

PERANCANGAN DAN REALISASI *PICK AND PLACE TRAINING UNIT* DENGAN KONTROL BERBASIS *PLC FESTO*

Nataniel Viananda¹, Martinus Johan², Laurentius Rivaldo³, Tri Hannanto Saputra⁴

Program Studi Teknik Perancangan Mekanik dan Mesin, Politeknik ATMI Surakarta

Jl. Adisucipto Km 9,5, Bluluk, Colomadu, Surakarta.

Email: natanielviangusdi@gmail.com, martinusjohan0908@gmail.com,

laurentiusrivaldo84@gmail.com, hannanto.ths@gmail.com

Abstrak

Perancangan dan Realisasi Pick and Place Training Unit Dengan Kontrol Berbasis Plc Festo adalah alat bantu pembelajaran untuk menjelaskan tentang proses mengambil dan meletakkan produk yang biasa dipakai dalam industri otomotif. *Training unit* ini memiliki 3 bagian utama yaitu *pick and place unit*, *storage unit*, dan *conveyor unit*. Proses pertama diawali dengan operator yang memilih warna body bus dengan *selector*. Selanjutnya, operator akan meletakkan *chassis* bus diatas *conveyor*. Sensor akan mendeteksi benda dan proses akan aktif ketika operator menekan tombol start. *Conveyor* akan membawa *chassis* menuju *assembly point*. Kemudian *unit pick and place* yang terdiri atas *gripper* dan *vacuum* akan melakukan tugasnya untuk mengambil body dan meletakkan diatas *chassis*. *Gripper* akan mengambil body 1 dan body 2, sedangkan *vacuum* akan megambil body 3. Proses terakhir setelah semua body terpasang adalah *conveyor* yang aktif dan akan membawa bus mainan yang sudah dirakit menuju *finish point* untuk diambil oleh operator. *Output* dari *training unit* ini adalah bus mainan yang sudah dirakit

Kata kunci: alat bantu, *assembly point*, *conveyor*

1. PENDAHULUAN

Laboratorium *pneumatic hydraulic* di Polieknik ATMI Surakarta memiliki sebuah *unit pneumatic cylinder* yang belum dimanfaatkan untuk menjelaskan tentang sistem produksi yang bisa dijadikan sebagai materi pembelajaran kepada peserta didik. *Unit* tersebut tidak bisa berjalan karena belum ada sistem yang bekerja sedangkan kondisi komponen dari *unit* tersebut dapat berfungsi sesuai dengan fungsi komponennya.



Gambar 1. Unit Pneumatic Cylinder

Laboratorium *pneumatic hydraulic* Politeknik ATMI Surakarta membutuhkan *training unit* sebagai alat bantu pembelajaran. Materi pembelajaran mencakup: *pneumatic, electro pneumatic, sensing, programming PLC*, dan mekanik. Tujuan lain dari pembuatan *training unit* ini adalah sebagai alat promosi Politeknik ATMI Surakarta.

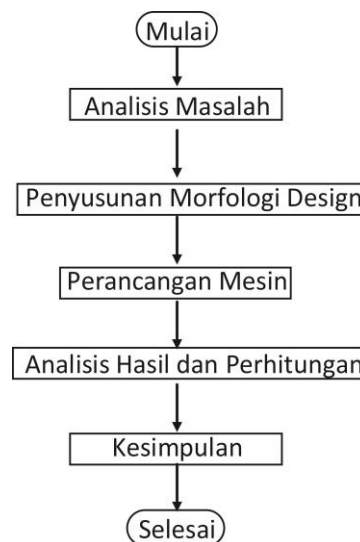
Maka dari itu, *training unit* ini dibuat untuk membantu instruktur dalam memberikan materi pembelajaran yang ada di laboratorium *pneumatic hydraulic*. *Training unit* ini akan mengambil aplikasi dari perakitan komponen menggunakan bus mainan sebagai alat peraganya.

