

RANCANG BANGUN KONSTRUKSI LENGAN ROBOT PADA AUTOMATIC MIG WELDING ROBOT

Ilham Rizqianto¹⁾, Dedy Pradigdo²⁾, Ismanto Setyabudi³⁾

Politeknik Angkatan Darat

Kesatriaian Politeknik Angkatan Darat, Kodiklat TNI AD, Jalan Raya Anggrek Sekar Putih

Desa Pendem Kecamatan Junrejo, Kota Batu, Jawa Timur

ilhamponti2017@gmail.com¹⁾, dedypradigdo@gmail.com²⁾, ismantosetya@gmail.com³⁾

Abstrak : Kemajuan teknologi sampai saat ini telah berkembang semakin canggih, khususnya pada teknologi robotic yang saat ini banyak dikembangkan dalam upaya mencapai hasil pekerjaan yang dapat mempermudah pekerjaan manusia. Proses pengelasan dengan sistem manual perlu dialihkan menjadi sistem otomatis. Konsep mekanik lengan yang akan diterapkan pada Automatic Welding Carrier Machine yaitu dengan menerapkan konsep mekanik mesin 3D yang diharapkan dapat meningkatkan mobilitas, jangkauan kerja alat serta menambah kualitas hasil pengelasan yang bersifat otomatis. Dalam penelitian ini metode yang digunakan yaitu metode penelitian eksperimental dan simulasi yang bertujuan untuk mengetahui hasil analisa pada mekanik lengan robot. Data yang dihasilkan setelah melakukan perhitungan dengan memberikan pembebanan pada leadscrew sebesar 19,63 N diperoleh tegangan tekan yang terjadi pada leadscrew sebesar 250063,7 N/m², tegangan bending sebesar 29969,47 N/m² dan tegangan geser yang terjadi sebesar 25019108,28 N/m², sehingga leadscrew dikatakan mampu mendorong beban maksimum yang diijinkan sebesar 6959,9 N. Torsi yang dibutuhkan motor penggerak untuk mendorong beban yang di terima pada sumbu Z ($T_{(z)}$) sebesar 0,65 Nm, maka pemilihan motor stepper nema 23 dinyatakan sangat mampu sebagai penggerak lengan robot dikarenakan memiliki torsi 0,99 Nm. Dengan pembebanan batang lengan profil 2020 sebesar 20 N menggunakan simulasi ansys diperoleh total deformasi maksimum yang mungkin terjadi yaitu 0,03 mm, sehingga batang profil 2020 dapat dikatakan aman untuk digunakan pada Automatic Welding Carrier Machine.

Kata Kunci : Mobilitas, Mekanik Lengan Robot Las, Tegangan Geser.

THE DESIGN AND CONSTRUCTION OF ROBOTIC ARM ON AUTOMATIC MIG WELDING ROBOT

Abstract: Tehnological advances to date have grwn increasingly sophisticated technolgy, especially in robotic technogy which is currently developed to achieve work result that are make human work easier welding process with manual systems need to be switched to automatic systems. The mechanical concept of the arm that will be applied to Automatic Welding Carrier Machine is by applying the mechanical concept of a 3D machine which is expected to increase mobility, working range of the tool as well as increasing the quality of automatic welding results. In this research, the method used is experimental research methods and simulations that aim to know the results of the analysis on the mechanics of the robot arm. The data generated after performing calculations with provide a load on the leadscrew of 19,63 N the compressive stress that occurs i the leadscrew is 250063,7 N/m², the voltage bending is 29969,47 N/m² and the shear stress that occurs is 25019108,28 N/m², so that the lead crew is said to be able to encourage maximum allowable amount of 6959,9 N. The torque required by the motor drive to push the received load on the Z ($T_{(z)}$) axis is equal to 0,65 Nm, then the selection of the nema23 stepper motor is stated very capable as a robotic arm mover because have torque 0,99 Nm. With the loading of the 2020 profile arm rod at 20 N using ansys simulation, the maximum total deformation that may occur is 0,03 mm, so that the 2020 profile rod can be said to be safe for use on Automatic Welding Carrier Machine.

Keywords: Mobility, Mechanic Arm Welding Robot, Shear Stress.

