

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Dasar Teori Penelitian**

Dalam industri otomotif, robotika, kapal, dan pesawat, sering kita jumpai suatu mesin yang digunakan untuk membuat suatu produk dengan cara memotong, menggores, atau mengukir sebuah material, yang dikenal dengan *CNC laser engraving*. Selain untuk industri manufaktur seperti di atas, pemanfaatan mesin *CNC cutting* atau *engraving* tidak selalu untuk plat, tetapi juga merambah ke dunia industri kulit. Selanjutnya, mesin *CNC laser engraving* memiliki berbagai keunggulan dibandingkan teknologi manufaktur lainnya karena dapat menerima data langsung dari komputer, sehingga otomatisasi penggoresan dapat berjalan dengan baik. Penggunaan mesin *CNC* pada sistem laser *engraving* sangat diperlukan, karena kita dapat memotong suatu bahan atau menggores atau mengukir bahan tersebut dengan bentuk desain sesuai dengan yang kita inginkan, dan dengan kualitas penggoresan yang bagus. Hasil laser *engraving* dengan kualitas potongan pinggirnya dipengaruhi oleh kekuatan daya laser, kekasaran permukaan benda kerja, lebar goresan, dan kecepatan perpindahan gerakan sinar laser. (Munadi, 2018)

Salah satu hasil dari penelitian tentang laser engraving

Perkembangan teknologi industri dapat membantu industri manufaktur dalam menghasilkan produk yang berkualitas. Salah satu alat yang dapat membantu menghasilkan produk berkualitas tersebut adalah mesin CNC. Sebagaimana yang

kita ketahui bahwa harga mesin CNC tidaklah murah. Oleh sebab itu dalam artikel ini, peneliti mengemukakan cara merancang-bangun sebuah prototipe mesin *CNC laser engraving* untuk benda kerja akrilik. Mesin dirancang semurah mungkin tetapi memberikan manfaat yang besar. Rangka mesin menggunakan bahan aluminum extrusion, laser menggunakan jenis diode laser, aktuator penggerak sumbu menggunakan motor stepper, dan *software* kontrol menggunakan USB *CNC controller*. Benda kerja yang mampu dikerjakan berdimensi 600 mm x 300 mm x 2 mm. Optimasi sistem pergerakan motor stepper dipilih 1/8 micro stepping setelah dilakukan pengujian metode full-step, half-step, 1/8 micro stepping, dan 1/16 micro stepping. Dengan menggunakan modul diode laser 2,5 watt, panas radiasi yang diterima benda kerja akrilik saat proses *engraving* sebesar  $558,8 \times 10^{-5}$  kal/detik. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa semakin rendah kecepatan pemakanan akan membuat benda kerja termakan sempurna dan sebaliknya. Dan khusus untuk akrilik membutuhkan kecepatan pemakanan yang lebih rendah dari benda kerja yang lain dikarenakan akrilik itu sendiri memiliki struktur yang sulit untuk tergores. Sehingga proses pemesinan untuk akrilik butuh 100 detik sedikit lebih lama dibanding dua jenis material yang lain. (Munadi, 2018)

Dilakukan dengan feedrate grafir 50 mm/menit dengan *power* laser 500 mw, hasil grafir menunjukkan ketebalan grafir lebih hitam dan terkikis lebih dalam pada *feedrate* yang rendah, sedangkan pada percobaan dengan *feedrate* 100-500 mulai terlihat perbedaan ketebalan pengikisan dan warna, semakin rendah *feedrate* maka hasil grafir akan tebal dan terkikis lebih dalam, semakin besar feedrate maka proses pengikisan akan lebih rendah dan warna tidak terlalu hitam, tetapi semakin rendah

*feedrate* maka proses grafir akan semakin lama, dan semakin besar *feedrate* maka proses grafir akan cepat, pada percobaan dengan *feedrate* 50 mm/menit, waktu *grafir* dengan vektor kotak 10 mm x 10 mm adalah 7,33 detik, sedangkan *feedrate* 500 mm/menit dengan vektor yang berukuran sama, waktu proses grafir 2,16 detik. (Diki Muhamad Sobirin<sup>1\*</sup>, 2020)

