

**PROSES PEMBUATAN DAN KALIBRASI MESIN
CNC *LASER CUTTING ENGRAVING* SEBAGAI
MEDIA PEMBELAJARAN**

Tugas Akhir

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Ahli Madya Teknik



Diajukan Oleh

Exgi Setiawan

200103001

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN
JURUSAN REKAYASA MESIN DAN INDUSTRI PERTANIAN
POLITEKNIK NEGERI CILACAP
KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI**

2023

TUGAS AKHIR
PROSES PEMBUATAN DAN KALIBRASI MESIN CNC *LASER CUTTING*
***ENGRAVING* SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN**
THE PROCESS OF MAKING AND CALIBRATION CNC LASER CUTTING
ENGRAVING MACHINE AS LEARNING MEDIA

Dipersiapkan dan disusun oleh

EXGI SETIAWAN

200103001

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Pada seminar Tugas Akhir tanggal 26 Juli 2023

Susunan Dewan Penguji

Pembimbing Utama



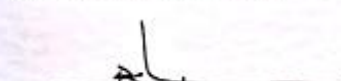
Radhi Ariawan, S.T., M.Eng
NIDN: 0002069108

Dewan Penguji I



Mohammad Nurhilal, S.T., M.Pd., M.T
NIDN: 0615107603

Pembimbing Pendamping



Unggul Satria Jati, S.T., M.T
NIDN: 0001059009

Dewan Penguji II



Roy Aries Permana Tarigan, S.T., M.T
NIDN: 0028108902

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
Untuk mendapatkan gelar Ahli Madya Teknik

Mengetahui

Koordinator Program Studi

Teknik Mesin



Nur Akhlis Sarihidaya Laksana, S.Pd., M.T.
NIDN. 0005039107

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat, nikmat, rahmat, kekuatan, taufik dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul:

“PROSES PEMBUATAN DAN KALIBRASI MESIN CNC *LASER* *CUTTING ENGRAVING* SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN”

Pembuatan dan penyusunan Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Ahli Madya (A.Md) di Politeknik Negeri Cilacap. Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini tidak mungkin terselesaikan tanpa adanya dukungan, bantuan, bimbingan dan nasehat dari berbagai pihak selama penyusunan Tugas Akhir ini. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih setulus-tulusnya kepada:

1. Bapak Riyadi Purwanto, S.T., M.Eng. selaku Direktur Politeknik Negeri Cilacap.
2. Bapak Mohammad Nurhilal, S.T., M.Pd., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Rekayasa Mesin dan Industri Pertanian Politeknik Negeri Cilacap dan penguji I Tugas Akhir.
3. Bapak Nur Akhlis Sarihidaya Laksana, S.Pd., M.T. selaku Ketua Prodi Diploma III Teknik Mesin Politeknik Negeri Cilacap.
4. Bapak Radhi Ariawan, S.T., M.Eng. dan bapak Unggul Satria Jati, S.T., M.T. selaku Pembimbing I dan II Tugas Akhir.
5. Bapak Roy Aries Permana Tarigan, S.T., M.T. selaku Penguji II Tugas Akhir.
6. Seluruh dosen, asisten, teknisi, karyawan, dan karyawan Politeknik Negeri Cilacap yang telah memberi ilmu dan fasilitas peralatan serta membantu dalam segala hal selama kegiatan penulis di kampus.

Penulis menyadari bahwa karya ini masih jauh dari sempurna karena keterbatasan dan hambatan yang dijumpai selama pengerjaannya. Sehingga saran yang bersifat membangun sangatlah diharapkan demi pengembangan yang lebih optimal dan kemajuan yang lebih baik.

Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Cilacap, 26 Juli 2023

Penulis,



Exgi Setiawan

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini adalah asli karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dibagian naskah dan daftar pustaka Tugas Akhir ini.

Cilacap, 02 Mei 2023

Penulis,



Exgi Setiawan

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai mahasiswa Politeknik Negeri Cilacap yang bertanda tangan dibawah ini,
saya:

Nama : Exgi Setiawan
No Mahasiswa : 200103001
Program Studi : Diploma III Teknik Mesin
Jurusan : Teknik Rekayasa Mesin dan Industri Pertanian

Demi mengembangkan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Negeri Cilacap **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-Exclusif Royalti Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**“PROSES PEMBUATAN DAN KALIBRASI MESIN CNC *LASER*
CUTTING ENGRAVING SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN”**

Beserta perangkat yang diperlukan (bila ada) dengan Hak Bebas *Royalti Non-Eksklusif* ini Politeknik Negeri Cilacap berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikanya dan menampilkan/mempublikasikan diinternet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu minta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis atau pencipta.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Politeknik Negeri Cilacap, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Cilacap
Pada Tanggal : 02 Mei 2023


