

## Analisa kerja mesin CNC *laser cutting* CO<sub>2</sub> 2 Axis berbasis MACH3 pada variasi pemotongan

Giri Halim<sup>1</sup>, Asroni<sup>2\*</sup>, Eko Budiyanto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Prodi Magister 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: [asroni14@yahoo.com](mailto:asroni14@yahoo.com)

### Abstract

*Laser technology is now so rapidly 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, the CO<sub>2</sub> laser is the most common in manufacturing. This is due to its relatively large power so that its use 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 the 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> laser cutting CNC 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 Cutting, CO<sub>2</sub>, Mach3.*

### Abstrak

Teknologi laser saat ini sudah sedemikian pesat dan digunakan hampir di segala 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>. 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 Cutting*, CO<sub>2</sub>, Mach3.

## 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>. 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. Material untuk medium pembentukan sinar lasernya yaitu gas CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> atau O<sub>2</sub>, dan H<sub>2</sub> juga relatif mudah diperoleh dan tidak begitu mahal. Laser CO<sub>2</sub> tersebut dapat digunakan untuk melakukan proses pemotongan kontur, proses pembuatan lubang (*hole piercing*), proses pengeboran (*drilling*), dan proses pengelasan [1]. *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. 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 meubel 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]

Proses potong pelat merupakan salah satu proses paling penting pada rapid *prototyping*. Pelat adalah benda kerja dengan dimensi tebal berbanding jauh dengan panjang dan lebarnya. Salah satu metode pemotongan yang sering digunakan adalah *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* (LASER) [3]. Pengukuran efektivitas dan efisiensi mesin *laser cutting* yang dilakukan perusahaan selama ini adalah dengan metode sederhana. efektivitas dan efisiensi dihitung hanya berdasarkan jam operasi dan riil kapasitas saja tanpa mempertimbangkan input yang lainnya. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode pengukuran efektivitas dan efisiensi yang dapat memadukan semua input dan output secara serentak [4]. Produksi manufaktur tidak terlepas dari proses pemotongan bahan baku, baik bahan baku logam ataupun non logam, namun proses pemotongan logam merupakan aktivitas yang paling sering digunakan dalam industri manufaktur. Pemotongan merupakan proses yang sangat penting karena akan menentukan kualitas bahan yang dipotong pada proses selanjutnya

Menurut Juniantoro [6], proses pemesinan dilakukan pada material dengan menggunakan parameter titik fokus sinar laser, tekanan gas *cutting* dan *cutting speed*. Metode yang digunakan adalah *taguchi grey relational analysis*. Penggunaan metode taguchi untuk mengoptimalkan respon kekerasan dan laju pemotongan dikombinasikan dengan menggunakan grey relational analysis agar didapatkan hasil multi respon yang optimum terhadap kualitas minimum kekasaran dan laju pemotongan. Maka dari itu untuk mengetahui proses pemotongan akrilik dalam hal ini perlu diadakan analisa pemotongan menggunakan mesin laser CO<sub>2</sub> 40 Watt rakitan untuk mengetahui keakurasian kerja dari mesin yang sudah dibuat. Adapaun tujuan dari penelitian ini mengetahui *feedrate* yang menghasilkan hasil kerja terbaik dan mengetahui tingkat akurasi hasil pemotongan pada jenis alur pemotongan yang berbeda.

## Tinjauan Pustaka

Seiring dengan perkembangan zaman dan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, aplikasi laser telah banyak digunakan oleh masyarakat dalam berbagai bidang. Hingga saat ini telah banyak dikembangkan berbagai teknik perlakuan permukaan material dengan menggunakan laser atau sering disebut *dengan laser processing materials*. Penerapan aplikasi *laser processing materials* dapat berupa *laser engraving*, *laser sintering*, maupun aplikasi laser untuk melakukan pemotongan suatu material [7]. Mesin CNC *laser cutting* 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 bantu 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 [8]. Jenis jenis laser Ada 3 jenis laser yaitu YAG laser, Fiber Laser dan laser CO<sub>2</sub>, mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing dan juga kecocokan untuk pengerjaan material yang berbeda [5].

