

**RANCANG BANGUN MESIN *CNC* (COMPUTER NUMERICAL CONTROL)
MILLING 3 AXIS BERBASIS MICROKONTROLLER DENGAN SOFTWARE
MACH3**

SKRIPSI



**OLEH :
WAHYU QOIRUL MUALIM
NPM.17520035**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH METRO
2021**



**RANCANG BANGUN MESIN *CNC* (COMPUTER NUMERICAL CONTROL)
MILLING 3 AXIS BERBASIS MICROKONTROLLER DENGAN SOFTWARE
MACH3**

SKRIPSI

**Diajukan
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Dalam Menyelesaikan Program Sarjana**

**WAHYU QOIRUL MUALIM
NPM.17520035**

**PRODI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH METRO
2021**

ABSTRAK

Mesin cnc milling ini adalah mesin perkakas yang bekerja pada 3 sumbu yaitu X, Y, dan Z. Mesin cnc ini menggunakan system control mach3 yang mana bisa menggerakkan dua sampai enam sumbu sekaligus, mesin ini akan bekerja sesuai dengan pola gambar yang di buat menggunakan Software aspire vectric dalam bentuk G-code. mesin cnc milling dapat memotong dan mengukir bahan seperti akrilik, kayu, dan keramik dengan jumlah besar karena proses pengerjaan yang cepat dan teliti, maka dari itu penulis merancang mesin cnc milling guna dapat mempercepat pekerjaan sehingga dapat menunjang proses produksi. Tujuan dari penelitian yaitu untuk mengetahui bentuk dimensi, proses pembuatan, cara mengoprasikan, dan untuk mengetahui tingkat akurasi yang di hasilkan oleh mesin cnc milling 3 axis. Metode penelitian yang dilakukan adalah eksperimental dengan merancang dan membuat serta menguji mesin cnc milling 3 axis. Pengujian dilakukan dengan mengoprasikan mesin cnc milling 3 axis pada variasi laju kecepatan potong 50,100, 150 mm/menit. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan mesin cnc milling memiliki bentuk dan dimensi 500x500x300 mm, langkah awal proses pembuatan mesin cnc milling yaitu dengan Merancang menggunakan software inventor. mendesign pola gambar menggunakan software aspire vectic adalah langkah awal untuk mengoprasikan mesin cnc dengan mengonversi gambar menjadi G-code untuk di masukkan ke dalam software mach3. Hasil pengujian dengan tingkat akurasi yang paling tinggi yaitu dengan pola gambar segitiga pada feedrate 150 mm/menit dan yang terkecil pada pola gambar persegi dengan feedrate 50 mm/menit.

Kata kunci: Rancang Bangun Mesin Cnc Milling, Software Mach3, Aspire Vectric.

ABSTRACT

This CNC milling machine is a tooling machine that works on 3 axes namely X, Y, and Z. This CNC machine uses mach3 control system which can drive two to six axes at once. The machine will work in accordance with the pattern of the image created using software aspire vectric in the form of G-code. Machine CNC milling can cut and engrave materials seperti acrylic, wood, and ceramics in large quantities due to the fast and meticulous workmanship process, therefore the author designed CNC milling machine in order to accelerate the work so as to support the production process. The purpose of the research is to know the shape of dimensions, the process of foaming, how to optimize, and to know the level of accuracy produced by CNC milling machines 3 axis. The research method conducted is experimental by designing and making and testing 3 axis CNC milling machines. Testing was conducted by optimizing the 3 axis CNC milling machine at a cut speed variation of 50,100, 150 mm/min. From the results of the research can be concluded that CNC milling machine has a shape and dimensions of 500x500x300 mm. The beginning steps of the process of making CNC milling machine is by designing it using inventor software. Designing image pattern using aspire vectic software is the first step to applying CNC machine by converting the image into G-code to be inserted into mach3 software. The test results with the highest level of accuracy are with a triangular image pattern at a feedrate of 150 mm/min and the smallest on a square image pattern with a feedrate of 50 mm/min.

