

PERANCANGAN SISTEM *PICK AND PLACE* OTOMATIS BERBASIS *PROGRAMMABLE LOGIC CONTROL (PLC) OMRON CPlE-N20*

Sigit Widiyanto¹, Mukhlis²

¹Dosen STT Duta Bangsa ; ²Mahasiswa STT Duta Bangsa

Sekolah Tinggi Teknologi Duta Bangsa

E-mail: widiyantosigit997@gmail.com ; Mukhlis121998@gmail.com

Abstrak- Dalam menghadapi tantangan industri 4.0, otomatisasi proses menjadi permasalahan yang krusial untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas. Sistem *pick and place* otomatis dapat menjadi salah satu solusi dalam menghadapi masalah efisiensi, produktivitas dan *safety*. Sistem *pick and place* ini berfungsi untuk memindahkan objek secara akurat tanpa intervensi manusia, dan sekarang sudah semakin banyak diterapkan di lini produksi maupun *inventory*. Penelitian ini bertujuan merancang sistem tersebut dengan menggunakan *Programmable Logic Controller (PLC) OMRON CPlE-N20*. Hasil dari perancangan adalah berupa desain gambar alat *pick and place* dan program *ladder diagram* PLC OMRON. Dari hasil perhitungan, dipilih motor AC 40 watt dengan *gearbox* rasio 1:9. Putaran motor kemudian diteruskan ke drum pulley berukuran diameter 100 mm dan poros 10 mm. Perpindahan material dari conveyor 1 ke conveyor 2 menggunakan *lead screw* diameter 10 mm pitch 2 mm, dengan panjang 1000 mm yang digerakkan dengan *motor stepper Sanyo Denki Step-Syn* tipe 103-770-6.

Kata Kunci : PLC, conveyor, *pick and place*, sistem otomasi industri.

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sistem *pick and place* ini berfungsi untuk memindahkan objek secara akurat tanpa intervensi manusia, *Programmable Logic Control (PLC)* merupakan komputer digital khusus yang digunakan untuk otomatisasi dan elektromekanikal proses seperti otak dari beroperasinya mesin-mesin yang terdapat pada perusahaan perakitan, perusahaan produksi dan lain-lain. (Effendi, A. 2013). PLC sendiri merupakan sistem yang dapat memanipulasi, mengeksekusi, dan memonitor keadaan proses pada laju yang amat cepat, dengan dasar data yang bisa diprogram dalam sistem berbasis mikroprosesor integral. PLC menerima

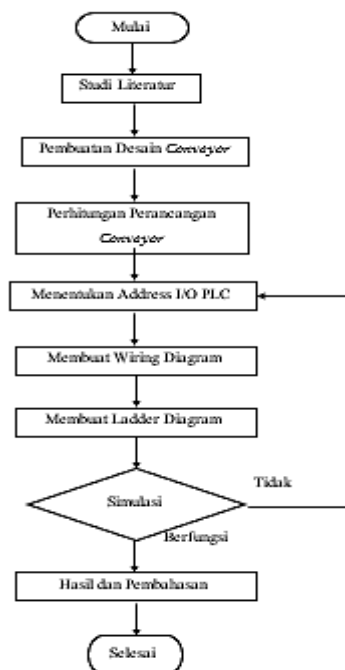
masukan dan menghasilkan keluaran sinyal-sinyal listrik untuk mengendalikan suatu sistem.

Tujuan Perancangan Alat

Untuk merancang sistem pemindah barang yang efisien dan produktif menggunakan teknologi magnet berbasis PLC.

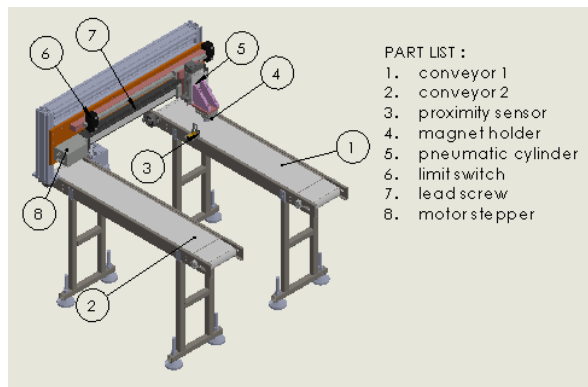
II. METODOLOGI PENELITIAN

Diagram Alir Perancangan



Gambar 2. 1 Diagram Alir Perancangan

Perancangan alat pada kasus ini meliputi rangkaian dari beberapa komponen yaitu : motor conveyor, conveyor belt, PLC (controller), pneumatic, sensor magnet, sensor proximity, lampu, push botton dan pendukung lainnya. Secara skematik rancangan tersebut akan disusun seperti pada desain yang ada dibawah ini:



Gambar2.2. Desain Alat

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan Desain

Pada perancangan conveyor ini konsep yang dipilih adalah conveyor belt yang dilandasi sebuah table atau sebuah plat baja mendatar yang diletakkan pada rangka sebagai pengganti idler. Beban maksimal yang diterima oleh belt (m) dipaparkan pada diagram benda bebas sebagai berikut.



Gambar3.1. Diagram Benda Bebas Belt Conveyor

Direncanakan tipe belt pada conveyor tersebut menggunakan *flat belt* dengan material Polyurethane disesuaikan dengan spesifikasi dan kebutuhan.