Dari hasil pengujian mesin *gravir* laser dengan menggunakan parameter jarak laser, daya laser dan kecepatan gerak laser, dapat disimpulkan nilai parameter mesin *gravir* laser dan dijadikan standar parameter. Hasil data pengujian mesin *gravir* laser ini diperoleh dari beberapa tahap pengujian terhadap parameter yang sudah ditentukan seperti jarak laser, daya laser dan kecepatan gerak laser, guna mencari nilai parameter yang tepat untuk suatu material yang akan diproses *gravir* menggunakan laser. (Nanang Ali Sutisna<sup>1</sup>, 2018)

1. Jarak ideal 75mm.
2. Nilai ideal S-Max pada *controller Laser GRBL* adalah 255.
3. Nilai ideal border *speed* pada *controller Laser GRBL* adalah 200.
4. Hasil analisis data pengujian kinerja mesin *gravir* laser, sistem kontrol berjalan dengan baik dan akurat, serta didapat nilai parameter yang ideal dijadikan standar.

## 2.2. Tinjauan Pustaka

Penerapan program CNC untuk pembuatan produk berbentuk pemotongan (*cutting*), penandaan (*marking*) ataupun grafir (*engraving*) pada benda kerja sesuai dengan sistem mekanik dan elektronika yang terpasang pada mesin CNC Laser *Cutting* menggunakan perangkat lunak *Mach3mill* telah sesuai dengan program CNC pada sistem pemrograman mesin. Keakuratan dan kepresisian hasil pemakanan tool pada benda kerja cukup baik, penyimpangan pada proses marking untuk sumbu X dan Y, masing-masing 0,10 mm. Pada proses cutting dengan kecepatan feed laser 50 mm/menit diperoleh hasil pemotongan yang halus dengan penyimpangan paling kecil yaitu 0,12 mm, sedangkan pada proses *engraving* kecepatan *feed* laser 500 mm/menit, hasil grafir cukup baik dengan penyimpangan paling kecil yaitu 0,17 mm. Pembuatan produk ukiran pada benda kerja dengan menggunakan mesin CNC Laser *Cutting* lebih akurat dan cepat (efisien) bila dibandingkan dengan pembuatan secara manual. Untuk produk benda kerja akrilik ukuran 60 cm x 60 cm dengan bentuk ukiran pada benda kerja sekitar 50% dibutuhkan waktu pengerjaan hanya sekitar 15 menit, termasuk waktu pemasangan dan setting tool. (Abdul Salam1), 2020)

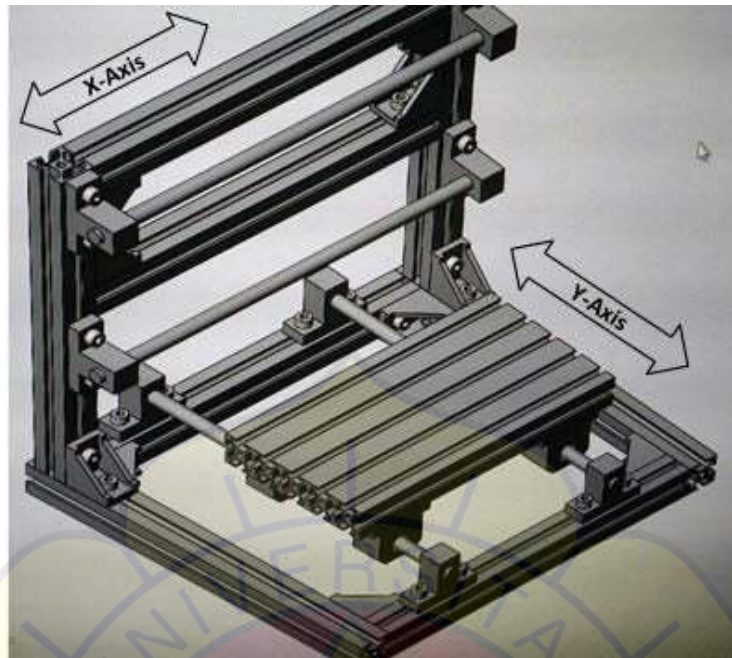
Berdasarkan hasil pengujian dalam penelitian ini, Program pada *LabVIEW* dapat mengkonversi gambar menjadi *G-Code* laser, dan program dapat mengirim *G-Code* ke dalam sistem CNC, sehingga CNC dapat melakukan proses grafir laser pada kayu serta dapat mengatur ketebalan grafir sesuai dengan kebutuhan. Adapun kecepatan pemakan ideal 50- 500 mm / menit dan

kecepatan pemakan maksimal 2000 mm / menit (Diki Muhamad Sobirin1\*, 2020, hal. 58)

