

**PERANCANGAN MESIN CNC (*COMPUTER NUMERICAL CONTROL*)
ROUTER DENGAN APLIKASI GRBL 0.9 CONTROL 3 AXIS
SISTEM X, Y DAN Z (*SOFTWARE*)**



LAPORAN AKHIR

**Disusun Untuk Memenuhi Peryaratan Menyelesaikan Pendidikan
Diploma III Pada Jurusan Teknik Elektro Program Studi
Teknik Telekomunikasi**

Oleh :

**M. HABIBURRAHMAN
0614 3033 0274**

**POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
PALEMBANG
2017**

PERANCANGAN MESIN CNC (*COMPUTER NUMERICAL CONTROL*)
ROUTER DENGAN APLIKASI GRBL 0.9 CONTROL 3 AXIS
SISTEM X, Y DAN Z (*SOFTWARE*)



LAPORAN AKHIR

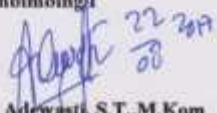
Disusun Untuk Memenuhi Persyaratan Menyelesaikan Pendidikan
Diploma III Pada Jurusan Teknik Elektro Program Studi
Teknik Telekomunikasi

Oleh :


M. HABIBURRAHMAN
0614 3033 0274

Menyetujui,

Pembimbing I



Hl. Adewasti, S.T., M.Kom
NIP.197201142001122001

Pembimbing II



Rosita Febriani, S.T., M.Kom
NIP. 197902012003122003

Mengetahui,

Ketua Jurusan
Teknik Elektro


Yudi Wijanarko, S.T., M.T
NIP. 196705111992031003

Ketua Program Studi
Teknik Telekomunikasi


Ciksadam, S.T., M.Kom.
NIP. 196809071993031003

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : M. Habiburrahman
NIM : 061430330274
Program Studi : Teknik Telekomunikasi (D-III)
Jurusan : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Laporan Akhir yang telah saya buat ini dengan judul "Perancangan Mesin CNC (*Computer Numerical Control*) Router dengan Aplikasi GRBL 0.9 Control 3 Axis Sistem X, Y dan Z (*Software*)" adalah benar hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan duplikasi, serta tidak mengutip sebagian atau seluruhnya dari karya orang lain, kecuali yang telah disebutkan sumbernya.

Palembang, Juli 2017

Penulis,



(M. Habiburrahman)
NIM. 061430330274

MOTTO

- **BERUSAHALAH JANGAN SAMPAI TERLENGAH WALAU HANYA SEDETIK, KARENA ATAS KELENGAHAN KITA TAK AKAN BISA DIKEMBALIKAN SEPERTI SEMULA.**
- **SETIAP PEKERJAAN DAPAT DISELESAIKAN DENGAN MUDAH BILA DIKERJAKAN DENGAN KEIKHLASAN**
- **KALAU CUMA BICARA MIMPI, KITA TAK AKAN BISA MELIHAT KENYATAAN (CONAN EDOGAWA – DETEKTIF CONAN)**
- **JANGAN LARI DARI TAKDIRMU SENDIRI (CONAN EDOGAWA)**

KUPERSEMBAHKAN KEPADA :

- **ALLAH SWT**
- **KEDUA ORANG TUAKU YANG TERCINTA**
- **SAUDARA-SAUDARA KANDUNGKU TERSAYANG**
- **PEMBIMBING I SAYA IBU HJ.ADEWASTI S.T.,M.KOM**
- **PEMBIMBING II SAYA IBU ROSITA FEBRIANI S.T.,M.KOM**
- **BAPAK/IBU DOSEN JURUSAN TEKNIK ELEKTRO PROGRAM STUDI TEKNIK TELEKOMUNIKASI**
- **SELURUH TEMAN-TEMAN SEPERJUANGAN KHUSUSNYA KELAS 6 TB**
- **ALMAMATERKU TERCINTA**

