

## Rancang bangun mesin CNC laser cutting CO<sub>2</sub> 2 axis berbasis microcontroler dengan software Mach3

Samsul Hadi<sup>1</sup>, Mafruddin<sup>2\*</sup>, Tri Cahyo Wahyudi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro

Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Kota Metro, Lampung, Indonesia

<sup>2,3</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro

Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Kota Metro, Lampung, Indonesia

\*Corresponding author: [mafruddinmn@gmail.com](mailto:mafruddinmn@gmail.com)

### Abstract

*Laser technology is now so fast and is used in almost all fields, such as in manufacturing, medical, arts, trade transactions and printing. Although there are various types of lasers on the market, but in the manufacturing sector, the CO<sub>2</sub> laser is often encountered. This is due to its relatively large power so that its utilization is more flexible and can be used for cutting thin sheet materials as well as rather thick materials. Laser cutting has various advantages over other manufacturing technologies because it can receive data directly from a computer, so that cutting automation can run in the industrial world. The use of CNC (Computer Numerical Control) machines in laser cutting systems is very necessary, because we can cut a material with the design shape we want and with good cutting quality. The method used is experimental by designing and manufacturing and testing a CO<sub>2</sub> CNC laser cutting machine. Testing is done by finding the best feedrate and knowing the level of accuracy of the cutting results on different types of cutting grooves. From the results of the study it can be concluded that the best feedrate is 50 (mm/min), and also the level of accuracy with different groove cutting shapes affects the level of cutting accuracy, the lowest accuracy coefficient is 0.73 (mm).*

*Keywords: CNC Laser CO<sub>2</sub>, best feedrate, different cutting accuracy shape.*

### Abstrak

Teknologi laser saat ini sudah sedemikian pesat dan digunakan hampir disegala bidang, seperti dibidang manufaktur, medis, seni, transaksi perdagangan dan percetakan. Walaupun ada berbagai jenis laser yang ada dipasaran, namun dibidang manufaktur yang seringkali dijumpai adalah Laser CO<sub>2</sub>. Hal ini disebabkan dayanya yang relatif besar sehingga pemanfaatannya lebih fleksibel dapat digunakan untuk pemotongan pada material lembaran tipis maupun pada material yang agak tebal. Laser *cutting* memiliki berbagai keunggulan dibandingkan teknologi manufaktur lainnya karena dapat menerima data langsung dari komputer, sehingga *otomatisasi* pemotongan dapat berjalan pada dunia industri. Penggunaan mesin CNC (*Computer Numerical Control*) pada sistem laser *cutting* sangat diperlukan, karena kita bisa memotong suatu bahan dengan bentuk desain sesuai yang kita inginkan dan dengan kualitas pemotongan yang bagus. Metode yang digunakan adalah eksperimental dengan merancang dan membuat serta menguji mesin CNC laser cutting CO<sub>2</sub>. Pengujian dilakukan dengan mencari *feedrate* yang terbaik dan Mengetahui tingkat akurasi hasil pemotongan pada jenis alur pemotongan yang berbeda. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa *feedrate* yang terbaik adalah 50 (mm/menit), dan juga tingkat akurasi dengan bentuk pemotongan alur yang berbeda mempengaruhi pada tingkat keakurasian pemotongan, koefisien akurasi terendah pada bentuk lingkaran 0,73 (mm).

Kata kunci :CNC Laser CO<sub>2</sub>, *feedrate* terbaik, bentuk akurasi pemotongan berbeda.

## Pendahuluan

Teknologi laser saat ini sudah sedemikian pesat dan digunakan hampir disegala bidang, seperti di bidang manufaktur, medis, seni, transaksi perdagangan dan percetakan. Walaupun ada berbagai jenis laser yang ada di pasaran, namun di bidang manufaktur yang seringkali dijumpai adalah Laser CO<sub>2</sub>. *Computer Numerical Controlled* atau yang sering dikenal dengan istilah mesin CNC adalah suatu mesin yang dikontrol oleh komputer dengan menggunakan bahasa numerik (data perintah dengan kode angka, huruf dan simbol) sesuai dengan standar ISO. 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 [1].

Mesin CNC Laser Cutting saat ini semakin luas penggunaannya, tidak terbatas pada industri manufaktur saja, tetapi juga untuk industri kerajinan pada usaha-usaha kecil menengah seperti usaha mebel dan interior rumah. Sementara untuk merancang bangun mesin CNC Laser Cutting untuk skala laboratorium dan industri kecil saat ini relatif sudah lebih mudah dilakukan mengingat perkembangan teknologi dan kemudahan mendapatkan komponen-komponen standar dan komponen pendukung serta *software* pendukung yang dapat dibeli dengan lebih murah [2].