Pemilihan dan Perhitungan Gaya Pada Belt

Direncanakan belt akan menggunakan material Polyurethane dengan tipe E 3/1 U0/U2 RFF - HACCP putih FDA dengan spesifikasi

Lapisan Atas	= U2 (Polyurethane)
Tekstur	= RFF (tekstur jajar genjang)
Lapisan Penegang	= E (Poliester)
Lapisan Bawah meresap ke Penegang)	= UO (Polyurethane yang
Ketebalan	= 1,15 mm
Berat	= 1,1 kg/m ²
Gaya tarik efektif	= 3 N
Diameter drum puli minimal	= 40 mm
Suhu operasi	= -30°C ~ 100°C

$$\text{Lebar belt maksimal} = 1450 \text{ mm}$$

Menghitung dimensi belt

$$\begin{aligned} \text{Panjang keliling belt} &= 2\pi r + 2l \\ &= 2 \times 3.14 \times 0.05 \text{ m} + \\ 2 \times 1.5 \text{ m} &= 3,314 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas belt} &= 3,314 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \\ &= 0,66 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat belt } (m_B) &= 0,66 \text{ m}^2 \times 1,1 \text{ kg/m}^2 = \\ &0,73 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya tarik pada belt dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} F_U &= \mu_r \times g \left(m + \frac{m_B}{2} \right) \\ &= 0,33 \times 10 \text{ m/s}^2 \left(5 \text{ kg} + \frac{0,73 \text{ kg}}{2} \right) \\ &= 17,7 \text{ N} \end{aligned}$$

Gaya tarik belt maksimal dihitung menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} F_1 &= F_U \times C_1 \\ &= 17,7 \text{ N} \times 2,1 \\ &= 37,17 \text{ N} \end{aligned}$$

Belt dinyatakan aman dan layak digunakan apabila gaya tarik yang terjadi tidak melebihi gaya tarik maksimal yang diijinkan oleh tipe belt tersebut.

$$\frac{F_1}{b_0} \leq C_2 \text{ N/mm}$$

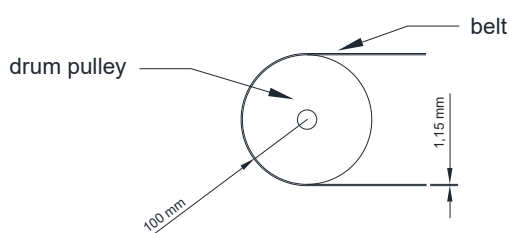
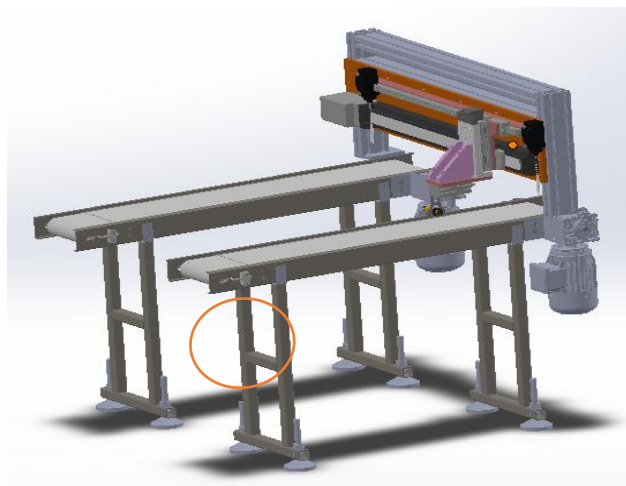
Mencari nilai dari C_2 dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} C_2 &= \varepsilon_{\max} \cdot k_1 \\ &= 1,5 \times 3 \text{ N/mm} \\ &= 4,5 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Memastikan Belt yang digunakan layak dan aman :

$$\begin{aligned} \frac{F_1}{b_0} &\leq C_2 \text{ (N/mm)} \\ \frac{37,17 \text{ N}}{200 \text{ mm}} &\leq 4,5 \text{ N/mm} \\ 0,19 \text{ N} &\leq 4,5 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Dari perhitungan maka dapat disimpulkan bahwa gaya tarik pada belt lebih kecil dibandingkan dengan gaya tarik yang diijinkan, maka dinyatakan AMAN.

Menghitung Torsi Pada Drum Pulley

Gambar 3. 2 Diagram Benda Bebas Drum Pulley

Diketahui bahwa:

Gaya Tarik *belt* maksimal $F = 37,17 \text{ N}$

Diameter Drum Pulley $d =$
 $100 \text{ mm} = 0,1 \text{ m}$

$$F = \frac{T}{\left(\frac{d}{2}\right)}$$

$$T = F \times \frac{d}{2}$$

$$= 37,17 \text{ N} \times \frac{0,1 \text{ m}}{2}$$

$$= 1,86 \text{ Nm}$$

Menghitung Daya Rencana

Diketahui bahwa :

Torsi $T = 1,86 \text{ Nm}$

Untuk menentukan daya rencana perlu menghitung kebutuhan daya terlebih dahulu dengan menggunakan rumus:

$$P = \frac{2\pi \cdot n \cdot T}{60}$$

Untuk nilai n didapat dari rumus kecepatan

$$V = n \frac{2\pi \cdot r}{60}$$

$$n = \frac{60 \text{ cm/s} \times 60}{2\pi \times 5 \text{ cm}}$$

$$n = 114,6 \text{ rpm}$$

Menghitung daya

$$P = \frac{2\pi \cdot n \cdot T}{60}$$

$$= \frac{2\pi \times 114,6 \text{ rpm} \times 1,86 \text{ Nm}}{60}$$

$$= 22,31 \text{ Nm}$$

$$= 22,31 \text{ watt}$$

Untuk menghitung daya rencana perlu dikalikan dengan factor keamanan, sehingga :

$$P_d = S_f(P)$$

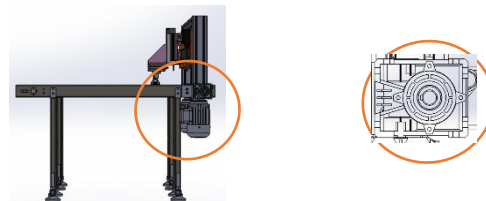
$$= 1,5 (22,31 \text{ watt})$$

$$= 34,465 \text{ watt}$$

Maka daya motor yang sesuai dengan kebutuhan adalah yang memiliki daya diatas 34,465 watt.