### 1. Cara mengoperasikan mesin CNC laser

Secara garis besar dengan dilihat dari karakteristiknya cara untuk mengoperasikan

mesin CNC dapat dilakukan dengan menggunakan 2 cara yaitu:

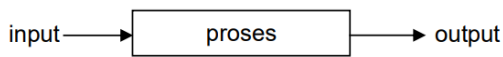
- a) Sistem absolut pada sistem absolut penempatan titik awal alat potong yang dipakai sebagai acuan ialah menetapkan titik referensi yang berlaku tetap selama proses operasi suatu mesin berlangsung.
- b) Sistem incremental pada sistem incremental penempatan titik awal yang dipakai sebagai titik acuan ialah selalu berpindah-pindah sesuai dengan titik aktual yang dinyatakan terakhir.

### 2. Akurasi dan presisi

Akurasi, presisi serta ketidakpastian hasil pengukuran ialah parameter-parameter yang silih berkaitan satu dengan yang lainnya, yang digunakan untuk penanda unjuk kerja sesuatu tata cara pengujian. ketidakpastian pengukuran memiliki timbal balik yang lumayan besar ketika memastikan akurasi serta presisi. Akurasi dapat didefinisikan sebagai ukuran seberapa dekat hasil dari nilai pengukuran rata-rata yang didapatkan dari beberapa pengukuran yang diulang terhadap nilai yang sebenarnya. Presisi ditentukan menggunakan kumpulan data dari hasil suatu pengukuran berulang. Untuk indikator presisi pada umumnya digunakan simpangan baku, yang menunjukkan perbedaaan 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 [9].

### 3. Sistem kendali atau kontrol

Pengertian 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. Sistem kendali

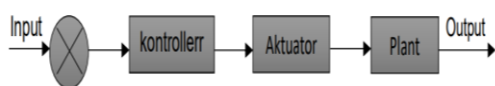


Gambar 3. Blok sistem kendali

Keterangan blok diagram sistem :

- 1) Input adalah suatu komponen masukan yang dapat berupa data atau informasi.
- 2) Proses adalah suatu operasi atau perkembangan alami yang berlangsung secara kontinu yang ditandai oleh suatu deretan perubahan kecil yang berurutan dengan cara yang relatif tetap dan menuju ke suatu hasil atau keadaan tertentu.
- 3) Output adalah suatu hasil dari perubahan yang dilakukan terhadap data atau informasi yang diberikan pada input.
- 4) Sistem kendali

Penelitian *ex post facto* adalah sistem kendali merupakan proses pengaturan beberapa elemen atau variabel yang dapat menghasilkan satu tanggapan dengan besaran tertentu sesuai dengan hasil yang diharapkan. Elemen-elemen yang terdapat pada sistem kendali terdiri dari *input*, *error detector*, *controller*, *actuator*, *plant* dan *output* dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Blok diagram sistem

Sistem kendali dikenal dengan dua jenis pengaturan yaitu *Open loop system* dan *close loop system*. *Open loop system* merupakan suatu sistem pengaturan umpan maju dimana pada keluaran tidak akan diperhitungkan kembali melalui proses *feedback*, dengan hal demikian pada keluarannya tidak akan pengaruh pada aksi kontrol atau pada masukan. Diagram blok sistem *open loop system* pada gambar berikut.

*Close loop system* atau kontrol lup tertutup merupakan pengaturan pada suatu sistem yang mengutamakan pada ketetapan hasil keluarannya. Mempunyai proses *feedback* yang mempunyai fungsi untuk mengirimkan kembali suatu informasi dan keluaran ke *error detector*, proses ini akan dilakukannya secara terus menerus sampai didapatkannya pada hasil keluaran yang diinginkannya [8].

## Metode Penelitian

### 1. Desain penelitian

Desain penelitian adalah strategi yang dipilih peneliti untuk mengintegrasikan secara menyeluruh komponen penelitian dengan cara logis dan sistematis untuk membahas dan menganalisis yang menjadi fokus penelitian. Desain penelitian yang paling umum digunakan dalam penelitian kuantitatif diantaranya eksperimen dan simulasi.

### 2. 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 holo galvanis, plat strip, mekanisme rel, komponen penggerak, dan komponen elektronik yang ada di pasaran.

### 3. Tahap pelaksanaan

Proses pembuatan mesin CNC laser CO<sub>2</sub> dan kelengkapannya 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 kontroler dan perangkat lainnya,
- 6) Mengaktifkan perangkat lunak seperti *software* pendukung lainnya.

