

**RANCANG BANGUN *CNC MINI ROUTER 3 AXIS*
BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Guna Meraih Gelar Sarjana S-1



Oleh :

**MUKHLIS SUKMAJAYA
1011511040**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BANGKA BELITUNG
2019**

HALAMAN PERSETUJUAN

SKRIPSI

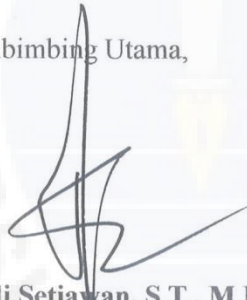
RANCANG BANGUN *CNC MINI ROUTER 3 AXIS* BERBASIS
MIKROKONTROLER ARDUINO

Dipersiapkan dan disusun oleh:

MUKHLIS SUKMAJAYA
1011511040

Telah dipertahankan didepan dewan penguji
Tanggal 31 Juli 2019

Pembimbing Utama,



Yudi Setiawan, S.T., M.Eng
NP.107605018

Pembimbing Pendamping,



R. Priyoko Prayitnoadi, M.Eng., Ph.D
NP.106895012

Penguji 1,



Eka Sari Wijianti, S.Pd., M.T
NIP.198103192015042001

Penguji 2,



Saparin, S.T., M.Si
NIP.198612022019031009

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN *CNC MINI ROUTER 3 AXIS* BERBASIS
MIKROKONTROLER ARDUINO**

Dipersiapkan dan disusun oleh:

**MUKHLIS SUKMAJAYA
1011511040**

Telah dipertahankan didepan dewan penguji
Tanggal 31 Juli 2019

Pembimbing Utama,


Yudi Setiawan, S.T., M.Eng
NP.107605018

Pembimbing Pendamping,



R. Priyoko Prayitnoadi, M.Eng., Ph.D
NP.106895012

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik
Mesin



Firly Rosa, S.S.T., M.T
NIP.197504032012122001

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : MUKHLIS SUKMAJAYA

NIM : 101 15 11 040

Judul : **RANCANG BANGUN *CNC MINI ROUTER 3 AXIS*
BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO**

Menyatakan dengan ini, bahwa skripsi/tugas akhir saya merupakan hasil karya ilmiah saya sendiri yang didampingi tim pembimbing dan bukan hasil dari penjiplakan/plagiat. Apabila nantinya ditemukan adanya unsur penjiplakan di dalam karya skripsi saya ini, maka saya bersedia untuk menerima sanksi akademik dari Universitas Bangka Belitung sesuai dengan ketentuan dan peraturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sehat, sadar tanpa ada tekanan dan paksaan dari siapapun.

Balunijuk, 31 Juli 2019



MUKHLIS SUKMAJAYA
NIM. 101 15 11 040

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai sivitas akademik Universitas Bangka Belitung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : MUKHLIS SUKMAJAYA
NIM : 101 15 11 040
JURUSAN : TEKNIK MESIN
FAKULTAS : TEKNIK

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Bangka Belitung **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalti-free Right)** atas tugas akhir yang berjudul:

"RANCANG BANGUN CNC MINI ROUTER 3 AXIS BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO".

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Bangka Belitung berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Balunujuk

