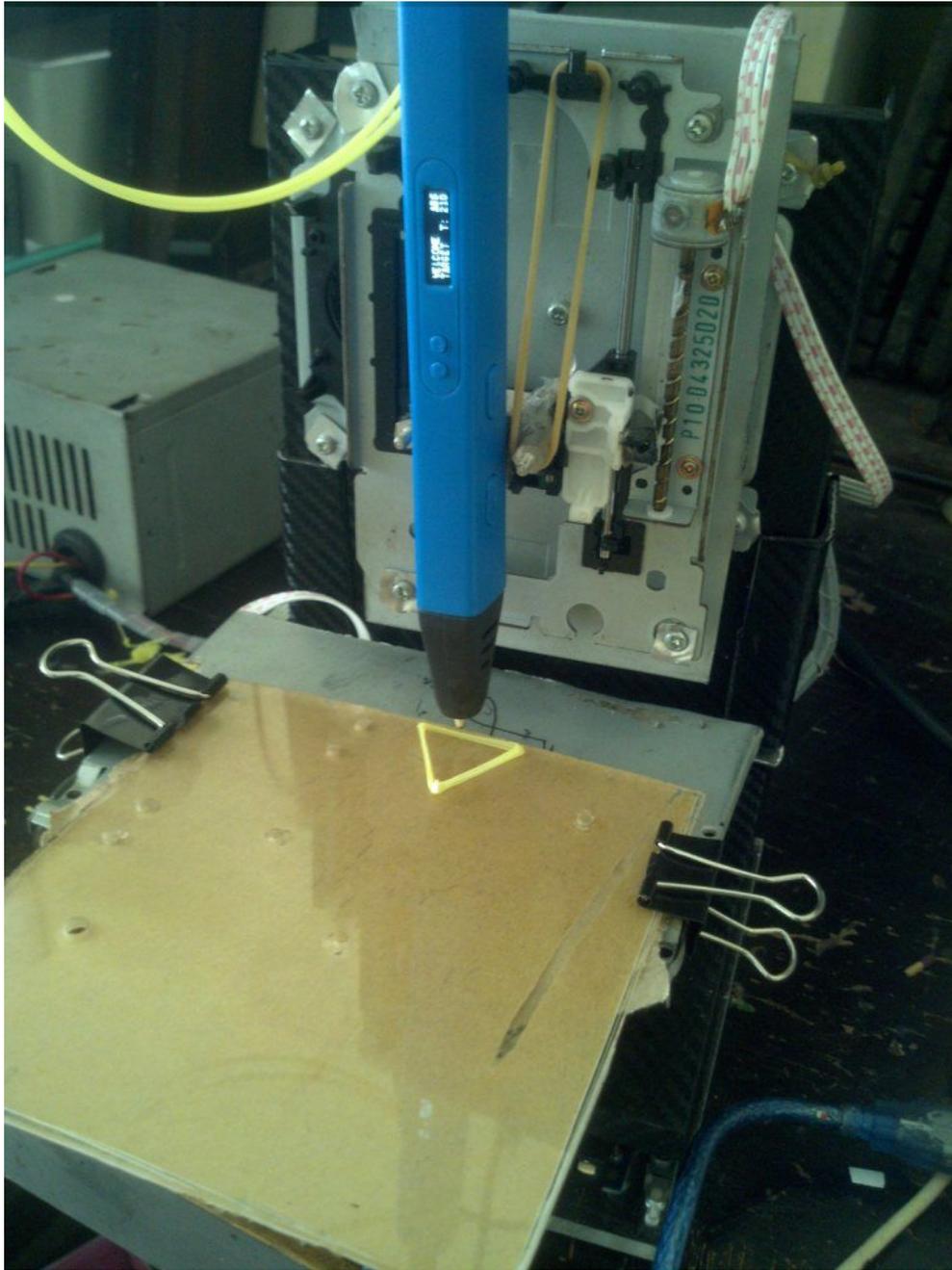


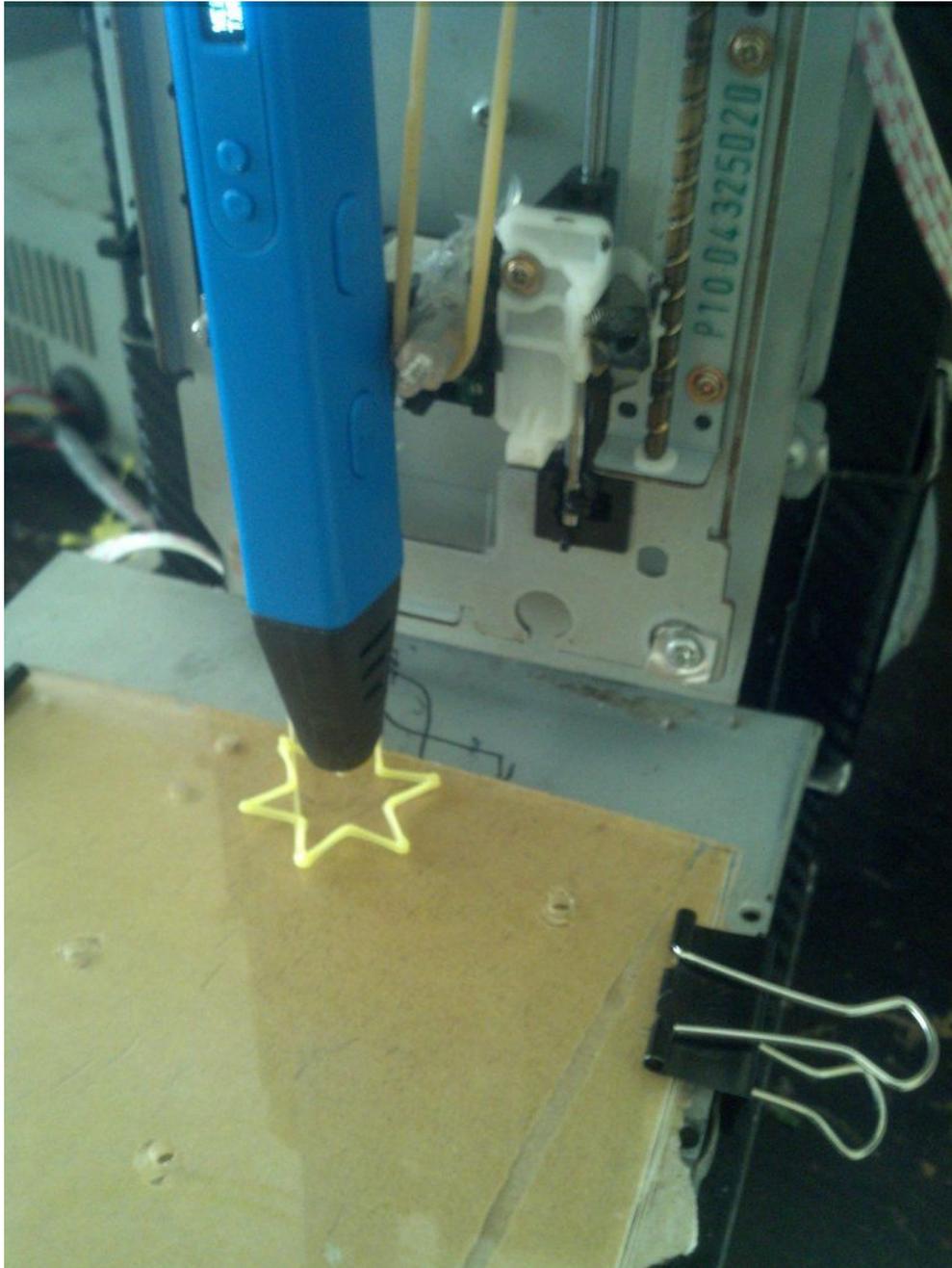




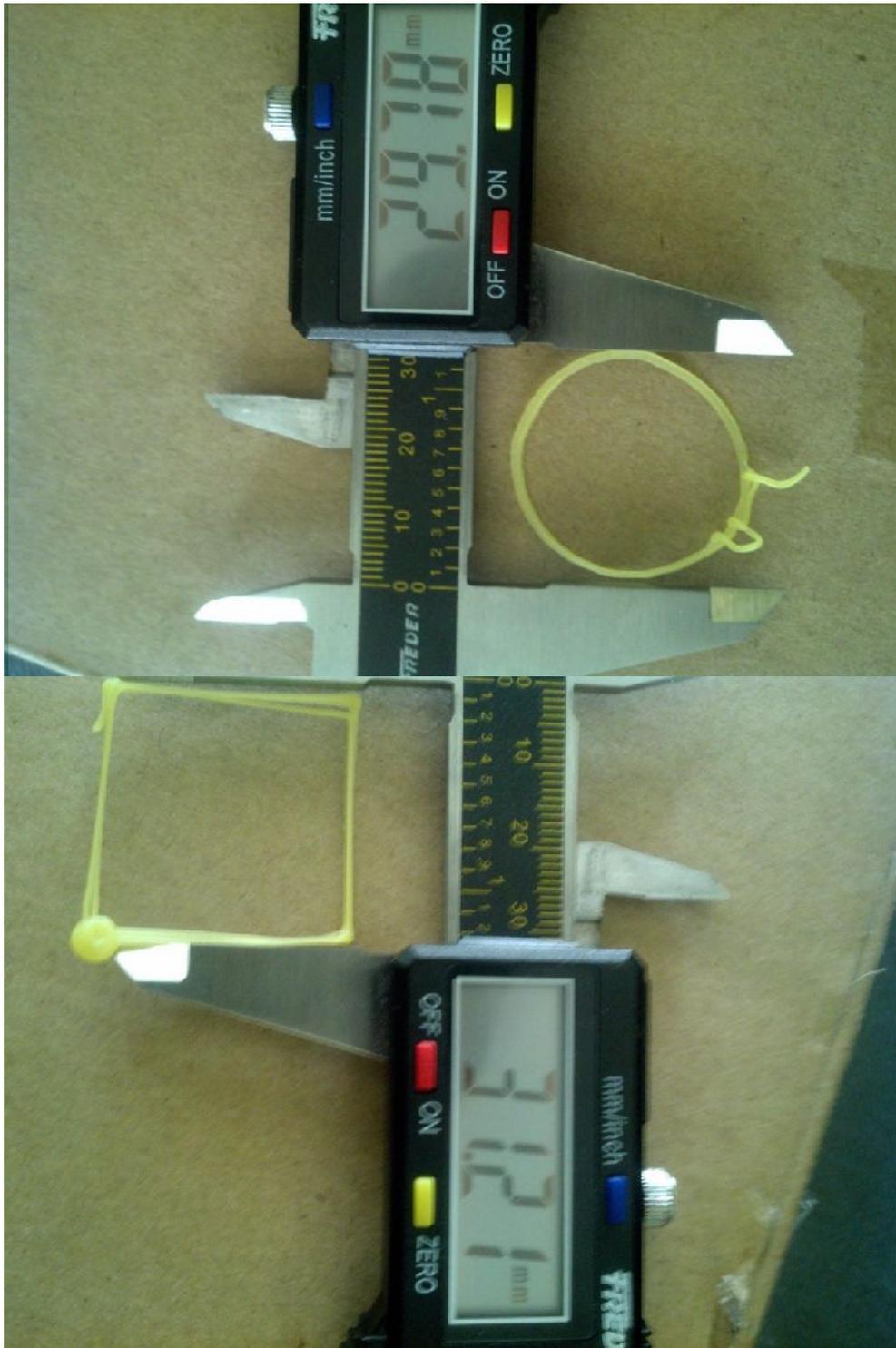




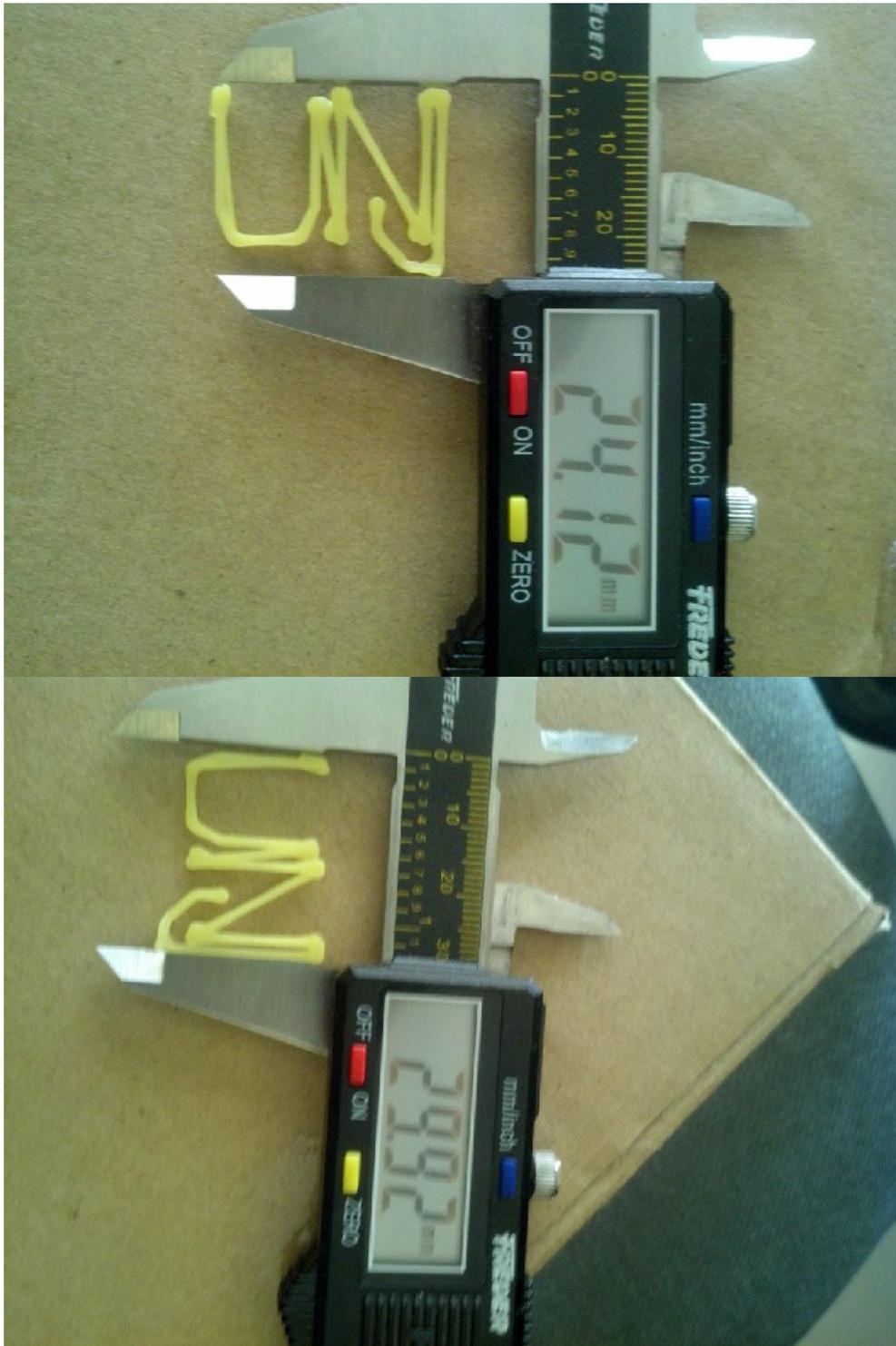






















RIWAYAT HIDUP



Yusuf Syani, lahir di Sragen pada tanggal 28 Maret 1994 dari pasangan suami istri bapak Syamsudin dan ibu Partini. Peneliti adalah anak pertama dari 3 bersaudara. Peneliti sekarang bertempat tinggal di Kp. Kandang Sapi No.71 RT.11/RW.06 Cakung Timur Jakarta Timur 13910.

Pendidikan yang telah ditempuh oleh peneliti yaitu SD Negeri 04 Cakung Timur lulus tahun 2006, SMP Negeri 262 Jakarta lulus tahun 2009, SMK Negeri 4 Jakarta lulus tahun 2012, dan mulai tahun 2012 mengikuti Program S1 Pendidikan Teknik Elektronika di Universitas Negeri Jakarta (UNJ).

Peneliti pernah bekerja di PT. Denko Wahana Industri sebagai Quality Control (QC) pada bulan Maret tahun 2011 hingga bulan Juli tahun 2011 dengan status magang, bekerja di PT. PLN sebagai Maintenance pada bulan Juli tahun 2015 hingga bulan Agustus tahun 2015 dengan status magang, bekerja di PT. Infinite Potensi sebagai Web Developer pada bulan Maret tahun 2016 hingga bulan Agustus tahun 2016 dengan status karyawan kontrak.