e-ISSN : 2722-4163
p-ISSN : 2716-3326

PERANCANGAN MESIN CNC LASER UNTUK PENGERJAAN PIPA ACRYLIC

Bayu Prabandono[1*], Arip Budi Laksono[2], Erwinata Aji Pratama[3], Fahrizal Asikin[4], I Putu Eka Satriyawibawa[5], Rifad Indrajid[6]
[1,2,3,4] Program Studi Teknik Mesin Industri, Politeknik ATMI Surakarta
Jl. Mojo No. 1 Karangasem, Laweyan, Surakarta 57145
[*]E-mail: bayu.prabandono@atmi.ac.id

ABSTRAK

Paper ini menjelaskan tentang perancangan mesin CNC Laser Cutting Tube 4 axis sebagai pembanding tingkat efektifitas dan efisien pada mesin CNC milling dan turning yang belum mencapai titik maksimal, hal tersebut terindikasikan oleh banyaknya permasalahan serta hambatan terutama pada pengerjaan material pipa dengan kontur rumit dan kompleks.Mesin CNC laser untuk pengerjaan pipa acrylic dirancang untuk menambah wawasan tentang teknologi dari CNC laser yang belum diketahui banyak orang. Fungsi lain dari mesin CNC laser untuk pipa yaitu membantu mengerjakan material pipa acrylic lebih efisien. Proses perancangan mesin CNC laser untuk pipa acrylic menggunakan metode survei kebutuhan customer dan perhitungan. Terdapat kriteria penilaian dari matriks kebutuhan customer terhadap engineering characteristic dari mesin untuk menyesuaikan prioritas utama dalam perancangan mesin. Perhitungan digunakan dalam menentukan komponen controller dan transmisi untuk gerakan pada setiap sumbu. Perhitungan yang sesuai akan mempengaruhi cara kerja mesin tanpa overspecification ataupun gagal beroperasi. asil perancangan menghasilkan konsep perancangan untuk memotong material plastik acrylic menggunakan media pemotongan sinar laser daya 40 Watt, dimensi mesin 2252 mm x 888 mm x 833 mm dan dimensi material acrylic yang di kerjakan 500 mm x Ø 2 inchi. Media pengontrol menggunakan smoothieboard. Komponen penggerak mesin terdiri dari microdriver dan motor stepper sebagai sumber penggerak dari setiap axis. Transmisi menggunakan timing belt, timing pulley, dan ballscrew .Mesin dilengkapi pendingin rakitan yang menyatu dengan mesin untuk menjaga stabilitas suhu tabung laser. Mesin ini membutuhkan konsumsi daya sebesar 730 watt untuk mengerakkan seluruh komponen yang dirancang pada mesin. Ketelitian pengerjaan mesin mencapai 0,5 mm dengan resolusi motor 1.8 ^{0} dan maksimal kecepatan mesin 0,2 m/s.

***Kata kunci**: Ketelitian, laser, acrylic , efisien*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang meningkat memberikan pengaruh yang signifikan untuk dunia industri. Perkembangan teknologi diharapkan dapat memberikan kemudahan dalam proses produksi terutama pada produksi massal. *CNC (Computer Numerical Control)* menjadi salah satu sistem untuk memenuhi kebutuhan produksi massal.

CNC membantu suatu mesin perkakas untuk mengerjakan material yang memiliki kontur atau profil yang kompleks. Mesin-mesin *CNC* yang ada mempunyai suatu keunggulan tersendiri terhadap cara kerjanya. Meski demikian, ada juga mesin *CNC* yang sistem kerjanya bisa mengikuti cara kerja mesin *CNC* tipe lainnya, sebagai contoh mesin *CNC milling* yang berisi program untuk pengerjaan *CNC turning*. Material silinder pejal, *block*, maupun pipa dapat dikerjaan secara efisien pada mesin *CNC* yang sesuai.

Material berupa pipa mampu di kerjakan pada mesin *CNC milling* maupun *turning*, namun hanya untuk profil sederhana saja. Kemampuan pengerjaan material pipa dapat lebih mudah dikerjakan di mesin *CNC laser*, contohnya produksi dengan material pipa *acrylic* yang kompleks mampu dikerjakan pada mesin *CNC laser* dengan efisien dan presisi, karena *laser* mampu memotong material secara konstan dan stabil sehingga hasil yang diperoleh cukup baik.