Pada Tanggal : 31 Juli 2019

Yang Menyatakan,



MUKHLIS SUKMAJAYA

INTISARI

Di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung ada beberapa pengrajin kreatif Indonesia meliputi pengrajin seni, penghobi seni, dan pelajar seni baik itu seni ukir, seni potong, seni desain, untuk pembuatan kerajinan, *souvenir* dan berbagai macam bentuk lainnya. Pengrajin tersebut masih menggunakan *tools* konvensional karena harga jual mesin *CNC* relatif tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membuat mesin *CNC Mini Router 3 Axis* Berbasis Mikrokontroler Arduino guna membantu para pengrajin dalam proses produksi dimana dengan menggunakan mesin perkakas ini akan mempercepat waktu pembuatan, mengurangi biaya, meningkatkan kualitas hasil produksi, dan harga mesin dijangkau oleh pelaku industri kreatif. Komponen yang dirakit meliputi rangka, sistem transmisi, dan sistem kendali untuk membentuk mesin yang sempurna. Analisa hasil juga dilakukan untuk mengetahui apakah mesin bekerja dengan baik. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa mesin yang dirancang dapat mengikuti kode-kode instruksi pemrograman *CNC*, dapat membuat bentuk kerja yang sama persis dengan program desain yang dibuat dan dari perhitungan teoritis didapatkan tekanan geser pada eretan yaitu $292,6 \text{ N/mm}^2$ atau $292,6 \text{ MPa}$ sedangkan *shear strength* kayu adalah $72,70 \text{ MPa}$, dapat disimpulkan bahwa *motor stepper* mampu memotong bahan kayu. Hal tersebut terbukti dengan tekanan geser pada eretan lebih besar dari *shear strength* kayu. Pada penelitian ini, perlakuan yang diberikan adalah variasi kecepatan putar spindel 400 rpm, 700 rpm, 1000 rpm, dan variasi kecepatan pemakanan yaitu 50 mm/menit, 100 mm/menit, dan 150 mm/menit. Hasil uji menunjukkan grafik yang fluktuatif. Hasil menunjukkan fluktuatif dikarenakan penggunaan variasi kecepatan putar dan *feedrate* yang berbeda, nilai rata-rata akurasi terendah yaitu 29,70 mm dengan presisi 99% terjadi pada putaran 1000 rpm dengan *feedrate* 150 mm/menit dan nilai rata-rata akurasi tertinggi yaitu 30,00 mm dengan presisi 100% terjadi pada putaran 1000 rpm dengan *feedrate* 50 mm/menit. Nilai akurasi mesin dari beberapa pengujian yaitu 99,4% dan kepresisian mesin ialah 0,23 mm.

Kata Kunci : *CNC, CNC Mini, Router, Machining*

ABSTRACT

In the Province Bangka Belitung Island there are several creative craftsmen in Indonesia, including senior craftsmen, beginner craftsmen, and art students to the cutting arts, design, for making crafts, souvenirs and various other forms. The craftsmen still use conventional tools because the selling price of CNC machines is relatively high. The purpose of this research is to design a machine CNC mini router 3 axis based microcontroller arduino to help the craftsmen in the production process where using this machine will speed up manufacturing process, time process, reduce cost, improve the quality of production, and the price of the machine is reached by creative industry. In this research, all mechanical, electrical and control components can be found on the market. Assembled components include the frame, transmission system and control system to form a perfect machine. An analysis of the results is also carried out to find out whether the machine is working properly. From the results of the research it can be concluded that the machine designed can follow the CNC programming instructions codes, can make the form of work exactly the same as the design program made and from theoretical calculations the shear stress on slurries is $292,6 \text{ N/mm}^2$ or $292,6 \text{ MPa}$ while wood shear strength is 72.70 MPa , it can be concluded that the stepper motor is capable of cutting wood material. This is proven by the shear pressure on slurries greater than wood shear strength. In this research, the treatments given were spindle rotational speed variations of 400 rpm, 700 rpm, 1000 rpm, and feeding speed variations of 50 mm / min, 100 mm / min, and 150 mm / min. The test results show a fluctuating graph. The results show fluctuations due to the use of different variations in rotational speed and feedrate, the lowest average accuracy is 29.70 mm with 99% precision occurs at 1000 rpm with a feedrate of 150 mm / minute and the highest average accuracy is 30.00 mm with 100% precision occurs at 1000 rpm with a 50 mm / minute feedrate. the accuracy of the machine from several tests is 99.4% and the precision of the machine is 0.23 mm