#### 4. 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), mempersiapkan laptop yang sudah diinstal *software* Mach3 dan juga sudah di-*setting* dengan setingan pada mesin, mempersiapkan alat ukur jangka sorong dan juga busur derajat.
- 2) Menghidupkan alat uji. Menghidupkan mesin CNC Laser CO<sub>2</sub> 2 axis, sebelum dihidupkan *power supply laser* langkah pertama menghidupkan pompa air agar tabung laser tidak mudah rusak selanjutnya menghidupkan *power supply laser* dan kompresor sebagai pendingin saat pemotongan dan selanjutnya menghidupkan komputer/laptop lalu membuka *software* Mach3 dan *software* Aspire untuk membuat file G-code.
- 3) Melakukan Pengujian Mengatur parameter-parameter pada pembuatan file G-code sesuai pada ketentuan pengujian dan menyesuaikan *feedrate* saat pembuatan G-code, kemudian upload file G-code ke Mach3 sebelum melakukan *upload* G-code sebaiknya menyiapkan bahan dan setting 0 pada benda kerja setelah itu memasukkan G-code dan langsung melakukan 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 sama sisi), persegi empat dan melingkar dari masing-masing hasil pemotongan.

- 5) Mengulangi pengujian. Mengulangi langkah 3-4 sebanyak 3 kali.
- 6) Melakukan perhitungan dan analisa. Melakukan perhitungan dan analisa terhadap data-data yang telah didapatkan selama proses pengujian.

#### Hasil dan Pembahasan

Gambaran umum laser jenis CO<sub>2</sub> memang memiliki daya yang besar. Jenis laser yang digunakan adalah laser dioda. Dalam penelitian ini juga, dipakai program Inkscape yang digunakan untuk merancang casing secara 2D. Kemudian disain tersebut disimpan atau diubah ke dalam bentuk G-code. File hasil G-code ini kemudian dikirim ke mesin laser engraver untuk dibuat disainnya secara nyata. Kekuatan atau daya kepala laser yang digunakan, akan menentukan ketebalan akrilik yang akan dipotong [10]. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro. Mulai dari perencanaan alat, pembuatan, sampai dengan pengujian pemotongan akrilik menggunakan mesin CNC *laser cutting* CO<sub>2</sub> rakitan berkapasitas 40 Watt. Pengujian dilakukan dengan cara menghidupkan mesin dan juga menyiapkan laptop yang akan digunakan untuk mengontrol mesin CNC selanjutnya yaitu memasukan program ataupun disain gambar yang akan dipotong ke dalam *software* Mach3, setelah itu untuk meneliti keakurasian mesin tersebut maka dilakukan penelitian dengan mengetahui laju kecepatan yang baik dan juga mengetahui keakurasian dengan pemotongan yang berbeda.

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan diketahui pengaruh alur pemotongan (*feedrate*) mempengaruhi pada hasil pemotongan pada bentuk persegi.

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan diketahui pengaruh feedrate terhadap lebar dan panjang pada media akrilik pada alur pemotongan bentuk persegi yaitu sebagai berikut.

Tabel 1. Perbandingan akurasi pada pemotongan alur persegi

Data	Feedrate (mm/menit)		
	50	100	150
Lebar X (mm)	0,15	0,5	0,5
Panjang Y (mm)	0,59	0,47	0,48

Dari tabel 1, pengaruh (*cutting feedrate*) terhadap alur persegi diketahui bahwa *feedrate* juga mempengaruhi pemotongan dikarenakan ketepatan pemilihan *feedrate* dengan alur pemotongan akan menghasilkan hasil yang baik. Dari diagram grafik di atas dapat diketahui sumbu x dan sumbu y pada pemotongan alur persegi lebih dominan presisi pada sumbu x dikarenakan mengakibatkan terdapat perselisihan yang terjadi di dalam mesin CNC *Laser cutting* CO<sub>2</sub>, pada lebar (X) pada *feedrate* 50 mm/menit menghasilkan selisih 0,15 mm pada lebar (X) dan menghasilkan selisih pada panjang (Y) bernilai 0,59 mm, pada laju pemotongan (*feedrate*) 100 mm/menit juga menghasilkan selisih, hampir sama dengan (*feedrate*) 50 untuk lebar (X) mengalami 0,05 mm lebih kecil dari *feedrate* 50 mm/menit, untuk panjang (Y) pada laju pemotongan mempunyai selisih 0,47 mm, dan juga pada *feedrate* 150 mm/menit lebar (X) mengalami selisih 0,05 mm sama dengan pada *feedrate* 100 mm/menit tetapi panjang (Y) bernilai 0,48 mm/menit.