Keywords: Design CNC Milling Machine, Mach3 Software, Aspire Vectric.

RINGKASAN

Wahyu Qoirul Muallim. 2021. *Rancang Bangun Mesin Cnc (Computer Numerical Control) Milling 3 Axis Berbasis Mikrokontroler Dengan Software Mach3*. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Metro. Pembimbing (1) Asroni, S.T.,M.T. Dan Pembimbing (2) Mafruddin, S.T.,M.T.

Kata Kunci: Mesin Cnc Milling, Software Mach3, Aspire Vectric.

Mesin cnc milling ini adalah mesin perkakas yang bekerja pada 3 sumbu yaitu sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z. Mesin cnc milling 3 axis menggunakan system control mach3 yang mana bisa menggerakkan dua sampai enam sumbu sekaligus, mesin ini akan bekerja sesuai dengan pola gambar benda kerja yang di buat menggunakan Software aspire vectric. System controler pada mesin cnc milling merupakan gabungan dari beberapa komponen yang di hubungkan menggunakan kabel yang terhubung pada setiap komponen. Beberapa komponen penting yang terdapat dalam mesin cnc milling diantaranya adalah komputer/laptop, *motor driver*, *breakout board*, *motor stepper nema*, *power supply*. Salah satu faktor yang berpengaruh dalam mesin cnc milling adalah konstruksi rangka yang tidak kokoh yang menyebabkan getaran berlebih sehingga akan mengurangi tingkat keakuratan pada hasil pemotongan media kerja. Dalam kebutuhannya mesin cnc milling berperan penting dalam produksi manufaktur, sehingga mempermudah dalam pengerjaannya. Berdasarkan uraian di atas peneliti akan memfokuskan untuk merancang bangun mesin cnc milling 3 axis.

Tujuan dari penelitian yaitu untuk mengetahui bentuk dan dimensi, proses pembuatan mesin, cara mengoperasikan mesin cnc milling, dan untuk mengetahui tingkat akurasi yang di hasilkan oleh mesin cnc milling 3 axis dengan variasi kecepatan laju pemotongan (feedrate).

Metode penelitian yang dilakukan adalah eksperimental dengan merancang dan membuat serta menguji mesin cnc milling 3 axis. Pengujian dilakukan dengan mengoperasikan mesin cnc milling 3 axis untuk mengetahui kinerja dari mesin cnc yang dibuat. Pengujian dilakukan dengan variasi bentuk gambar persegi panjang, lingkaran, dan segitiga sama sisi dengan laju kecepatan potong 50,100,150 mm/menit.

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kecepatan potong (feedrate) berpengaruh terhadap keakuratan mesin cnc milling. Perubahan dimensi tertinggi diperoleh pada laju kecepatan potong (feedrate) 150 mm/menit, pada gambar segitiga dengan jumlah keliling awal 156,99 mm dan hasil akhir 155,06 mm, selisih 1,93 mm. Sedangkan perubahan dimensi terkecil pada laju kecepatan potong (feedrate) 50 mm/menit, Pada bagian gambar persegi dengan jumlah keliling awal 157 mm dan hasil akhir 157,08 mm. dengan selisih 0,08 mm. Dari semua perubahan dimensi di sebabkan oleh getaran dari kecepatan laju pemotongan dan kekerasan media yang di potong mempengaruhi tingkat akurasi benda kerja pada saat proses pemakanan.

PERSETUJUAN


Skripsi oleh **WAHYU QOIRUL MUALIM** ini,
Telah diperbaiki dan disetujui untuk diuji komprehensif

Metro, 29 Juli 2021


Pembimbing I


Asroni, S.T.,M.T
NIDN.0212128703

Pembimbing II


Mafuddin, S.T.,M.T.
NIDN. 0215019001

Ketua Program Studi


Asroni, S.T., M.T
NIDN.0212128703



PENGESAHAN

Skripsi oleh **WAHYU QOIRUL MUALIM** ini,
Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
Pada tanggal, 27 Agustus 2021