Pemilihan Motor

Dari perhitungan diatas maka dapat ditentukan jenis motor yang sesuai dan banyak beredar dipasaran adalah HOULE tipe 5GN50K-C12+5IK40W-C2-GN. Motor induksi yang dilengkapi gearbox dengan spesifikasi Daya (P) = 40 watt, kecepatan putaran (n) = 1300 rpm, rasio (I) = 1:9, kecepatan akhir (n) = 1300 : 9 = 166 rpm.

Menentukan Poros

Gambar 3. 32 Diagram Benda Bebas Poros

Diketahui bahwa

Standar dan macam	Lambang	Perlakuan panas	Kekuatan tarik (kg/mm ²)	Keterangan
Baja karbon konstruksi mesin (JIS G 4501)	S30C	Penormalan	48	2.1.1.1
	S35C	"	52	
	S40C	"	55	
	S45C	"	58	
	S50C	"	62	
	S55C	"	66	

Tabel jenis material

Daya $P = 34,465 \text{ watt}$

Putaran poros $n = 135,4 \text{ rpm}$

Berat pulley $W = 5 \text{ N}$

Material S45C $\tau = 58 \frac{kg}{mm^2}$

Kombinasi faktor kejut dan fatik untuk bending
 $K_m = 2$

Kombinasi faktor kejut dan fatik untuk torsi $K_t = 1,5$

Diameter drum pulley $D = 100 \text{ mm}$ maka
 $r_1 = 50 \text{ mm} = 0,05 \text{ m}$
 $r_2 = 45 \text{ mm} = 0,045 \text{ m}$

Panjang drum $L = 300 \text{ mm} = 0,3 \text{ m}$

Massa jenis besi S45C $\rho = 7850 \frac{kg}{m^3}$

Untuk menghitung berat drum pulley menggunakan rumus:

$$W = (\pi r_1^2 \times L \times \rho) - (\pi r_2^2 \times L \times \rho)$$

$$= \left(\pi \times (0,05 \text{ m})^2 \times 0,3 \text{ m} \times 7850 \frac{kg}{m^3} \right) - \left(\pi \times (0,045 \text{ m})^2 \times 0,3 \text{ m} \times 7850 \frac{kg}{m^3} \right)$$

$$= 3,51 \text{ kg}$$

Menghitung torsi yang ditransmisikan poros

$$T = \frac{P \times 60}{2\pi \cdot n}$$

$$= \frac{34,465 \text{ watt} \times 60}{2\pi \times 114,6 \text{ rpm}}$$

$$= 2,87 \text{ Nm} = 2870 \text{ Nmm}$$

Dimana

$P = \text{daya}$

$n = \text{putaran poros}$

Gaya pada Drum

$$F_u = g \left(m + \frac{m_b}{2} \right) C_1$$

$$= 10 \frac{m}{s^2} \left(3,51 \text{ kg} + 1 \text{ kg} + \frac{0,73 \text{ kg}}{2} \right) \times 2,1$$

$$= 102,375 \text{ kg} \cdot \frac{m}{s^2} = 102,4 \text{ N}$$

Dimana

m = berat drum pulley + berat 1 buah material diatasnya

m_b = berat belt

C_1 = faktor koreksi pada gesekan antar belt dengan drum pulley

Momen pada drum pulley

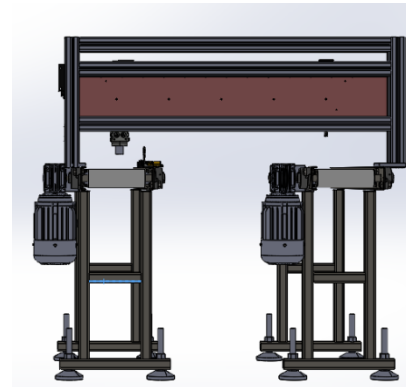
$$M = F \times \left(\frac{1}{2} L \right)$$

$$= 102,375 \times \left(\frac{1}{2} \times 300 \text{ mm} \right)$$

$$= 15.356,25 \text{ Nmm}$$

Reaksi Pada Tumpuan

Dari gaya-gaya yang diperoleh diatas dapat digambarkan ilustrasi sebagai berikut untuk mengetahui reaksi pada tumpuan C dan tumpuan D.