2. METODE

Proses perancangan dan realisasi pick and place training unit ini menggunakan beberapa metode dalam prosesnya.

2.1 METODE Pengerjaan

Rencana kerja dalam pembuatan Tugas Akhir ini bertujuan untuk mempermudah perumusan masalah Tugas Akhir terutama dalam sebuah tim untuk mendapatkan hasil yang optimal. Berisi susunan-susunan rencana dan tahap-tahap yang akan dilalui selama Tugas Akhir berlangsung



Gambar 2. Flowchart Perencanaan Tugas Akhir

2.2 Analisis Masalah

Metode yang digunakan dalam analisis masalah pada tugas akhir kami menggunakan diagram fishbone dan diagram keterkaitan

Fishbone adalah salah satu metode /*tool* di dalam meningkatkan kualitas. Sering juga diagram ini disebut dengan diagram sebab-akibat atau *cause effect diagram*. Sehingga sering juga disebut dengan diagram *ishikawa*

Interrelationship diagram atau diagram keterkaitan masalah adalah salah satu dari tujuh alat perencanaan manajemen (*7 management and planning tools*) atau *7 New Quality Tools* yang dipopulerkan dalam literatur manajemen kualitas Jepang.

2.3 Penyusunan Morfologi Design

Desain morfologi *Pick and Place Training Unit* meliputi pemilihan penggerak *conveyor*, jenis *conveyor, layout storage, sensor benda*, dan *storage* yang dijelaskan pada gambar 5.

2.4 Perancangan Mesin

Rancangan total mesin akan dijelaskan pada tahap perancangan sistem ini. Penjelasan meliputi mekanisme, macam-macam penggerak, sistem kontrol, dan transmisi yang digunakan. Fitur-fitur lain yang perlu juga akan dijelaskan. Penjelasan dilakukan menjadi dua tahap, yaitu penjelasan mesin secara keseluruhan dan penjelasan mesin untuk tiap *unit*. Struktur mesin secara lengkap dapat dilihat pada gambar 6.

2.5 Analisis Dan Hasil Perhitungan

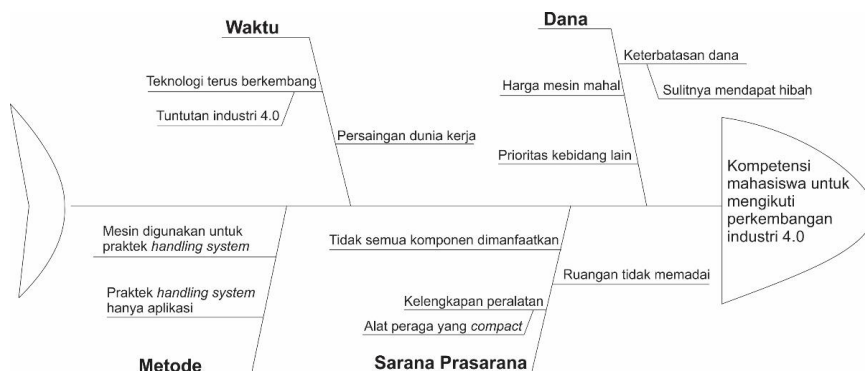
Perhitungan rangka dilakukan untuk membuktikan bahwa rangka yang didesain mampu untuk menahan beban dari komponen yang lain. Sambungan rangka dari *training unit* ini sebagian besar menggunakan sambungan baut. Perhitungan ini memerlukan dua langkah, yang pertama adalah dengan menghitung momen yang bekerja pada rangka dan yang kedua adalah perhitungan diameter minimal baut yang dibutuhkan. Bagian rangka yang dianggap paling kritis adalah rangka yang menahan silinder sumbu X dan *servo drive*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan dan realisasi *training unit* ini membahas beberapa hal, yaitu analisis masalah, perancangan mesin, dan perhitungan rangka.