ABSTRAK
PERANCANGAN MESIN CNC ROUTER DENGAN APLIKASI GRBL 0.9
CONTROL 3 AXIS SISTEM X, Y DAN Z
(2017: xviii + 145 Halaman + 220 Gambar + 4 Tabel + 14 Lampiran + Daftar
Pustaka)

M. Habiburrahman
061 430 330 274
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
PROGRAM STUDI TEKNIK TELEKOMUNIKASI
ABSTRAK

Kemajuan teknologi saat ini semakin berkembang pesat dan telah memberikan dampak disegala bidang. Pekerjaan-pekerjaan yang dilakukan secara manual sekarang bisa dilakukan secara otomatis dengan adanya penggunaan teknologi bersistem otomasi sehingga dapat mempermudah dan menghemat tenaga manusia. Dengan hal tersebut, dirancangla sebuah mesin CNC untuk membantu dalam proses pembuatan layout pada PCB. Pada perancangan mesin CNC ini, digunakan sistem kendali berupa GRBL board yang terdiri dari mikrokontroller Arduino Nano, serta Driver Motor A4988 sebagai pengendali stepper motor. Mesin CNC ini dikendalikan dengan menggunakan software GRBL dimana ketika program dimasukkan kedalam software tersebut, stepper motor, spindle serta mata bor akan bergerak. Perancangan ini menggunakan 3 buah stepper motor dimana setiap stepper motor berfungsi untuk menggerakkan sumbu X, Y dan Z. Spindle digunakan sebagai pengendali mata bor yang berfungsi untuk mengukir layout pada PCB. Agar layout dapat terbaca oleh mesin, penulis menggunakan software PCB-Gcode untuk mengubah layout tersebut menjadi Gcode yang berisi sekumpulan kode yang mendeskripsikan hubungan/koneksi antara beberapa objek. Untuk membentuk G-Code dilakukan beberapa pengaturan pada software PCB-Gcode.

(Kata Kunci : *GRBL Board, Driver Motor A4988, Stepper Motor, Software GRBL, Spindle, PCB-Gcode*)

ABSTRACT

***THE DESIGN OF CNC ROUTER MACHINE WITH GRBL APPLICATION
0.9 CONTROL 3 AXIS SYSTEM X, Y AND Z
(2017 : xviii + 145 Pages + 220 Images + 4 Tables + 14 Attachments + List of
References)***

M. Habiburrahman

061 430 330 274

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT

MAJORING TELECOMMUNICATION ENGINEERING

ABSTRACT

The advancement of technology are growing rapidly and have impacted in all fields. Manually work can be replaced by automatically system with the use of automated technology so that the system can simplify and save the human's energy. Therefore, a CNC machine was designed to assist in the layout process on PCB. In CNC machine design, used control system in the form of GRBL board consist of Arduino Nano microcontroller, and Driver Motor A4988 as stepper motor controller. This CNC machine is controlled by using GRBL software when the program is inserted into the software, stepper motor, spindle and drill bit will move. This design uses 3 stepper motors where each stepper motor used to move the X, Y and Z axis. Spindle is used as a drill controller to carve the layout on the PCB. In order to make the layout is being able to be read by the machine, the author uses the PCB-Gcode software to change the layout into Gcode contains of code that describes the connection between multiple objects. To create the G-Code, put some settings on PCB-Gcode software.

(Keyword : *GRBL Board, Driver Motor A4988, Stepper Motor, Software GRBL, Spindle, PCB-Gcode*)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT karena atas berkat, rahmat dan karunia-Nyalah sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan akhir ini. Adapun judul yang diambil dalam penulisan laporan akhir ini adalah” Perancangan Mesin CNC Router dengan Aplikasi GRBL Control 3 Axis Sistem X, Y dan Z (*Software*)”.