Gambar 3. 4 diagram benda bebas

Reaksi pada tumpuan C

$$\Sigma M_D = 0$$

$$Q \times l_1 + P \times l_3 - C \times l_2 - D \times 0 = 0$$

$$66,74 \text{ N} \times 450 \text{ mm} + 102,4 \text{ N} \times 200 \text{ mm} - C \times 400 \text{ mm} = 0$$

$$50.513 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$- 400 C = 0$$

$$= \frac{50.513 \text{ N} \cdot \text{mm}}{400 \text{ mm}}$$

$$= 126,28 \text{ N}$$

Reaksi pada tumpuan D

$$\Sigma F = 0$$

$$A + B = B + C$$

$$A + B - C = D$$

$$66,74 \text{ N} + 102,4 \text{ N} - 126,28 \text{ N} = D$$

$$R_D = 42,86 \text{ N}$$

R_c

Momen Torsi Equivalen

Dengan mengingat macam beban, sifat beban, dll., ASME menganjurkan suatu rumus untuk menghitung diameter poros secara sederhana dimana sudah dimasukkan pengaruh kelelahan karena beban berulang. Disini faktor koreksi K_t , untuk momen puntir seperti terdapat dalam persamaan (1.6) akan terpakai lagi. Faktor lenturan C_b dalam perhitungan ini tidak akan dipakai, dan sebagai gantinya dipergunakan faktor koreksi K_m , untuk momen lentur yang dihitung. Pada poros yang berputar dengan pembebanan momen lentur yang tetap, besarnya faktor K_m adalah 1,5. Untuk beban dengan tumbukan ringan K_m terletak antara 1,5 dan 2,0 dan untuk beban dengan tumbukan berat terletak antara 2 dan 3.

(Sumber Sularso hal.17)

$$\begin{aligned} T_e &= \sqrt{(K_m \times M)^2 + (K_t \times T)^2} \\ &= \sqrt{(2 \times 15356,25 \text{ Nmm})^2 + (1,5 \times 2870)^2} \\ &= 5289 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Menentukan diameter poros

$$\begin{aligned} T_e &= \frac{\pi}{16} \times \tau_B \times d^3 \\ 5289 \text{ Nmm} &= \frac{\pi}{16} \times 69,6 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \times d^3 \\ 5289 \text{ Nmm} &= 13,66 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \times d^3 \\ d^3 &= \frac{5289 \text{ Nmm}}{13,66 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}} \\ d^3 &= 388 \text{ mm} \\ d &= 7,29 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dari perhitungan dapat ditentukan diameter porosnya adalah 8 mm.

Menghitung berat poros

$$\begin{aligned} \text{Jari - jari poros} \quad r &= 4 \text{ mm} = \\ 0,004 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang poros} \quad l &= \\ 510 \text{ mm} &= 0,51 \text{ m} \end{aligned}$$

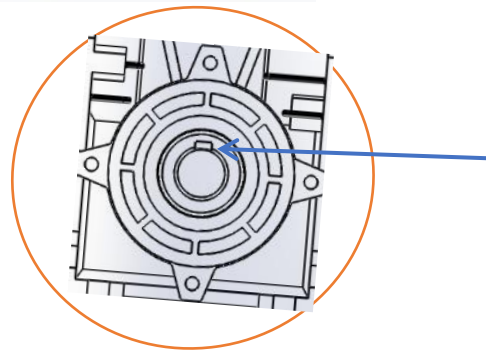
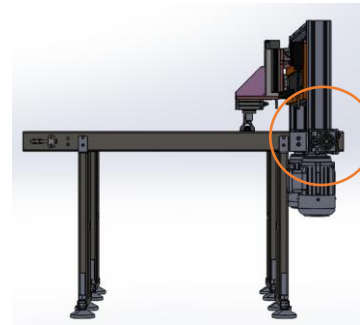
$$\text{Massa jenis bahan poros S45C} \quad \rho = 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\begin{aligned} W_{\text{poros}} &= \pi \cdot r^2 \cdot l \cdot \rho \\ &= \pi \times (0,004 \text{ m})^2 \times 0,51 \text{ m} \times 7850 \text{ kg/m}^3 \\ &= 0,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi berat satu poros dengan bahan poros S45C diameter 8 mm dan Panjang 510 mm adalah 0,2 kg.

Menentukan Pasak

Bahan poros yang digunakan adalah S45C yang memiliki spesifikasi sebagai berikut:



Gambar 3. 5 Diagram Benda Bebas Pasak

$$\begin{aligned} \sigma_B &= 58 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \\ S_{f_{k1}} &= 6 \\ S_{f_{k2}} &= 2 \end{aligned}$$

(sumber sularso)

Tegangan geser yang diijinkan pada poros dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \tau_{ka} &= \frac{\sigma_B}{S_{f_{k1}} \times S_{f_{k2}}} \\ &= \frac{58 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}}{6 \times 2} \\ &= 4,83 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \end{aligned}$$

$$\text{Faktor koreksi puntiran} \quad k_t = 1,5$$

$$\text{Factor lenturan} \quad C_b = 2$$

Momen Rencana Poros

$$\begin{aligned} T &= 9,47 \times 10^5 \left(\frac{P}{n} \right) \\ &= 9,47 \times 10^5 \left(\frac{0,034 \text{ kW}}{114,6 \text{ rpm}} \right) \\ &= 284,1 \text{ kg} \cdot \text{mm} \end{aligned}$$

Gaya Tangensial

$$F = \frac{T}{\left(\frac{d_s}{2}\right)} = \frac{2841 \text{ kg.mm}}{\left(\frac{8 \text{ mm}}{2}\right)} = 71 \text{ kg}$$

Pada perancangan ini pasak yang digunakan dengan spesifikasi sebagai berikut:

Penampang pasak = $2 \times 2 \text{ mm}$

Kedalaman alur pasak pada poros $t_1 = 1,2 \text{ mm}$

Kedalaman alur pasak pada pulley $t_2 = 1 \text{ mm}$

Bahan pasak S45C $\sigma_T = 58 \text{ kg/mm}^2$

$$Sf_1 = 6$$

$$Sf_2 = 2$$

$$Sf_1 \times Sf_2 = 6 \times 2 = 12$$

(sumber sularso)