Exgi Setiawan

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir baik alat maupun laporan. Kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih setulus-tulusnya kepada:

1. Bapak Riyadi Purwanto, S.T., M.Eng. selaku Direktur Politeknik Negeri Cilacap.
2. Bapak Mohammad Nurhilal, S.T., M.Pd., M.T. selaku Ketua Jurusan Rekayasa Mesin dan Industri Pertanian Politeknik Negeri Cilacap.
3. Bapak Radhi Ariawan, S.T., M.Eng. dan bapak Unggul Satria Jati, S.T., M.T. selaku Pembimbing I dan II Tugas Akhir.
4. Bapak Mohammad Nurhilal, S.T., M.Pd., M.T. dan bapak Roy Aries Permana Tarigan, S.T., M.T. selaku penguji I dan II Tugas Akhir.
5. Kedua orangtua penulis yang selalu memberikan semangat, doa dan memfasilitasi segala hal dalam kehidupan penulis sehingga mempermudah dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. Meida Adith Darmadi selaku kelompok Tugas Akhir yang selalu solid dan sabar menghadapi semua halangan dan rintangan selama pembuatan mesin dan laporan Tugas Akhir.
7. Seluruh teman-teman angkatan 2020 khususnya TMA yang selalu memberikan semangat, inspirasi dan ide-ide positif dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

ABSTRAK

Teknologi *laser* semakin berkembang seiring dengan meningkatnya kebutuhan pasar *engraving*. Aplikasi gravir *laser* pada material merupakan teknologi yang telah banyak digunakan pada saat ini khususnya dalam bidang proses manufaktur. Keunggulan teknik gravir dengan menggunakan *laser* dibandingkan dengan metode konvensional adalah ketepatan pengerjaan lebih baik dan hasil lebih presisi, karena dikontrol secara otomatis menggunakan sistem *Computer Numerical Control* (CNC). Tujuan dari proses pembuatan dan kalibrasi *axis* penggerak adalah untuk menghitung estimasi waktu produksi dan mengkalibrasi pada penggerak *axis* X,Y, dan Z.

Proses pembuatan mesin CNC *laser cutting engraving* dilakukan beberapa proses seperti pemotongan, pengeboran, pengefraisan, pengelasan, dan *finishing*. Mesin CNC *laser cutting engraving* dibuat dengan komponen standar seperti rangka mesin menggunakan aluminium profil, daya *laser* yang digunakan 5.500 mWatt, *motor stepper* sebagai penggerak *axis* X,Y, dan Z, mikrokontroler yang digunakan STM32. Dimensi area kerja mesin CNC *laser cutting engraving* memiliki ukuran 400 mm x 400 mm. *Software* yang digunakan yaitu Lightburn untuk mengoperasikan mesin CNC *laser cutting engraving*.

Berdasarkan proses pembuatan mesin CNC *laser cutting engraving* membutuhkan waktu pengerjaan 24,24 jam. Sementara itu berdasarkan proses kalibrasi yang telah dilakukan, didapatkan nilai aksis linear (Lpm) yang digunakan dari *axis* X,Y, dan Z secara berurutan: 161,490 *steps* per mm; 321,510 *steps* per mm; dan 1.456,527 *steps* per mm. Hasil pengukuran rata-rata pada *axis* X dengan panjang 100 mm dan 200 mm secara berurutan didapatkan 100,03 mm dan 100,05 mm, sedangkan pada *axis* Y didapatkan rata-rata sebesar 100,01 mm dan 100,07, dan pada *axis* Z dengan panjang 20 mm dan 60 mm didapatkan rata-rata sebesar 20,05 mm dan 60,05 mm.

Kata kunci : CNC, *laser cutting engraving*, produksi, kalibrasi.

ABSTRACT

Laser technology is growing fast along with the increasing needs of the engraving market. The application of laser engraving on materials is a technology that has been widely used today, especially in the field of manufacturing processes. The laser engraving techniques are better and more precise than conventional methods in work accuracy, because it is controlled automatically using a Computer Numerical Control (CNC) system. The purpose of the drive axis manufacturing and calibration process is to calculate estimated production time and calibrate the X, Y, and Z axis drives.

The manufacturing process of CNC laser cutting engraving machines is carried out several processes such as cutting, drilling, milling, welding, and finishing. CNC laser cutting engraving machines are made with standard components such as the machine frame using aluminum profiles, the laser power with 5.500 mWatt, stepper motors as X, Y, and Z axis drives, microcontrollers with STM32. The dimension of the working area of the CNC laser cutting engraving machine is 400 mm x 400 mm. The software that used is Lightburn to operate CNC laser cutting engraving machines.