Laporan Akhir ini ditulis untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Diploma III di Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Sriwijaya. Selama penyusunan laporan akhir ini penulis juga tidak terlepas dari bantuan dari berbagai pihak yang telah memberikan bimbingan baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga dalam penyelesaian laporan akhir ini dapat berjalan dengan tepat sesuai waktunya. Dengan terselesainya laporan kahir ini penulis mengucapkan rasa terima kasih bimbingan serta pengarahan yang telah diberikan oleh dosen pembimbing :

1. Ibu Hj. Adewasti, S.T., M.Kom selaku dosen pembimbing I
2. Ibu Rosita Febriani, S.T., M.Kom selaku dosen pembimbing II

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan laporan akhir ini :

1. BapakDR.Dipl.Ing. Ahmad Taqwa, M.T., selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang.
2. Bapak Yudi Wijanarko, S.T., M.T selakuKetua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya;
3. Bapak Herman Yani S.T. Meng selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya;
4. Bapak Ciksadan, S.T.,M.Kom., selaku Ketua Program Studi Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Sriwijaya.
5. Seluruh dosen, staf bengkel dan laboratorium Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Sriwijaya.

6. Kedua orang tua , saudara-saudara ku tercinta yang telah memberikan dukungan moril dan materil sehingga penulis mampu menyelesaikan laporan akhir ini.
7. Rekan-rekan yang telah membantu dalam menyelesaikan laporan akhir ini terkhususkan kelas 6TB Teknik Elektro Program Studi Teknik Telekomunikasi.

Dalam penyusunan laporan ini tentu saja banyak terdapat kekurangan dan kesalahan, untuk itu penulis dengan senang hati menerima kritik, saran dan masukan dari pembaca yang bersifat membangun untuk kesempurnaan laporan ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa Politeknik Negeri Sriwijaya, khususnya Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Telekomunikasi.

Palembang, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iii
MOTTO	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Pembatasan Masalah	3
1.4 Tujuan dan Manfaat	2
1.4.1 Tujuan	2
1.4.2 Manfaat	3
1.5 Metodologi Penulisan	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 CNC (<i>Computer Numerical Control</i>)	6
2.2 GRBL Controller	6
2.3 Motor Stepper	8
2.3.1 Pengertian Motor Stepper ...	8
2.3.2 Kontruksi Motor Stepper .	9
2.3.3 Prinsip Kerja Motor Stepper	11
2.3.4 Aplikasi Motor Stepper	14
2.4 Power Supply	15
2.4.1 Jenis-jenis Power Supply	17
2.5 Driver Motor A4988	18
2.5.1 Rangkaian Driver Motor A4988	18
2.5.2 IC A4988.....	19
2.6 Spindle	20
2.7 Ball Screw	21
2.8 Linear Bearing	22
2.8.1 Jenis Linear Ball Bearing.....	22
2.9 G-Code dan M-Code.....	25
BAB III RANCANG BANGUN ALAT.....	26
3.1 Umum	26