Tim Penguji



Asroni, S.T.,M.T. Anggota Penguji I




Mafruddin, S.T.,M.T. Anggota Penguji II



Eko Nugroho, S.T.,M.Eng. Ketua penguji

Mengetahui
Fakultas Teknik
Dekan,




Kemas Ridhuan, S.T., M.Eng.
NIDN. 02100969004

MOTTO

وَلَا تَهِنُوا وَلَا تَحْزَنُوا وَأَنْتُمْ الْأَعْلَوْنَ إِنْ كُنْتُمْ مُؤْمِنِينَ

Artinya :

"Janganlah kamu bersikap lemah dan janganlah pula kamu bersedih hati, padahal kamulah orang-orang yang paling tinggi derajatnya jika kamu beriman."

(Q.S. Ali Imran : 139)

“Jika kamu lelah, istirahatlah. Bukan meninggalkan”

(Wahyu Qoirul Muallim)

PERSEMBAHAN

Rasa syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan tepat waktu. Skripsi ini kupersembahkan kepada:

1. Ibunda Sriyati dan ayahanda Mugito, teristimewa ku persembahkan kepada kedua orang tuaku tercinta dan tersayang yang telah mendidik, merawat dan menyayangiku dengan penuh kasih sayang yang tidak akan terganti, senantiasa memberi keteduhan dalam hidupku dan tidak henti-hentinya selalu memberikan do'a serta dukungan tanpa lelah demi keberhasilan studiku.
2. Bapak Ibu Dosen Prodi Teknik Mesin UM Metro
3. Almamater tercinta Universitas Muhammadiyah Metro.
4. Sahabatku
5. Tim Cnc
6. Dan lain-lain.

KATA PENGANTAR



Segala puji bagi Allah, Tuhan semesta alam, atas Berkah dan Rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi hingga selesai. Dimana laporan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan program study strata 1 teknik mesin. Adapun judul laporan yang di ambil penulis adalah “Rancang Bangun Mesin Cnc (Computer Numerical Control) Milling 3 Axis Berbasis Mikrokontroler Dengan Software Mach3”

Dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar besarnya kepada :

1. Drs. Jazim Ahmad, MPd. Selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Metro.
2. Kemas Ridhuan, S.T.,M.Eng. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Metro.
3. Asroni, S.T.,M.T. Selaku Ketua Jurusan dan dosen pembimbing I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Metro.
4. Mafruddin, S.T.,M.T. Selaku dosen pembimbing II.
5. Kepada kedua orang tua yang telah memberi doa dan dukungan dalam menyelesaikan penulisan laporan ini.
6. Tim Cnc Yang Senantiasa Kompak Selama Pembuatan Mesin Cnc Ini.
7. Serta semua pihak yang telah membantu hingga laporan ini selesai, semoga mendapat balasan yang sesuai dari Allah SWT.

Penyusun menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam laporan ini. Oleh karenanya, penyusun sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun. penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat terutama bagi diri penulis dan juga teman teman yang membacanya dan memberikan tambahan ilmu pengetahuan kepada kita.

Metro, Juli 2021
Penulis,

Wahyu Qoirul Mualim
NPM.17520035

PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Danang Sulistiyo
Npm : 17520012
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Metro

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul "Pengaruh Suhu Distilasi Asap Cair Grade 3 Terhadap Laju Pemanasan Dan Hasil Asap Cair" adalah benar karya saya dan bukan hasil plagiat. Apabila dikemudian hari terdapat unsur plagiat dalam skripsi tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi berupa pencabutan gelar akademik sarjana dan akan mempertanggungjawabkan secara hukum.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya.