Based on the manufacturing process of CNC laser cutting engraving machine requires 24.24 hours of processing time. While based on the calibration process that has been carried out, the linear axis values (Lpm) from the X, Y, and Z axes respectively: 161,490 steps per mm; 321,510 steps per mm; and 1,456,527 steps per mm. The average measurement results on the X axis with a length of 100 mm and 200 mm is respectively obtained 100.03 mm and 100.05 mm, while on the Y axis an average of 100.01 mm and 100.07, and on the Z axis with a length of 20 mm and 60 mm an average of 20.05 mm and 60.05 mm are obtained.

Keywords : CNC, laser cutting engraving, production, calibration.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
TUGAS AKHIR	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	v
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Landasan Teori	8
2.2.1 Komponen-komponen mesin CNC <i>laser cutting engraving</i>	8
2.2.1.1 <i>Laser diode</i>	8
2.2.1.2 Mikrokontroler STM32F103C8T6.....	9
2.2.1.3 <i>Motor stepper</i>	9
2.2.1.4 <i>Driver motor TB6600</i>	10
2.2.1.5 <i>Power supply</i>	11

2.2.2 <i>Software</i> LightBurn	11
2.2.3 Proses produksi	12
2.2.4 Proses gerinda	12
2.2.5 Proses gurdi	12
2.2.6 Proses <i>frais</i>	14
2.2.7 Proses pengelasan	15
2.2.8 Proses perakitan	17
2.2.9 Kalibrasi	17
BAB III METODA PENYELESAIAN	18
3.1 Alat dan Bahan	18
3.1.1 Alat	18
3.1.2 Bahan	20
3.2 Proses Produksi	24
3.2.1 Identifikasi gambar	24
3.2.2 Persiapan alat dan bahan	25
3.2.3 Proses produksi	25
3.2.4 Proses perakitan	25
3.2.5 <i>Finishing</i>	26
3.3 Proses Kalibrasi	26
3.3.1 Studi literatur	27
3.3.2 Persiapan alat dan bahan	27
3.3.3 Persiapan program	27
3.3.4 Kalibrasi	27
3.3.5 Pengujian	27
3.3.6 Kesimpulan	28
3.4 Hasil Pengujian Kalibrasi	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Proses Produksi Mesin	30
4.1.1 Proses produksi <i>sub assy</i> mesin CNC <i>laser cutting engraving</i>	30
4.1.2 Proses produksi <i>sub assy cabin</i>	43
4.2 Perhitungan Estimasi Waktu Proses Produksi	50

4.2.1 Persiapan material.....	50
4.2.2 Perhitungan estimasi waktu pemotongan	51
4.2.3 Perhitungan waktu proses gurdi	55
4.2.4 Perhitungan waktu proses <i>frais</i>	61
4.2.5 Estimasi waktu proses pengelasan.....	65
4.2.6 Estimasi waktu proses kerja plat	67
4.2.7 Estimasi waktu proses <i>finishing</i>	67
4.2.8 Estimasi waktu perakitan.....	67
4.2.9 Total estimasi waktu produksi	68
4.3 Langkah Penggunaan <i>Software</i> LightBurn.....	69
4.4 Proses Kalibrasi	72
4.5 Hasil Pengujian Kalibrasi	75
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	79
5.1 Kesimpulan.....	79
5.2 Saran.....	79
DAFTAR PUSTAKA	81
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Desain mesin CNC <i>router</i> (Yusril et al., 2020).....	5
Gambar 2.2 Mesin CNC <i>laser diode</i> (Suharto et al., 2020).....	6
Gambar 2.3 Desain mesin CNC <i>laser cutting</i> (Salam et al., 2020)	6
Gambar 2.4 Desain mesin CNC <i>laser engraving</i> (Rifqi et al., 2022)	7
Gambar 2.5 Desain mesin FDM (Ariawan et al., 2023)	8
Gambar 2.6 <i>Laser diode</i>	9
Gambar 2.7 Mikrokontroler STM32F103C8T6.....	9
Gambar 2.8 <i>Motor stepper</i>	10
Gambar 2.9 <i>Motor driver</i> TB6600.....	10
Gambar 2.10 <i>Power supply</i>	11
Gambar 2.11 <i>Software</i> LightBurn	11
Gambar 2.12 (a) Mesin gerinda potong, (b) Gerinda tangan	12
Gambar 2.13 Mesin gurdi	13
Gambar 2.14 Mesin <i>frais</i>	14
Gambar 2.15 Mesin las SMAW	15
Gambar 3.1 Diagram alir proses produksi	24
Gambar 3.2 Diagram alir uji hasil kalibrasi	26
Gambar 4.1 Rancangan mesin CNC <i>laser cutting engraving</i>	30
Gambar 4.2 <i>Sub assy</i> mesin CNC <i>laser cutting engraving</i>	31
Gambar 4.3 <i>Sub assy cabin</i>	43
Gambar 4.4 <i>Cabin</i> bawah.....	44
Gambar 4.5 <i>Cabin</i> atas.....	47
Gambar 4.6 Material plat <i>gantry Y axis</i> \varnothing 12.....	55
Gambar 4.7 Material plat <i>gantry Y axis</i> \varnothing 6.....	56
Gambar 4.8 Material plat <i>gantry Y axis</i> \varnothing 5.....	58
Gambar 4.9 Material <i>bracket motor stepper Y axis</i>	61
Gambar 4.10 Material <i>gantry Z axis</i>	62
Gambar 4.11 Rangka <i>cabin</i>	65
Gambar 4.12 Hasil kalibrasi nilai aksis linear <i>axis X</i>	77