3.1 Analisis Masalah

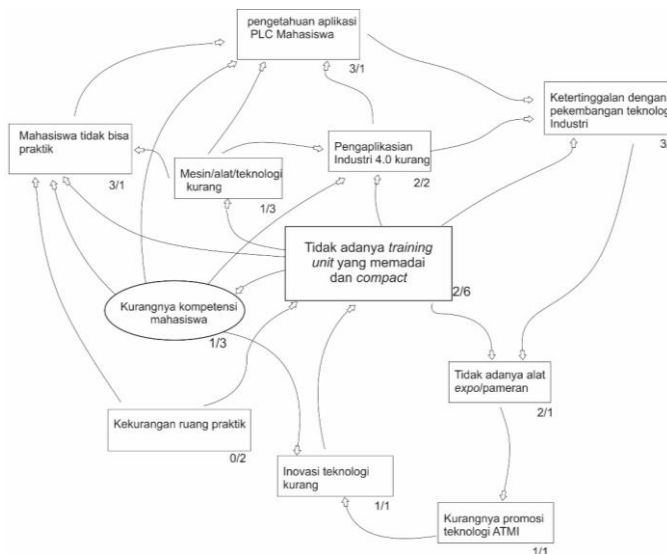
Berikut adalah hasil analisis dengan metode diagram sebab-akibat dan diagram keterkaitan.



Gambar 3. Diagram Sebab Akibat

Diagram sebab akibat di atas menunjukkan hasil analisa tentang masalah yang ada, yaitu kurangnya kompetensi mahasiswa untuk mengikuti perkembangan teknologi industri 4.0. Faktor-faktor utama yang dianalisis adalah waktu, dana, metode, dan sarana. Setiap faktor utama memiliki sebab yang mempengaruhi masalah utama.

Diagram keterkaitan menunjukkan korelasi antara masalah utama yang diangkat dengan sumber masalah dan akibat yang ditimbulkan. Masalah utama yang diangkat adalah kurangnya kompetensi mahasiswa Politeknik ATMI Surakarta. Akar permasalahan yang ditemukan dari diagram tersebut adalah tidak adanya *training unit* yang memadai dan *compact*. Akibat yang ditimbulkan berjumlah 6 masalah, di antaranya adalah kurangnya teknologi untuk pembelajaran, kurangnya aplikasi teknologi industri 4.0, dan tidak adanya alat peraga untuk *expo* atau pameran promosi Politeknik ATMI Surakarta. Diagram keterkaitan dapat dilihat pada Gambar 4



Gambar 4. Diagram Keterkaitan

3.2 Penyusunan Morfologi Desain

Penyusunan morfologi desain dilakukan untuk menentukan konsep *training unit* yang akan direalisasikan.

NO	Sub-Function	Solution			
		1	2	3	4
1	Penggerak Conveyor	Motor Elektrik DC	Motor Induksi AC	Motor Stepper	Motor Servo
		Belt	Attachment	Belt kanan kiri	
2	Jenis Conveyor	Photosensor	Inductive Proximity	Capacitive Proximity	Proximity Optik
		Acak	Magazine	Berjajar Horizontal	
3	Sensor	Berjajar	Berjajar bertingkat	Berjajar + Bidang Miring	
		Double Acting Cylinder	Single Acting Cylinder	Double Acting With Guide	
4	Storage				
5	Storage Layout				
6	Clamping Unit				

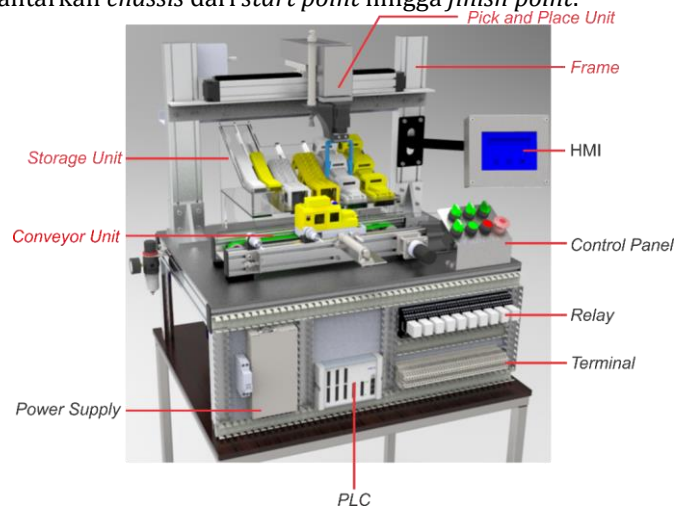
◆ : Konsep 1
 ● : Konsep 2
 ★ : Konsep 3