Produk dengan material pipa *acrylic* saat ini banyak diminati untuk pembuatan *furniture* rumah tangga dan aksesoris pada usaha menengah. Mesin *CNC laser* untuk pengerjaan pipa

e-ISSN : 2722-4163
p-ISSN : 2716-3326

acrylic belum banyak ditemui. Sehingga banyak orang belum mengetahui teknologi dari mesin *CNC laser* serta harga yang relatif mahal. Melalui pembuatan mesin *CNC laser* untuk pengerjaan pipa *acrylic*, diharapkan menjadi solusi atas masalah tersebut. Mesin ini dibuat dengan pemilihan jenis komponen dengan harga terjangkau serta diharapkan dapat berguna di industri. Mesin ini dirancang mampu memotong material pipa dan hollow *acrylic* berbentuk silindris ataupun segiempat, profil U *acrylic,* dan profil L *acrylic* dengan baik untuk kontur sederhana ataupun kompleks, sehingga dapat mengurangi *human error* dan lebih efisien dalam pengerjaan produk. Efisiensi tersebut akan menunjang nilai produktivitas.

2. METODOLOGI

Proses penelitian ini memerlukan *software* dan fitur-fiturnya sebagai perlengkapan dalam proses perancangan serta beberapa tahapan yang harus dikerjakan seperti pemilihan material dan pengujian kekuatan.

A. Metode Perancangan

Metode perancangan digunakan untuk mencari titik temu antara kebutuhan customer dengan karakteristik mesin. Mengidentifikasi kebutuhan customer untuk melihat kepentingan dari setiap permintaan. Hasil penilaian dari kebutuhan dan karakteristik menjadi acuan untuk mendesain rancangan menjadi beberapa varian morfologi desain. Data kualitatif dari varian diubah menjadi data kuantitatif yang kemudian diberi bobot penilaian untuk tujuan rancangan yang telah mencakup semua aspek teknis dan ekonomis.

B. Proses Perancangan

Metode pengerjaan dilakukan dengan beberapa tahapan yang ditunjukan pada *flowchart* di gambar 1.



Gambar 1. *Flowchart* Proses Perancangan

1. Pembuatan Requirement List

Identifikasi kebutuhan produk yang dibutuhkan customer merupakan syarat terciptanya mesin yang sesuai dengan pasar. Rancangan mesin didasari oleh permintaan customer, memuat spesifikasi teknis dan tingkat kepentingan Kebutuhan mesin. Kapasitas pengerjaan laser untuk memproduksi benda kerja dengan hasil yang

e-ISSN : 2722-4163
p-ISSN : 2716-3326

maksimal, Peningkatan mutu dan inovasi terhadap pengolahan acrylic menjadi perminatan tinggi disegment aksesoris maupun furniture.

2. Penentuan Karakteristik Mesin

Karakteristik teknis berisi informasi tentang parameter teknis pada mesin yang akan dirancang untuk menjawab permintaan dari *customer*. Karakteristik teknis memiliki batasan ukur tertentu yang dapat diperhitungkan, dan berpengaruh secara langsung terhadap lebih dari satu kebutuhan *customer*.

3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data didapatkan langsung dengan *customer*, sehingga berbagai data yang ada dapat digunakan dalam penyusunan batasan masalah dan identifikasi masalah. Selain dengan *customer*, data penelitian didapatkan dari jurnal penelitian sebelumnya dan data pendukung dari kajian ilmiah melalui internet. Parameter yang telah didapat dari mesin laser untuk mengerjakan material plastik berhubungan dengan kecepatan pemotongan, tinggi jarak terhadap benda kerja, dan daya yang digunakan untuk memotong.

4. Perancangan Konsep Mesin

Perancangan dilakukan saat pengumpulan data dari matriks kebutuhan antara requirement list dan karakteristik mesin telah terlaksana. Konsep ini mengandung kajian dari pemilihan material dan tipe komponen. Terdapat satu alur refrensi dari hitungan untuk membuat beberapa varian konsep desain. Mesin akan dipertimbangan fungsi dan kekuatannya melalui konsep rancangan ini.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan konsep mesin CNC laser ini dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu pembuatan desain morfologi, deskripsi konsep, kriteria pembobotan, kriteria penilaian, dan penilaian beberapa konsep untuk mendapatkan konsep terbaik yang mencakup semua aspek kebutuhan customer.

A. Perhitungan Komponen

Penentuan komponen diperhitungkan melalui beberapa langkah, kemudian menyamakan hasil hitungan dengan katalog produk yang banyak tersebar di pasaran. Hasil hitungan ini akan mendapatkan spesifikasi produk yang sesuai dengan beban dan wilayah kerja. Komponen mekanik dan elektrik mempunyai hubungan erat dalam pergerakan mesin. Keduanya saling berhubungan untuk melakukan pengerjaan benda sesuai permintaan atau kebutuhan dari customer. Perhitungan komponen akan menentukan akurasi dan tingkat ketelitian pengerjaan benda.