Keywords: CNC, Mini CNC, Router, Machining

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-NYA sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. **Kedua orang tua tercinta. Ayahanda dan Ibunda** yang selalu menyayangi dan memberikan do'a terbaik, baik secara materil, moral, serta, semangat yang luar biasa.
2. Bapak **Dr. Muh. Yusuf, M.Si** selaku Rektor Universitas Bangka Belitung.
3. Bapak **Wahri Sunanda, S.T., M.Eng** sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung.
4. Ibu **Firlya Rosa, S.S.T., M.T** sebagai Ketua Jurusan Teknik Mesin.
5. Bapak **Yudi Setiawan, S.T., M.Eng** selaku Dosen Pembimbing utama Tugas Akhir
6. Bapak **R.Priyoko Prayitnoadi S.S.T., M.Eng., Ph.D** selaku Dosen Pembimbing Pendamping Tugas Akhir.
7. Bapak **Elyas Kustiawan, S.Si., M.Si** selaku Dosen Pembimbing Akademik.
8. Seluruh **Dosen** dan **Staf** yang ada di Universitas Bangka Belitung yang telah mendidik dan membimbing penulis selama masa *study* penulis di Universitas Bangka Belitung.
9. **Keluarga Besar** penulis yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan restu dan dukungan terhadap penulis dalam menjalani *study* di Jurusan Teknik Mesin.
10. **Teman-teman** dan seluruh angkatan di Teknik Mesin.

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan atas kehadiran Allah SWT, yang mana berkat rahmat, karunia serta hidayah-NYA sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagaimana mestinya. Skripsi ini berjudul “**RANCANG BANGUN CNC MINI ROUTER 3 AXIS BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO**”.

Didalam tulisan ini disajikan pokok-pokok bahasan meliputi latar belakang, tinjauan pustaka penulisan, metode penelitian, hasil dan pembahasan, serta penutup. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu, serta memberikan masukan dan saran dalam proses penulisan, penyusunan, dan penelitian ini berlangsung.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran yang membangun agar tulisan ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan di masa mendatang.

Balunjuk, 31 Juli 2019

MUKHLIS SUKMAJAYA

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
INTISARI	vi
ABSTRACT	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Perancangan	3
1.5 Manfaat Perancangan	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Cara Konvensional Pengerjaan <i>Engraving</i> dan <i>Cutting Material</i>	6
2.3 Kayu <i>MDF (Medium Density Fiberboard)</i>	6
2.3.1 Kelebihan Kayu <i>MDF</i>	7
2.3.2 Kekurangan Kayu <i>MDF</i>	7
2.3.3 Tabel Kuat Lentur Rata-Rata Kayu	7
2.4 Mesin <i>CNC (Computer Numerical Control)</i>	8
2.4.1 Bahasa Pemrograman <i>CNC</i>	8
2.4.2 Mesin <i>CNC Milling</i>	10
2.4.3 Prinsip Kerja <i>CNC Milling</i>	10
2.4.4 <i>Cutter Flat Endmill</i>	10
2.4.5 Parameter Permesinan <i>CNC</i>	11
2.5 <i>CAD/CAM</i>	13
2.6 Mesin <i>CNC Mini Router</i>	14
2.6.1 Komponen Utama Mesin <i>CNC Mini Router</i>	14
2.6.2 Elemen-Elemen Mesin	14
2.7 Metode-Metode Perancangan	16
2.8 Dasar-Dasar Perhitungan	16

2.8.1 Perhitungan Motor	16
2.8.2 Perhitungan Adaptor	17
2.8.3 Torsi Keluaran Motor	17
2.8.4 Perhitungan Tekanan Geser Pahat	17
2.9 <i>FreeCAD</i>	19
2.9.1 Menu dan <i>Toolbar</i>	20
2.9.2 Sistem Navigasi	20
2.9.3 Melakukan <i>Sketch</i> Dengan <i>FreeCAD</i>	21
2.10 <i>Grbl Controller</i>	21
2.11 <i>Universal G-Code Sender (UGS)</i>	21
2.12 <i>Arduino Programming tool</i>	22
2.13 Akurasi dan Presisi	24
2.13.1 Presisi	24
2.13.2 Akurasi	25
2.13.3 Contoh Akurasi dan Presisi	25

