

Perancangan Sistem Kontrol Sinkronisasi *Speed Conveyor Feeding* dengan *Calender* dan *Autoadjust Feedstrip* Berbasis PLC dan HMI di Mesin *Steel Calender*

Angga Olvianda¹⁾

Teknik Elektronika, Politeknik Gajah Tunggal
olvianda5@gmail.com

Muhamad Sodik Muttaqin²⁾

Teknik Elektronika, Politeknik Gajah Tunggal
muhamadsodikmuttaqin@gmail.com

Surya Wirawan³⁾

Teknik Elektronika, Politeknik Gajah Tunggal
surya@poltek-gt.ac.id

ABSTRAK

Calendering adalah proses pelapisan kawat baja (*steel cord*) dengan karet (*compound*) menjadi *steel treatment*. Proses pembuatan *steel treatment* ini memiliki beberapa cacat produk seperti *supply compound* kurang dan *compound steel treatment* lebih. Periode Desember 2020 hingga Februari 2021, jika diakumulasi frekuensi *scrap supply compound* kurang sebanyak 254 kasus dan *scrap compound steel treatment* lebih sebanyak 147 kasus. Perancangan Sistem Kontrol Sinkronisasi *Speed Conveyor Feeding* Dengan *Speed Calender* dan *Autoadjust Feed strip* Berbasis PLC dan HMI di Mesin *Steel Calender* dibuat untuk mengatasi permasalahan yang terjadi pada mesin *steel calender*. Perancangan ini dibuat agar dapat mengatur kecepatan *speed conveyor feeding* dengan kecepatan *steel calender* agar sinkron sehingga tidak terjadi penumpukan atau kekurangan *compound* ketika proses pelapisan *steel cord* dengan *compound*. Selain itu, pisau pemotong lebar *feed strip* pada mesin *open mill* juga akan dibuat otomatis sesuai dengan *size* dan kecepatan yang dipilih. Sistem kontrol dibuat menggunakan PLC yang akan ditampilkan menggunakan layar HMI untuk memudahkan dalam pengoperasiannya. Perancangan ini telah berhasil bekerja sesuai dengan standar yang diberikan oleh departemen *technical*. Perancangan ini dapat mensinkronkan *speed conveyor feeding* dengan *speed calender* dan dapat mengatur lebar *feedstrip* secara otomatis yang dapat dikontrol melalui PLC serta ditampilkan pada layar HMI.

Kata Kunci : *Compound, Ban, Calender, Sinkronisasi, Conveyor*

I. PENDAHULUAN

Ban merupakan salah satu bagian terpenting untuk sebuah kendaraan darat. Ban berfungsi untuk menyangga beban dari muatan serta sebagai peredam getaran yang dihasilkan dari dampak (*impact*) jalanan. Selain itu ban memberikan daya dorong serta pengereman pada kendaraan dan juga mengontrol arah kendaraan [1].

Memproduksi ban perlu melalui proses produksi yang cukup panjang, mulai dari proses *mixing*, *material process*, *building*, *curing tire* dan *final inspection*. Ban memiliki konstruksi atau material penyusun yang membuat ban tersebut menjadi kuat dan kokoh, material-material tersebut diproduksi pada bagian *material process*, dimana *material process* bertugas untuk mengolah karet (*compound*) menjadi material-material penyusun atau konstruksi ban. Salah satu material penyusun ban yang dihasilkan pada *material process* adalah *steel treatment* di produksi pada area *steel calender*. *Steel treatment* terbuat dari kumpulan kawat baja (*steel cord*) yang dilapisi oleh karet (*compound*) [1]. *Steel treatment* digunakan untuk membentuk material penyusun ban yaitu *belt* dan *body ply/carcass*.

Area *steel calender* terdapat beberapa bagian untuk menghasilkan *steel treatment*, seperti *steel cord*, *extruding*, *open mill*, dan *calender* itu sendiri. Sebelum *compound* memasuki proses *calendering*, *compound* terlebih dahulu digiling di mesin *open mill* untuk menghomogenkan *compound* agar panasnya menjadi menjadi 80°C. Pada mesin *open mill* terdapat pisau pemotong (*blade cutter*) yang terletak dibawah silinder *open mill* yang berfungsi untuk memotong *compound* yang akan di *supply* ke mesin *calender*, *compound* yang akan di *supply* disebut *feed strip*. Kemudian *feed strip* di *supply* menggunakan *conveyor supply* dan *conveyor feeding* yang menghubungkan *open mill* dengan *calender*. Setelah itu *compound* akan bertemu dengan *steel cord* pada roll mesin *calender* untuk di press bersamaan, sehingga *steel cord* akan terlapisi oleh *compound* dengan ketebalan yang sama antara *rubber top* dan *rubber bottom* sesuai dengan spesifikasi *size treatment*.

