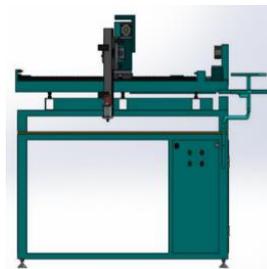


## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 1.1 Tinjauan Pustaka

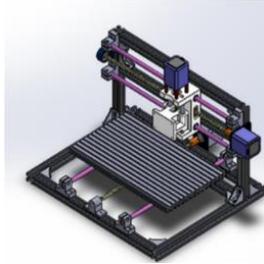
Yusril et al., (2020) telah melakukan kajian dengan judul “Rancang Bangun Mesin CNC Router”. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode studi literatur. Tahapan dalam pembuatan mesin CNC *router* meliputi diawali dengan melakukan studi literatur, lalu *reverse engineering* lengan robot *kartesian*. Kemudian pembuatan desain, persiapan alat dan pemilihan bahan, proses perkitan mesin CNC *router*, dan terakhir tahap pengujian kepresisian penggerak *axis* X, Y, dan Z. Dari tahap pengujian yang sudah dilakukan pada *axis* penggerak X, Y, dan Z. Penyimpangan terbanyak sebelum dikalibrasi pada *axis* X yaitu 1,41 mm, sedangkan *axis* Y 0,98 mm, dan *axis* Z penyimpangan terbanyak adalah 1,81 mm. Namun setelah dilakukan kalibrasi, penyimpangan pada *axis* X, Y, dan Z. Hasil yang didapatkan sudah cukup baik. Desain mesin dapat dilihat pada gambar 2.1.



**Gambar 2.1** Desain mesin CNC *router* (Yusril et al., 2020)

Suharto et al., (2020) telah melakukan kajian dengan judul “Prototipe Mesin CNC *Diode Laser Cutting* 5500 miliWatt untuk Pembuatan Produk Kreatif Bahan Akrilik”. Metode penelitian menggunakan tahapan merancang, pembuatan, dan pengujian kinerja mesin *diode laser* CNC. Tujuan penelitian ini yaitu untuk desain prototipe mesin CNC *laser diode* untuk membuat produk kreatif berbahan akrilik. Mesin CNC *diode laser* ini berdimensi area kerja 300x200x35 mm. Tahapan dalam pembuatan mesin CNC *diode laser* meliputi studi literatur dan observasi lapangan, lalu tahap perancangan yang menghasilkan gambar, tahap pembuatan dan perakitan, dan terakhir tahap pengujian kinerja mesin meliputi penyimpangan gerak *axis* X dan Y, kecepatan rata-rata pemesinan, dan pembuatan produk kreatif. Dari

tahap pengujian *axis* X dan Y, didapatkan penyimpangan pada *axis* X rata-rata 0,0178 (mm) dan *axis* Y rata-rata 0,0162 (mm) masih dibawah standar ASTM 1078 yaitu 0,02 (mm). Desain mesin dapat dilihat pada gambar 2.2.



**Gambar 2.2** Mesin CNC *laser diode* (Suharto et al., 2020)

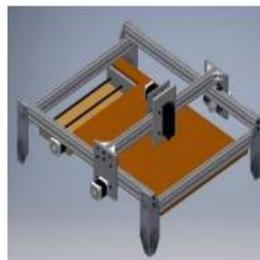
Salam et al., (2020) telah melakukan kajian dengan judul “Rancang Bangun Mesin CNC *Laser Cutting* Sebagai Media Pembelajaran”. Metode rancangan yang digunakan adalah eksperimental. Mesin *laser cutting* memiliki dimensi area kerja 450x450 mm. Tahapan dalam pembuatan mesin CNC *laser cutting* meliputi perancangan, pembuatan kompone dari mesin CNC *laser cutting*, proses *assembly*, dan pengujian kalibrasi *axis* X dan Y mesin CNC. Dari tahap pengujian *axis* X dan Y, keakuratan dan kepresisian hasil pemakanan pada benda kerja cukup baik. Penyimpangan proses *marking* untuk *axis* X dan Y masing-masing 0,10 mm. Pada proses pemotongan dengan *feed laser* 50 mm/menit didapatkan hasil pemotongan yang halus dengan penyimpangan terkecil 0,12 mm. Sedangkan pada proses *engraving* dengan *feed laser* 500 mm/menit hasil ukiran cukup baik dengan penyimpangan terkecil 0,17 mm. Desain mesin dapat dilihat pada gambar 2.3.