B. Perhitungan Motor *Stepper*

Data per sumbu mesin digunakan untuk mencari spesifikasi dari motor *stepper*. Langkah perhitungan sampai pada tahap pencarian nilai torsi, dan disesuaikan dengan tabel katalog untuk mencari jenis motor yang diperlukan. Dalam perhitungan didapatkan juga tipe, *pitch*, dan lebar sabuk. Perhitungan untuk mendapatkan jenis motor pada ke-4 sumbu.

1. Sumbu X **(1)**

$$\mathrm{Tm} = (\mathrm{Tl} + \mathrm{Ta}) \times \text{Angka keamanan}$$
$$\mathrm{Tm} = (0.496\ \mathrm{Nm} + 0.045\ \mathrm{Nm}) \times 2$$
$$\mathrm{Tm} = 1{,}082\ \mathrm{Nm}$$

e-ISSN : 2722-4163
p-ISSN : 2716-3326

Maka dipilih *type motor stepper* Nema 23 dengan torsi 1,24 Nm sesuai tabel katalog motor *stepper*. Kecepatan motor mencapai 134 rpm.

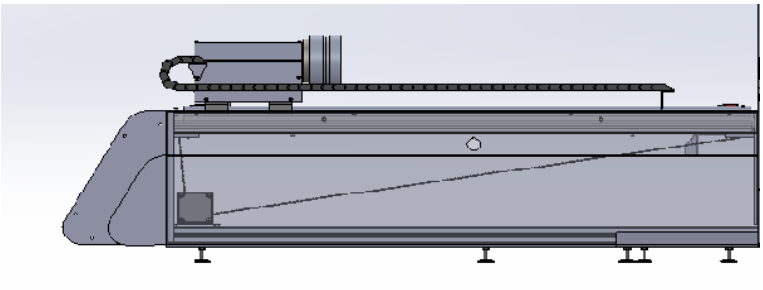
Dengan data pada sumbu x, spesifikasi timing belt didapatkan melalui rumus berikut

$$T_{peak} = T \times Service\ Factor$$
$$T_{peak} = 1{,}082\ Nm \times 1{,}75$$
$$T_{peak} = 1.894\ Nm$$

Dari perhitungan dan tabel didapatkan lebar sabuk yang dibutuhkan yaitu 9 mm untuk *type* sabuk GT 2 *pitch* 3 mm.

Ketelitian 0,5 mm tercapai dengan metode *Microstepping* dengan *type Driver* Motor TB6600. Pergerakan secara Fullstepping dengan angka Microstepping 1.

$$Step/mm = \frac{Driver\ Microstepping\ \times\ Step\ per\ Revolusi}{Jumlah\ gigi\ Pulley\ \times\ Pitch\ Pulley}$$
$$Step/mm = \frac{1\ \times\ 200\ step}{30\ gigi \times\ 3mm} = 2{,}22\ Step/mm$$
$$1\ Step = 0{,}45mm$$



Gambar 1 Sumbu X

2. Sumbu Y **(2)**

$$\text{Tm} = (\text{Tl} + \text{Ta}) \times \text{Angka keamanan}$$
$$\text{Tm} = (0.198\ \text{Nm} + 0.029\ \text{Nm}) \times 2$$
$$\text{Tm} = 0{,}455\ \text{Nm}$$

Maka dipilih *type motor stepper* Nema 17 dengan torsi 0.65 Nm sesuai tabel katalog motor *stepper*. Kecepatan motor mencapai 200 rpm.

Dengan data pada sumbu y, spesifikasi timing belt didapatkan melalui rumus berikut.

$$T_{peak} = T \times Service\ Factor$$
$$T_{peak} = 0{,}455\ Nm \times 1{,}75$$
$$T_{peak} = 0{,}7962\ Nm$$

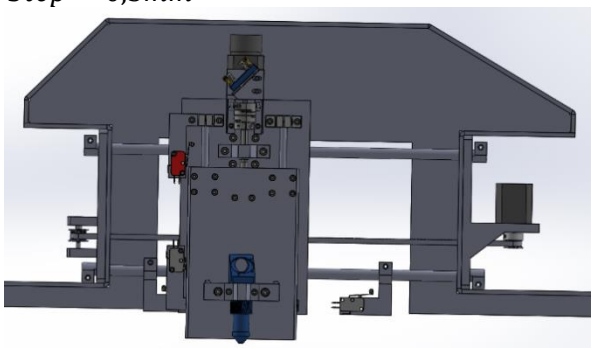
Dari perhitungan dan tabel didapatkan lebar sabuk minimal yang dibutuhkan yaitu 6 mm untuk *type* sabuk GT 2 *pitch* 3 mm.