3.2 Tujuan Perancangan.....	26
3.3 Langkah-langkah Perancangan	26
3.4 Diagram Blok Rangkaian.....	27
3.5 Prinsip Kerja Alat	29
3.6 Perancangan Perangkat Keras	30
3.6.1 Perakitan Frame	32
3.6.2 Perakitan Serta Pemasangan Stepper Motor Pada Sumbu Y	33
3.6.3 Perakitan Serta Pemasangan Stepper Motor Pada Sumbu Z dan Sumbu X	34
3.6.4 Perakitan Perangkat Keras Secara Keseluruhan	36
3.6.5 Pemasangan Perangkat Elektronik.....	39
3.7 Perancangan Software.....	42
3.7.1 Instalasi Software EAGLE (<i>Easily Applicable Graphical Layout Editor</i>)	42
3.8 Pemrograman	47
3.8.1 Pemrograman Arduino.....	47
3.9 <i>Flowchart</i> Aplikasi Mesin CNC	49
3.10 Hasil Perancangan Mesin CNC Router.....	50
BAB IV PEMBAHASAN.....	49
4.1 Tujuan Pembahasan	49
4.2 <i>Flowchart</i> Aplikasi Mesin CNC Router	49
4.3 Mengkonversi Layout Pada <i>Software</i> Eagle Menjadi G-Code	50
4.4 Konfigurasi Mesin CNC Router dengan Menggunakan <i>Software</i> GRBL 0.9	61
4.4.1 Cara Mengkonfigurasi Mesin CNC Router dengan Menggunakan <i>Software</i> GRBL 0.9	61
4.5 Tampilan <i>Software</i> Ketika Memproses Gcode	64
4.6 Pengujian Sumbu X, Y dan Z Melalui <i>Software</i> GRBL.....	66
4.6.1 Hasil Pengujian Sumbu X, Y dan Z.....	66
4.6.2 Hasil Pengujian Sumbu X, Y dan Z Secara Bersamaan	67
4.7 Data <i>Software</i>	69
4.7.1 Program G-Code	69
4.7.2 Pembacaan G-Code.....	137
4.8 Analisa	141
4.9 Spesifikasi Mesin CNC Router dengan Aplikasi GRBL 0.9 Control 3 Axis Sistem X, Y dan Z.....	142
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	143
5.1 Kesimpulan	143
5.2 Saran.....	144
DAFTAR PUSTAKA	145
LAMPIRAN-LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Contoh Mesin CNC.....	6
Gambar 2.2 Control Boad GRBL	6
Gambar 2.3 Tampilan GRBL Controller.....	7
Gambar 2.4 Konfigurasi X,Y Dan Z	7
Gambar 2.5 <i>Preview</i> Desain yang Akan Dibuat	8
Gambar 2.6 Motor Stepper.....	9
Gambar 2.7 Pulsa Keluaran Motor Stepper	10
Gambar 2.8 Mikro Step dan Bagian dari Motor Stepper	10
Gambar 2.9 Bagian Stator Motor dan Rotor Motor Stepper.....	11
Gambar 2.10 Diagram Motor Stepper.....	14
Gambar 2.11 Power Supply (Adaptor).....	16
Gambar 2.12 Rangkaian Catu Daya.....	16
Gambar 2.13 Skematik Diagram A4988.....	19
Gambar 2.14 IC A4988	20
Gambar 2.15 IC A4988	20
Gambar 2.16 Spindle.....	21
Gambar 2.17 Skema Ball Screw	22
Gambar 2.18 Linear Bearing.....	22
Gambar 2.19 Ball Bearing Slides.....	23
Gambar 2.20 Roller Sliding Ball Bearing	24
Gambar 3.1 Diagram Blok Perancangan Mesin CNC Router dengan Aplikasi GRBL 0.9 Sistem 3 Axis X, Y dan Z	28
Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> Perancangan <i>Software</i>	30
Gambar 3.3 Tampilan Website Untuk Mendownload <i>Software</i> EAGLE.....	31
Gambar 3.4 Tampilan Eagle-win-6.2.0 Pada Folder Installan <i>Software</i> Eagle.....	32
Gambar 3.5 Tampilan Setup Pada Proses Instalasi <i>Software</i> Eagle.....	32
Gambar 3.6 Tampilan Proses Instalasi <i>Software</i> Eagle.....	33
Gambar 3.7 Tampilan <i>Setup</i> Program <i>Software</i> Eagle.....	33
Gambar 3.8 Tampilan <i>Licence Agreement</i> Pada Instalasi <i>Software</i> Eagle	34
Gambar 3.9 Tampilan <i>Choose Destination Directory</i> Pada Instalasi <i>Software</i> Eagle.....	34
Gambar 3.10 Tampilan Pemindehan Data Pada Instalasi <i>Software</i> Eagle.....	35
Gambar 3.11 Tampilan Proses Pemindehan Data Pada Instalasi <i>Software</i> Eagle.....	35
Gambar 3.12 Tampilan Eagle <i>License</i>	36
Gambar 3.13 Tampilan Proses Instalasi <i>Software</i> Eagle Selesai	36
Gambar 3.14 Tampilan Website Untuk Mendownload PCB-Gcode	37
Gambar 3.15 Tampilan <i>Software</i> Eagle	38
Gambar 3.16 Tampilan Folder <i>Directory</i> <i>Software</i> Eagle	38
Gambar 3.17 Tampilan Folder <i>Directory</i> <i>Software</i> Eagle	39
Gambar 3.18 Tampilan Folder PCB-Gcode.....	39