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi sampai saat ini telah berkembang semakin canggih, khususnya pada teknologi robotic yang saat ini banyak

dikembangkan dalam upaya mencapai hasil pekerjaan yang dapat mempermudah pekerjaan manusia. Proses pengelasan dengan sistem manual perlu dialihkan menjadi sistem otomatis. Dimana

sistem manual masih terdapat kekurangan dan kerugian terhadap materiil atau objek yang dilas seperti penyalaan busur api yang tidak stabil, retak (*crack*), keropos (*porosity*), penggunaan kawat elektroda yang kurang efisien serta tingkat kecelakaan kerja yang masih cukup tinggi, sehingga dibutuhkan suatu alat las dengan teknologi *robotic* guna mengurangi permasalahan yang ada.

Berdasarkan permasalahan tersebut penulis mempunyai gagasan untuk membuat konsep mekanik lengan robot yang akan diterapkan pada *Automatic Welding Carrier Machine* dengan menerapkan konsep mekanik mesin 3D, dengan penerapan konsep lengan ini diharapkan dapat meningkatkan mobilitas, jangkauan kerja alat serta menambah kualitas hasil pengelasan dan tingkat keamanan yang lebih optimal.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian 3D Printer.

3D printer merupakan suatu mesin cetak tiga dimensi untuk membuat benda padat dari suatu desain secara digital menjadi bentuk 3 dimensi dan memiliki volume. Mesin cetak tiga dimensi diperoleh dari proses aditif, dimana sebuah obyek dibuat dengan menempatkan lapisan secara berurut dari bahan baku. Pada tahun 1986, seseorang bernama *Charles W. Hull* memiliki hak paten dengan teknologi *stereolithography* yang merupakan teknologi untuk membuat obyek 3D printer [1].



Gambar 1. 3D printer 2 axis

2.2 Momen Gaya.

Kecenderungan suatu gaya untuk memutar sebuah benda tegar disekitar suatu sumbu diukur oleh momen gaya terhadap sumbu tersebut. Momen (M) dari beban (F) terhadap suatu sumbu melalui tumpuan / titik (A), didefinisikan sebagai perkalian besar beban (F) dengan panjang lengan (L) dari titik (A) ke garis aksi (F).

$$M_A = F \cdot L \dots \dots \dots (2.1)$$

(Sumber : Mochamad Diki Muliyan, 2017, hal 2)

Dimana : M_A = Momen (Nm)

F = Beban (N)

L = Panjang lengan (m)

$$F = m \cdot g \dots \dots \dots (2.2)$$

(Sumber : Mochamad Diki Muliyan, 2017, hal 2)

Dimana : F = Beban (N)

m = Massa (Kg)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

Momen termasuk besaran vektor dimana besaran ini memiliki besar / nilai dan juga arah, bergantung pada kedudukan relatif gaya dan sumbunya. Adapun arah momen dapat searah jarum jam maupun berlawanan arah jarum jam. Dalam menghitung momen yang diakibatkan oleh suatu gaya terhadap sebuah titik, jika jarak tegak lurus antara garis kerja gaya dan pusat momen dengan mudah dapat ditentukan, maka pendekatan skalar umumnya lebih sederhana [2].

2.3 Defleksi Batang *Cantilever*.

Besarnya defleksi pada batang *Cantilever* yaitu :

$$\delta = \frac{P \times L^3}{3 \times E \times I} \dots\dots\dots(2.3)$$

(Sumber : Kekuatan Bahan, Ferdinand L Singer, hal 264)

Dimana : δ = Defleksi maksimal (m)
 E = Modulus elastisitas bahan
 I = Momen inersia (m^4)
 L = Panjang lengan (m)
 P = Beban pada batang (N)

2.4 Tegangan Tekan.

Leadscrew mengalami beban tekan akibat dari pembeban (F) yang diterima. Besarnya tegangan tekan yang terjadi pada *leadscrew* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\sigma_t = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(2.4)$$

(Sumber : Mochamad Diki Mulyawan, 2017, hal 2)

Dimana : σ_t = Tegangan tekan (N/m^2)
 F = Beban (N)
 A = Luas penampang (m^2)