Ketelitian 0,5 mm tercapai dengan metode *Microstepping* dengan *type Driver* Motor A5984. Pergerakan secara Fullstepping dengan angka Microstepping 1.

$$Step/mm = \frac{Driver\ Microstepping\ \times\ Step\ per\ Revolusi}{Jumlah\ gigi\ Pulley\ \times\ Pitch\ Pulley}$$
$$Step/mm = \frac{1\ \times\ 200\ step}{20\ gigi \times\ 3mm} = 3{,}33\ Step/mm$$

e-ISSN : 2722-4163
p-ISSN : 2716-3326

$1\ Step = 0{,}3mm$



Gambar 2 Sumbu Y

3. Sumbu Z **(3)**

Tm = Tl × Angka keamanan
Tm = 0,0096 Nm × 2
Tm = 0,0192 Nm

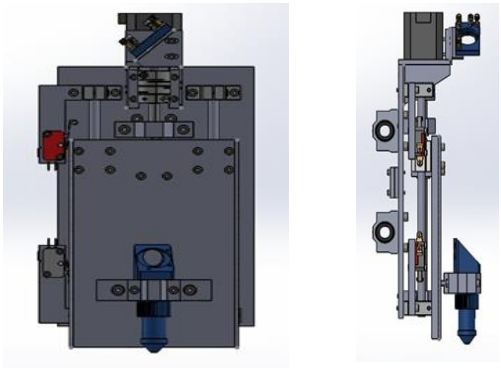
Maka dipilih *type motor stepper* Nema 17 dengan torsi 0.52 Nm sesuai tabel katalog motor *stepper*. Kecepatan motor mencapai 480 rpm.

Ketelitian 0,5 mm di capai dengan memilih transmisi *Ballscrew* dan metode *Microstepping* dengan type Driver A5984,dengan pergerakan *axis full stepping.*

$$Step/mm = \frac{1}{P_b} \times \frac{1}{Driver\ Microstep} \times\ step\ per\ revolution$$

$$Step/_{mm} = \frac{1}{2{,}5\ mm} \times \frac{1}{1} \times\ 200\ step = 80\ Step/_{mm}$$

$$1\ step = 0{,}0125\ mm$$



Gambar 3 Sumbu Z

4. Sumbu A **(4)**

$Tm = (Tl + Ta) \times$ angka keamanan
$= (0{,}12\ Nm + 0{,}0000985) \times 2$
$= 0{,}24Nm$

Maka dipilih *type* motor *stepper* Nema 17 dengan torsi 0,52 Nm sesuai tabel katalog motor *stepper*.

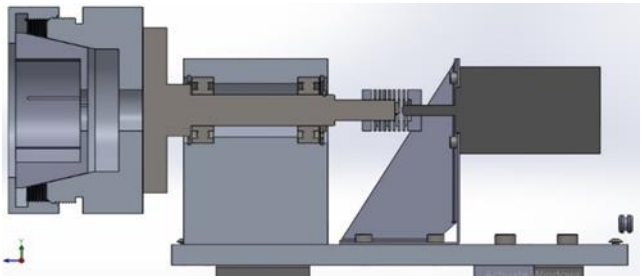
Ketelitian di 0,5 mm di dapatkan dengan metode *microstepping* dengan type Driver A5984 dengan pergerakan Half Step dan faktor *Microstepping* 2

$$Step/mm = \frac{Step\ per\ revolution \times Driver\ Microstepping}{\pi \times D_r}$$

e-ISSN : 2722-4163
p-ISSN : 2716-3326

$$Step/mm = \frac{200\ Step \times 2}{\pi \times 51\ mm} = 2{,}49\ Step/mm$$

$$1 \quad Step = 0{,}4\ mm$$



Gambar 4 Sumbu A

C. Perhitungan Poros

Poros dalam rancangan berfungsi sebagai penyangga dan transmisi. Ukuran poros ditentukan berdasarkan beban dan gaya yang diterima, karena berpengaruh terhadap kekuatan konstruksi.

1. Sumbu Y (5)

Material pada poros sumbu y menggunakan StSt 304 dengan σ_b = 520 – 720 N/mm². Kekasaran poros mencapai N6 untuk mendapatkan hasil B1= 0,95 dan B2 = 1. Memiliki Bk = 1, karena tidak ada efek lekuk.

$$d_k = \sqrt[3]{\frac{Mb}{0{,}1 \times \sigma b}} = \sqrt[3]{\frac{1840b\ \frac{N}{mm}}{0{,}1 \times 178{,}6 \frac{N}{mm}^2}} = 4{,}687\ mm$$

$d_k = d = 4{,}687$ mm, karena tidak ada efek lekuk.