Gambar 5. Morfologi Pick and Place Training Unit

3.3 Perancangan Mesin

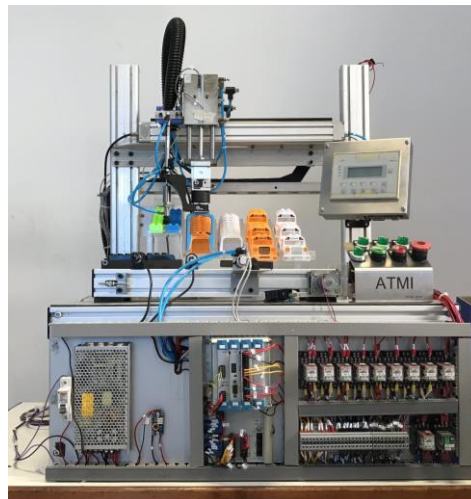
Training unit dibagi menjadi tiga *unit* besar. Pertama adalah *unit pick and place* yang terdiri dari aktuator sumbu x, sumbu y, sumbu z, dan *vacuum*. *Unit* kedua adalah *storage* dan *unit* yang terakhir adalah *unit conveyor*. *Unit* pertama memiliki fungsi untuk mengambil dan meletakkan

body bus ke atas chassis. Storage memiliki fungsi untuk menyimpan input dan conveyor memiliki fungsi untuk mengantarkan chassis dari start point hingga finish point.



Gambar 6. Rancangan *Pick and Place Training Unit*

Hasil dari realisasi *Pick and Place Training Unit* dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Realisasi *Pick and Place Training Unit*.

Gambar 8 menunjukkan PLC yang digunakan pada *Pick and Place Training Unit* yaitu PLC Festo 440. PLC Festo FC440 memiliki 16 *input* dan 8 *output*. Tegangan yang diperlukan 24 VDC. Program PLC menggunakan aplikasi FST 4.51 dengan *Operating System windows XP*

Gambar 9 menunjukkan sistem control yang digunakan untuk sumbu X yaitu menggunakan *Smart Positioning Controller Festo 200*. Tegangan yang diperlukan 24 VDC. Program yang digunakan untuk *smart positioning control* ini adalah WinPISA dari Festo.



Gambar 8. PLC Festo FC440

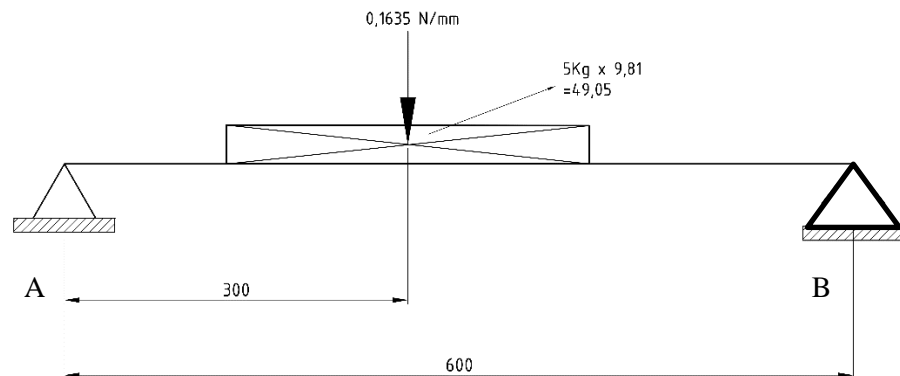


Gambar 9. Smart Positioning Controller 200

3.4 Analisis Hasil Dan Perhitungan Rangka

Analisis yang dilakukan yaitu menghitung momen pada rangka, berfungsi untuk menganalisis apakah rangka yang didesain mampu untuk menahan beban yang ada. Rangka *training unit* menahan beban dari komponen-komponen seperti silinder dan *servo drive*. Data variable yang dibutuhkan untuk menghitung momen rangka adalah:

P	= Tegangan ijin tekuk ganti
L_a	= Jarak dari tumpuan
L	= Panjang rangka
R_A	= Reaksi titik A
R_B	= Reaksi titik B
M_a	= Momen titik A
M_b	= Momen titik B
η	= Faktor keamanan lekuk
E	= Modulus elastisitas
F_{max}	= Faktor kelenturan
I	= Momen inersia



Gambar 10. Konstruksi Rangka Penyangga Silinder Sumbu X

Diketahui :

Alumunium *Profile* 60x30

$$v = 3$$

$$E = 69000 \text{ N/mm}^2$$

$$L = 600 \text{ mm}$$

$$f_{\max} = 2F = 5 \text{ kg}$$

$$= 5 \times 9,81$$

$$= 49,05 \text{ N}$$

$$L_a = 300 \text{ mm}$$

$$L = 600 \text{ mm}$$

$$I_y = 5,95 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_x = 23,78 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

Ditanya : Berapakah momen bengkoknya?
Berapa besar nilai mulurnya?

Jawab :

Gaya yang ditopang (F')

$$F' = F \times \eta$$

$$= 49,05 \times 3$$

$$= 147,15 \text{ N}$$

(Rumus 1)

Gaya per sisi (F)

$$F = F' / 4$$

$$= 147,15 / 4$$

$$= 73,575 \text{ N}$$

(Rumus 2)

Momen Inersia sumbu x perhitungan (I_y)

$$F_{\max} = \frac{F \times L^3}{48 \times E \times I_x}$$

$$= \frac{73,575 \times 600^3}{48 \times 69000 \times I_y}$$

$$= \frac{73,575 \times 600^3}{48 \times 69000 \times 2}$$

$$I_y = \frac{48 \times 69000 \times 2}{2.399,185 \text{ mm}^4}$$

$$= 0,023 \text{ cm}^4$$

(Rumus 3)

(Rumus 4)

I_y minimal perhitungan lebih kecil dari I_y *alumunium profile* 60x30 milimeter sehingga konstruksi rangka utama aman. Langkah selanjutnya setelah mengetahui bahwa momen inersia dari rangka mencari besar nilai mulurnya.

$$\sigma = F' / A$$

(Rumus 5)

$$A_{\text{Rangka}} = \text{Panjang} \times \text{Lebar}$$

(Rumus 6)

$$= 300 \times 60$$

$$\begin{aligned}
 &= 18000 \text{ mm}^2 \\
 F &= 49,05 \text{ N} \\
 \sigma &= 49,05 \text{ N} / 18000 \text{ mm} \\
 &= 0,002725 \text{ N/mm} \\
 &= 2725 \text{ Pa}
 \end{aligned}$$

Hukum Hooke

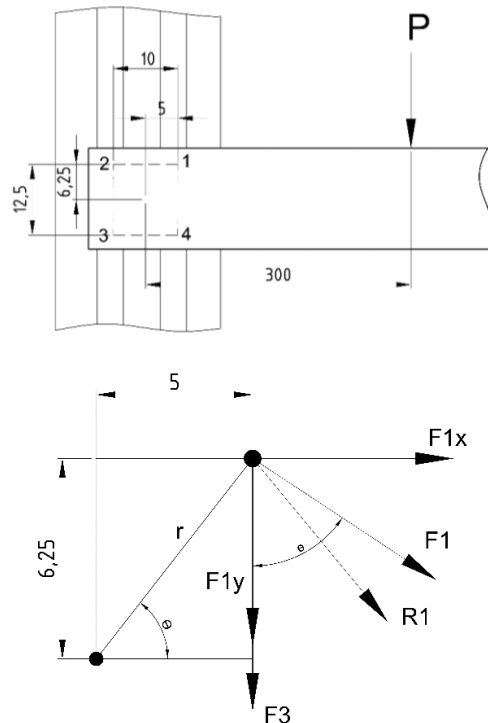
$$\begin{aligned}
 E &= \sigma / \varepsilon \\
 \varepsilon &= \sigma / E \\
 &= (2725 \text{ Pa}) / (69000 \text{ N/mm}^2) \\
 &= 0,039 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