2.5 Tekanan Bending.

Pada *leadscrew* terjadinya kontak ulir *leadscrew* dengan *nut* (mur), sehingga untuk menghindari tegangan bending / lentur dari *leadscrew* ataupun *nut* (mur) maka perlu dilakukan perhitungan beban maksimal yang dapat diterima ulir dari mur atau *screw*. Tegangan lentur pada *screw* dapat dihitung dengan persamaan :

$$\sigma_B = \frac{3 \cdot F \cdot h}{(\pi \cdot d_p \cdot n) \cdot h^2} \dots\dots\dots(2.5)$$

(Sumber : Mochamad Diki Mulyawan, 2017, hal 4)

Dimana : σ_B = Tegangan bending (N/m^2)
 F = Beban / beban (N)
 h = Kedalaman ulir (m)

d_p = Diameter rata-rata ulir (m)

n = Jumlah ulir

2.6 Tekanan Bearing.

Tekanan *bearing* merupakan tegangan yang terjadi antara permukaan ulir *nut* dengan permukaan ulir *leadscrew* (ulir penggerak) yang saling berhubungan. Tekanan *bearing* dapat diketahui dengan persamaan :

$$P_B = \frac{F}{\pi \cdot d_p \cdot h \cdot n} \dots\dots\dots(2.6)$$

(Sumber : Mochamad Diki Mulyawan, 2017, hal 3)

Dimana : P_B = Tekanan *bearing* (N/m^2)
 F = Beban (N)
 d_p = Diameter rata-rata ulir (m)
 h = Kedalaman ulir (m)
 n = Jumlah ulir

2.7 Tegangan Geser.

Tegangan geser terjadi akibat adanya gaya dari torsi. Untuk mengetahui tegangan geser yang terjadi akibat pembebanan dapat diperoleh menggunakan persamaan :

$$\sigma_g = \frac{16 \cdot T}{\pi \cdot (d_r)^3} \dots\dots\dots(2.7)$$

(Sumber : Mochamad Diki Mulyawan, 2017, hal 4)

Dimana : σ_g = Tegangan geser (N/m^2)
 T = Torsi (Nm)
 d_r = Diameter ulir (m)

2.8 Beban Kritis.

Untuk menahan beban aksial torsi *leadscrew* harus memiliki kekuatan, sehingga diperlukan menghitung beban kritis pada *screw* untuk keamanan *leadscrew*. Beban kritis pada *screw* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$W_{cr} = A \cdot \sigma_y \cdot \left[1 - \frac{\sigma_y}{4 \cdot C \cdot \pi^2 \cdot E} \left(\frac{L}{k} \right)^2 \right] \dots\dots\dots(2.8)$$

(Sumber : Ilham Vega Prayuda, 2018, hal 3)

Dimana : W_{cr} = Beban kritis (N)

A = Luas penampang (m^2)

σ_y = Yield stress (Mpa)

C = Faktor penyangga = 4

E = Modulus elastisitas (Gpa)

L = Panjang screw (m)

k = Sudut garasi ($\sqrt{\frac{d_p}{4}}$)

2.9 Sistem Penggerak.

Sistem penggerak untuk menggerakkan mekanik lengan robot pada *Automatic Welding Carrier Machine* menggunakan motor *stepper* yang merupakan jenis motor penggerak dengan sumber arus searah (DC). Motor *stepper* ini berfungsi sebagai penggerak *leadscrew* sehingga mekanik lengan dapat bergerak terhadap sumbu kerja yang diinginkan. Untuk memilih motor penggerak yang tepat maka dapat dilakukan dengan cara menghitung torsi (T) yang dibutuhkan untuk mendorong *leadscrew* dengan persamaan sebagai berikut :

$$T_m = F \cdot r \dots\dots\dots(2.9)$$

(Sumber : Ilham Vega Prayuda, 2018, hal 2)

Dimana : T_m = Torsi motor (Nm)

F = Beban (N)

r = Jari-jari *leadscrew* (m)

$$T_m = \frac{T \cdot 1}{\eta \cdot 30} \dots\dots\dots(2.10)$$

(Sumber : Ilham Vega Prayuda, 2018, hal 2)

Dimana : T_m = Torsi motor (Nm)