Dipilih poros ukuran Ø 12 mm untuk *safety* faktor 1,5 dan *service factor* 1,5

2. Sumbu A (6)

Material pada poros sumbu a menggunakan St 37 dengan σ_b = 370 – 450 N/mm². Kekasaran poros mencapai N6 untuk mendapatkan hasil B1= 0,95 dan B2 = 1. Memiliki Bk = 2.

$$d_k = \sqrt[3]{\frac{Mv}{0{,}1 \times \sigma b}} = \sqrt[3]{\frac{446{,}71\ Nmm}{0{,}1 \times 47{,}5\ N/mm^2}} = 4{,}54\ mm$$

$d_k = d = 15$ mm disesuaikan Ø lubang *bearing* standar, lubang *bearing coupling*, faktor estetika serta *service factor* 1,75 dan *safety factor* 1,5.

3. Sumbu Z (7)

Material pada poros sumbu z menggunakan StSt 304 dengan σ_b = 520 – 720 N/mm². Kekasaran poros mencapai N6 untuk mendapatkan hasil B1= 0,95 dan B2 = 1. Memiliki Bk = 1, karena tidak ada efek lekuk.

$$d_k = \sqrt[3]{\frac{Mb}{0{,}1 \times \sigma b}} = \sqrt[3]{\frac{679{,}83\ N/mm}{0{,}1 \times 178{,}6\ N/mm^2}} = 3{,}4\ mm$$

$d_k = d = 8$ mm, karena tidak ada efek lekuk, namun di kalikan angka keamanan 2. Perhitungan disumbu z untuk menentukan ukuran diameter pada kedua rod.

4. Perhitungan *Ballscrew* Sumbu Z (8)

Poros dalam rancangan ballscrew sumbu z berfungsi sebagai transmisi. Ukuran poros ditentukan berdasarkan beban dan gaya yang diterima, karena berpengaruh terhadap kekuatan konstruksi menggerakan laser head.

e-ISSN : 2722-4163
p-ISSN : 2716-3326

$$d_k = \sqrt[3]{\frac{Mv}{0{,}1\times\sigma b}} = \sqrt[3]{\frac{1360\ Nmm}{0{,}1\times 543\ N/mm^2}} = 2{,}93\ mm$$

$d_k = d = 5{,}85$ mm, karena tidak ada efek lekuk, namun di kalikan angka keamanan 2

D. Perhitungan *Bearing*

Bearing akan mengalami gesekan dengan *part* mekanik lainnya. Gesekan mengakibatkan kelelahan pada bagian yang saling bersinggungan dan berpengaruh ke umur pakai dari *bearing*. Perhitungan digunakan untuk mencari umur pakai dan kesesuaian dengan poros yang bersangkutan.

1. *Ball Bearing* (9)

$$\frac{C}{P} = \sqrt[3]{\frac{Lh \times n \times 60}{10^6}}$$

$$\frac{C}{P} = \sqrt[3]{\frac{15000\ jam \times 30\ rpm \times 60}{10^6}}$$

$$\frac{C}{P} = 3$$

$$C = P \times 3$$

$$C = 0{,}059\ KN \times 3$$

$$C = 0{,}18\ KN$$

Lihat tabel TJ 1untuk menetukan dimensi, maka didapatkan *type bearing* 6002

D = 32 mm
D = 15 mm
B = 9 mm
Lihat tabel TJ .4
Jenis pemakaian = mesin perkakas
Fv = 1,5 , untuk lingkungan kerja normal / bersih dan angka putaran rendah. Daerah pakai = B , untuk lingkungan kerja bersih dan normal
Lihat diagram Fv – Lv
Dapat diambil data bahwa Lv sekitar 14000 jam – 23000 jam

2. *Linear Bearing*

a. Perhitungan Umur pakai *Linear Guide Bushing Sumbu X*

Penentuan jenis *bearing* berdasarkan diameter *shaft guide rail* dengan hasil SBR 12 UU. Umur pakai SBR 12 UU

$$L = \left(\frac{fh \times ft \times fc}{fw} \times \frac{c}{p}\right)^3 \times 50$$

$$L = \left(\frac{0{,}09 \times 1 \times 0{,}81}{1} \times \frac{4118{,}79\ N}{78{,}48\ N}\right)^3 \times 50$$

$$L = 2800{,}17\ Km$$

$$Lh = \frac{L \times 10^3}{2 \times ls \times n1 \times 60} = \frac{2800{,}17\ km \times 10^3}{2 \times 1 \times 0{,}2\ m/s^2 \times 60}$$

$$Lh = 116674\ jam$$

b. Perhitungan Umur Pakai *Linear Guide Bushing* Sumbu Y

Penentuan jenis *bearing* berdasarkan diameter *shaft guide rail* dengan hasil SCS 12 UU. Umur pakai SCS 12 UU