(Rumus 7)

Perhitungan di atas menunjukkan bahwa besar mulur akibat beban yang diterima sebesar 0,039 milimeter.

Setelah menghitung besar momen dan besar mulur dari rangka, maka langkah selanjutnya adalah menghitung luas penampang minimal untuk baut. Data variable yang dibutuhkan untuk menghitung diameter baut rangka adalah:

- P = Beban yang bekerja
- Fs = Gaya yang bekerja di setiap baut
- L = Panjang
- M = Momen
- r = Jarak menuju *center*
- Ft = Gaya yang bekerja karena momen
- F1_x = Gaya sumbu X
- F1_y = Gaya sumbu Y
- τ = Tegangan baut yang diijinkan
- R1 = Resultan gaya
- A1 = Besar luas baut yang dibutuhkan
- D = Diameter minimal baut



Gambar 11. Gambar Konstruksi Baut

Diketahui :
 Jumlah baut (n) = 4
 Material baut = *Steel A325*
 $P = 3 \text{ kg}$
 $= 3 \times 9,81$
 $= 29,43 \text{ N}$
 $F_s = 29,43 / 4$
 $= 7,3575 \text{ N}$
 $L = 300 \text{ mm}$
 $\tau = 17500 \text{ Psi}$
 $= 17500 / 1422,334$
 $= 12,303 \text{ N/mm}^2$

Ditanya : Diameter minimal (D)?

Jawab :

a. Menghitung Jarak Menuju *Center* (r)

$$r = \sqrt{(a^2) + (b^2)} \quad \text{(Rumus 8)}$$

$$= \sqrt{(6,25^2) + (5^2)}$$

$$= 8,004 \text{ mm}$$

b. Menghitung Momen (M)

$$M = L \times P \quad \text{(Rumus 9)}$$

$$= 300 \times 29,43$$

$$= 8829 \text{ Nmm}$$

c. Total Jarak (r) dari 4 Baut

$$\Sigma r = n \times r^2 \quad \text{(Rumus 10)}$$

$$= 4 \times 8,004 \text{ mm}$$

$$= 256,25 \text{ mm}^2$$

d. Menghitung Beban Setiap Baut (Ft)

$$F_t = (M \times r) / (\Sigma r) \quad \text{(Rumus 11)}$$

$$= (8829 \times 8,004) / 256,25$$

$$= 275,772 \text{ N}$$

e. Menghitung Gaya F_{1x} dan F_{1y}

$$F_{1x} = F_t \times \sin\theta \quad \text{(Rumus 12)}$$

$$= 275,772 \text{ N} \times \sin(51,34019)$$

$$= 179,4512 \text{ N}$$

$$F_{1y} = F_t \times \cos\theta$$

$$= 275,772 \text{ N} \times \cos(51,34019)$$

$$= 143,561 \text{ N}$$

f. Menghitung Gaya Resultan Sumbu Y (ΣF_y)

$$\Sigma F_y = F_{1y} + F_s \quad \text{(Rumus 13)}$$

$$= 143,561 \text{ N} + 7,3575 \text{ N}$$

$$= 155,823 \text{ N}$$

g. Menghitung Resultan Gaya R

$$R = \sqrt{(F_{1x}^2) + (\Sigma F_y^2)} \quad \text{(Rumus 14)}$$

$$= \sqrt{(179,4512^2) + (155,823^2)}$$

$$= 280,427 \text{ N}$$

h. Menghitung Luas yang Dibutuhkan Baut (A)

$$\begin{aligned} A &= R / \tau \\ &= 280,427 \text{ N} / 12,304 \\ &= 22,79 \text{ mm} \end{aligned}$$