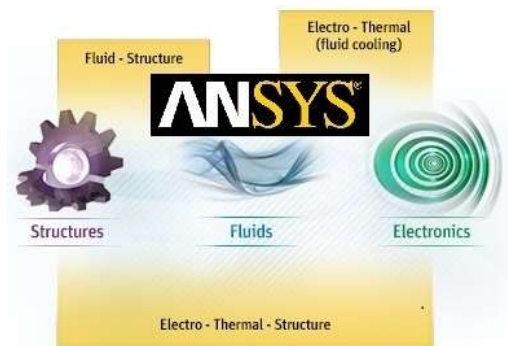
T = Torsi untuk mendorong
leadscrew (Nm)

η = Efisiensi 99 %

2.10 Ansys.

Ansys yaitu suatu *software* yang berbasis FEA (*finite element analysis*) yang sering digunakan untuk

menganalisa baik simulasi struktur, dinamika fluida, akustik, elektromagnetik dan panas pada suatu benda sehingga dapat diketahui karakteristik dan deformasi serta *safety factor* yang terjadi akibat pengaruh pembebanan yang diterima pada suatu benda. *Software ansys* bekerja dengan sistem *finite element methods* (metode elemen hingga), dengan melakukan pemecahan suatu rangkaian pada objek yang akan dianalisa menjadi bagian-bagian yang lebih kecil yang kemudian dihubungkan dengan *node*, sehingga dapat memberikan efisiensi dalam pemilihan bahan yang tepat pada objek / benda.



Gambar 2. *Software Ansys.*

3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.

1. Pelaksanaan penelitian bertempat di bengkel mekanik Poltekad Kodiklatad.
2. Penelitian ini dilakukan dalam waktu penelitian selama 9 bulan, dimulai dari bulan Maret sampai dengan bulan Nopember 2021.

3.2 Metode Penelitian.

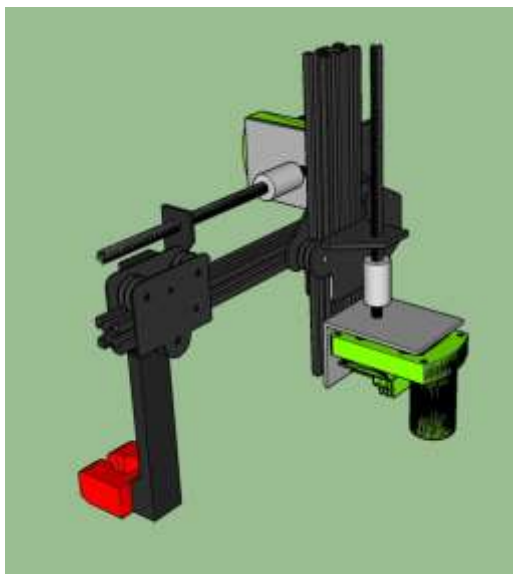
Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental dan simulasi yang bertujuan untuk mengetahui hasil analisa pada mekanik lengan robot. Adapun tahap dalam perancangan mekanik lengan robot pada *Automatic Welding Carrier Machine* adalah :

1. Membuat desain mekanik lengan robot.
2. Menentukan berat atau pembebanan yang akan diberikan pada mekanik lengan robot.
3. Menghitung kekuatan *leadscrew* dihadapkan dengan pembebanan yang diterima *leadscrew*.
4. Menghitung torsi yang dibutuhkan motor penggerak untuk mendorong *leadscrew*.
5. Melakukan analisa statis pada batang profile lengan robot menggunakan *Software ansys*.

3.3 Desain alat.

Dalam mendukung proses analisa dan perencanaan pada alat, maka dibutuhkan sebuah desain visual untuk penggambaran alat secara menyeluruh. Adapun desain konstruksi lengan robot sebagai berikut :

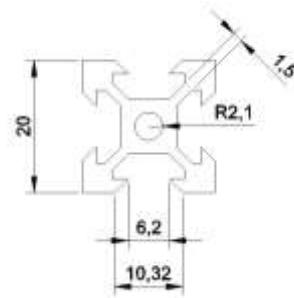
1. Desain konstruksi lengan robot 3D.



Gambar 3. Desain Konstruksi Lengan Robot.