$$L = \left(\frac{fh \times ft \times fc}{fw} \times \frac{c}{p}\right)^3 \times 50$$

$$L = \left(\frac{0{,}09 \times 1 \times 0{,}81}{1} \times \frac{5003\ N}{47{,}09\ N}\right)^3 \times 50$$

$$L = 23230{,}47\ Km$$

e-ISSN : 2722-4163
p-ISSN : 2716-3326

$$Lh = \frac{L \times 10^3}{2 \times ls \times n1 \times 60}$$
$$Lh = \frac{23230{,}47\ km \times 10^3}{2 \times 0{,}5\ m \times 0{,}2\ m/s^2 \times 60}$$
$$Lh = 1935872\ jam$$

c. Perhitungan Umur Pakai *Linear Guide Bushing Sumbu Z*

Penentuan jenis *bearing* berdasarkan diameter *shaft guide rail* dengan hasil SCS 8 UU. Umur pakai SCS 8 UU

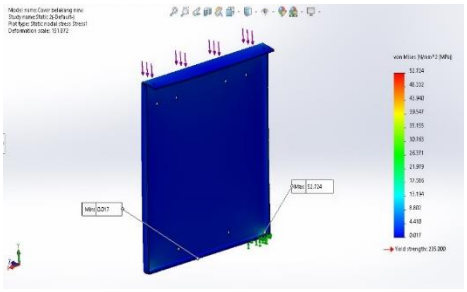
$$L = \left(\frac{fh \times ft \times fc}{fw} \times \frac{c}{p}\right)^3 \times 50 \quad \textbf{(12)}$$
$$L = \left(\frac{0{,}09 \times 1 \times 0{,}81}{1} \times \frac{2687\ N}{33{,}902\ \ N}\right)^3 \times 50$$
$$L = 9644{,}49\ Km$$
$$Lh = \frac{L \times 10^3}{2 \times ls \times n1 \times 60} = \frac{9644{,}49\ km \times 10^3}{2 \times 1 \times 0{,}2\ m/s^2 \times 60}$$
$$Lh = 401854\ jam$$

E. Analisis Kekuatan

Bagian mesin akan mengalami masa kelelahan (*fatique*) akibat pergerakan dan pembebanan yang berulang-ulang. Dalam mengatasi kegagalan desain, diperlukan kajian dalam pembebanan maksimal yang diberikan pada mesin. Terhitung pada konstruksi rangka mesin dan elemen mesin sebagai transmisi gerakan setiap sumbu.

1. *Cover* Belakang

Berdasarkan pengujian fitur *Finite element*, pembebanan di *cover* belakang mendapatkan gaya statis sebesar 50 N. Warna merah hingga biru merupakan range titik kritis. *Cover* belakang mengalami titik kritis berwarna hijau sebagai parameter bahwa *cover* belakang tergolong ke dalam struktur konstruksi aman dengan nilai max 52.724 dan nilai min 0.017. Yield strength bernilai 235.000

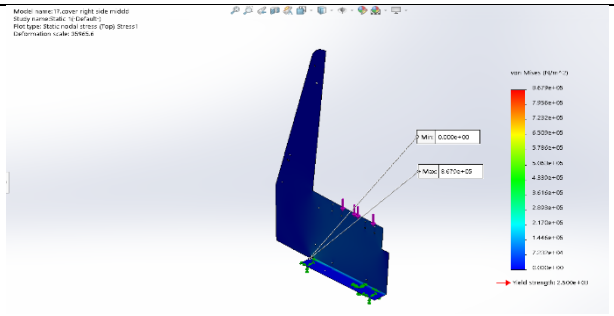


Gambar 5 *Cover* Belakang

2. *Cover* Depan

Berdasarkan pengujian fitur Finite element, pembebanan di cover depan mendapatkan gaya statis sebesar 50 N. Warna merah hingga biru merupakan range titik kritis. *Cover* depan mengalami titik kritis berwarna hijau sebagai parameter bahwa cover depan tergolong ke dalam struktur konstruksi aman dengan nilai max 8.679e+05 dan nilai min 0.000e+00. Yield strength bernilai 2.500e+08