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir	26
3.2 Studi Literatur	27
3.3 Tahap Perencanaan Menggunakan Metode French	28
3.4 Alat Bahan dan Waktu Yang Digunakan	29
3.4.1 Alat	29
3.4.2 Bahan	30
3.4.3 Waktu dan Tempat Penelitian	31
3.5 Langkah-langkah Penelitian	31
3.5.1 Menentukan Indikator Keberhasilan Mesin	31
3.5.2 Menentukan Parameter Benda Kerja	32
3.5.3 Parameter Pemakanan Benda Kerja	34
3.5.4 Parameter Akurasi dan Presisi	35
3.5.5 Parameter Kecepatan Putar dan <i>Feedrate</i>	35
3.5.6 Pembuatan dan Perakitan	36
3.5.7 Persiapan dan Pembuatan Benda Kerja	36
3.5.8 Persiapan dan Pembuatan gambar kerja	36
3.5.9 Uji coba Mesin	41
3.6 Analisa Hasil	44

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perencanaan dan Perancangan Alat	46
4.1.1 Analisa Masalah	46
4.1.2 Desain Konseptual	46
4.1.3 Rencana Alternatif Material dan Konstruksi	49
4.1.4 Rencana Alternatif Konstruksi Yang Dipilih	57
4.1.4.1 Perwujudan Skema	58
4.1.5 Perincian	59

4.2 Perhitungan Perencanaan	59
4.3 Hasil Perencanaan dan Pembuatan Mesin.....	61
4.3.1 Rangka Mesin	61
4.3.2 <i>Arduino/Contol Board GRBL</i>	62
4.3.3 <i>Motor Stepper</i>	64
4.3.4 <i>Ballscrew</i>	65
4.3.5 Spindel Utama	65
4.3.6 <i>Stainless Steel Rod</i>	65
4.3.7 <i>Linear Bearing</i>	66
4.3.8 <i>Pillow Bearing</i>	66
4.3.9 <i>Cutter</i>	66
4.3.10 Perakitan Seluruh Komponen Mesin	67
4.4 Analisa Hasil Penelitian	67
4.4.1 Data Hasil Pengujian	68
4.4.2 Definisi Nomor Bahan Uji.....	69
4.4.3 Analisa Kemampuan Mesin Terhadap Pemakanan Bahan Kayu ..	70
4.4.4 Analisa Pengujian Terhadap Akurasi Pemakanan	72
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	74
5.2 Saran.....	75
DAFTAR PUSTAKA	76
LAMPIRAN	78