Banyak parameter yang harus diperhatikan untuk menghasilkan *steel treatment* yang sesuai dengan standar. Diantaranya adalah kuantitas *compound* yang digunakan, tingkat homogenisasi *compound* yang sesuai, kecepatan, ketegangan (*tension*) *steel cord*, kelembaban, serta kestabilan *supply compound*. Hal lainnya yang perlu diperhatikan adalah kesesuaian kecepatan *speed conveyor feeding* dengan *speed calender* serta

kuantitas *supply compound feed strip* yang digunakan harus sesuai dengan *Standar Setting Speed Calender Steel Treatment*.



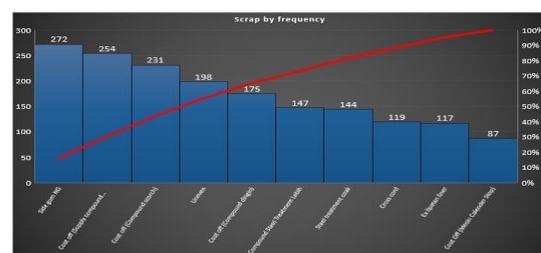
Gambar 1 *Exposed Cord*

Penelitian ini akan mengangkat dua jenis *scrap* yaitu *supply compound* kurang dan *compound steel treatment* lebih. *Supply compound* kurang yaitu kondisi dimana *steel cord* tidak terlapisi oleh *compound* (*exposed cord*). Sedangkan *compound steel treatment* lebih yaitu kondisi dimana *compound* menempel pada *treatment*.

Tabel 1 Data Scrap Berdasarkan Kuantitas (Kg)

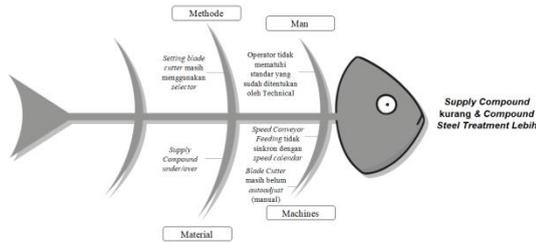
Defect	Dec	Jan	Feb	Total
Uneven	663	506	539	1708
Coat off (Supply compound kurang)	890	326	296	1512
Coat off (Compound scorch)	43	224	1028	1295
Ex lipatan liner	482	447	195	1124
Coat Off (Mesin Calender Stop)	268	271	241	780
Side gum NG	143	240	288	671
Compound Steel Treatment Lebih	274	238	141	653
Coat off (Compound dingin)	93	294	265	652
Steel treatment cook	217	200	210	627
Cross cord	210	109	155	474

Dilihat dari tabel 1 selama periode Desember 2020 sampai Februari 2021 jika diakumulasi kuantitas *scrap supply compound* kurang terjadi sebanyak 1512 Kg, dan kuantitas *scrap compound steel treatment* lebih terjadi sebanyak 653 Kg. Jika dijumlahkan antara keduanya, maka menghasilkan nilai *scrap* sebanyak 2165 kg selama 3 bulan.



Gambar 2 *Scrap By Frequency* di Mesin Calender

Dilihat dari gambar 2 diatas, data selama 3 bulan terakhir (Desember 2020-Februari 2021) diakumulasi terdapat frekuensi *scrap* berbeda yang terjadi pada proses produksi *treatment*. Periode waktu sejak Desember 2020 hingga Februari 2021 frekuensi terjadinya *supply compound* kurang sebanyak 254 kasus dan *compound steel treatment* lebih sebanyak 147 kasus.

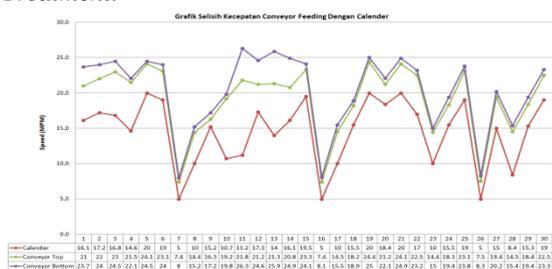


Gambar 3 Fish Bone

Gambar 3 di atas menunjukkan beberapa faktor yang menyebabkan *supply compound* kurang dan *compound steel treatment* lebih. Faktor mesin disebabkan oleh *speed conveyor feeding* tidak sinkron dengan *speed calender* dan *blade cutter* belum *autoadjust*. Hal ini menyebabkan *supply compound* terputus jika *speed calender* lebih cepat dari *speed conveyor feeding* dan mengakibatkan *compound* kurang (*under*). Sebaliknya jika *speed calender* lebih rendah dari *speed conveyor feeding* menyebabkan *compound* menempel pada *treatment* dikarenakan *compound* lebih (*over*).