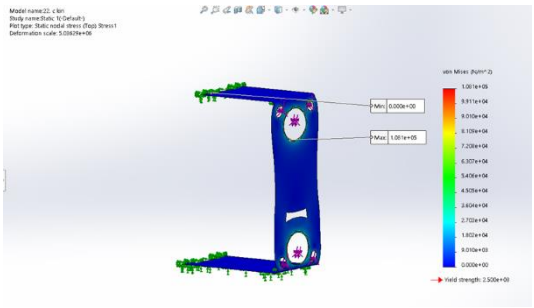
e-ISSN : 2722-4163
p-ISSN : 2716-3326



Gambar 6 *Cover* Depan

3. *C* Left

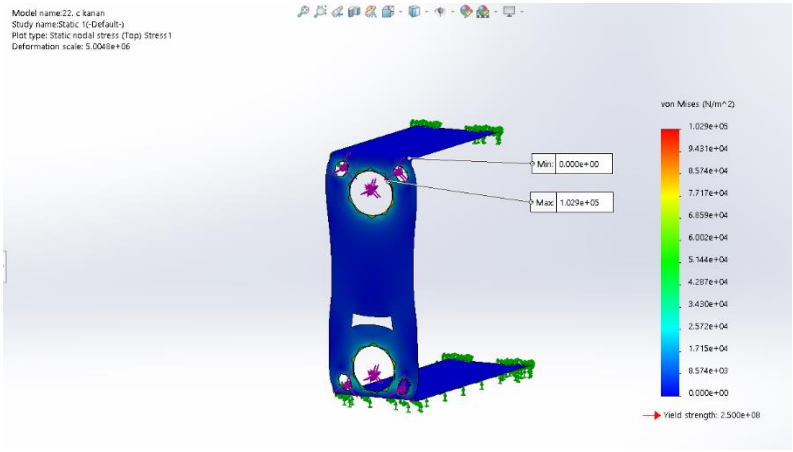
Berdasarkan pengujian fitur Finite element, pembebanan di arm left mendapatkan gaya statis sebesar 45 N. Warna merah hingga biru merupakan range titik kritis. C left mengalami titik kritis berwarna hijau sebagai parameter bahwa c left tergolong ke dalam struktur konstruksi aman dengan nilai max 1.081e+05 dan nilai min 0.000. Yield strength bernilai 2.500e+08



Gambar 7 *Arm Left*

4. *C Right*

Berdasarkan pengujian fitur Finite element, pembebanan di c right mendapatkan gaya statis sebesar 45 N. Warna merah hingga biru merupakan range titik kritis. c right mengalami titik kritis berwarna hijau sebagai parameter bahwa c right tergolong ke dalam struktur konstruksi aman dengan nilai max 1.029e+05 dan nilai min 0.000. Yield strength bernilai 2.500e+08



Gambar 8 *Arm Right*

4. KESIMPULAN

Setelah melakukan perhitungan dan analisis data, maka didapatkan konsep perancangan mesin yang dapat memotong material *acrylic* dengan kontur yang rumit. Rancangan ini menggunakan media pemotong Sinar *laser* daya 40 Watt, dimensi mesin 2252 mm x 888 mm x 833 mm dan dimensi material *acrylic* yang di kerjakan 500 mm x Ø 25 mm (*Hollow*) tebal maksimal 5 mm. Mesin ini bergerak otomatis dengan 4 axis yang dapat bergerak secara bersamaan dan simultan. Media pengontrol yang di gunakan pada rancangan mesin ini adalah *smoothieboard* yang dapat mensinkronisasi fungsi dari komponen penggerak dan komponen pendukung lain. Komponen penggerak mesin ini terdiri dari *microdriver* dan motor *stepper* sebagai sumber penggerak dari setiap axis. Transmisi menggunakan *timing belt*, *timing pulley*, dan *ballscrew* .Mesin ini juga dilengkapi pendingin rakitan yang menyatu dengan mesin untuk menjaga stabilitas suhu tabung *laser*. Mesin ini membutuhkan konsumsi daya sebesar 730 watt untuk mengerakkan seluruh komponen yang dirancang pada mesin. Ketelitian pengerjaan mesin mencapai 0,5 mm dengan resolusi motor 1,8 ^{0} dan maksimal kecepatan mesin 0,2 m/s.

DAFTAR PUSTAKA

Acmetubecut. 2018. Tulisan pada http://m.id.acmetubecut.com/news/ which-factors-will-affect-precision-of-laser-16223108.html

Agus Kurniawan. 2020. *Thermoplastic 2nd group with Material Science 2 Polymer*.

Andi Adriansyah dan Oka Hidyatama. 2013. Rancang Bangun Prototipe Elevator Menggunakan *Microconroller Arduino Artmega 328P* : Universitas Mercu Buana

Aris Eko Saputro dan Mochammad Darwis. 2019. Rancang Bangun Mesin Laser *Engraver and Cutter* Untuk Membuat Kemasan Modul Praktikum Berbahan Akrilik : Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

BEE. 2010. *Detailed Project Report on Replacement of conventional cutting machine with CNC Laser Cutting Machine or new CNC Laser Cutting Machine Bangalore Machine Tool cluster New Delhi: Bureau of Energy Efficiency*.