Gambar 4.13 Hasil kalibrasi nilai aksis linear *axis Y* 77

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Alat	18
Tabel 3.2 Bahan	20
Tabel 4.1 Bagian mesin CNC <i>laser cutting engraving</i>	30
Tabel 4.2 <i>Sub assy</i> mesin CNC <i>laser cutting engraving</i>	31
Tabel 4.3 Proses pengerjaan <i>sub assy</i> mesin CNC <i>laser</i>	32
Tabel 4.4 Bagian <i>sub assy</i> cabin bawah.....	44
Tabel 4.5 Proses pengerjaan <i>sub assy</i> cabin bawah	45
Tabel 4.6 Bagian <i>sub assy</i> cabin atas.....	48
Tabel 4.7 Proses pengerjaan <i>sub assy</i> cabin atas	48
Tabel 4.8 Persiapan material	51
Tabel 4.9 Estimasi waktu prose pemotongan.....	54
Tabel 4.10 Estimasi waktu proses gurdi	60
Tabel 4.11 Estimasi waktu proses <i>frais</i>	64
Tabel 4.12 Estimasi waktu proses pengelasan	66
Tabel 4.13 Estimasi waktu proses kerja plat	67
Tabel 4.14 Estimasi waktu proses <i>finishing</i>	67
Tabel 4.15 Estimasi waktu perakitan	68
Tabel 4.16 Total estimasi waktu produksi	68
Tabel 4.17 Langkah Penggunaan <i>software</i> LightBurn.....	69
Tabel 4.18 Proses kalibrasi	72
Tabel 4.19 Hasil kalibrasi nilai aksis linear (100 dan 20 mm).....	75
Tabel 4.20 Hasil kalibrasi nilai aksis linear (200 dan 60 mm).....	76
Tabel 4.21 Uji kalibrasi <i>axis X</i>	77
Tabel 4.22 Uji kalibrasi <i>axis Y</i>	77
Tabel 4.23 Uji kalibrasi <i>axis Z</i>	77

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1	TABEL PERHITUNGAN PROSES PRODUKSI
LAMPIRAN 2	DOKUMENTASI PROSES PRODUKSI
LAMPIRAN 3	GAMBAR TEKNIK
LAMPIRAN 4	BIODATA PENULIS

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

π	= Nilai konstanta (3,14)
v	= Kecepatan potong (m/menit)
n	= Putaran <i>spindle</i> (rpm)
d	= Diameter gurdi (mm)
f_z	= Gerak makan per mata potong (mm/menit)
v_f	= Kecepatan makan (mm/menit)
z	= Jumlah gigi mata potong
t_c	= Waktu pemotongan (menit)
lt	= Panjang pemesinan (mm)
l_v	= Panjang langkah awal pemotongan (mm)
l_w	= Panjang pemotongan benda kerja (mm)
l_n	= Panjang langkah akhir pemotongan (mm)
k_r	= Kemiringan sudut potong
a	= Kedalaman potong (mm)
A	= Luas daerah pengelasan (mm ²)
a	= Jarak antar plat (mm)
t	= Tebal plat (mm)
V_s	= Volume sambungan pengelasan (mm ³)
L	= Panjang pengelasan (mm)
V_E	= Volume elektroda (mm ³)
d	= Diameter elektroda (mm)
L	= Panjang elektroda (mm)
B_E	= Banyak elektroda (batang)
T_P	= Waktu pengelasan
T	= Waktu pengelasan per batang elektroda (menit)
t_1	= Percobaan 1 (detik)
t_2	= Percobaan 2 (detik)
t_3	= Percobaan 3 (detik)

L_o = Jarak tempuh linear target (mm)

L_t = Jarak tempuh linear yang terjadi (mm)

L_{pm} = Nilai aksis linear