**Gambar 2.3** Desain mesin CNC *laser cutting* (Salam et al., 2020)

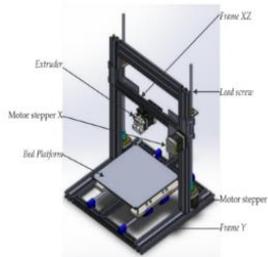
Rifqi et al., (2022) telah merancang mesin yang berjudul ”Rancang Bangun Mesin CNC *Laser* Grafing Untuk Pembuatan Bidang Silinder Dan Datar“. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dari mulai

perencanaan mesin CNC *laser engraving* yang meliputi mekanisme penggerak, elemen struktur dalam proses perancangan. Semua parameter akan diatur dan dioperasikan melalui sistem kontrol CNC sehingga mesin *laser engraving* dapat beroperasi dengan baik. Dimensi mesin CNC *laser* grafir ini memiliki panjang 600x500 mm. Proses awal dalam pembuatan mesin *laser engraving* yaitu perencanaan desain, lalu menentukan kebutuhan alat dan bahan, kemudian proses perakitan mesin CNC *laser engraving*, dan proses kalibrasi pada *axis X*, *Y*, dan *rotary axis*. Berdasarkan hasil uji kemampuan mesin diperoleh tingkat presisi untuk setiap *axis* memperoleh nilai 100%. Untuk *axis X* tingkat akurasi mencapai 100%, *axis Y* mencapai tingkat akurasi 100%, dan *rotary axis* mencapai tingkat akurasi 100%. Desain mesin dapat dilihat pada gambar 2.4.



**Gambar 2.4** Desain mesin CNC *laser engraving* (Rifqi et al., 2022)

Ariawan et al., (2023) telah melakukan kajian dengan judul “Rancang Bangun Rangka dan Penggerak Mesin FDM Berbasis Arduino Tipe XZ-Head”. Mesin FDM memiliki dimensi area kerja 200x200 mm. Tahapan dalam pembuatan mesin FDM meliputi rancangan, penentuan komponen mekanik dan komponen elektrik, proses *assembly*, dan pengujian kalibrasi *axis* penggerak X, Y, dan Z. Dari tahap pengujian dimensi kubus kalibrasi, pada bidang X, Y, dan Z secara berurutan: 20,22 mm, 20,00 mm, dan 20,17 mm. Terdapat selisih 0,22 mm pada bidang X dan 0,17 mm pada bidang Z. *Error* hasil cetakan dengan target dimensi yang diinginkan pada masing-masing bidang X, Y, dan Z sebesar 1,01%, 0,00%, dan 1,10%. Berdasarkan hasil tersebut, maka perlu dilakukan kalibrasi ulang terhadap *motor stepper X* dan Z untuk mendapatkan hasil yang baik. Desain mesin dapat dilihat pada gambar 2.5.



**Gambar 2.5** Desain mesin FDM (Ariawan et al., 2023)

## 1.2 Landasan Teori

Merealisasikan proses pembuatan dan kalibrasi mesin CNC *laser cutting engraving*. Penulis memerlukan landasan teori yang diperlukan sebagai berikut: *laser diode*, mikrokontroler, *motor stepper*, *driver motor*, *power supply*, proses *frais*, *software* LightBurn, proses pengelasan, proses gurdi, proses produksi, proses perakitan, dan kalibrasi.

### 1.2.1 Komponen-komponen mesin CNC *laser cutting engraving*

Mesin CNC *laser cutting engraving* memiliki beberapa komponen penting yang bekerja untuk menciptakan proses pemotongan atau gravir menggunakan *laser*. Berikut adalah beberapa komponen utama mesin CNC *laser cutting engraving*:

#### 1.2.1.1 *Laser diode*

*Laser* adalah singkatan dari *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*. *Laser* dapat diartikan sebagai mekanisme suatu alat yang memancarkan radiasi elektromagnetik dengan proses pancaran terstimulasi. *Laser diode* hanyalah salah satu jenis perangkat atau teknologi yang dapat menghasilkan sinar *laser*. Jenis lainnya yang dapat sinar *laser* di antaranya adalah *Solid State Laser*, *Chemical Laser* dan *Dye Laser* (Rosadi et al., 2019).

*Laser diode* biasanya digunakan dalam aplikasi pemotongan bahan non-logam, karena *laser diode* memiliki panjang gelombang yang lebih pendek dan intensitas yang lebih rendah. Logam memiliki konduktivitas termal yang tinggi, panas yang dihasilkan oleh *laser diode* akan diserap oleh logam. Sehingga penggunaan *laser diode* untuk memotong logam sangat terbatas dan umumnya

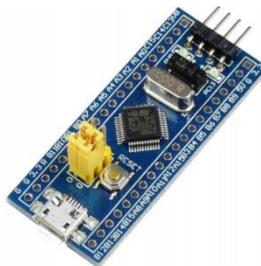
tidak efektif (Costa Rodrigues et al., 2014). Gambar 2.6 menunjukkan gambar *laser diode*.