Metro, 26 Agustus 2021

Yang membuat pernyataan



Danang Sulistiyo

Npm 17520012



**UNIT PUBLIKASI ILMIAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
METRO**



Alamat:

Jl. Ki Hajar Dewantara No. 116 Iringmulyo,
Kec. Metro Timur Kota Metro, Lampung,
Indonesia

Website: www.upi.ummetro.ac.id
E-mail: upi@ummetro.ac.id

SURAT KETERANGAN UJI KESAMAAN (SIMILARITY CHECK)

Nomor: 2248/II.3.AU/F/UPI-UK/2021

Unit Publikasi Ilmiah Universitas Muhammadiyah Metro dengan ini menerangkan bahwa:

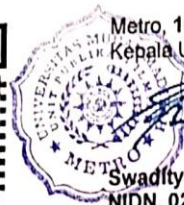
Nama : WAHYU QOIRUL MUALIM
NPM : 17520035
Jenis Dokumen : SKRIPSI

Judul:

RANCANG BANGUN MESIN CNC (COMPUTER NUMERICAL CONTROL) MILLING 3 AXIS BERBASIS MICROKONTOLLER DENGAN SOFTWARE MACH3

Telah dilakukan validasi berupa Uji Kesamaan (*Similarity Check*) dengan menggunakan aplikasi *Turnitin*. Dokumen yang telah diperiksa dinyatakan telah memenuhi syarat bebas uji kesamaan (*similarity check*) dengan persentase kesamaan $\leq 20\%$. Hasil pemeriksaan uji kesamaan terlampir.

Demikian kami sampaikan untuk digunakan sebagaimana mestinya.



Metro, 16 Agustus 2021
Kepala Unit,

Swaditya Rizki, S.Si., M.Sc.
NIDN. 0224018703

DAFTAR ISI

HALAMAN COVER	i
LEMBAR LOGO	ii
HALAMAN JUDUL.....	iii
ABSTRAK.....	iv
RINGKASAN.....	v
PERSETUJUAN	vi
PENGESAHAN	vii
MOTTO	viii
PERSEMBAHAN	ix
KATA PENGANTAR	x
PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	xi
SURAT KETERANGAN UJI KESAMAAN (SIMILARITY CHECK).....	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xxii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Kegunaan Penelitian	4
E. Ruang Lingkup Penelitian	4
BAB II KAJIAN LITERATUR	5
A. Mesin cnc milling	5
1. Pengertian rancang bangun.....	6
2. Tahapan perancangan.....	6
3. Tujuan perancangan.....	7
4. Mesin cnc milling 3 axis	8
B. Penelitian yang relevan	23
C. Kerangka pemikiran	25
BAB III METODE PENELITIAN	27
A. Desain penelitian	27
1. Metode penelitian.....	27

2. Tahapan penelitian	29
3. Waktu Dan Tempat	27
4. Diagram Alir Penelitian.....	28
B. Tahapan Penelitian	29
1. Teknik sampling	29
2. Tahapan	29
C. Teknik pengumpulan data	30
1. Studi pustaka	30
2. Observasi	30
3. Tanya jawab	30
D. Instrumen penelitian	30
1. Alat	30
2. Bahan	36
E. Teknik analisis data	47
1. Lembar pengujian.....	47
2. Desain gambar pengujian mesin cnc milling 3 axis	48
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	49
A. Gambaran umum.....	49
B. Hasil Penelitian.....	49
1. Deskripsi data	49
a. Bentuk dan dimensi mesin cnc milling 3 axis	49
b. Proses pembuatan mesin cnc milling 3 axis	50
c. Cara mengoperasikan mesin cnc milling 3 axis.	64
d. Tingkat akurasi mesin cnc milling 3 axis.	75
C. Pembahasan	77
1. Tingkat akurasi pada pemotongan alur lingkaran	77
2. Tingkat akurasi pada pemotongan alur persegi.....	78
3. Tingkat akurasi pada pemotongan alur segitiga sama sisi	79
4. Tingkat akurasi sudut pada alur segitiga sama sisi	81
BAB V PENUTUP	82
A. Simpulan	82
B. Saran	86
DAFTAR LITERATUR	87
LAMPIRAN.....	90