Tabel 2. Tingkat akurasi pada pemotongan alur lingkaran

Data	Feedrate (mm/menit)		
	50	100	150
Lebar X (mm)	0	0	0,10
Panjang Y (mm)	0,20	0,50	0,60

Dari tabel 2, 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 diamati 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.

Tabel 3. Tingkat akurasi pada pemotongan alur segetiga sama sisi

Data	Feedrate		
	50	100	150
Sisi A (x)	0,49	0,33	0,27
Sisi B (x,y)	0,23	0,23	0,15
Sisi C (x,y)	0,23	0,23	0,15

Dari tabel 3 di atas bisa terlihat hasil dari pengaruh *feedrate* terhadap kinerja mesin CNC *cutting* CO<sub>2</sub> berbasis Mach3 dengan alur pemotongan segitiga sama sisi, nilai dari sisi A (X) terhadap *feedrate* 50 mm/menit mengalami selisih akurasi sebesar 0,49 mm sedangkan pada sisi B (X,Y) mengalami selisih 0,23 mm dan juga sisi C (X,Y) juga mengalami selisih ke akurasi 0,23 mm, untuk *feedrate* 100 mm/menit juga mengalami eror dan juga mempunyai selisih, untuk yang sisi A (X) sebesar 0,33 mm, dan juga pada sisi pemotongan B (X,Y) memiliki eror sebesar 0,23 mm dan juga pada sisi C (X,Y) memiliki nilai eror 0,23 mm, jadi untuk pemotongan menggunakan *feedrate* 100

mm/menit ini setiap sisinya mengalami eror yang begitu sedikit, sedangkan *feedrate* 150 juga memiliki nilai eror pemotongan pada sisi A (X) 0,27 sedangkan pada sisi B (X,Y) mengalami selisih keakurasian 0,13 mm dan pada sisi C (X,Y) memiliki selisih 0,13 mm, dari hasil yang ada di atas bisa dilihat bahwa pada pemotongan segitiga sama sisi *feedrate* yang baik digunakan adalah yang 150 mm/menit karena mempunyai selisih yang sedikit.

Tabel 4. Tingkat akurasi sudut pada alur segitiga sama sisi

Data	Feedrate (mm/menit)		
	50	100	150
Sudut A ( $^{\circ}$ )	1	1	0
Sudut B ( $^{\circ}$ )	0	0	1
Sudut C ( $^{\circ}$ )	0	0	1

Dari tabel 4 di atas maka bisa dilihat hasil dari selisih pengujian sudut alur segitiga sama sisi pada mesin CNC Laser cutting CO<sub>2</sub> 2 Axis berbasis mach3, pada pengujian menggunakan kecepatan alur pemotongan (*feedrate*) 50 (mm/menit) didapat hasil selisih sudut pada sisi A 1° dan pada sisi sudut B dan C tidak memiliki selisih sudut, selanjutnya pada kecepatan laju pemotongan (*feedrate*) 100 (mm/menit) didapat hasil pengujian pada sisi A sebesar 1° dan pada sisi sudut B dan C juga tidak mengalami eror dan pada kecepatan laju pemotongan (*feedrate*) 150 didapat setiap sisi sudutnya yang berbeda yaitu pada sisi sudut A didapat 0° berarti disini dapat dilihat pada sisi sudut A tidak terdapat selisih sudut dan pada sisi sudut B memiliki selisih sudut ke akurasian 1°, begitu juga pada sisi sudut C juga mengalami selisih ke akurasian 1°, jadi pada pemotongan pada segitiga sama sisi dapat terlihat rata-rata keakurasian sudut tidak begitu besar kurang lebih hanya 1°.