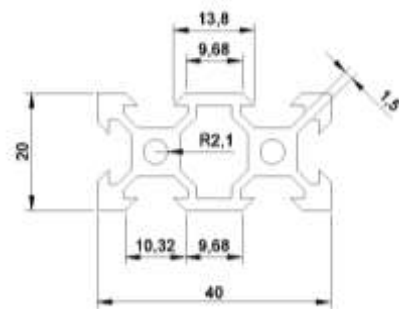
(Sumber : Peneliti)

2. Desain batang lengan profil.



Gambar 4. Desain lengan profil 2020.

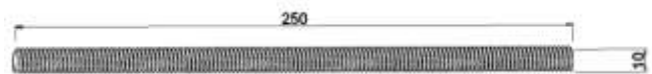
(Sumber : Peneliti)



Gambar 5. Desain lengan profil 2040.

(Sumber : Peneliti)

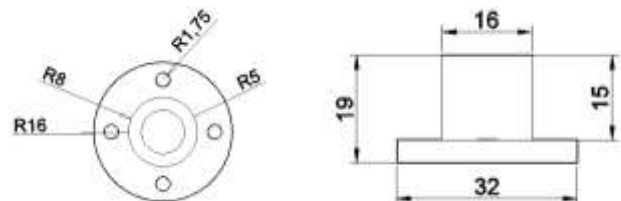
3. Desain *leadscrew*.



Gambar 6. Desain *leadscrew*.

(Sumber : Peneliti)

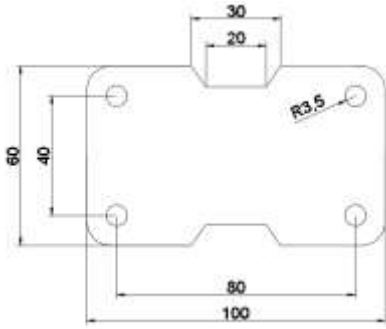
4. Desain *Nut* (mur).



Gambar 7. Desain *Nut* (mur).

(Sumber : Peneliti)

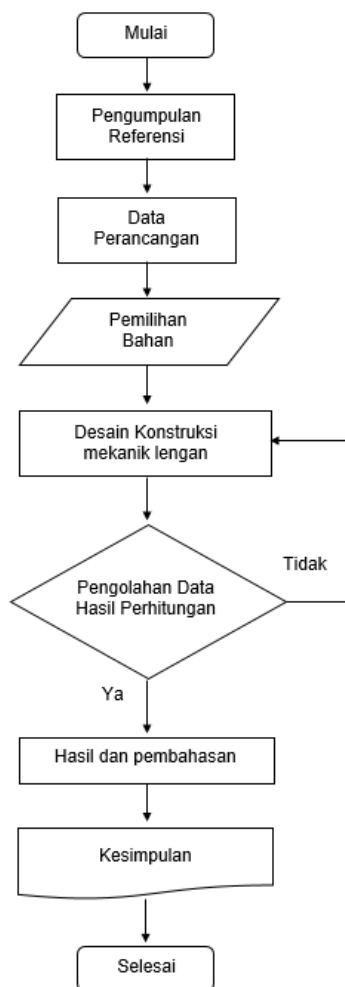
5. Desain braket lengan profil.



Gambar 8. Desain braket lengan profil sumbu Z.

(Sumber : Peneliti)

3.4 Diagram Alir Penelitian.



Gambar 10. Diagram Alir Penelitian.

(Sumber : Peneliti)

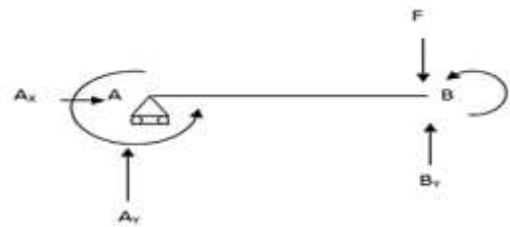
4. PEMBAHASAN

4.1 Defleksi Batang *Cantilever*.

Menghitung pembebanan pada lengan sumbu Z dengan memfokuskan perhitungan pada tumpuan batang lengan sumbu Z. Lengan robot yang digunakan pada batang lengan adalah Aluminium profil 2020 dengan material Al memiliki tegangan tarik (σ_t) = 110 Mpa, modulus elastisitas (E) = 70-80 GPa, panjang (L) = 0,25 m dengan asumsi beban yang diterima sebesar 1,5 Kg.