(Rumus 15)

i. Menghitung Diameter Minimal yang Baut (D)

$$\begin{aligned} D &= \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 22,792}{\pi}} \\ &= 5,38 \text{ mm} \end{aligned}$$

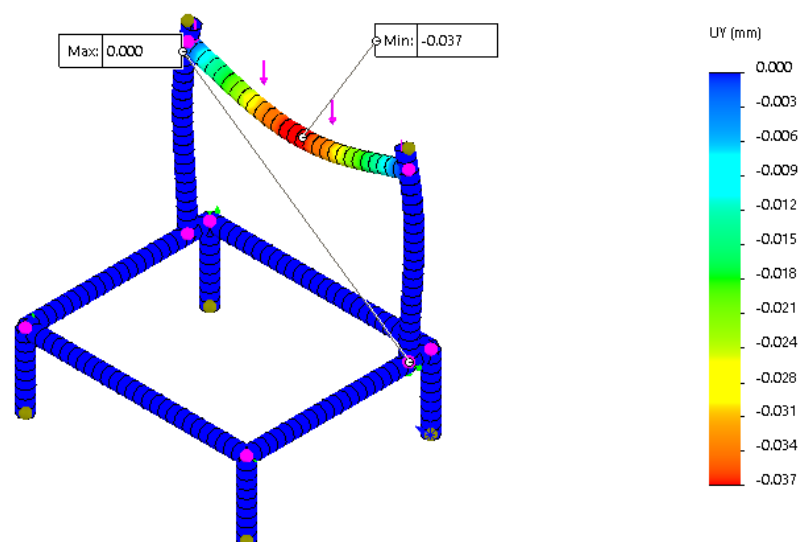
(Rumus 16)

Jadi, diameter baut minimal yang diperlukan adalah 5,388 mm. Baut yang dipilih agar dapat menahan beban yang bekerja pada rangka berukuran diameter 6 mm.

3.5 Analisis Momen Bengkok

Analisis momen bengkok dilakukan dengan menggunakan *software computer aided engineering (CAE)* pada bagian-bagian yang kritis untuk mengetahui apakah bagian tersebut dapat menahan beban kerja atau tidak. Prinsipnya sama seperti perhitungan manual. Tumpuan, beban, dan momen dipilih dan selanjutnya program akan mengkalkulasi dan menunjukkan hasil perhitungan seperti beban yang diterima dan besar penyimpangan mulur. Gambar di bawah ini menunjukkan hasil analisis penyimpangan mulur dengan program CAE.

Gambar 12 menunjukkan bahwa beban diberikan pada batang yang berada di atas. Hasilnya menunjukkan bahwa beban terbesar didapat oleh batang yang ditunjukkan dengan warna merah. Ketika sebuah batang terkena beban, maka batang tersebut akan mengalami kemuluran. Besar kemuluran dapat dipengaruhi oleh besar beban, material batang, panjang batang, dan lain sebagainya. Pada gambar di atas, besar mulur yang terjadi pada rangka batang tersebut sebesar 0,037 milimeter. Hasil perhitungan manual dengan analisis menggunakan CAE memiliki selisih 0,02 milimeter. Selisih ini dianggap cukup sama dan rangka ini dianggap kuat untuk menopang beban komponen di atasnya



Gambar 12. Analisis Axial Displacement pada Frame

4. KESIMPULAN

Perancangan sebuah produk adalah proses berkelanjutan yang dimulai dari penentuan ide hingga mendesain mesin itu sendiri. Ide-ide yang muncul ditampung, disaring, dikonsultasikan, dan kemudian untuk diambil yang paling sesuai dengan kebutuhan sehingga setelah melalui proses diskusi disepakati sebagai judul Tugas Akhir.