**Gambar 2.6** *Laser diode*

#### 1.2.1.2 Mikrokontroler STM32F103C8T6

Mikrokontroler STM32F103C8T6 adalah mikrokontroler berbasis arsitektur ARM (*Advanced Risc Machine*) sebuah prosesor 32 bit yang lebih handal dalam hal transfer data dan hemat daya. *Chip* STM32F103C8T6 memiliki banyak fitur yang dapat digunakan, seperti seperti I/O, *Timer*, ADC, dan DMA. Kecepatan *clock*-nya bisa mencapai 168Mhz sehingga memungkinkan untuk mengerjakan perintah program yang cukup panjang dalam waktu yang cukup singkat (Setiawan et al., 2017). Mikrokontroler STM32F103C8T6 pada mesin CNC *laser cutting engraving* berfungsi untuk pengendali sistem *motor stepper*. Gambar 2.7 menunjukkan gambar mikrokontroler STM32F103C8T6.



**Gambar 2.7** Mikrokontroler STM32F103C8T6

#### 1.2.1.3 *Motor stepper*

*Motor stepper* adalah seperangkat alat elektromekanis yang bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis. Pemilihan *motor stepper* sebagai aktuator atau penggerak dilakukan karena motor tersebut dapat dikendalikan dengan cukup mudah dan memiliki ketelitian yang tinggi. *Motor stepper* digunakan sebagai penggerak atau aktuator karena dapat dikendalikan

dengan mudah dan memiliki kemampuan mengatur posisi sudut serta arah putaran yang diinginkan. *Motor stepper* pada dasarnya merupakan motor DC yang tidak memiliki komutator, dan hanya memiliki kumparan *stator* dengan *rotor* yang terbuat dari magnet permanen atau bahan *feromagnetik* (Rosadi et al., 2019). Gambar 2.8 menunjukkan gambar *motor stepper*.



**Gambar 2.8** *Motor stepper*

#### 1.2.1.4 *Driver motor TB6600*

*Driver motor* merupakan komponen yang berfungsi untuk menghubungkan kontroler dengan aktuator serta memperkuat sinyal keluaran dari kontroler sehingga dapat dibaca oleh aktuator. *Driver motor* TB6600 adalah perangkat yang dapat dengan mudah dan efektif menggerakkan *motor stepper 2 fase*. Driver ini kompatibel dengan berbagai jenis mikrokontroler dan Arduino, sehingga dapat menghasilkan sinyal pulsa keluaran digital 5V. TB6600 memiliki rentang daya *input* yang luas, yaitu antara 9 hingga 42VDC, dan mampu menghasilkan arus puncak hingga 4 Ampere. Hal ini mendukung kontrol arah dan kecepatan yang cukup untuk sebagian besar *motor stepper* (WatElectronics, 2022). Gambar 2.9 menunjukkan gambar *motor driver* TB6600.



**Gambar 2.9** *Motor driver* TB6600

#### 1.2.1.5 Power supply

*Power supply* merupakan perangkat yang memiliki peran penting dalam CNC *laser*, terutama dalam menyediakan daya tegangan arus searah yang diperlukan oleh komponen seperti *motor stepper* dan *laser*. Fungsi dasar dari *power supply* adalah mengubah tegangan arus bolak-balik menjadi arus searah. *Power supply* ini bertugas menjaga daya yang dihasilkan agar tetap konstan, sehingga memberikan suplai yang optimal bagi *motor* dan *laser* dalam CNC *laser* tersebut. Dengan adanya *power supply* yang handal dan stabil, kinerja *motor stepper* dan *laser* dalam CNC *laser* dapat dijaga dengan baik untuk menjalankan operasi yang presisi dan efisien (Rosadi et al., 2019). Gambar 2.10 menunjukkan gambar *power supply*.



**Gambar 2.10** *Power supply*

#### 1.2.2 Software LightBurn

*Software LightBurn* adalah perangkat lunak yang digunakan untuk mengontrol dan menciptakan desain untuk mesin pemotong *laser* dan mesin *laser* gravir. Perangkat lunak tersebut dirancang khusus untuk memudahkan proses pemotongan dan gravir dengan *laser*, serta menyediakan berbagai fitur yang membantu pengguna untuk membuat desain yang tepat dan mengatur parameter pemotongan dan gravir dengan lebih efisien. Gambar 2.11 menunjukkan gambar logo *software LightBurn*.