1. Reaksi Yang Terjadi Akibat Pembebanan.

Diketahui arah gaya yang terjadi pada batang lengan sumbu Z yaitu vertikal ke bawah dengan pembebanan $F = m \cdot g = 1,5 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 14,72 \text{ N}$. Sehingga reaksi (R_A) yang terjadi pada batang lengan sumbu Z berlawanan terhadap arah pembebanan.



Gambar 11. Diagram benda bebas untuk pembebanan internal.

(Sumber : Mochamad Diki Mulyawan, 2017, hal 3)

2. Menghitung Reaksi Tumpuan (R_A)

Pembebanan (F) yang diberikan pada sebuah batang *cantilever* sebesar 14,72 N dengan arah pembebanan vertikal ke bawah, maka reaksi tumpuan (R_A) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\sum V = 0$$

$$R_A - F = 0$$

$$R_A = F$$

$$R_A = 14,72 \text{ N}$$

Sehingga nilai reaksi tumpuan yang terjadi akibat pembebanan pada batang lengan sumbu Z sebesar 14,72 N dengan arah gaya reaksi ke atas.

3. Besarnya Momen dititik A (M_A)

Dengan menggunakan persamaan 2.1, maka besarnya momen dititik A (M_A) dengan panjang lengan ($L = 0,25 \text{ m}$) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_A &= - F \times L \\ &= - 14,72 \text{ N} \times 0,25 \text{ m} \\ &= - 3,68 \text{ Nm} \end{aligned}$$

(arah putaran momen berlawanan jarum jam).

4. Momen Inersia. Dengan menggunakan *software Ansys* diketahui momen inersia batang profil 2020 sumbu Z sebesar 3215 mm^4 .

5. Defleksi ($\gamma \text{ max}$).

Diketahui batang lengan sumbu Z adalah aluminium profil 2020 dengan panjang lengan ($L = 0,25 \text{ m}$) diperoleh data ($E = 80 \text{ GPa}$) dan ($I = 3215 \text{ m}^4$). Maka defleksi ($\gamma \text{ max}$) yang terjadi pada lengan sumbu Z yang diberikan pembebanan ($F = 14,72 \text{ N}$) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{P \times L^3}{3 \times E \times I} \\ &= \frac{14,72 \text{ N} \times (250 \text{ mm})^3}{3 \times (8 \times 10^5 \text{ N/m}^2) \times 3215 \text{ mm}^4} \\ &= \frac{229687500 \text{ N/m}^3}{7716000000 \text{ N/m}^2} \\ &= 0,0297 \text{ mm} \end{aligned}$$

4.2 Analisa Leadscrew.

1. Tegangan Tekan (σ_t).

Beban yang diterima *lead screw* sumbu Z

adalah ($F = 19,63 \text{ N}$) dengan diameter *lead screw* 10 mm, sehingga luas penampang (A_z) dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} A_z &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (d_z)^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,01 \text{ m})^2 \\ &= 0,0000785 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas, maka besarnya tegangan tekan (σ_t) *lead screw* sumbu Z yaitu dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \sigma_t \text{ sumbu z} &= \frac{F_z}{A_z} \\ &= \frac{19,63 \text{ N}}{0,0000785 \text{ m}^2} \\ &= 250063,7 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

2. Tegangan Bending (σ_B).

Data yang diperoleh dari pengukuran dimensi *lead screw* yaitu kedalaman ulir ($h = 0,5 \text{ mm}$), jumlah ulir ($n = 125$) dan diameter ($d_p = 10 \text{ mm}$). Sehingga tegangan bending (σ_B) pada *lead screw* Z yaitu :

$$\begin{aligned} \sigma_B \text{ sumbu z} &= \frac{3 \cdot F_z \cdot H_z}{(\pi \cdot d_{pz} \cdot n_z) \cdot (H_z)^2} \\ &= \frac{3 \cdot 19,63 \text{ N} \cdot 0,0005 \text{ m}}{(3,14 \cdot 0,01 \text{ m} \cdot 125) \cdot (0,0005 \text{ m})^2} \\ &= 29969,47 \text{ N/m}^2. \end{aligned}$$