Proses perancangan dan realisasi *Pick and Place Training Unit* dengan Kontrol Berbasis PLC Festo ini dibuat berdasarkan kebutuhan Politeknik ATMI Surakarta dalam menambah fasilitas perkuliahan. *Training unit* ini dapat memilih jenis warna dari *body* bus sehingga mesin ini bisa mengkostumisasi produk dengan mudah. Hal ini dapat digunakan oleh peserta didik untuk mempelajari tentang teknologi industri 4.0 dimana produk dapat dikombinasikan dengan mudah tanpa mengubah konstruksi mesin. Hal lain yang dapat dipelajari melalui *training unit* ini adalah pemrograman dengan PLC dan *linear driver* sehingga menambah materi praktikum. Konsep yang digunakan pada *training unit* ini adalah proses perakitan bus mainan dengan bantuan *gripper* dan *vacuum* sebagai alat pengambilnya. *Input training unit* ini adalah *body* bus bagian depan, bagian belakang, dan juga bagian atas bus. Setelah *input* berada di dalam *storage*, maka mesin akan memulai proses perakitan setelah *chassis* sesuai dengan warna *body* yang diinginkan.

Dimensi akhir dari *training unit* ini adalah 760 x 664 x 800 milimeter. *Training unit* ini menggunakan material aluminium untuk rangka utama. Cover menggunakan material aluminium *composite* karena material ini dianggap ringan dan kuat untuk menahan beban seperti komponen aktuator dan *conveyor unit*.

Training unit ini menggunakan *conveyor* dengan penggerak motor DC. Motor DC memiliki spesifikasi 12 VDC dan memiliki putaran maksimal sebesar 110 rpm. Kontrol utama yang digunakan adalah PLC Festo dengan seri FC-440. Listrik yang diperlukan untuk PLC ini adalah 24 VDC.

Perancangan dan realisasi *training unit* ini merupakan Tugas Akhir yang berdasarkan implementasi pembelajaran baik dalam segi ilmu, pengembangan diri, dan semangat hidup di Politeknik ATMI Surakarta dalam 3 tahun ini. Proses pembelajaran yang berupa teori dan praktik sangat berguna untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Banyak pembelajaran dan nilai-nilai kebersamaan yang didapatkan mulai dari menyelaraskan visi misi antar anggota, saling memahami karakteristik antar anggota, saling menghargai perbedaan pendapat yang ada, perlu adanya komunikasi dan pengaturan waktu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Hasil perancangan dan realisasi *Pick and Place Training Unit* dengan kontrol berbasis PLC Festo ini masih memungkinkan untuk dikembangkan. Kemungkinan-kemungkinan yang mungkin bisa dikembangkan antara lain:

1. *Input* benda kerja tidak hanya satu model, tetapi dapat dimasukkan dengan model yang berbeda-beda. Kombinasi warna yang diberikan bisa lebih dari dua warna.
2. Penggunaan silinder sumbu Y yang dapat diganti dengan silinder *multiposition*.
3. PLC FC440 dapat diganti dengan jenis PLC yang memiliki *input* dan *output* yang lebih banyak.

5. DAFTAR PUSTAKA

PLC, diakses dari <http://www.insinyoer.com/prinsip-kerja-plc-programmable-logic-controller/>, 20 Juni 2019

Quality Function Deployment, diakses dari sixsigmaindonesia.com, 25 Juli 2019.

Misesha, Agustinus Jati Deka, Bernovia, dan Vincensio Leswimas Risma. **Perancangan dan Realisasi Handling System Training Unit Bagian Carrier Position Unit, Bottle Position Unit, Stamping Unit, dan Inclination Unit.** Tugas Akhir, Politeknik ATMI, Surakarta, 2017

Perhitungan Rangka, diakses dari <https://myjihadsoul.wordpress.com/2012/03/01/analisis-gaya-pada-rangka-batangtruss/>