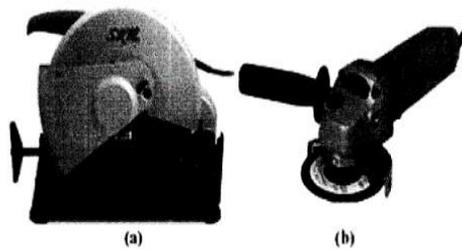
**Gambar 2.11** *Software LightBurn*

### 1.2.3 Proses produksi

Proses produksi adalah serangkaian kegiatan yang bertujuan untuk menciptakan produk atau jasa. Proses ini terdiri dari beberapa tahap, dimulai dari perencanaan, pengadaan bahan baku, pemrosesan, perakitan, hingga pengiriman produk jadi kepada konsumen. Tujuan utama dari proses produksi adalah memenuhi kebutuhan dan permintaan pasar dengan menghasilkan produk yang memiliki kualitas tinggi, efisiensi yang baik, dan efektivitas dalam penggunaannya. Dengan demikian, proses produksi menjadi kunci dalam mencapai keberhasilan dalam memenuhi harapan konsumen dan mencapai keunggulan kompetitif di pasar.

### 1.2.4 Proses gerinda

Proses gerinda adalah sebuah proses produksi dalam industri manufaktur yang melibatkan penggunaan batu gerinda sebagai alat pemotong yang berputar untuk meratakan permukaan benda, mempertajam alat potong, dan melakukan pemotongan pada benda kerja. Terdapat beberapa jenis mesin gerinda yaitu gerinda permukaan, gerinda potong, mesin gerinda silindris, dan alat gerinda manual (Hadi, 2016). Gerinda potong dan gerinda manual ditunjukkan pada gambar 2.12 berikut.



**Gambar 2.12** (a) Mesin gerinda potong, (b) Gerinda tangan

### 1.2.5 Proses gurdi

Proses gurdi atau yang lebih dikenal dengan istilah proses bor, adalah salah satu jenis proses pemesinan yang relatif sederhana dibandingkan dengan jenis-jenis proses pemesinan lainnya. Proses ini dilakukan untuk membuat lubang bulat pada bahan logam, kayu, atau bahan lainnya menggunakan alat potong yang disebut dengan mata bor atau *twist drill* (Rahdiyanta, 2010). Gambar 2.13 menunjukkan gambar mesin gurdi.



**Gambar 2.13** Mesin gurdi

Berikut ini merupakan rumus perhitungan gurdi yang akan digunakan pada mesin CNC *laser cutting engraving* (Taufiq Rochim, 1993).

1. Perhitungan kecepatan potong

$$v = \frac{\pi dn}{1000} \quad (2.1)$$

Dimana

$v$  = Kecepatan potong (m/min)

$\pi$  = 3,14

$d$  = Diameter gurdi (mm)

$n$  = kecepatan *spindle* (rpm)

2. Perhitungan gerak makan per mata potong

$$f_z = \frac{V_f}{zn} \quad (2.2)$$

Dimana:

$f_s$  bisa juga dicari dengan rumus  $f_s = 0,084 \times \sqrt[3]{d}$

$f_s$  = gerak makan per mata potong (mm/putaran)

$V_f$  = kecepatan makan (mm/menit)

$n$  = putaran *spindle* (rpm)

$z$  = Jumlah gigi (mata potong)

3. Perhitungan waktu potong

$$t_c = \frac{l_t}{V_f} \quad (2.3)$$

Dimana:

$t_c$  = waktu pemotongan (menit)

$V_f$  = kecepatan makan (mm/menit)

$l_t$  = panjang pemesinan (mm)

$$= \ell_v + \ell_w + \ell_n$$

$\ell_v$  = panjang langkah awal pemotongan (mm)

$\ell_w$  = panjang pemotongan benda kerja (mm)

$\ell_n$  = panjang langkah akhir pemotongan (mm)

$$= \frac{d}{2 \tan Kr}; \text{ sudut potong utama} = \frac{1}{2} \text{ sudut ujung}$$

### 1.2.6 Proses *frais*

Proses pemesinan *frais* adalah proses penyayatan benda kerja dengan pahat potong yang berputar dengan beberapa sisi potong. Proses penyayatan dengan banyak gigi potong yang mengitari pahat dapat menghasilkan proses pemesinan yang lebih cepat. Permukaan yang disayat bisa datar, miring, atau melengkung. Permukaan benda kerja juga dapat berupa kombinasi dari beberapa bentuk (Rahdiyanta et al., 2010). Gambar 2.14 menunjukkan gambar mesin *frais*.