Tegangan geser yang diijinkan pada pasak

$$\tau_{ka} = \frac{\sigma_T}{Sf_1 \times Sf_2} = \frac{58 \text{ kg/mm}^2}{12} = 4,83 \text{ kg/mm}^2$$

Tekanan permukaan yang diijinkan $p_a = 8 \text{ kg/mm}^2$

Panjang pasak dari tegangan geser yang diijinkan

$$t_k = \frac{F}{b \times l} \leq 4,83 \text{ kg/mm}^2$$

$$= \frac{71 \text{ kg.mm}}{2 \text{ mm} \times l} \leq 4,83 \text{ kg/mm}^2$$

$$l \geq 7,3 \text{ mm}$$

Panjang pasak dari tekanan permukaan yang diijinkan

$$p = \frac{F}{l_2 \times t_2} \leq 8 \text{ kg/mm}^2$$

$$= \frac{71 \text{ kg.mm}}{l_2 \times 1 \text{ mm}} = 8 \text{ kg/mm}^2$$

$$l_2 = 8,9 \text{ mm}$$

Dari perhitungan maka dapat diambil nilai terbesar dari $l_2 = 8,9 \text{ mm}$.

Panjang pasak $l_k =$
6 mm (sesuai tabel)

$$\frac{b}{d_s} = \frac{2 \text{ mm}}{8 \text{ mm}} = 0,25 \quad (\text{lebih kecil dari } 0,35 = \text{AMAN})$$

$$\frac{l_k}{d_s} = \frac{6 \text{ mm}}{8 \text{ mm}} = 0,75 \quad (\text{lebih kecil dari } 1,5 = \text{AMAN})$$

Ukuran pasak 2 x 2 (standar)

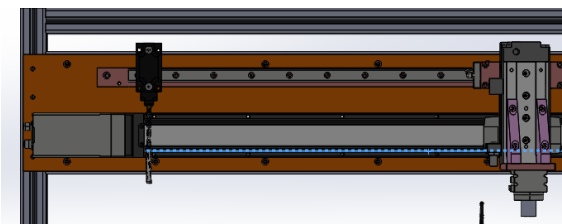
Panjang pasak yang aktif = 14 mm

Bahan yang digunakan = S45C

Perancangan Lead Screw

Pada perancangan ini, pemindahan barang dari conveyor satu ke conveyor dua menggunakan penggerak *linear motion* tipe *lead screw*. Untuk merancang *lead screw* sesuai dengan desain yang kita buat membutuhkan parameter tertentu. Parameter pada screw dapat dihitung menggunakan beberapa persamaan yang berkaitan dengan torsi, tegangan geser, tegangan aksial dan beban kritis. Untuk menggunakan persamaan tersebut, beberapa parameter inisial harus diketahui terlebih dahulu berdasarkan spesifikasi dari lead screw yang kita gunakan, seperti pada table berikut

Komponen	Parameter	Spesifikasi
Lead Screw	Tipe screw	Single thread, ACME
	Pitch screw (mm)	2
	Diameter luar Screw [d] (mm)	8
	Diameter dalam screw [dr] (mm)	6
	Diameter kontak screw [dm] (mm)	7
	Lead [l] (mm)	8
	Panjang screw [L] (mm)	1000
	Sudut lead [α] (°)	15



Gambar 3. 6 Lead Screw

Menghitung beban yang di transmisikan

Beban yang ditransmisikan pada lead screw merupakan gabungan dari beberapa komponen antara lain housing nut, linear actuator dan magnet. Dari semua komponen tersebut diasumsikan memiliki berat 2,5 kg, maka beban yang diterima lead screw (F) dapat dihitung dengan persamaan

$$\begin{aligned}
 F &= m \cdot g \\
 &= 2,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \\
 &= 25 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Menghitung Torsi

Pada lead screw terdapat dua torsi yang harus dihitung, yaitu torsi radial (T_R) dan torsi linier (T_L). Untuk menghitung kedua torsi tersebut dapat menggunakan persamaan sebagai berikut

$$T_R = \frac{F d_m}{2} \left(\frac{f \pi \cdot d_m + l \cdot \cos(\alpha)}{\pi \cdot d_m \cos(\alpha) - f \cdot l} \right)$$

$$T_L = \frac{F d_m}{2} \left(\frac{f \pi \cdot d_m - l \cdot \cos(\alpha)}{\pi \cdot d_m \cos(\alpha) + f \cdot l} \right)$$

Dimana :

T_R = Torsi radial (N.m)

T_L = Torsi linear (N.m)

F = beban yang diterima lead screw

f = koefisien gesek screw steel dengan mur kuningan ketika bekerja (0,15)

Asumsi -asumsi :

- Ketika mulai, koefisien gesek diasumsikan memiliki nilai 1/3 lebih besar dari ketika bekerja sehingga nilainya = 0,20
- Untuk kasus ulir ACME, nilai $\cos(\alpha)$ mendekati 1, sehingga dapat diabaikan