Gambar 3.19 Tampilan Folder PCB-Gcode didalam folder ULP <i>Software Eagle</i>	40
Gambar 3.20 Tampilan Directories Pada <i>Software Eagle</i>	40
Gambar 3.21 Tampilan Directories Pada Tampilan <i>Software Eagle</i>	41
Gambar 3.22 Tampilan Penyalinan Alamat Directories	41
Gambar 3.23 Tampilan Pemindahan alamat Directories	42
Gambar 3.24 Tampilan Penginstallan PCB-Gcode telah selesai	42
Gambar 3.25 Tampilan Folder Installan Driver CH340SER.....	43
Gambar 3.26 Tampilan CH340SER <i>application</i>	43
Gambar 3.27 Tampilan CH340SER <i>application</i> setelah dijalankan.....	44
Gambar 3.28 Tampilan Install untuk driver CH340SER.....	44
Gambar 3.29 Tampilan proses instalasi driver CH340SER.....	45
Gambar 3.30 Tampilan instalasi driver CH340SER telah selesai.....	45
Gambar 3.31 Tampilan folder instalasi <i>Software GRBL 0.9</i>	46
Gambar 3.32 Tampilan <i>GRBL Control application</i>	46
Gambar 3.33 Tampilan <i>software GRBL 0.9</i> telah terinstall	47
Gambar 3.34 Pemrograman Arduino	48
Gambar 4.1 <i>Flowchart</i> Aplikasi Mesin CNC Router.....	49
Gambar 4.2 Contoh Tampilan Layout Pada Eagle.....	50
Gambar 4.3 Tampilan sebelum membuka ULP	51
Gambar 4.4 Tampilan Setelah Membuka ULP	51
Gambar 4.5 Tampilan Generation Option Pada PCB-Gcode.....	52
Gambar 4.6 Tampilan Machine Setup Pada PCB-Gcode	54
Gambar 4.7 Tampilan Gcode Style Pada PCB-Gcode.....	55
Gambar 4.8 Tampilan Untuk Membuka ULP	56
Gambar 4.9 Tampilan Pada ULP Untuk Membuka pcb-gcode.ulp	56
Gambar 4.10 Tampilan Setelah Memilih pcb-gcode.ulp	57
Gambar 4.11 Tampilan saat pembacaan layout dan pembuatan Gcode.....	57
Gambar 4.12 Tampilan Setelah Pembuatan Gcode.....	58
Gambar 4.13 Tampilan File Gcode yang telah dibuat	58
Gambar 4.14 Tampilan <i>Software GRBL</i>	59
Gambar 4.15 Cara membuka File Gcode pada <i>Software GRBL</i>	59
Gambar 4.16 Tampilan Ketika akan Membuka File Gcode Pada <i>Software GRBL</i>	60
Gambar 4.17 Tampilan Layout beserta Gcode Pada <i>Software GRBL</i>	60
Gambar 4.18 Konfigurasi Sumbu X, Y dan Z	61
Gambar 4.19 Menu-menu pada <i>Software GRBL</i>	62
Gambar 4.20 Menu-menu pada <i>Software GRBL</i>	62
Gambar 4.21 Tampilan <i>Software</i> Ketika Proses Pengerjaan Sedang Berjalan (<i>Run</i>).....	64
Gambar 4.22 Tampilan <i>Software</i> Ketika Proses Pengerjaan Sedang Berjalan (<i>Run</i>).....	64
Gambar 4.23 Tampilan <i>Software</i> Ketika Proses Pengerjaan Diberhentikan Sementara (<i>Pause</i>)	65
Gambar 4.24 Tampilan <i>Software</i> Ketika Proses Pengerjaan Telah Selesai.....	65
Gambar 4.25 Tampilan <i>Software</i> Ketika Muncul Alarm.....	66