Seiring dengan perkembangan zaman dan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, aplikasi laser telah banyak digunakan oleh masyarakat dalam berbagai bidang. Sehingga saat ini telah banyak dikembangkan berbagai teknik perlakuan permukaan material dengan menggunakan laser atau sering disebut *laser processing materials*. Penerapan aplikasi laser *processing material* dapat berupa laser *engraving*, laser *sintering*, maupun aplikasi lain digunakan untuk memotong suatu material. Salah satunya mesin yang digunakan dalam proses pemotongan yaitu mesin *laser cutting* yaitu mesin yang

digunakan untuk memotong *acrylic*. *Acrylic* atau *pmma* memiliki kekerasan dalam *rocvell B* adalah 67-97 HRB dan mempunyai sifat yang ringan dan kuat, serta memiliki ketahanan tekanan yang baik sehingga dapat diaplikasikan secara luas, dalam sebuah sektor seperti rumah sakit, rumah tangga, kereta api, pertanian, konstruksi, kimia, elektronik, maupun bidang perindustrian. Dengan demikian hasil produk *acrylic* dituntut untuk memiliki nilai kekerasan yang baik karena seiring dimanfaatkannya oleh manusia dan untuk mengurangi bahaya yang ditimbulkan saat dipakai manusia [3].

## Tinjauan Pustaka

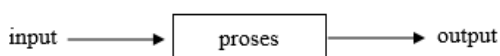
Laser pemotong yaitu teknologi menggunakan laser sebagai sumber pemotong yang bekerja dengan mengarahkan daya tinggi pada lokasi tertentu. Pemotongan menggunakan laser menerima data langsung dari komputer sehingga otomatisasi pemotongan dapat berjalan pada mesin CNC (*Control Numeric Computer*). Laser cutting biasanya juga disebut dengan laser *engraving*. Laser *engraving* adalah salah satu teknologi yang digunakan dalam perancangan untuk mengukir atau menandai objek, dalam metode ini sinar laser digunakan untuk menghilangkan objek yang padat sesuai pola yang ditentukan. Mesin laser merupakan alat batu dalam berkreasi yang memiliki banyak keunggulan jika dibandingkan dengan alat potong lainnya seperti CNC router dan gergaji. Laser memotong dengan menggunakan energi panas, maka dari itu material yang akan tidak akan menerima tekanan jika dibandingkan dengan alat potong lainnya, selain itu juga, jika memotong material plastik seperti akrilik, maka hasil potongannya akan mulus dan dapat langsung digunakan sesuai yang diinginkan.

Secara garis besar dengan dilihat dari karakteristiknya cara untuk mengoperasikan mesin CNC dapat dilakukan dengan menggunakan 2 cara yaitu System Absolut dan System incremental [4]. Pada system

incremental penempatan titik awal yang dipakai sebagai titik acuan ialah selalu berpindah-pindah sesuai dengan titik actual yang dinyatakan terakhir. Presisi ditentukan menggunakan kumpulan data dari hasil suatu pengukuran berulang. Untuk indikator presisi pada umumnya digunakan simpangan baku, yang menunjukkan perbedaan kumpulan data yang didapatkan. Makin kecil simpangan baku, data yang didapatkan pun akan saling mendekati. Hal ini berarti, presisi hasil dari suatu pengukuran yang dikerjakan ialah lebih baik [5].

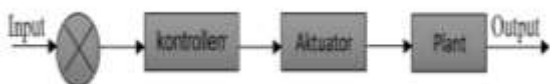
### Sistem kendali atau kontrol

Sistem adalah gabungan dari beberapa komponen untuk melakukan suatu pekerjaan tertentu yang dilakukannya secara bersama-sama. Komponen ini bekerja dengan dirinya sendiri maupun bekerja secara berkesinambungan dengan komponen dari sistem tersebut ditunjukkan pada gambar 1



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

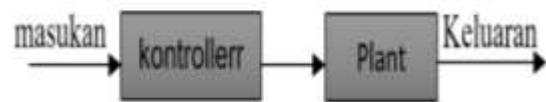
Sistem kendali merupakan proses pengaturan beberapa elemen atau variabel yang dapat menghasilkan suatu tanggapan dengan besaran tertentu sesuai dengan hasil yang diharapkan. Elemen-elemen yang terdapat pada sistem kendali terdiri dari input, error detector, kontroler, aktuator [6] dapat di lihat pada gambar 2.