3. Tekanan Bearing (P_B).

Dari data yang digunakan pada perhitungan tegangan bending (σ_B), maka besarnya tekanan bearing pada *lead screw* dan *nut* (mur) sumbu Z ($P_B \text{ sumbu z}$) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_B \text{ sumbu z} &= \frac{F_z}{\pi \cdot d_{pz} \cdot h_z \cdot n_z} \\ &= \frac{19,63 \text{ N}}{3,14 \cdot 0,01 \text{ m} \cdot 0,0005 \text{ m} \cdot 125} \\ &= 10002,55 \text{ N/m}^2. \end{aligned}$$

4. Tegangan Geser (σ_g).

Untuk menghitung tegangan geser pada *lead screw* sumbu Z (σ_g sumbu z) kita harus menghitung torsi pada *lead screw* dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} T \text{ sumbu z} &= F_z \cdot L_z \\ &= 19,63 \text{ N} \cdot 0,25 \text{ m} \\ &= 4,91 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Sehingga dari perhitungan diatas dapat dihitung tegangan geser (σ_g) dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \sigma_g \text{ sumbu z} &= \frac{16 \cdot T_z}{\pi \cdot (d_r z)^3} \\ &= \frac{16 \cdot 4,91 \text{ Nm}}{3,14 \cdot (0,01 \text{ m})^3} \\ &= 25019108,28 \text{ N/m}^2. \end{aligned}$$

5. Beban Kritis (W_{cr}).

Lead screw harus memiliki kekuatan untuk mampu menahan beban aksial torsi, sehingga keamanan pada *screw* dapat diperoleh dengan rumus *J.B Jhonson* atau *Rankine Gordon* sebagai berikut :

$$\begin{aligned} W_{cr} \text{ sumbu z} &= A_z \cdot \sigma_y \cdot \left[1 - \frac{\sigma_y}{4 \cdot C \cdot \pi^2 \cdot E} \left(\frac{L}{k} \right)^2 \right] \\ &= 0,0000785 \text{ m}^2 \cdot 710 \text{ Mpa} \cdot \left[1 - \frac{710 \text{ Mpa}}{4 \cdot 4 \cdot 3,14^2 \cdot 210 \text{ GPa}} \left(\frac{0,25 \text{ m}}{0,05} \right)^2 \right] \\ &= 55679,265 \text{ N} \end{aligned}$$

Dimana sudut garasi (k) diperoleh dengan rumus sebagai berikut :

$$k = \sqrt{\frac{d_p}{4}} = \sqrt{\frac{0,01}{4}} = 0,05$$

6. Beban Maksimal Yang Diijinkan (W_{ijin}).

Bahan *lead screw* yang digunakan termasuk bahan pada golongan *steel* dan pembebanan

yang terjadi pada *lead screw* merupakan kategori beban statis (*live load*), sehingga faktor keamanan (s_f) yang digunakan yaitu 8. Beban maksimal yang diijinkan pada *lead screw* sumbu Z (W_{ijin} sumbu z) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} W_{ijin} \text{ sumbu z} &= \frac{W_{max} \text{ sumbu z}}{s_f} \\ &= \frac{55679,265 \text{ N}}{8} \\ &= 6959,9 \text{ N} \end{aligned}$$

Jadi beban maksimal yang diijinkan pada *lead screw* sumbu Z adalah 6959,9 N.

4.3 Sistem Penggerak.

1. Gaya pada sumbu Z (F_z).

Massa yang akan diterima motor penggerak sumbu Z yaitu $m_z = 1,5 \text{ kg}$, dengan koefisien gesek ($\mu = 0,3$). Sehingga besarnya gaya yang terjadi pada sumbu Z adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} F_z &= m_z \cdot g \cdot \mu \\ &= 1,5 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,3 \\ &= 4,41 \text{ N} \end{aligned}$$

2. Torsi motor (T_m).

Torsi pada motor sumbu Z ($T_{m(z)}$) dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} T_{m(z)} &= F_z \cdot r_z \\ &= 4,41 \text{ N} \cdot 0,005 \text{ m} \\ &= 0,022 \text{ Nm} \end{aligned}$$

3. Torsi yang dibutuhkan motor untuk mendorong (T).

Dengan efisiensi kerja ($\eta = 99\%$), maka torsi yang dibutuhkan untuk mendorong *lead screw* sumbu Z ($T_{(z)}$) adalah sebagai berikut :