Berdasarkan asumsi – asumsi tersebut maka persamaan dapat disederhanakan menjadi seperti persamaan berikut

$$\begin{aligned}
 T_R &= \frac{F \cdot d_m}{2} \left(\frac{f \pi d_m + l}{\pi d_m - f l} \right) \\
 &= \frac{25 \text{ N} \times 7 \text{ mm}}{2} \left(\frac{0,20 \times \pi \times 7 \text{ mm} + 8}{\pi \times 7 - (0,20 \times 8)} \right) \\
 &= 53,2 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 &= 5,32 \text{ N} \cdot \text{cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_L &= \frac{F d_m}{2} \left(\frac{f \pi \cdot d_m - l}{\pi \cdot d_m + f \cdot l} \right) \\
 &= \frac{25 \text{ N} \times 7 \text{ mm}}{2} \left(\frac{0,20 \times \pi \times 7 \text{ mm} - 8}{\pi \times 7 + (0,20 \times 8)} \right) \\
 &= 13,3 \text{ N} \cdot \text{mm} \\
 &= 1,33 \text{ N} \cdot \text{cm}
 \end{aligned}$$

Menentukan Motor Stepper

Setelah mengetahui torsi yang dibutuhkan maka dapat ditentukan motor yang sesuai. Pada perancangan ini motor stepper yang dipakai adalah motor stepper

Sanyo Denki Step-Syn tipe 103-770-6 dengan spesifikasi sebagai berikut :

MODEL	103 - 770 - 6 (103 - 770 - 61)
BASIC STEP ANGLE	1.8° ± 0.09°
BIPOLAR PARALLEL CURRENT (Amp)	1.41 ^(*)
UNIPOLAR CURRENT (Amp)	1.0
RESISTANCE (Ohm)	5.1
INDUCTANCE (mH)	9.0
BIPOLAR HOLDING TORQUE (Ncm)	62
UNIPOLAR HOLDING TORQUE (Ncm)	49
ROTOR INERTIA (Kgm ² x 10 ⁻⁷)	105
THEORETICAL ACCELERATION (rad x sec. ⁻²)	59000
BACK E.M.F. (V/Krpm)	37
MASS (Kg)	0.54
LEADS CODE	1

Codes between brackets refer to double shaft model.

Menghitung tegangan geser nominal screw (τ) dengan persamaan

$$\begin{aligned}
 \tau &= \frac{16T}{\pi(d_r)^3} \\
 &= \frac{16 \times 25,93 \text{ N} \cdot \text{mm}}{\pi \times (6 \text{ mm})^3} = 0,61 \text{ N} \cdot \text{mm}
 \end{aligned}$$

Menghitung tegangan aksial

Tegangan aksial akibat pembebanan (σ) dapat dihitung dengan persamaan

$$\begin{aligned}
 \sigma &= - \frac{4\pi F}{\pi(d_r)^2} \\
 &= - \frac{4 \times \pi \times 25 \text{ N}}{\pi (6 \text{ mm})^2} \\
 &= -2,78 \text{ N} \cdot \text{mm}^2
 \end{aligned}$$

Menghitung beban kritis lead screw didapat dengan menggunakan J.B. Johnson buckling formula, sebagai berikut

$$\frac{W_{cr}}{A} = S_y - \left(\frac{S_y L}{2\pi k} \right)^2 \times \left(\frac{1}{CE} \right)$$

Dimana

W_{cr} = beban kritis (N)

$$A = \text{luas penampang (mm}^2\text{)} = \frac{\pi(d)^2}{4} = 50,24 \text{ mm}^2$$

S_y = Yield Strength (N/mm²) = 206,8 MPa

L = Panjang screw (mm)

k = radius girasi $\frac{d}{4} = 2 \text{ mm}$

$C = \text{end - condition constant} = 4$;
diasumsikan ujung – ujungnya adalah fixed – fixed

$E = \text{Modulus Elastisitas} = 190000 \text{ MPa}$

$$\frac{W_{cr}}{A} = (206,8 \text{ MPa}) - \left(\frac{206,8 \text{ MPa} \times 1000 \text{ mm}}{2 \pi (2)} \right)^2 \times \frac{1}{4 \times 190000 \text{ MPa}}$$

$$\frac{W_{cr}}{A} = 1427 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

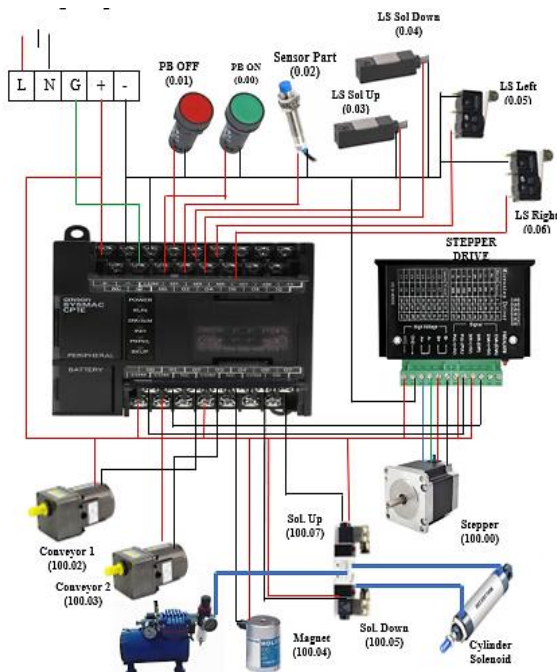
$$W_{cr} = 1427 \frac{N}{\text{mm}^2} \times 50,24 \text{ mm}^2$$