Artikel ini memaparkan proses rancang-bangun prototipe mesin CNC laser *engraving* dengan dimensi maksimal benda kerja 600 mm x 300 mm x 2 mm. Berdasarkan analisa pembebanan menggunakan metode FEM diperoleh nilai defleksi terbesar pada poros sumbu X sebesar 0,01806 mm dengan ukuran fine mesh sebesar 5,25 mm. Toleransi ini sangat diijinkan karena batas toleransi geometrik mesin perkakas sebesar 0,025 mm. Adapun metode pergerakan sumbu mesin yang terbaik berdasarkan kecepatan pemakanan dipilih metode 1/8 micro stepping. Hasil pengujian untuk material benda kerja kertas karton, papan triplek, dan akrelik telah menunjukkan hasil yang baik untuk proses *engraving*. (Munadi, 2018, hal. 36)

### **2.3. Laser Engraving**

Laser Engraving digunakan untuk mengikis permukaan material sehingga tulisan/gambar/foto tampak pada permukaan material. Prinsip kerja mesin laser engraving mirip dengan mengukir. Sinar panas laser digunakan untuk mengikis atau membuang bagian material. Laser Engraving tidak bisa menghasilkan warna. Hanya bisa digunakan untuk mengukir. Laser ENgraving hanya menimbulkan bekas – bekas pembakaran. Seperti, warna gosong akibat panas. Semakin besar kekuatannya, maka hasil sinar laser semakin gosong. Material yang biasa digosongkan dengan laser ini yaitu kayu, dan kulit. (<https://vendorpedia.co.id/>)



*Gambar 2. 1 Frame CNC Laser Engraving,*

Sumber : (Fauzi, 2018)

#### **2.4. Garis Kontinu**

Dalam gambar teknik mesin digunakan beberapa macam garis yang mempunyai garis dengan fungsi yang berbeda beda sesuai dengan tujuannya. Masing masing garis tersebut dibuat dengan fungsi, bentuk dan tebal yang berbeda sesuai dengan aturan yang ada. Salah satu dari beberapa garis terdapat garis *kontinu* / garis benda / garis nyata, fungsi garis *kontinu* adalah sebagai garis nyata atau garis utama untuk menggambar gambar teknik. Adapun ketebalan yang sudah di atur adalah 0,50- ,70. (Drs.Muhammad Khumaedi)



## 2.5. Laser

Panjang Gelombang (*Wavelength*) terlihat yang terbuat dari GaAs Dioda Laser pertama kali diperkenalkan oleh *Nick Holonyak Jr* yaitu seorang Ilmuwan yang bekerja di General Electric pada tahun 1962. Pada dasarnya, Dioda Laser hanyalah salah satu jenis perangkat ataupun teknologi yang dapat menghasilkan sinar Laser. Jenis-jenis perangkat ataupun Teknologi lainnya yang dapat menghasilkan sinar Laser diantaranya adalah Solid-state Laser, Laser Gas, Laser *Excimer* dan Dye Laser. Pada penelitian ini, Laser Diode adalah komponen semikonduktor yang dapat menghasilkan radiasi koheren yang dapat dilihat oleh mata ataupun dalam bentuk spektrum infra merah (*Infrared/IR*) ketika dialiri arus listrik. Yang dimaksud dengan Radiasi Koheren adalah radiasi dimana semua gelombang berasal dari satu sumber yang sama dan berada pada frekuensi dan fasa yang sama juga. Kata LASER merupakan singkatan dari *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* yang artinya adalah mekanisme dari suatu alat yang memancarkan radiasi elektromagnetik melalui proses pancaran terstimulasi. Radiasi Elektromagnetik tersebut ada yang dapat dilihat oleh mata normal, ada juga yang tidak dapat dilihat. (Nanang Ali Sutisna1, 2018)

Dengan menggunakan laser sebagai media pemakanan suatu benda dan dengan memanfaatkan radiasi cahaya laser atau hantaran. Maka Rumus yang digunakan perpindahan kalor radiasi laser adalah

$$P = e\sigma AT^4 \dots\dots\dots(1)$$

P = Daya yang diradiasikan (watt)

$e = \text{Emisivitas}$  suatu benda

$\sigma = \text{Konstanta Stefan}$  ( $5,6703 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ ).