Gambar 4.26 Hasil Pengujian Sumbu X, Y dan Z Secara Bersamaan.....	67
Gambar 4.27 Proses Pengujian Sumbu X, Y dan Secara Bersamaan	68
Gambar 4.28 Proses Pengujian Sumbu X, Y dan Z dalam Pembuatan Gambar Layout	68
Gambar 4.29 Hasil Pengujian Sumbu X, Y dan Z Secara Bersamaan Dalam Pembuatan Gambar Layout	68
Gambar 4.30 Program G-Code	69
Gambar 4.31 Program G-Code	69
Gambar 4.32 Program G-Code	70
Gambar 4.33 Program G-Code	70
Gambar 4.34 Program G-Code	71
Gambar 4.35 Program G-Code	71
Gambar 4.36 Program G-Code	72
Gambar 4.37 Program G-Code	72
Gambar 4.38 Program G-Code	73
Gambar 4.39 Program G-Code	73
Gambar 4.40 Program G-Code	74
Gambar 4.41 Program G-Code	74
Gambar 4.42 Program G-Code	75
Gambar 4.43 Program G-Code	75
Gambar 4.44 Program G-Code	76
Gambar 4.45 Program G-Code	76
Gambar 4.46 Program G-Code	77
Gambar 4.47 Program G-Code	77
Gambar 4.48 Program G-Code	78
Gambar 4.49 Program G-Code	78
Gambar 4.50 Program G-Code	79
Gambar 4.51 Program G-Code	79
Gambar 4.52 Program G-Code	80
Gambar 4.53 Program G-Code	80
Gambar 4.54 Program G-Code	81
Gambar 4.55 Program G-Code	81
Gambar 4.56 Program G-Code	82
Gambar 4.57 Program G-Code	82
Gambar 4.58 Program G-Code	83
Gambar 4.59 Program G-Code	83
Gambar 4.60 Program G-Code	84
Gambar 4.61 Program G-Code	84
Gambar 4.62 Program G-Code	85
Gambar 4.63 Program G-Code	85
Gambar 4.64 Program G-Code	86
Gambar 4.65 Program G-Code	86
Gambar 4.66 Program G-Code	87
Gambar 4.67 Program G-Code	87
Gambar 4.68 Program G-Code	88
Gambar 4.69 Program G-Code	88

Gambar 4.70 Program G-Code	89
Gambar 4.71 Program G-Code	89
Gambar 4.72 Program G-Code	90
Gambar 4.73 Program G-Code	90
Gambar 4.74 Program G-Code	91
Gambar 4.75 Program G-Code	91
Gambar 4.76 Program G-Code	92
Gambar 4.77 Program G-Code	92
Gambar 4.78 Program G-Code	93
Gambar 4.79 Program G-Code	93
Gambar 4.80 Program G-Code	94
Gambar 4.81 Program G-Code	94
Gambar 4.82 Program G-Code	95
Gambar 4.83 Program G-Code	95
Gambar 4.84 Program G-Code	96
Gambar 4.85 Program G-Code	96
Gambar 4.86 Program G-Code	97
Gambar 4.87 Program G-Code	97
Gambar 4.88 Program G-Code	98
Gambar 4.89 Program G-Code	98
Gambar 4.90 Program G-Code	99
Gambar 4.91 Program G-Code	99
Gambar 4.92 Program G-Code	100
Gambar 4.93 Program G-Code	100
Gambar 4.94 Program G-Code	101
Gambar 4.95 Program G-Code	101
Gambar 4.96 Program G-Code	102
Gambar 4.97 Program G-Code	102
Gambar 4.98 Program G-Code	103
Gambar 4.99 Program G-Code	103
Gambar 4.100 Program G-Code	104
Gambar 4.101 Program G-Code	104
Gambar 4.102 Program G-Code	105
Gambar 4.103 Program G-Code	105
Gambar 4.104 Program G-Code	106
Gambar 4.105 Program G-Code	106
Gambar 4.106 Program G-Code	107
Gambar 4.107 Program G-Code	107
Gambar 4.108 Program G-Code	108
Gambar 4.109 Program G-Code	108
Gambar 4.110 Program G-Code	109
Gambar 4.111 Program G-Code	109
Gambar 4.112 Program G-Code	110
Gambar 4.113 Program G-Code	110
Gambar 4.114 Program G-Code	111
Gambar 4.115 Program G-Code	111