Gambar 2. Blok Sistem Kendali

Sistem kendali dikenal dengan dua jenis pengaturan yaitu *open loop system* dan *close loop system*. *Open loop system* merupakan suatu sistem pengaturan umpan maju di mana pada keluaran tidak akan di perhitungkan kembali melalui proses *feedback*, dengan hal demikian pada

keluarannya tidak akan pengaruh pada aksi kontrol atau pada masukan. Diagram block system open loop sistem pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram blok open loop system

Close loop system atau kontrol lup tertutup merupakan pengaturan pada suatu sistem yang mengutamakan pada ketepatan pada hasil keluarannya. Mempunyai proses *feedback* yang mempunyai fungsi untuk mengirimkan kembali suatu informasi dari keluaran ke error detector, proses ini akan dilakukannya secara terus menerus sampai didapatkan pada hasil keluaran yang diinginkan

### Software System Control (Mach3)

Mach3 adalah paket perangkat lunak yang berjalan pada komputer dan mengubahnya menjadi pengontrol pada mesin yang sangat kuat dan ekonomis. Mach3 dapat berjalan menggunakan Windows XP atau Windows 2000 atau idealnya berjalan pada prosesor 1GHz dengan resolusi layar 1924 x 768 piksel. Mach3 pada dasarnya berkomunikasi melalui satu atau dua port paralel (*printer*) dan jika diinginkan port serial (*com*).

### Breakout Board (mach3 USN RNR)

*Breakout board* (BOB) merupakan kartu elektronik yang mempunyai fungsi untuk menghubungkan sinyal input maupun output data dari komputer kepada aktuator. BOB merupakan komponen utama sistem kontrol yang mempunyai fungsi sebagai otak pada mesin CNC. BOB ini nantinya akan difungsikan sebagai penghubung sinyal data dari komputer menuju relay atau driver, ataupun untuk menghubungkan sinyal dari luar agar dapat dibaca oleh komputer. BOB ini mempunyai port 4 axis yang dapat digunakan untuk sumbu x, y, z, dan A.

### 1. Motor Driver (TB6600)

Motor driver adalah komponen yang memiliki fungsi untuk mengkomunikasikan antara kontroler dengan aktuator serta untuk meningkatkan sinyal keluaran dari kontroler sehingga aktuator dapat membacanya, pada driver motor ini terdapat beberapa port yang terhubung ke masing-masing port di antaranya input power, *motor stiper*, dan *breakout board controler*, selain itu juga terdapat *driver cwiching* yang digunakan untuk mengatur *micro step* dan *current control* [7].

### 2. Power supply

*Power supply* merupakan perangkat elektronik yang mempunyai fungsi untuk menurunkan dan mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC.

### 3. Motor stiper (nema 17)

Motor stiper mempunyai fungsi sebagai aktuator atau motor penggerak untuk sumbu X, Y, dan Z pada mesin CNC, penentuan atau pemakaian motor stiper didasari terhadap beban yang ditanggung oleh motor stiper tersebut, dimana motor stiper menggerakkan sumbu X, Y dan Z, sehingga motor stiper tersebut dapat dikembalikan dengan cukup mudah dan memiliki tingkat ketelitian yang cukup tinggi.

### 4. Power Supply Laser CO<sub>2</sub>

Power supply laser CO<sub>2</sub> ini berfungsi seperti pada umumnya yang membedakan adalah arusnya yang khusus untuk laser CO<sub>2</sub> satu daya tabung laser 40 Watt ini tersedia dalam tegangan *input* 110 atau 220.

### 5. Tabung laser CO<sub>2</sub>

Tabung CO<sub>2</sub> yang digunakan untuk menembakkan sinar laser inilah yang nantinya bisa melakukan pemotongan atau pembentukan dalam suatu objek. Pantulan sinar laser yang dikeluarkan dari dalam tabung laser dapat mengeluarkan diameter sinar yang sangat kecil yaitu 0,02 (mm). Dengan ukuran yang kecil tersebut dapat membuat hasil pemotongan maupun

pembentukan bisa lebih halus dan juga rapih.

### 6. limit swit dan *emergensi stop*

*Limit swit* merupakan jenis saklar yang memiliki lengan memanjang yang berfungsi menggantikan tombol. Prinsip kerja *limit swit* sama halnya dengan saklar *push on / off*, ketika tuas ditekan maka akan memutus atau menghubungkan kontak [8].

### 7. Lensa Focus Laser

Lensa focus ialah lensa yang digunakan untuk memantulkan cahaya api dari tabung laser ke head laser dan mempunyai lensa yang berbeda-beda jadi harus sesuai dengan yang sudah ditentukan, lensa yang harus digunakan harus sesuai dengan daya laser, jenis bahan, tingkat detail dan resolusi grafis, ketebalan bahan.

### 8. Kompresor power 40 watt

Pada proses pemotongan laser cutting logam atau metal atupun akrilik dilakukan dengan nitrogen tekanan tinggi dan konsentrasi tinggi.