**Gambar 2.14** Mesin *frais*

Berikut ini merupakan rumus perhitungan *frais* yang akan digunakan pada mesin CNC *laser cutting engraving* (Taufiq Rochim, 1993).

#### 1. Kecepatan potong

$$v = \frac{\pi dn}{1000} \quad (2.4)$$

Dimana:

$v$  = Kecepatan potong (m/min)

$\pi$  = 3,14

$d$  = Diameter *frais* (mm)

$n$  = Kecepatan *spindle* (rpm)

#### 2. Gerak makan per gigi

$$f_z = \frac{V_f}{nz}; (z = 2) \quad (2.5)$$

Dimana:

$f_z$  = Gerakan makan per gigi (mm/r)

$V_f$  = Kecepatan makan (mm/min)

$n$  = Putaran *spindle* (rpm)

$z$  = Jumlah gigi (mata potong)

### 3. Waktu pemotongan

$$t_c = \frac{\ell t}{V_f} \quad (2.6)$$

Dimana:

$t_c$  = Waktu pemotongan (min)

$\ell t$  = Panjang pemesinan (mm)

Dimana:

$$\ell t = \ell_v + \ell_w + \ell_n$$

Dimana:

$\ell_v \geq \sqrt{a(d-a)}$  ; untuk mengefrais datar

$\ell_w \geq 0$  ; untuk mengefrais tegak

$\ell_n \geq 0$  ; untuk mengefrais tegak

### 1.2.7 Proses pengelasan

Proses pengelasan merupakan teknik penyambungan logam dengan cara meleburkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa logam tambahan, dan menciptakan logam yang kontinyu (Afan et al., 2020). Gambar 2.15 menunjukkan gambar mesin las SMAW.



**Gambar 2.15** Mesin las SMAW

Berikut rumus tentang perhitungan waktu pengelasan dan banyaknya elektroda (Rizal et al., 2019) :

1. Menghitung daerah sambungan las

$$A = a \times t \quad (2.7)$$

Dimana:

$A$  = Luas daerah pengelasan ( $\text{mm}^2$ )

$a$  = Jarak antar plat (mm)

$t$  = Tebal plat (mm)

2. Menghitung volume sambungan las

$$V_s = A.L \quad (2.8)$$

Dimana:

$V_s$  = Volume sambungan las ( $\text{mm}^3$ )

$A$  = Luas penampang pengelasan ( $\text{mm}^2$ )

$L$  = Panjang pengelasan (mm)

3. Menghitung volume elektroda

$$V_E = \frac{\pi}{4} d^2 \cdot L \quad (2.9)$$

Dimana:

$d$  = Diameter elektroda (mm)

$L$  = Panjang elektroda (mm)

4. Menghitung banyaknya elektroda yang dibutuhkan

$$B_E = \frac{V_s}{V_E} \quad (2.10)$$

Dimana:

$B_E$  = Banyak elektroda (batang)

$V_s$  = Volume sambungan las ( $\text{mm}^3$ )

$V_E$  = Volume elektroda ( $\text{mm}^3$ )

5. Menghitung waktu pengelasan

$$T_p = B_E \times T \quad (2.11)$$

Dimana:

$T_p$  = Waktu pengelasan (menit)

$B_E$  = Banyak elektroda (batang)

$T$  = Waktu pengelasan per batang elektroda (menit)

### 1.2.8 Proses perakitan

Perakitan adalah proses menyusun atau menggabungkan berbagai komponen atau bagian menjadi produk yang lengkap dan fungsional. Proses ini meliputi berbagai tahapan seperti pemasangan, pengencangan, dan penyetelan komponen untuk memenuhi spesifikasi dan standar tertentu.

### 1.2.9 Kalibrasi

Kalibrasi adalah sebuah cara untuk menunjukkan kebenaran nilai konvensional sebuah alat ukur dengan cara membandingkannya dengan standar ukur. Tujuan dari kalibrasi adalah untuk menentukan penyimpangan dari sebuah alat ukur dan menjaga hasil pengukuran sesuai dengan standar internasional (Firdaus et al., 2020). Berikut rumus yang digunakan untuk mengkalibrasi pergerakan pada setiap *axis* mesin CNC *laser cutting engraving* (Ariawan et al., 2023).

$$\frac{L_o}{L_t} \times Lpm = \quad (2.11)$$

Dimana:

$L_o$  = Jarak target

$L_t$  = Jarak sesungguhnya

$Lpm$  = Nilai aksis linear