$A = \text{Luas}$  suatu benda yang memancarkan radiasi ( $\text{m}^2$ )

$T = \text{Suhu mutlak}$  (K)

Berikut ini adalah beberapa kelebihan Dioda Laser jika dibandingkan dengan teknologi konvensional penghasil Laser lainnya:

1. Lebih kecil dan Ringan,

Dioda Laser memiliki ukuran yang kecil, ada jenis Dioda Laser tertentu yang berukuran kurang dari 1mm dengan beratnya kurang dari 1gram. Dengan demikian, Dioda Laser sangat cocok untuk digunakan pada perangkat Elektronika yang berukuran kecil atau portabel.

2. Membutuhkan Arus listrik,

Tegangan dan Daya yang rendah. Kebanyakan Dioda Laser hanya membutuhkan daya beberapa miliWatt dengan tegangan di sekitar 3 Volt hingga 12 Volt DC. Oleh karena itu, Dioda Laser dapat beroperasi dengan menggunakan sumber daya Baterai.

3. Intensitas rendah Dioda Laser

Diode laser memiliki intensitas yang sangat rendah dibandingkan dengan perangkat laser lainnya. Namun Dioda Laser memiliki efisiensi output koheren yang tinggi dan kemudahan dalam modulasi untuk komunikasi dan aplikasi pengendalian.

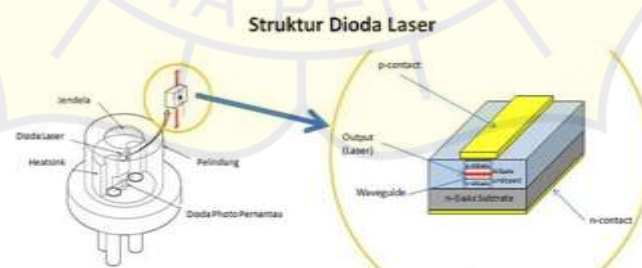


Perlu diketahui bahwa, Dioda Laser tidak dapat digunakan untuk memotong kayu ataupun melubangi baja sehingga relatif aman untuk digunakan pada perangkat konsumen atau rumah tangga. Meskipun relatif aman, tetap disarankan untuk tidak melihat langsung sinar Laser yang dipancarkan oleh perangkat-perangkat tersebut karena beresiko untuk merusak bagian-bagian sensitif Mata yaitu selaput Retina pada mata

#### 4. Sudut Beam yang lebar (*Wide-angle Beam*).

Bentuk berkas sinar yang lebih lebar dan berbentuk kerucut dan dapat lebih mudah dimodifikasi dengan menggunakan sebuah lensa cembung. Hal ini agak berbeda dengan Laser Konvensional yang hanya berbentuk lurus dan sulit untuk di dimodifikasi kelebarannya.

Pada dasarnya, Dioda Laser hampir sama dengan Lampu LED yaitu dapat mengkonversi energi listrik menjadi energi cahaya, namun Dioda Laser dapat menghasilkan sinar/cahaya atau Beam dengan Intensitas yang lebih tinggi. Berikut ini adalah Struktur Dioda Laser (Laser Diode) :



Gambar 2. 2 Laser

Sumber : (Aris Eko Saputro, 2019)

Berdasarkan cara kerjanya, Dioda Laser dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu *Injection Laser Diode (ILD)* dan *Optically Pumped Semiconductor Laser*.