Faktor metode disebabkan oleh *setting blade cutter* lebar *feed strip* yang masih konvensional menggunakan *selector* sehingga berpotensi tidak sesuai lebar *feed strip* dengan standar berdasarkan *speed conveyor* yang sedang dijalankan. Karena semakin cepat *speed calender* membutuhkan *supply compound* yang semakin banyak dan sebaliknya jika *speed calender* lambat maka *supply compound* semakin sedikit.

Faktor *man* (manusia) disebabkan oleh operator tidak mematuhi standar yang sudah ditetapkan oleh *technical*. Hal ini tertuju pada proses pengaturan lebar *feedstrip* yang lebarnya tidak disesuaikan dengan *Standar Setting Speed Calender Steel Treatment*.

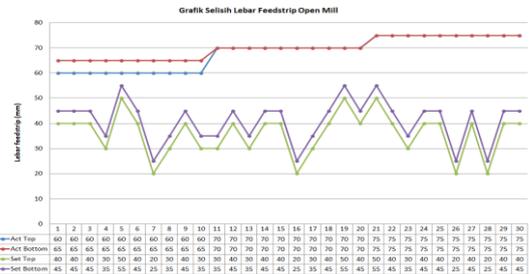


Gambar 4 Grafik Selisih Kecepatan Conveyor Feeding Dengan Calender

Berdasarkan gambar 4 diatas, setelah dilakukan pengambilan data sebanyak 30 kali menunjukkan selisih kecepatan antara *conveyor feeding* dengan *calender*. Hal ini membuktikan bahwa tidak sinkronnya *conveyor feeding* dengan *calender* dimana *conveyor feeding* lebih cepat dari *calender*.

Berdasarkan gambar 5, setelah dilakukan pengambilan data sebanyak 30 kali menunjukkan selisih antara lebar *settingan feed strip* dengan aktual

feed strip. Dimana lebar aktual *feedstrip* lebih lebar dibandingkan dengan *settingan feed strip* berdasarkan *speed calender*, dan lebar *feed strip* selalu tetap walaupun kecepatan *calender* berubah-ubah. Hal ini membuktikan bahwa lebar *feed strip* belum *autoadjust* dengan *speed calender*.



Gambar 5 Grafik Selisih Lebar Feed strip Open mill

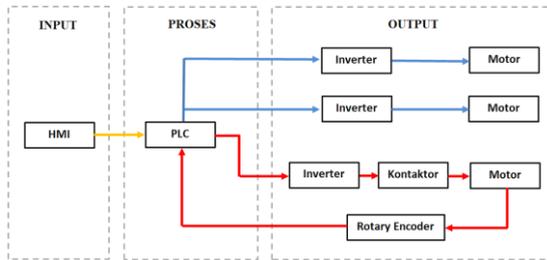
Adapun tujuan dari penelitian ini adalah Membuat rancangan sistem kontrol sinkronisasi *speed conveyor feeding* dengan *speed calender*. Dan *autoadjust blade cutter* untuk lebar *feed strip* pada mesin *open mill* yang dapat dikontrol melalui *Human Machine Interface* (HMI) untuk menginput *recipe* lebar *feed strip* dengan *speed calender*.

Penelitian ini menggunakan PLC Mitsubishi Q Series dimana PLC merupakan peralatan berisi sistem kontrol yang berbasis *microprocessor* yang mempunyai jenis serta level yang kompleksitas. PLC digunakan sebagai pengganti relay pada suatu sistem kontrol [2]. Sistem kontrol PLC ini didukung oleh *High speed counter* modul yang dapat membaca perubahan *input* digital dalam penambahan dan pengurangan frekuensi tinggi [3]. Modul *high speed counter* terhubung dengan *rotary encoder*, yaitu perangkat elektromekanik yang menghasilkan keluaran digital sebagai akibat dari pergeseran sudut atau linier dan dapat memonitor gerakan dan posisi. *Encoder* biasa digunakan sebagai sensor optik untuk menghasilkan serial pulsa yang dapat diartikan menjadi gerakan, posisi, dan arah. [4]