$$W_{cr} = 71692 \text{ N}$$

Perancangan Program PLC

Perancangan Wiring Diagram

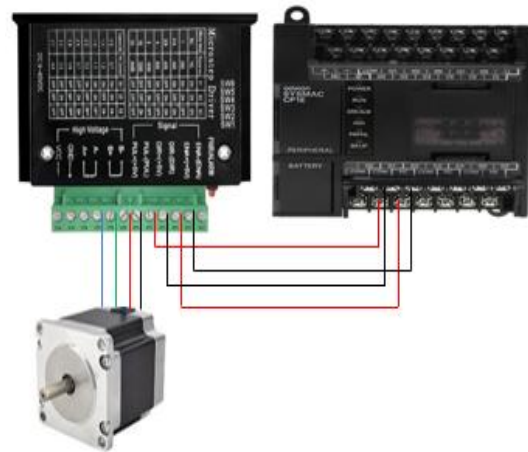
Setelah perancangan conveyor selesai, maka dilanjutkan perancangan wiring diagram guna untuk mempermudah perancangan program PLC pada aplikasi CX-programmer. Berikut wiring diagram dari mesin Pick and Place benda logam dengan magnet berbasis PLC OMRON CP1E N20.



Gambar 3. 7 Wiring Diagram

Perancangan Pulse Direction Lead Screw

Dalam perancangan ini, pemindahan part dari conveyor 1 ke conveyor 2 menggunakan lead screw. Maka dari itu untuk menjaga putaran poros mesin dari motor stepper harus dirancang sesuai dengan kebutuhan antara kecepatan putaran mesin dan waktu yang dibutuhkan. Dengan program PLC dapat setting dengan PLS2 pada cx-programmer. Perancangannya adalah sebagai berikut.



Gambar 3. 8 Wiring Motor Driver dan Stepper ke PLC

Data spesifikasi ball screw

1. *Ball Screw Pitch* $P = 2 \text{ mm}$ (referensi dari tabel spesifikasi ballscrew Hiwin)
2. *Ball Screw Diameter* $D = 8 \text{ mm}$ (referensi dari tabel spesifikasi ballscrew Hiwin)
3. *Ball Screw Mass* $m_B = 0,15 \text{ Kg}$ (referensi dari tabel spesifikasi ballscrew Hiwin)
4. *Ball Screw Friction Coefficient* $\mu = 0.1$
5. *no decelerator*, $G = 1, \eta = 1$

Perhitungan pulse

$$R = \frac{P \times G}{A_p \times S} = \frac{2 \times 1}{0,01 \times 1} = 200 \text{ pulse/rotasi}$$

Perhitungan kecepatan

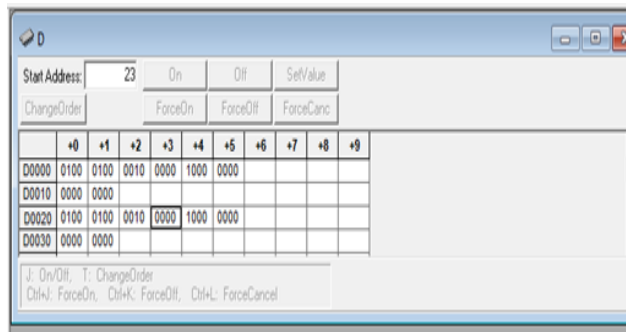
$$v = \frac{L}{t} = \frac{800 \text{ mm}}{20 \text{ s}} = 40 \text{ m/s}$$

Perhitungan putaran mesin

$$n = \frac{60 \times V}{P \times G} = \frac{60 \times 40}{10 \times 1} = 120 \text{ rpm}$$

Perhitungan frekuensi

$$f = \frac{R}{t} = \frac{1000}{20} 10 \text{ Hz}$$



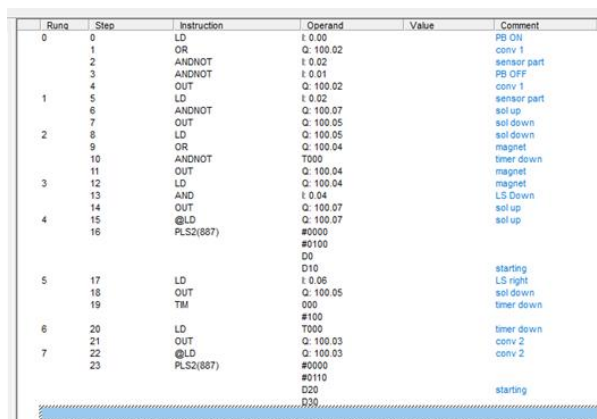
Start Address	On	Off	Set/Value
ChangeOrder	ForceOn	ForceOff	ForceCancel
	+0	+1	+2
D0000	0100	0100	0000
D0010	0000	0000	0000
D0020	0100	0100	0000
D0030	0000	0000	0000

J: On/Off, T: ChangeOrder
CtrlA: ForceOn, CtrlK: ForceOff, CtrlL: ForceCancel

Gambar 3. 9 Data Memory Pulse dan Frekuensi

Tabel Mneumanic

Tabel ini berisi alamat Input dan Output PLC untuk memudahkan dalam membuat program PLC. Berikut alamat I/O Channel PLC.