Bill Earl. 2019. All About Stepper Motors : Adafruit Industries

B.Sudibyo. Tahun tak dikenal. Bantalan Gelinding Rolling Bearing : ATMI PRESS SOLO

B.Sudibyo. Tahun tak dikenal. Poros Penyangga dan Poros Transmisi: ATMI PRESS SOLO

Deprintz. 2015. Perbandingan Mesin Laser Jenis CO2 Laser, YAG Laser dan Fiber

Dendy Achmad Septian, Emilia Roza, Rosalina. 2018. Perancangan Sequenching Chiller untuk Menstabilkan Temperatur Suhu Ruangan Menggunakan Programable Logic Control (PLC) : Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. HAMKA

Laser. Tulisan pada https://deprintz.com/news/43/Berbagai-Jenis-Tipe-Mesin-Laser-Cutting-Marking-Engraving.

James T. Luxon. 1985. Industrial Lasers and the applications : Prentice Hall

John.F.Ready. 1997. Industrial Aplications of Laser Second Edition : Academy Press

Jeff Hecht, 2020. Laser : Encyclopædia Brita$nnica. Tulisan ini pada https://www.britannica.com/biography/Willard-Boyle

K. Thyagarajan. Ajoy Ghatak. 2010. Laser fundamentals and aplications second edition : Springer Science+Business Media, LLC 1981, 2010

LIA. 2001. Handbook of laser materials processing Orlando : Magnolia Publishing.

Matthew Scarpino. 2015. *MOTORS for MAKERS A Guide to Steppers, Servos, and Other Electrical Machines : United States of America*

Metana. 2016. Optimalisasi Penggunaan Alat Praktikum Power Supply Switching dengan Menggunakan Topologi Half Bridge Konverter sebagai Alat Bantu Praktikum Elektronika Analog : Universitas Diponegoro

Maharani Ongky Anggraini and Antonius Suhartono. 2018. Perancangan Sistem Deteksi Dini Lift Barang Berbasis Arduino di PT Dharma Electindo Manufacturing : President University

e-ISSN : 2722-4163
p-ISSN : 2716-3326

Paul Acarnley. 2007. *Stepping Motors a guide to theory and practice : The Institution of Engineering and Technology*

Ratmono Hari W. Tahun tak dikenal. Teknik Penggerak : Laboratorium Pneumatic Hidraulic Politeknik ATMI Surakarta.

R.C.Crafer and P.J.Okley. 1993. *Laser Processing in Manufacturing : Springers science+business Media Dordrecht Originally published by Chapman & Hall 1993*.

Surya Dharma. Tahun tak dikenal. Perancangan Perangkat Keras Pengendali Motor Stepper. Ejournal pada : unpal.ac.id

Takashi Kenjo. 1984. *Stepping motors and their microprocessor controls : Clarendon Press*

Tampu Bolon. 2010. Perancangan Switching Power Supply untuk mencatu system pensaklaran IGBT pada inverter. Skripsi S1 Teknik Elektro Depok : Universitas Indonesia

Ter-Mikirtycev. 2014. *Fundamentals of Fiber Lasers and Fiber Amplifiers : Springer*

Ujang Sonjaya. Tahun tak dikenal. Rancang Bangun Sistem Kontrol Konveyor Penghitung Barang Menggunakan *PLC* (*Programable Logic Control*) Omron Tipe CPM1A 20 CDR : Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Mesin

Wahyu Djalmono, Ampala Khoryantom dan Ikhsan Muzaki. 2019. Sistem Pendingin Menggunakan Thermalelectric Cooler Guna Menstabilkan Temperatur Box Panel Kontrol Mesin Die Casting : Politeknik Negeri Semarang

Wilkipedia. 2020. Laser cutting.Tulisan pada https://en.wikipedia.org/wiki/Laser _cutting

Wilkipedia. 2020. Ruby laser. Tulisan pada https://en.wikipedia.org/wiki/Ruby _Laser

Wikipedia. 2020. Pematrian. Tulisan pada https://en.wikipedia.org/wiki/Pematrian

Wikipedia. 2020 pengelasan. Tulisan pada id.m.wikipedia.org/wiki/Las

William T.Silfvast. 2007. Laser fundamentals second edition : Cambridge University Press.

W.J.Wittemen. 1987. The CO2 Laser : Library of Congres Cataloging in Publication Data

Yashashri Dhaware, Prachi Paluntwar, Harshal Narkhede, Rushabh Meher, Priyanka Chavan,dan Bakhtiyar Gandvia. 2019. Review on Comparative Analysis of Ball Screw & Lead Srew : IRJET