Cara kerja Injection Laser Diode memiliki berbagai kemiripan dengan LED (*Light Emitting Diode*). Kedua-duanya dibuat berdasarkan proses dan teknologi yang hampir sama. Perbedaan utama pada Dioda Laser adalah adanya sebuah saluran atau kanal panjang yang sempit dengan ujung yang reflektif. Kanal tersebut berfungsi sebagai penuntun gelombang pada cahaya. Kanal tersebut biasanya disebut dengan *Waveguide*. Pada pengoperasiannya, arus mengalir melalui persimpangan PN (*PN Junction*) dan menghasilkan cahaya seperti pada LED (*Light Emitting Diode*). Pancaran Fotonnya (*Photon*) disebabkan oleh bergabungnya kembali *Elektron* dan Lubang (*Holes*) di daerah persimpangan PN. Namun cahaya tersebut hanya dibatasi didalam *waveguide* (penuntun cahaya) pada Dioda Laser sendiri. Di *Waveguide* ini cahaya Laser direfleksikan dan kemudian diperkuat sehingga menghasilkan emisi terstimulasi sebelum dipancar keluar.

## **2.6. Perancangan**

Pada proses *gravir* dengan menggunakan laser diperlukan adanya parameter yang tepat pada sistem kontrol untuk menjalankan mesin laser agar dapat beroperasi dengan baik dan benar. Berdasarkan hal tersebut, untuk mendapatkan kualitas yang baik, perlu adanya kombinasi pada proses gravir laser, antara lain jenis laser, daya laser, kecepatan laser, dan jarak fokus atau laser head dengan benda kerja. Jenis laser menentukan material yang dapat diproses gravir metal dan non-metal. Daya pada laser berpengaruh pada kemampuan *gravir* terhadap material, kemudian jarak laser head pada mesin gravir laser berpengaruh terhadap titik fokus yang dihasilkan pada proses *gravir*.

Sedangkan kecepatan gerak laser berpengaruh pada kekasaran hasil *gravir* pada permukaan benda kerja. Sehingga dengan menggunakan parameter yang tepat pada suatu jenis material, maka dapat mengurangi kerugian akibat cacat atau kerusakan yang akan timbul pada hasil proses gravir laser.

#### Langkah Pengerjaan Mesin CNC Laser

1. Mempersiapkan *File Digital*

Seperti halnya pencetakan 3D, pertama harus menyiapkan desain digital dulu sebagai patokan operasi mesin. Hal ini dikarenakan laser merupakan perangkat mesin digital berbasis CNC yang memerlukan file agar mesin bisa melakukan kerja pemotongan.

2. Export File

Setelah file siap, selanjutnya file harus diekspor agar bisa dibaca sebagai perintah oleh software yang ada di mesin laser. Langkah ini bisa dikerjakan melalui Inventor File atau software sejenis.

3. Persiapan remote CNC

Sebelum file dikirimkan ke mesin laser, harus dilakukan persiapan setup dengan bantuan remote CNC. Dengan remote ini bisa mengontrol langsung ke mesin cnc, untuk mengatur jarak, daya laser, dan kecepatan laser.

4. Persiapan Hardware (Mesin dan Material)

Setelah pengaturan dengan remote sudah pas, waktunya masuk ke tahap persiapan mesin dan material. Awali dengan menyalakan mesin pemotong laser dan lampu area potong. Lalu letakkan material dengan benar di bidang kerja, pastikan posisinya sejajar. Sesuai material siap di posisinya, atur

pergerakan dan arah laser head melalui panel kontrol agar berada di posisi yang tepat.

#### 5. Kalibrasi Laser Head

Selanjutnya yaitu memposisikan focus calibrator di tengah-tengah antara material dan laser head. Lalu longgarkan baut penahan laser head sampai mengenai focus calibrator. Saat baut sudah di bawah, kencangkan lagi. Dengan begini, sinar laser memiliki fokus pembakaran yang akurat dan optimal.

#### 6. Proses Pemotongan

Setelah semua sudah siap, sehingga saatnya mesin laser bekerja. Mesin sudah dalam posisi siap menerima perintah sesuai file tadi, kemudian menekan tombol Start di remote agar proses pemotongan dimulai. Mesin laser akan bergerak sesuai file digital tadi dan berhenti setelah program file digital selesai.