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Pengujian alur persegi	47
Tabel 2. pengujian alur lingkaran	47
Tabel 3. pengujian alur segitiga	48
Tabel 4. pengujian sudut segitiga	48
Tabel 5. hasil uji pemotongan alur persegi.....	75
Tabel 6. hasil uji pemotongan alur lingkaran	76
Tabel 7. hasil uji pemotongan alur segitiga	77
Tabel 8. hasil uji pengukuran sudut segitiga	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Mesin cnc milling 3 axis	7
Gambar 2. Prinsip kerja mesin cnc.....	10
Gambar 3. Program absolute	11
Gambar 4. Program incremental	11
Gambar 5. Blog diagram	12
Gambar 6. Diagram blok sistem kendali	12
Gambar 7. Sistem <i>open loop</i>	13
Gambar 8. Sistem close loop	14
Gambar 9. Tampilan awal mach3 milling.....	15
Gambar 10. Software autodesk inventor professional 2016	17
Gambar 11. Tampilan software aspire	19
Gambar 12. Controller cnc mach3	20
Gambar 13. Motor stepper nema 17	20
Gambar 14. Stepper motor driver.....	21
Gambar 15. Power supply	21
Gambar 16. Spindle motor	21
Gambar 17. Automatic tool	22
Gambar 18. Limit switch	22
Gambar 19. Emergency stop	23
Gambar 20. Tampilan software mach3	23
Gambar 21. Diagram kerangka pemikiran.....	26
Gambar 22. Diagram alir.....	28
Gambar 23. Design mesin cnc milling 3 axis	29
Gambar 24. Rangkaian indikator mesin cnc milling 3 axis.....	29
Gambar 25. Gerinda	31
Gambar 26. Mesin las listrik.....	31
Gambar 27. Bor tangan	32
Gambar 28. Bor duduk.....	32
Gambar 29. Palu.....	33
Gambar 30. Penggaris siku.....	33
Gambar 31. Meteran.....	33
Gambar 32. Jangka sorong.....	34
Gambar 33. Solder.....	34

Gambar 34. Timah.....	34
Gambar 35. Obeng	35
Gambar 36. Kunci I	35
Gambar 37. Kunci tang	35
Gambar 38. Gunting	35
Gambar 39. Multitester	36
Gambar 40. Alumunium profile	36
Gambar 41. Besi holo	37
Gambar 42. Plat besi	37
Gambar 43. Bracket mount z axis	37
Gambar 44. X z axis carriage.....	38
Gambar 45. Bracket nema 17	38
Gambar 46. Linier shaft	38
Gambar 47. Ball screw.....	39
Gambar 48. Bracket siku.....	39
Gambar 49. Flexible coupling	39
Gambar 50. Mata milling	40
Gambar 51. Pisau frais lurus.....	40
Gambar 52. Pisau frais sisi	41
Gambar 53. Pisau frais potong	41
Gambar 54. Pisau frais sudut.....	42
Gambar 55. Pisau frais jari (end mill cutter)	43
Gambar 56. Pisau frais muka (face mill cutter).....	44
Gambar 57. T-slot milling cutter	44
Gambar 58. Keyseat cutter	45
Gambar 59. Pisau frais bentuk.....	45
Gambar 60. Baut L	45
Gambar 61. Mur	46
Gambar 62. Saklar.....	46
Gambar 63. Kipas pendingin.....	46
Gambar 64. Kabel	47
Gambar 65. Dimensi gambar persegi	48
Gambar 66. Dimensi gambar lingkaran.....	48
Gambar 67. Dimensi gambar segitiga sama sisi	48
Gambar 68. Dimensi mesin cnc milling 3 axis	50