Gambar 4.116 Program G-Code	112
Gambar 4.117 Program G-Code	112
Gambar 4.118 Program G-Code	113
Gambar 4.119 Program G-Code	113
Gambar 4.120 Program G-Code	114
Gambar 4.121 Program G-Code	114
Gambar 4.122 Program G-Code	115
Gambar 4.123 Program G-Code	115
Gambar 4.124 Program G-Code	116
Gambar 4.125 Program G-Code	116
Gambar 4.126 Program G-Code	117
Gambar 4.127 Program G-Code	117
Gambar 4.128 Program G-Code	118
Gambar 4.129 Program G-Code	118
Gambar 4.130 Program G-Code	119
Gambar 4.131 Program G-Code	119
Gambar 4.132 Program G-Code	120
Gambar 4.133 Program G-Code	120
Gambar 4.134 Program G-Code	121
Gambar 4.135 Program G-Code	121
Gambar 4.136 Program G-Code	122
Gambar 4.137 Program G-Code	122
Gambar 4.138 Program G-Code	123
Gambar 4.139 Program G-Code	123
Gambar 4.140 Program G-Code	124
Gambar 4.141 Program G-Code	124
Gambar 4.142 Program G-Code	125
Gambar 4.143 Program G-Code	125
Gambar 4.144 Program G-Code	126
Gambar 4.145 Program G-Code	126
Gambar 4.146 Program G-Code	127
Gambar 4.147 Program G-Code	127
Gambar 4.148 Program G-Code	128
Gambar 4.149 Program G-Code	128
Gambar 4.150 Program G-Code	129
Gambar 4.151 Program G-Code	129
Gambar 4.152 Program G-Code	130
Gambar 4.153 Program G-Code	130
Gambar 4.154 Program G-Code	131
Gambar 4.155 Program G-Code	131
Gambar 4.156 Program G-Code	132
Gambar 4.157 Program G-Code	132
Gambar 4.158 Program G-Code	133
Gambar 4.159 Program G-Code	133
Gambar 4.160 Program G-Code	134
Gambar 4.161 Program G-Code	134

Gambar 4.162 Program G-Code	135
Gambar 4.163 Program G-Code	135
Gambar 4.164 Program G-Code	136
Gambar 4.165 Program G-Code	136
Gambar 4.166 Program G-Code	137

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Formasi Tegangan / Logika pada Stepper Motor	13
Tabel 2.2 Formasi Double Active Bit Untuk Mode Putaran Full Step	14
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Alat untuk Sumbu X,Y dan Z.....	66
Tabel 4.2 Keterangan Dari Contoh Program Gcode	137

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Surat Kesepakatan Bimbingan Laporan Akhir Pembimbing I
Lampiran 2	Surat Kesepakatan Bimbingan Laporan Akhir Pembimbing II
Lampiran 3	Lembar Bimbingan Laporan Akhir Pembimbing I
Lampiran 4	Lembar Bimbingan Laporan Akhir Pembimbing II
Lampiran 5	Surat Permohonan Meminjam Alat
Lampiran 6	Lembar Rekomendasi Ujian Laporan Akhir
Lampiran 7	Lembar Revisi Laporan Akhir
Lampiran 8	Progress Kemajuan Laporan Akhir
Lampiran 9	Bukti Penyerahan Hasil Karya / Rancang Bangun
Lampiran 10	List Program
Lampiran 11	Program / Setting <i>Software</i> GRBL
Lampiran 12	Prosedur Pembuatan Layout
Lampiran 13	Tabel G-Code dan M-Code
Lampiran 14	Hasil Perancangan Mesin CNC Router