### **2.7. Metode Perancangan Sistem Multi CNC**

Perancangan Sistem multi CNC untuk Plotter dan Laser *Engraving* membutuhkan komponen pendukung. Seperti mikrokontroler Arduino, CNC *Shield*, *driver* motor, untuk aktuator penggerak membutuhkan tiga buah motor stepper Nema 17HS1352S, dan Arduino, kabel USB untuk mentransfer data dari Komputer, dan memasok arus ke Arduino Board, dan memasok arus.

## 2.8. Perancangan Mekanik

Perancangan sistem multi CNC untuk laser engraving, membutuhkan mekanik yang bisa memiliki 3 fungsi. Berikut adalah tahap perancangan.

- a. Membuat Desain Sistem Multi *Computer Numerical Control* (CNC) laser Engraving dalam penelitian ini. Desain menggunakan perangkat lunak Inventor, dimana rel axis Y menggunakan *linier guide*, rel axis X menggunakan 3 buah roda., dan laser yang digunakan laser 3000 mw. Bahan yang digunakan alumunium profile, dan untuk kaki-kaki menggunakan akrilik
- b. Didalam axis Y, terdapat, motor stepper, akrilik sebagai dudukan stepper dan kaki dari CNC. Alumunium profil sebagai dudukan linier guide rail (sebagai rel) dengan panjang 30 cm.
- c. Membuat Axis X  
Didalam axis X, terdapat motor stepper, dengan dudukan akrilik, serta alumunium profil dengan panjang 30 cm dan roda yang digunakan untuk rel CNC.
- d. Membuat axis Z  
Didalam axis Z, terdapat motor stepper, dengan dudukan akrilik, serta alumunium profil dengan panjang 20 cm dan roda yang digunakan untuk rel CNC..
- e. Menggabungkan Axis X, Axis Y, dan Axis Z.

Mengabungkan axis Y pada linier guide rail yang terpasang pada axis X, dan memasang belt pada pully, dan memasang laser 3000mw pada mekanik axis Y.

## **2.9. CNC (*Computer Numerically Controlled*)**

Mesin CNC adalah suatu mesin yang dikontrol oleh komputer dengan menggunakan kode-kode huruf dan angka. (data perintah dengan kode angka, huruf dan simbolnya telah disesuaikan dengan standar ISO). Perangkat programnya menggunakan sistem PLC (*Programable Logic Controll*).

CNC adalah mesin yang dipergunakan untuk pengontrolan otomatis dalam dunia industri. Mesin ini berfungsi untuk mengontrol kinerja mesin-mesin lain yang dipergunakan. Dengan kata lain kita tidak memerlukan operator yang banyak untuk mengoperasikan beberapa mesin yang ada. Cukup dikontrol dengan CNC saja maka mesin yang dikontrol bisa berjalan sesuai dengan keinginan kita, CNC telah banyak dipergunakan dalam industri logam. Dalam kondisi ini, CNC dipergunakan untuk mengontrol sistem mekanis mesin-mesin perkakas dan pemotong logam. Jadi seberapa tebal dan panjangnya potongan logam yang dihasilkan oleh mesin pemotong logam, dapat diatur oleh mesin CNC. Saat ini tidak hanya industri logam saja yang memanfaatkan teknologi mesin CNC sebagai proses otomatisasinya. Beberapa industri di bidang lain juga telah memanfaatkannya,

Keunggulan dari CNC sendiri adalah kemudahannya untuk diprogram sesuai dengan kebutuhan. "CNC cukup kita program melalui *software*. Sistem kerja teknologi CNC ini akan lebih sinkron antara komputer dan mekanik,



sehingga bila dibandingkan dengan mesin perkakas yang sejenis, maka mesin perkakas CNC lebih teliti, lebih tepat, lebih fleksibel dan cocok untuk produksi massal. Dengan dirancangnya mesin perkakas CNC dapat menunjang produksi yang membutuhkan tingkat kerumitan yang tinggi dan dapat mengurangi campur tangan operator selama mesin beroperasi. Mesin perkakas & nc yang dimaksud dengan mesin perkakas adalah suatu alat atau mesin dimana energi yang diberikan, kemudian dipergunakan untuk mendefinisikan dan memotong material ke dalam bentuk dan ukuran produk atau benda kerja sesuai dengan kehendak.