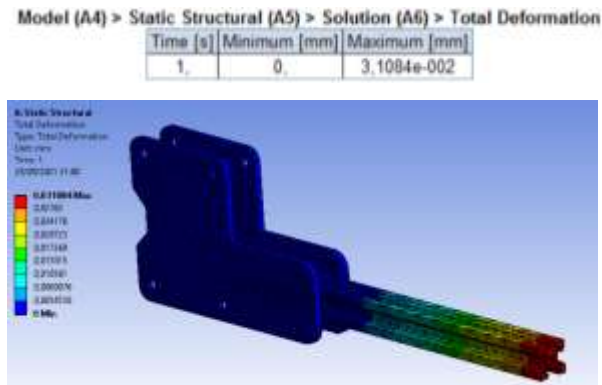
$$\begin{aligned} T_{m(z)} &= \frac{T_{(z)} \cdot 1}{\eta \cdot 30} \\ T_{(z)} &= T_{m(z)} \cdot \eta \cdot 30 \end{aligned}$$

$$= 0,022 \text{ Nm} \cdot 99\% \cdot 30$$

$$= 0,65 \text{ Nm}$$

Jadi torsi yang dibutuhkan untuk mendorong sumbu Z ($T_{(z)}$) adalah 0,65 Nm.

4.4 Analisa Statis Batang Profil Sumbu Z.



Gambar 13. Total deformasi pada simulasi batang profil 2020.

(Sumber : Peneliti)

Gambar 13. merupakan analisa pembebanan pada batang profil 2020 sumbu Z dengan menggunakan software ansys, dimana beban yang diberikan pada batang profil sebesar 20 N dengan panjang batang profil 250 mm didapatkan total deformasi yang terjadi sebesar 0,03 mm.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa dari hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan defleksi yang terjadi pada batang lengan profil 2020 sumbu Z dinyatakan bahwa lengan profil 2020 aman untuk digunakan pada *Automatic Welding Carrier Machine*.
2. *Leadscrew* cukup aman dikarenakan *leadscrew* pada sumbu Z mampu mendorong beban maksimum yang diijinkan sebesar 6959,9 N, dengan tegangan tekan yang terjadi

sebesar 250063,7 N/m², tegangan bending sebesar 29969,47 N/m², dan tegangan geser yang terjadi sebesar 25019108,28 N/m², dimana besarnya tegangan yang terjadi pada *leadscrew* masih dibawah titik yield strength dari material atau bahan yang digunakan.

3. Pada pemilihan motor penggerak perhitungan yang telah dilakukan mendapatkan hasil bahwa torsi yang dibutuhkan motor untuk mendorong sumbu Z ($T_{(z)}$) sebesar 0,65 Nm. Sehingga motor stepper nema 23 yang memiliki torsi 0,99 Nm dinyatakan sangat mampu sebagai penggerak lengan robot.

4. Dari analisa menggunakan software ansys pada batang profil 2020 sumbu Z dengan pembebanan sebesar 20 N diperoleh total deformasi maksimum yang mungkin terjadi yaitu 0,03 mm, sehingga batang profil 2020 dapat dikatakan aman untuk digunakan pada *Automatic Welding Carrier Machine*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASME IX 2010. *Welding and Brazing Qualifications. American Society Mechanical Engineering, Three Park Avenue, New York, 10016 USA.*
- [2] Dr.R.K Bansal. 2009, "*Strength of Material*", *Laxmi Publications*, New Delhi.
- [3] Ir. Sularso, MS ME dan Kiyokatsu Suga. 2004, "*Dasar-dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*", *Pradnya Paramita Jakarta.*
- [4] R.S. Khurmi dan J.K. Gupta. 2005, "*A Text Book of Machine Design*", *Eurasia Publishing House, New Delhi.*
- [5] Diki dkk. 2017, "*Rancang Bangun Konstruksi Rangka Mesin 3D Printer Tipe Cartesian Berbasis Fused Deposition Modeling (FDM)*".
- [6] Prayuda dkk. 2018, "*Perancangan Struktur Rangka Lengan Robot Mekanik Pemindah Bahan Tipe Cartesian Coordinate*".