### 9. Pompa Air

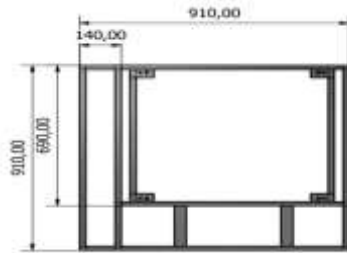
Pompa air ini sangat diperlukan untuk melindungi tabung laser CO<sub>2</sub>. Gunakan air lunak (air suling atau air murni) untuk mendinginkan air, dan selalu perhatikan suhu air pendingin. Suhu air harus dikontrol dalam kisaran 25 ° C-30 ° C.

### 10. Akrilik

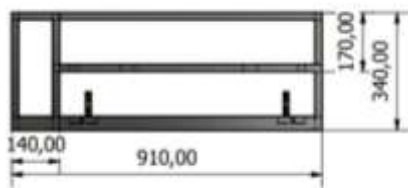
Akrilik (*Polymethyl methacrylate*) ialah thermoplastik transparan yang digunakan sebagai bahan alternatif pengganti kaca. Polimer ini merupakan suatu jenis material rekayasa non logam (*non metallic metal*) material ini sudah banyak digunakan menjadi bahan pengganti atau substitusi yang telah banyak digunakan pada material logam karena bahan ini mempunyai sifat yang ringan, tahan korosi, tahan terhadap zat kimia, dan harga yang murah.

## Metode Penelitian

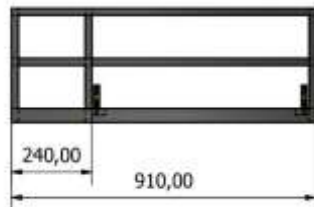
### 1. Teknik Sampeling, Rancangan Desain



1. Desain atas



2. Desain samping



3. Desain depan

Gambar 4. Rancangan Desain Mesin CNC Laser CO<sub>2</sub> 2 Axis

#### a. Tahap Perencanaan

Dalam hal ini akan dilakukan desain mesin CNC Laser CO<sub>2</sub> yang akan dibuat dengan menyesuaikan ukuran dan jenis bahan diantaranya aluminium T- slot, holo galvanis, plat strip, mekanisme rel, komponen penggerak, dan komponen elektronik yang ada di pasaran.

#### b. Tahap Pelaksanaan

Proses pembuatan mesin CNC Laser CO<sub>2</sub> dan elengkapannya dikerjakan di Laboratorium Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Metro. Adapun langkah pembuatan mesin CNC Laser CO<sub>2</sub> 2 Axis yaitu:

- 1) Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan
- 2) Mengukur bahan
- 3) Memotong bahan

- 4) Menyambung dan melakukan pengelasan, merangkai atau merakit sesuai dengan gambar rancangan
- 5) Memasang atau merakit perangkat elektronik seperti controller dan perangkat lainnya
- 6) Mengaktifkan perangkat lunak seperti Software pendukung lainnya.

#### D. Teknik Pengambilan Data

Adapun proses pengujian Mesin CNC Laser CO<sub>2</sub> 2 axis terdiri dari beberapa tahap yaitu:

##### 1. Mempersiapkan Alat

Mempersiapkan mesin CNC Laser CO<sub>2</sub> 2 axis, media uji (akrilik), dan peralatan tambahan lainnya.

##### 2. Menghidupkan Alat Uji

Menghidupkan mesin CNC Laser CO<sub>2</sub> 2 axis, menghidupkan computer, membuka software nach3 dan software Aspire untuk membuat file G-code.

##### 3. Melakukan Pengujian

Mengatur parameter-parameter pada pembuatan file G-Kode sesuai pada ketentuan pengujian, kemudian upload file G-kode ke Mach3 dan dilakukan pengujian.

##### 4. Mencatat Hasil Pengujian

Melakukan pengamatan selama pengujian dan mencatat data hasil pengujian dari parameter-parameter yang telah diberikan terhadap hasil pemotongan pada variasi zig-zag (segi tiga), persegi panjang dan melingkar dari masing-masing hasil pemotongan.

##### 5. Melakukan Perhitungan dan Analisa

Melakukan perhitungan dan analisa terhadap data-data yang telah didapatkan selama proses pengujian.

#### E. Intrumen penelitian

Pada bagian ini berisi tentang alat dan bahayang digunakan dalam penelitian.

##### 1. Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

##### a. Seperangkat Mesin CNC Laser CO<sub>2</sub> 2 Axis Berbasis Mach3

Mesin CNC Laser CO<sub>2</sub> 2 Axis ini merupakan mesin CNC rakitan yang

mennggunaan software Mach3. Mesin ini mempunyai ukuran panjang dan lebar 600 (mm) x 600 (mm). serta tinggi 300 (mm), dengan menggunakan ranka dari besi holo galvanis dan alumunium T-slot ukuran 20 x 20 (mm). mesin ini mempunyai 2 sumbu yaitu X dan Y. Untuk sumbu Y merupakan gerakan braket kanan dan kiri positif dan negative dan untuk sumbu x digunakan untuk gerakan head laser ke arah positif dan negatif pada sumbu7 tersebut.