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

Tabel 5. Perbandingan hasil pemotongan keliling

Data	Feedrate (mm/menit)		
	50	100	150
Persegi (mm)	0,88	0,84	0,72
Lingkaran (mm)	0,62	1,72	2,12
Segitiga (mm)	0,96	0,98	0

Dari tabel 5 di atas maka dapat dilihat pengaruh *feedrate* terhadap alur pemotongan pada mesin CNC laser cutting CO<sub>2</sub> 2 Axis yang berbasis Mach3 rakitan, adapun ke 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 eror yang hampir sama 0,84 mm dan juga pada *feedrate* 150 pada keliling alur pemotongan memiliki selisih eror 0,72 mm.

Untuk keliling alur pemotongan lingkaran dengan *feedrate* 50 mm/menit mempunyai selisih eror 0,62 mm, pada *feedrate* 100 mm/menit juga memiliki selisih akurasi yang lebih besar dari *feedrate* 50 yaitu sebesar 1,72 mm dan pada *feedrate* 150 mm/menit mengalami kenaikan ke tidak akurasian 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 eror 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 *fleksible coupling* yang masih punya kelenturan pada saat berputar [11].

Hal ini dapat dianalisis, pada *cutting feedrate* semakin tinggi artinya kecepatan pada motor stiper juga semakin tinggi, dan dengan alur pemotongan yang berbeda motor *stepper* yang bekerja tiap alur pemotongan tidak sama. Pada alur pemotongan persegi satu motor *stepper* yang bekerja pada setiap line pemotongan, sedangkan pada alur pemotongan lingkaran dan segitiga dalam satu line pemotongan dua motor *stepper* 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, dijelaskan dalam penelitian konsumsi daya terbesar sebesar 2,22 VA pada kecepatan 12 rpm sedangkan untuk konsumsi daya terkecil 1,32 VA pada kecepatan 43 rpm [12].

## Kesimpulan

*Feedrate* yang terbaik dari penelitian ini adalah 50 mm/menit dilihat dari selisih rata-rata keliling pada hasil pemotongan dengan variasi pemotongan persegi, lingkaran, dan segitiga sama sisi didapat hasil 0,41 % atau selisih 0,82 mm dan pada penelitian dan pengujian menggunakan jenis pemotongan *outside* (luar garis). Pemotongan keliling dengan bentuk yang berbeda sangat berpengaruh pada akurasi, pada akurasi bentuk persegi didapat selisih akurasi rata-rata panjang X dan Lebar Y 0,51 % atau selisih 0,81 mm, pada bentuk lingkaran didapat selisih rata-rata diameter X, Y 0,94 % atau selisih 1,48 mm dan pada bentuk segitiga sama sisi didapat selisih

rata-rata sisi A,B,C 0,41 % atau selisih 0,64 mm. jadi untuk selisih akurasi yang paling kecil pada bentuk segitiga sama sisi dengan nilai 0,41 % atau selisih 0,64 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] 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.
- [4] Aliffianudin, M.B., Riandadari, D., 2018. Analisa Peningkatan Produktivitas Mesin Laser Dengan Menggunakan Metode Data Envelopment Analysis, JPTM, Vol. 6 (3), Hal 153-160
- [5] Deprintz. 2015. Perbandingan mesin Laser Jenis CO<sub>2</sub>, YAG Laser dan FIBER Laser. Maret
- [6] Juniantoro, G. B. (2016). Analisis Toolpath Variasi Zig Zag dan Spiral Mesin CNC Router Terhadap Benda Kerja Berbahan Acrylic. Publikasi Ilmiah, 1–15
- [7] 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.
- [8] 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
- [9] 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
- [10] Saputro, A.E., Darwis, M. 2020. Rancang Bangun Mesin Laser Engraver And Cutter Untuk Membuat Kemasan Modul Praktikum Berbahan Akrilik. Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan, 2 (1), h. 40-50.
- [11] 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.
- [12] Ikhwan. 2017. Pengaruh Pengendalian Arus Dan Kecepatan Pada Laser Enggaving Machine Terhadap Permukaan Bahan Kaca Dan Akrilik. Skripsi tidak di terbitkan. Malang: Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang.
- [13] Budiyanto, E., Nugroho, E., & Putra, Y. G. K. (2020). Electrical Discharge Machine (EDM): evaluasi nilai kekasaran permukaan benda kerja pengaruh variasi kuat arus listrik dan kekerasan material. Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin, 9(1).