Gambar 69. Tampilan Awal Software Inventor Profesional	51
Gambar 70. Design sketch Aluminium Profile	51
Gambar 71. Design 3D Aluminium Profile	51
Gambar 72. Linier shaft	52
Gambar 73. Area kerja mesin cnc.....	52
Gambar 74. Part sumbu X dan Z	53
Gambar 75. Cekam spindle	53
Gambar 76. Designudukan area kerja.....	53
Gambar 77. part bracket sumbu x.....	54
Gambar 78. Motor stepper nema 17	55
Gambar 79. Bracket nema 17	55
Gambar 80. Perakitan pada sumbu X dan Z	55
Gambar 81. Assembly sumbu x dan z.....	56
Gambar 82. Assembly sumbu Y.....	56
Gambar 83. Assembly part dudukan area kerja	57
Gambar 84. Assembly part area kerja.....	57
Gambar 85. Menggabungkan sumbu X dan Y	57
Gambar 86. Design frame bawah mesin cnc milling 3 axis	57
Gambar 87. Hasil Design Mesin CNC 3 Axis full Assembly.....	58
Gambar 88. Frame dasar cnc milling 3 axis	59
Gambar 89. Gambar 22. Bracket nema 17	59
Gambar 90. Bracket linier bearing sumbu X.....	60
Gambar 91. Dudukan area kerja.....	60
Gambar 92. Papan area kerja.....	61
Gambar 93. Sumbu Z	61
Gambar 94. Sumbu Y	62
Gambar 95. Sumbu X	63
Gambar 96. Sumbu X Y dan Z.....	63
Gambar 97. Mesin cnc milling 3 axis.....	64
Gambar 98. Extract file mach3.....	65
Gambar 99. Instal software mach3	66
Gambar 100. Proses penginstalan software mach3.....	66
Gambar 101. Hasil instal software mach3.....	66
Gambar 102. Tampilan awal software mach3.....	67
Gambar 103. Setting mach3.....	67

Gambar 104. Configurasi port mach3	67
Gambar 105. Setting motor outputs	68
Gambar 106. Setting input signals	68
Gambar 107. Setting probe & Estop	68
Gambar 108. Setting output signals	69
Gambar 109. Mengatur homing/limits	69
Gambar 110. Home limits	70
Gambar 111. Set Step Per Unit	70
Gambar 112. Kalibrasi sumbu	70
Gambar 113. Jarak kalibrasi	71
Gambar 114. Hasil uji kalibrasi sumbu X	71
Gambar 115. Memasukkan nilai hasil uji sumbu X	71
Gambar 116. Software aspire	72
Gambar 117. Mengatur area kerja	72
Gambar 118. Mendesign 2D benda uji	72
Gambar 119. Tampilan tool	73
Gambar 120. Mengatur tool	73
Gambar 121. Simulasi toolpath	73
Gambar 122. Save toolpath menjadi Gcode	74
Gambar 123. Load G-code	74
Gambar 124. Hasil load G- code	74
Gambar 125. Lebar segitiga	75
Gambar 126. Diameter lingkaran	75
Gambar 127. lebar kotak	75
Gambar 128. Panjang kotak	75
Gambar 129. Sumbu persegi panjang	76
Gambar 130. Sumbu lingkaran	76
Gambar 131. Sudut dan sisi segitiga	77
Gambar 132. Grafik Perbandingan hasil pemotongan alur lingkaran	78
Gambar 133. Grafik Perbandingan akurasi pemotongan alur lingkaran	78
Gambar 134. Grafik Perbandingan hasil pemotongan dengan alur persegi	79
Gambar 135. Grafik Perbandingan akurasi kecepatan potong alur persegi	79

Gambar 136. Grafik Perbandingan hasil pemotongan dengan alur segitiga sama sisi.....	80
Gambar 137. Grafik Perbandingan akurasi kecepatan potong alur segitiga sama sisi.....	80
Gambar 138. Grafik Perbandingan hasil pengukuran sudut segitiga.....	81
Gambar 139. Grafik Perbandingan akurasi pada sudut segitiga	81
Gambar 140. Bentuk dan dimensi Mesin cnc milling 3 axis	82

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil pengujian.....	90
Lampiran 2. Lembar Asistensi.....	91
Lampiran 3. Dokumentasi kegiatan penelitian.....	93
Lampiran 4. Gambar Desain	94
Lampiran 5. Tabel Komponen mesin cnc milling 3 axis.....	100
Lampiran 6. Tabel alat untuk membuat mesin cnc milling 3 axis	102
Lampiran 7. Tabel bahan untuk membuat mesin cnc milling 3 axis.....	103
Lampiran 8. Wiring diagram cnc milling 3 axis berbasis mach3	107