#### b. Laptop atau Komputer

komputer atau laptop yan digunakan untuk menjalankan *software Mach3* dan juga digunakan untuk mendesain gambar atau mermbuat file G-kode pada mesin CNC.

#### 2. Bahan

Adapun bahan yan digunakan dalam penelitian ini adalah akrilik trasnparan dengan ketebalan 5 (mm).



Gambar 5. Akrilik

#### a. Proses pembuatan mesin CNC laser cutting co<sub>2</sub> 2 axis

Merancang mesin CNC laser cutting co<sub>2</sub> dengan software inventor.

Tahap awal untuk memulai desain menggunakan software inventor professional terlebih dahulu memilih sumbu yang sudah di sediakan X,Y,dan Z untuk membuat line sesuai mesin yang sudah di rencanakan sampai membentuk gambar 3D dan proses perakitan perkomponen hingga membentuk kerangka mesin CNC laser cutting co<sub>2</sub> 2 axis.

- (a) Buka software Autodesk inventor professional
- (b) Membuat sketch 2D

- (c) Membuat linier shaft
- (d) Design area kerja pada mesin cnc laser co<sub>2</sub>
- (e) Design part sumbu X dan Y
- (f) Motor stepper nema 17
- (g) Bracket nema 17
- (h) Perakitan pada sumbu X dan Y
- (i) Perakitan semua sumbu mesin cnc laser co<sub>2</sub> 2 axis

#### 1) Proses pembuatan mesin cnc laser cutting co<sub>2</sub> 2 axis

Pada proses pembuatan mesin CNC laser cutting co<sub>2</sub> 2 axis ini adalah proses awal dalam pembentukan mesin mulai dari mengukur, memotong, dan merakit mesin.

#### (a) Pemasangan komponen pada mesin cnc



Gambar 6. Mesin cnc laser co<sub>2</sub> 2 axis

#### Cara pengoprasian mesin cnc laser cutting co<sub>2</sub> 2 axis

Mach3 menghasilkan pulsa langkah dan sinyal arah untuk melakukan langkah langkah yang di tentukan oleh program bagian Gcode dan mengirimn ya ke port (s) atau papan pengontrol gerak. Driver untuk motor sumbu mesin harus menerima pulsa langkah dan sinyal arah mach3. Hampir semua driver motor stepper bekerja seperti ini, seperti halnya seperti servo DC dan AC modern dengan encoder digital. Fitur dari mesin yang di gunakan oleh mach3 ini meliputi:

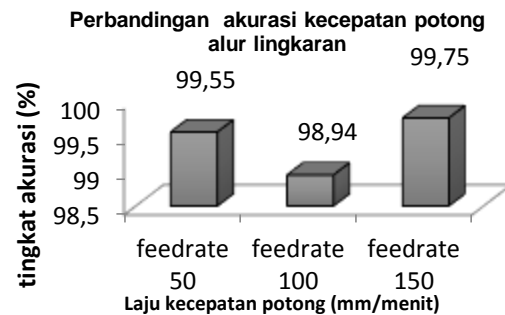
- 1) Beberapa kontrol pengguna. Tombol berhenti darurat (Estop) harus di sediakan di setiap mesin
- 2) Dua atau tiga sumbu gerak, yang biasanya tegak lurus satu sama lain(di sebut sebagai sumbu X Y dan Z).
- 3) Alat yang bergerak relatif terhadap benda kerja. Asal sumbu referensi di dapatkan dalam kaitan nya dengan benda kerja. Gerakan relatif dapat dilakukan dengan (1) alat bergerak (misalnya nozzle laser bergerak ke arah X.
- 4) Beberapa tombol mengatakan saat alat berada pada posisi home.
- 5) Beberapa saklar untuk menentukan batas pergerakan relatif yang di izinkan limit switch)
- 6) Sebuah saklar yang mengunci pelindung pada mesin.
- 7) Control untuk pengiriman cara pendingin.
- 8) Probe di pemegang alat yang memungkinkan digitalisasi bagian yang ada.
- 9) Pembuatan encode, seperti timbangan kaca linier, yang dapat menampilkan posisi bagian bagian mesin./
- 10) Fungsi khusus.