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Kayu <i>MDF</i> (<i>Medium Density Fiberboard</i>)	6
Gambar 2.2 <i>Sistem Persumbuan Pada Mesin CNC Milling</i>	10
Gambar 2.3 <i>Cutter Flat End Mill</i>	11
Gambar 2.4 <i>Desain Cutter Flat End Mill</i>	11
Gambar 2.5 <i>Tampilan menu FreeCAD</i>	20
Gambar 2.6 <i>Sistem Navigasi</i>	20
Gambar 2.7 <i>Interface Software Grbl</i>	21
Gambar 2.8 <i>Tampilan Menu UGS</i>	22
Gambar 2.9 <i>Interface Software Arduino Programming Tool</i>	22
Gambar 3.1 <i>Diagram Alir Penelitian</i>	27
Gambar 3.2 <i>Gambar Benda Kerja Sebelum Pemakanan</i>	33
Gambar 3.3 <i>Gambar Benda Kerja Setelah Pemakanan</i>	34
Gambar 3.4 <i>Menu Tampilan FreeCAD</i>	37
Gambar 3.5 <i>Menu Pilihan Part Design</i>	37
Gambar 3.6 <i>Menu Pilihan Untuk Sketsa</i>	37
Gambar 3.7 <i>Menu Sketch</i>	38
Gambar 3.8 <i>Menentukan Ukuran Cutter dan Jenisnya</i>	38
Gambar 3.9 <i>Menentukan Kecepatan Putar dan Kecepatan Pemakanan</i>	39
Gambar 3.10 <i>Jenis Pemakanan Zig-Zag Offset</i>	39
Gambar 3.11 <i>Simulasi Awal Pemakanan</i>	40
Gambar 3.12 <i>Simulasi Akhir Pemakanan</i>	40
Gambar 3.13 <i>Kode-Kode Instruksi Dari Program</i>	40
Gambar 3.14 <i>Axis Control Pada Software Grbl</i>	41
Gambar 3.15 <i>Kayu MDF Yang Sudah Dipotong</i>	43
Gambar 3.16 <i>Penentuan Titik 0 Pahat</i>	43
Gambar 3.17 <i>Hasil Pemakanan Kayu MDF</i>	43
Gambar 3.18 <i>Pengukuran Benda Kerja</i>	44
Gambar 4.1 <i>Desain Mesin CNC Mini Router 3 Axis</i>	47
Gambar 4.2 <i>Rangka Menggunakan Las dan Rangka Baut dan Mur</i>	49
Gambar 4.3 (A) <i>NEMA 17</i> (B) <i>NEMA 23</i>	50
Gambar 4.4 (A) <i>Pillow Bearing</i> (B) <i>Flange Bearing</i>	51
Gambar 4.5 (A) <i>DC Motor</i> (B) <i>Motor Servo</i>	52
Gambar 4.6 (A) <i>Ballscrew</i> (B) <i>Pulley dan V-Belt</i>	53
Gambar 4.7 (A) <i>Karbida</i> (B) <i>HSS</i>	54
Gambar 4.8 (A) <i>Arduino Nano</i> (B) <i>Arduino UNO</i>	55
Gambar 4.9 (A) <i>Adaptor Tetap</i> (B) <i>Alternatif</i>	56
Gambar 4.10 <i>Mekanisme Mesin</i>	60
Gambar 4.11 <i>Rangka Mesin Menggunakan Sambungan Baut dan Mur</i>	61
Gambar 4.12 <i>Arduino/Control Board GRBL</i>	62
Gambar 4.13 <i>Instalasi wiring</i>	63
Gambar 4.14 <i>Motor Stepper NEMA 17</i>	64
Gambar 4.15 <i>Ballscrew</i>	65

Gambar 4.16 <i>DC Motor</i>	65
Gambar 4.17 <i>Stainless Steel Rod</i>	65
Gambar 4.18 <i>Linear Bearing</i>	66
Gambar 4.19 <i>Pillow Bearing</i>	66
Gambar 4.20 <i>Endmill HSS</i>	67
Gambar 4.21 Mesin <i>CNC</i> Yang Sudah Dirakit.....	67
Gambar 4.22 Grafik Variasi Kecepatan Putar dan <i>Feedrate</i>	72



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Kuat Lentur Rata-Rata Kayu.....	7
Tabel 2.2 Susunan Pemrograman <i>NC</i>	8
Tabel 4.1 Komponen Mesin dan Fungsinya	48
Tabel 4.2 Alternatif Rencana Konstruksi Rangka Mesin.....	50
Tabel 4.3 Alternatif Rencana Untuk Penggerak <i>Axis</i>	51
Tabel 4.4 Alternatif Rencana Untuk <i>Bearing</i>	52
Tabel 4.5 Alternatif Rencana Untuk Penggerak Spindel Utama.....	53
Tabel 4.6 Alternatif Rencana Untuk Penerus Gerakan Rotasi.....	54
Tabel 4.7 Alternatif Rencana Cutter	55
Tabel 4.8 Alternatif Rencana Pengendali.....	56
Tabel 4.9 Alternatif Pencatu Daya	57
Tabel 4.10 Spesifikasi Arduino/ <i>Control Board GRBL</i>	63
Tabel 4.11 Spesifikasi <i>Motor Stepper</i>	64
Tabel 4.12 Hasil Pengujian Variasi Kecepatan dan <i>Feedrate</i>	68