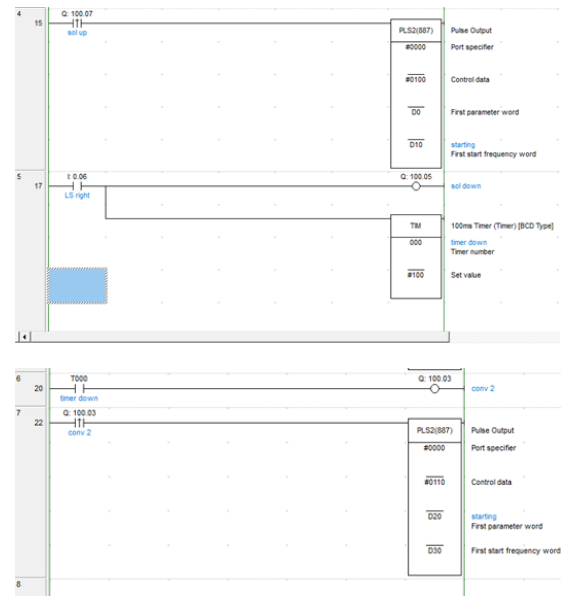
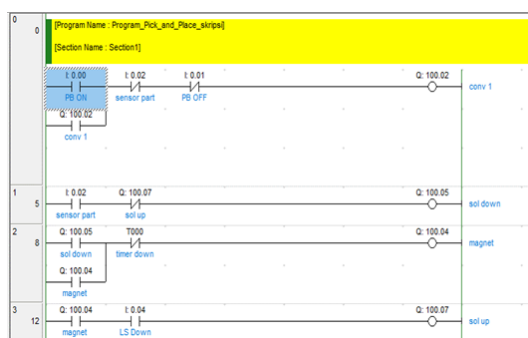


Run	Step	Instruction	Operand	Value	Comment
0	0	LD	I: 0.00		PB ON
	1	OR	Q: 100.02		conv 1
	2	ANDNOT	I: 0.02		sensor part
	3	ANDNOT	I: 0.01		PB OFF
	4	OUT	Q: 100.02		conv 1
1	5	LD	I: 0.02		sensor part
	6	ANDNOT	Q: 100.07		sol up
	7	OUT	Q: 100.05		sol down
2	8	LD	Q: 100.05		sol down
	9	OR	Q: 100.04		magnet
	10	ANDNOT	T000		timer down
	11	OUT	Q: 100.04		magnet
3	12	LD	Q: 100.04		magnet
	13	AND	I: 0.04		LS Down
	14	OUT	Q: 100.07		sol up
4	15	@LD	Q: 100.07		sol up
	16	PLS2(887)	#0000		
			#0100		
			D10		starting
5	17	LD	I: 0.06		LS right
	18	OUT	Q: 100.05		sol down
	19	TM	#100		timer down
6	20	LD	T000		timer down
	21	OUT	Q: 100.03		conv 2
7	22	@LD	Q: 100.03		conv 2
	23	PLS2(887)	#0000		
			#0110		starting
			D20		

Gambar 3. 10 tabel mneumanic PLC

Ladder Diagram PLC

Setelah wiring diagram dan menentukan tabel mneumanic maka selanjutnya membuat program PLC dengan menggunakan aplikasi Cx – Programmer. Berikut Ladder diagram program PLC sistem *pick and place* dengan PLC OMRON CP1E N-20.



Gambar 3. 11 Program Ladder Diagram

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari perancangan Perancangan Sistem *Pick And Place* Berbasis *Programmable Logic Control* (PLC) OMRON CP1E-N20 dapat dirancang dan disimulasikan dan akan digunakan untuk menghadirkan solusi inovatif dalam pembelajaran dunia industri otomatisasi dengan memanfaatkan teknologi PLC.

V. DAFTAR PUSTAKA

- Effendi. (2013). Perancangan Pengontrolan Pemanas Air Menggunakan PLC Siemens S-7 1200 dan Sensor Arus ACS712. Jurnal Teknik Elektro-ITP.
- Jack, H. (2008). Automating Manufacturing System With PLC.
- Pangaribowo. (2015). Perancangan Simulasi Kendali Valve Dengan Algoritma Logika Fuzzy Menggunakan Bahasa Visual Basic. Jurnal Teknologi Elektro.
- Sularso dan Kiyokatsu Suga. 2008. *Dasar Perencanaan dan Pemeliharaan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradya Paramita.
- Vernando, P. M. I. 2018. Rancang Bangun Pemilahan Barang Logam Dan Non Logam Menggunakan Pneumatik Dan Motor Servo Sebagai Lengan Pemindah Barang Berbasis PLC Schneider Modicon Tm221ce16r. Tugas Akhir. Semarang: Universitas Diponegoro

- Bambang Sudarsono 2022. *Dasar – Dasar Pneumatik & Hidrolik*. Jawa Tengah: Penerbit CV. Pena Persada
- Suhana, A. K. (2022). Simulasi Perancangan Miniplant Penyortir Logam Dan Non Logam Dengan Sistem Penggerak Pneumatik Handling And Arm Menggunakan Autodesk. “*Jurnal Fisika Otomatis*, 1(1), 37-44.
- Imaddudin, Muhammad. 2016. Rancang Bangun Trainer Alat Penyortir Barang Logam Dan Non Logam Sebagai Media Pembelajaran Pada Mata Kuliah Dasar Sistem Kontrol. *Skripsi*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- R. C. Juvinall and K. M. Marshek, *Fundamental Of Machine Component design*, 7th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2020.
- J. E. Shigley, R. G. Budynas, and J. K. Nisbett, *Shigley ’ s Mechanical Engineering Design*, 11th ed. New York: Mc Graw-Hill, 2020.
- Widiyanto Sigit, Saputra Alfyan Ady, Zuhri Faiq (2023). Perancangan Flat Belt Conveyor Untuk Mentransfer Komponen Konektor Fiber Optic Dari Assembly Line Ke Clean Room. *Jurnal Teknik Mesin Cakram*.