## Hasil dan Pembahasan

### Tingkat akurasi pada pemotongan alur lingkaran

Pengaruh *cutting feedrate* sangat berpengaruh terhadap alur pemotongan pada mesin CNC Laser CO<sub>2</sub>, dengan menggunakan *Feedrate* 50 menghasilkan selisih pada Lebar (x) 0,00 (mm) hasil yang baik tetapi pada hasil panjang menghasilkan selisih 0,20 (mm), sedangkan pada *Feedrate* 100 (mm/menit) pada lebar (X) tidak mengalami selisih, melainkan pada panjang (Y) mengalami selisih 0,50 (mm) dan juga pada *Feedrate* laju pemotongan 150 (mm/menit), lebar (X) mengalami selisih 0,10 (mm) begitu juga pada panjang (Y) juga mengalami selisih sebesar 0,60 (mm), hal ini dapat di amati semakin besar *feedrate*

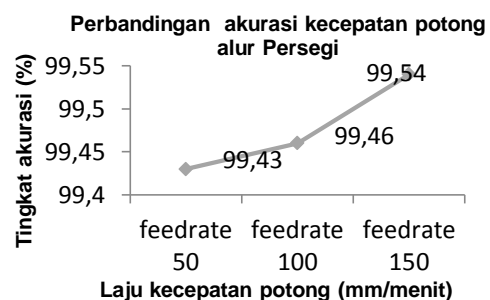
yang digunakan pada proses Cutting mesin CNC CO<sub>2</sub> rakitan pada bentuk pemotongan lingkaran maka hasilnya semakin tidak akurasi, dan juga dianjurkan untuk memilih *feedrate* yang lebih rendah agar pemotongan mendapatkan hasil yang maksimal.



Gambar 7. Grafik perbandingan akurasi pemotongan alur lingkaran

Pada pemotongan dengan dengan alur lingkaran tingkat akurasi yang di hasilkan dapat di lihat pada gambar 7. Grafik akurasi *cutting feedrate* 50, 100, dan 150 mm/menit memiliki akurasi yang berbeda pada pemotongan menggunakan *feedrate* 50 mm/menit menghasilkan tingkat akurasi 99,55 % dan pada *cutting feedrate* 100 mm/menit menghasilkan tingkat akurasi pemotongan yang lebih rendah yaitu dengan nilai 98,94%, dikarenakan pada pemotongan dengan *feedrate* 100 dengan pemotongan alur lingkaran mengalami getaran yang sangat besar, dan mengakibatkan lebar X dan lebar Y menjadi tidak presisi. Maka hasil cutting yang terbaik berada di *cutting feedrate* 150 mm/menit menghasilkan 99,75%.

### Tingkat akurasi pada pemotongan alur persegi



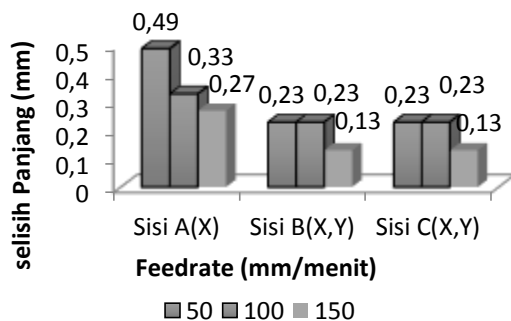
Grafik 8. Perbandingan akurasi kecepatan potong alur persegi



Dari hasil pengujian pemotongan dari alur persegi dapat dilihat pada gambar 8. dijelaskan pada grafik akurasi pemotongan dengan *feedrate* 50 mm/menit menghasilkan tingkat akurasi 99,43%. Dan pada alur pemotongan menggunakan *feedrate* 100 mm/menit menghasilkan tingkat akurasi pemotongan 99,46% dan yang paling akurasi diperoleh dari pemotongan dengan *feedrate* 150 mm/menit, dengan tingkat akurasi pemotongan 99,54%. Karena pada *feedrate* 50 dan 100 mm/menit laju pemotongan yang terlalu lambat untuk pemotongan alur persegi, mesin mengalami getaran yang lebih yang membuat alur pemotongan persegi tidak presisi.

### Tingkat akurasi pada proses pemotongan alur segitiga sama sisi

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan diketahui pengaruh kecepatan potong *feedrate* terhadap kekerasan pada media akrilik pada alur pemotongan bentuk segitiga sama sisi yaitu sebagai berikut.

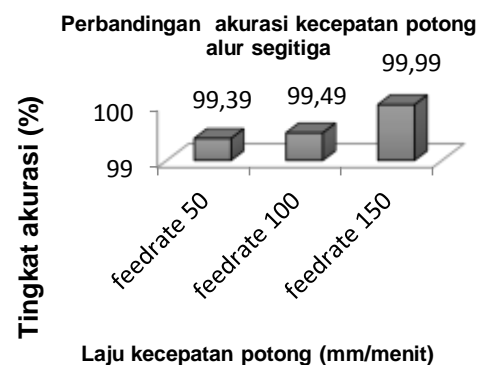


Gambar 9. Grafik perbandingan akurasi pemotongan dengan alur segitiga sama sisi

Pada kecepatan laju pemotongan 50 mm/ menit perubahan dimensi yang paling tinggi yaitu pada sisi C (sumbu XY) dengan bentuk gambar awal 52,33 dan hasil akhir 51,84mm. mengalami perubahan dimensi 0,49 mm, sedangkan pada sisi B ( sumbu X Y) mengalami perubahan dimensi menjadi 51, 98 mm, dan sisi C (sumbu X Y) mengalami perubahan paling kecil menjadi 51,84 mm mengalami perubahan dimensi 0,07 mm. pada kecepatan laju pemotongan

100 mm/menit perubahan dimensi yang paling tinggi yaitu sisi B ( sumbu X Y) dengan bentuk gambar awal 52,33 dan hasil akhir 51,90 mm, mengalami perubahan dimensi 0,53 mm. pada sisi C (X Y) mengalami perubahan dimensi menjadi 51,84 mm. dan perubahan dimensi yang paling kecil terdapat pada sisi A (X) menjadi 52,12 mm, berkurang menjadi 0,21mm. Pada kecepatan laju pemotongan 150 mm/menit perubahan dimensi yang paling tinggi yaitu pada sisi c (X Y) dengan bentuk gambar awal 52,33 dan hail akhir 51,62 mm, mengalami perubahan dimensi 0,71 mm. sedangkan pada sisi A (X) mengalami perubahan dimensi 51,68 mm, perubahan yang paling kecil terdapat pada sisi B (XY) dengan hasil akhir 51,76 mm mengalami perubahan dimensi 0,57 mm.

Berdasarkan penjelasan di atas maka perubahan dimensi tertinggi diperoleh dengan *feedrate* 150 mm/menit pada sisi C(X Y) yaitu dengan bentuk gambar awal 52,33 mm dan hasil akhir 51,62mm, mengalami perubahan dimensi 0,71 mm. perubahan dimensi terkecil pada *feedrate* 50 mm/menit bagian sisi A (x) dengan hasil akhir 52,40 mm, mengalami perubahan dimensi 0,07 mm. Dikarenakan pada *feedrate* 50 mm/menit laju pemotongan lebih lambat dan hasil dari pemotongan lebih sesuai keinginan.



Gambar 10. Grafik perbandingan akurasi kecepatan potong alur segitiga sama sisi.

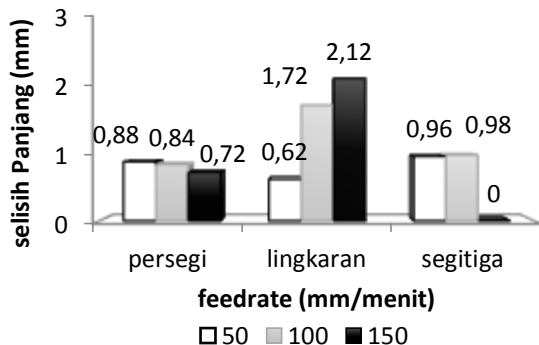
Dari hasil pemotongan dapat dilihat akurasi dari pengujian pemotongan menggunakan *feedrate* 50 mm/menit



menghasilkan tingkat akurasi 99,39%, dan dengan pengujian pemotongan dengan *feedrate* 100 mm/menit, menghasilkan tingkat akurasi pemotongan 99,49%. Tingkat akurasi yang terbaik terdapat pada pengujian pemotongan menggunakan *feedrate* 150 mm/menit menghasilkan tingkat akurasi pemotongan sebesar 99,99%.hal ini di sebabkan karena pada pengujian pemotongan dengan alur segitiga sama sisi dengan menggunakan *feedrate* 50 dan 100 mm/menit, mesin cnc mengalami getaran yang berlebih, dan mengakibatkan pada pemotongan menggunakan *feedrate* 50 dan 100 mm/menit kurang akurasi dan presisi.

### Perbandingan hasil pemotongan keliling

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan diketahui jumlah keliling pada setiap gambar yang diuji yaitu sebagai berikut:



Gambar 11. Grafik perbandingan hasil pemotongan keliling

Dari gambar 11 dapat dilihat pengaruh *feedrate* terhadap alur pemotongan pada mesin CNC laser cutting CO<sub>2</sub> 2 Axis yang berbasis mach3 rakitan, adapun selisih yang terjadi pada keliling alur pemotongan persegi, lingkaran dan juga segitiga sama sisi, untuk alur pemotongan persegi empat pada *feedrate* 50 (mm/menit) mempunyai selisih keliling pemotongan 0,88 (mm), pada *feedrate* 100 (mm/menit) mempunyai selisih ke erroran yang hampir sama 0,84 (mm) dan juga pada *feedrate* 150

pada keliling alur pemotongan memiliki selisih ke erroran 0,72 (mm). Untuk keliling alur pemotongan lingkaran dengan *feedrate* 50 (mm/menit) mempunyai selisih ke erroran 0,62 (mm), pada *feedrate* 100 (mm/menit) juga memiliki selisih keakurasian yang lebih besar dari *feedrate* 50 yaitu sebesar 1,72 (mm) dan pada *feedrate* 150 (mm/menit) mengalami kenaikan ketidakakurasian yang begitu besar senilai 2,12 (mm), dari sini bisa dilihat bahwa untuk bentuk lingkaran, setiap ditambahkannya *feedrate* maka hasil pemotongan akan semakin tidak akurasi dan lebih baiknya setiap pemotongan alur lingkaran menggunakan *feedrate* yang lebih rendah, sedangkan untuk keliling alur pemotongan segitiga pada *feedrate* 50 (mm/menit) mempunyai selisih ke akurasinya bernilai 0,96 (mm) hasil yang hampir akurat begitu juga pada *feedrate* 100 (mm/menit) hasilnya keliling alurnya sudah mendekati dari akurat 0,98 dan pada *feedrate* 150 pada keliling laju alur segitiga memiliki keakuratan dan juga selisih ke errorannya 0,00 dan dapat dinyatakan tidak ada selisih.

Selain itu juga karena adanya backlash yang mempengaruhi ketelitian alat tersebut. Ini dinyatakan karena hal-hal seperti ketidakpresisian kisar (*pitch*) pada ulir penggerak ataupun antara baut ulir penggerak dengan murnya terdapat jarak kerenggangan. Selain itu juga disebabkan karena penghubung poros penggerak dengan ulir penggerak masih menggunakan *flexible coupling* yang masih punya kelenturan pada saat berputar. Hal ini dapat dianalisis, pada *cutting feedrate* semakin tinggi artinya kecepatan pada motor stiper juga semakin tinggi, dan dengan alur pemotongan yang berbeda motor stiper yang bekerja tiap alur pemotongan tidak sama. Pada alur pemotongan persegi satu motor stiper yang bekerja pada setiap *line* pemotongan, sedangkan pada alur pemotongan lingkaran dan segitiga dalam satu *line* pemotongan dua motor stiper bekerja bersamaan. Perbedaan ini akan memberikan pengaruh pada daya motor saat

menghadapi tingkat kekerasan permukaan pemotongan sehingga memberikan perbedaan ukuran. Semakin tinggi kecepatan maka daya motor semakin rendah

### Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa *feedrate* yang terbaik adalah 50 (mm/menit), dan juga tingkat akurasi dengan bentuk pemotongan alur yang berbeda mempengaruhi pada tingkat keakurasian pemotongan, koefisien akurasi terendah pada bentuk lingkaran 0,73 (mm).

### Referensi

- [1] Amala, M., Widiyanto S.A. 2015. Pengembangan Perangkat Lunak Sistem Operasi Mesin Milling Cnc Trainer, JTM. Vol. 2 (3), Hal 204-210
- [2] Salam, A., Muktar. 2020. Rancang Bangun Mesin Cnc Laser Cutting Sebagai Media Pembelajaran
- [3] Armansyah, M., Purwanti, E., dan karuniawan, B. 2018. Optimasi Parameter Proses Pemotongan Acrylic terhadap Kekasaran Permukaan Menggunakan Laser Cutting Dengan Metode Response Surface, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
- [4] Lukmana, M.A. Martana, B. dan Hendrarsakti, J. 2018. Optimasi Pada Proses Potong Pelat Akrilik 5mm Menggunakan Desktop CNC LASER 6,5 Watt 445nm Dengan Metode Taguchi-Grey, Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta
- [5] Ratnawati, E., dan Sunarko. (2008). Evaluasi Kinerja Fasilitas Iradiasi Sistem Rabbit Menggunakan Bahan Acuan Standard Dengan Metode AAN. Buletin Pengelolaan Reaktor Nuklir, 5(2), 49–55.
- [6] Ridwanda, H., Triyanto, D., dan Brianorman, Y. (2014). Sistem Kendali Alat Listrik Berbasis Waku Dengan Atmega A8535. Jurnal Coding Sistem Komputer Universitas Tanjung Pura, 2(3), 11–20.
- [7] Ikhwan. 2017. Pengaruh Pengendalian Arus Dan Kecepatan Pada Laser Enggaving Machine Terhadap Permukaan Bahan Kaca Dan Akrilik. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang.
- [8] Harrizal, S. I., Syafri., dan Prayitno, A. (2017). Rancang Bangun Sistem Kontrol Mesin CNC Milling 3 Axis Menggunakan Close Loop System. Jom Fteknik, 4(2), 1-8