Output dari PLC ini akan mengontrol sebuah inverter yang digunakan untuk mengatur kecepatan putaran motor induksi AC dengan nilai tegangan dan frekuensi yang dapat diatur [5]. Motor induksi merupakan salah satu aktuator yang berfungsi mengubah energi listrik menjadi energi gerak [6]. Semua sistem akan dikontrol melalui sebuah HMI yang merupakan perangkat lunak antar muka atau *Graphical User Interface* (GUI) berbasis komputer yang menjadi penghubung antara *operator* dengan mesin. HMI dapat digunakan sebagai sistem pengendali dan visualisasi status komputer yang bersifat *real time* [7]. Karena HMI menjadi pusat interaksi antara *operator* dan mesin dalam dunia industri otomatisasi, tampilan HMI yang baik akan membuat interaksi tersebut menjadi menarik dan mudah dipahami [8].

I. METODE PENELITIAN

Perancangan sistem kontrol berguna mempermudah dalam menentukan komponen yang digunakan serta pengkabelan untuk merangkai sistem kontrol yang dibuat. Berikut perancangan sistem kontrol yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 6 Perancangan Sistem Kontrol

Tabel 2 Kecepatan Aktual *Speed Conveyor Feeding* Dengan *Calender* Dan Lebar *Feed strip*

No	Size Treatment	Speed (MPM)			Lebar feedstrip (mm)	
		Calender	Conveyor		Top	Bottom
			Top	Bottom		
1	RY850	16,1	21,0	23,7	60	65
2		17,2	22,0	24,0		
3		16,8	23,0	24,5		
4		14,6	21,5	22,1		
5		20,0	24,1	24,5		
6		19,0	23,1	24,0		
7		5,0	7,4	8,0		
8		10,0	14,4	15,2		
9		15,2	16,3	17,2		
10		10,7	19,2	19,8		
11	RY140	11,2	21,8	26,3	70	70
12		17,3	21,2	24,6		
13		14,0	21,3	25,9		
14		16,1	20,8	24,9		
15		19,5	23,3	24,1		
16		5,0	7,4	8,1		
17		10,0	14,5	15,5		
18		15,5	18,2	18,9		
19		20,0	24,4	25,0		
20		18,4	21,2	22,1		

Sistem kontrol ini merupakan sistem kontrol *close loop* atau *loop* tertutup, dimana sistem ini bekerja secara berulang – ulang dengan pengontrolan kerja sistem dilakukan oleh PLC. PLC menjadi kontroler pada sistem ini dengan komponen *input* dan *output*. Komponen *input* hanya sebuah HMI yang digunakan sebagai pengganti *push button* fisik sehingga semua kontrol yang terhubung ke PLC dapat dikendalikan melalui layar HMI. Kemudian pada komponen *output* berupa *inverter* yang memproses frekuensi untuk mengatur kecepatan

putaran motor induksi. Serta terdapat *feedback* berupa sensor *rotary encoder* yang memberikan pembacaan hasil perputaran motor yang akan diolah kembali oleh PLC.

Pengambilan data diambil dari proses *steel calender*, pengumpulan data diambil berdasarkan keadaan yang ada di area *calendering* dan *open mill* di mesin RSC-SC1 Plant R PT ACR. Dilihat dari tabel 2 setelah dilakukan pengecekan secara aktual *speed conveyor feeding* memiliki selisih dengan *speed calender*. Dan lebar *feed strip* tidak mengalami perubahan lebar seiring dengan berubahnya *speed calender*. Hal ini disebabkan karena tidak adanya sistem yang dapat mensinkronkan kecepatan *coveyor* dengan *calender* serta belum adanya sistem kontrol yang dapat menyesuaikan lebar *feed strip* berdasarkan *speed calender*. Berikut alat yang digunakan pada penelitian ini seperti pada Tabel 3.

Tabel 3 Daftar Alat

No	Alat	Jenis
1	PLC	Mitsubishi Q Series Q02H
2	Inverter	Siemens Micromaster 440 220-240VAC 50Hz
3	Motor Induksi	Motor Induksi 3 Fasa
4	Sensor	Rotary Encoder ENC-1-2-N-24
5	HMI	HMI GOT 1000 Model GT11 24V
6	Software PLC	MELSOFT GX-Work 2
7	Software HMI	GT Designer 3

Dalam penelitian ini menggunakan beberapa persamaan untuk menunjang mengolah data untuk mendapatkan hasil berupa nilai.

Untuk menghitung kecepatan motor induksi dapat menggunakan perhitungan persamaan di bawah ini [9] :

$$n = \frac{120 \cdot f}{p} \tag{1}$$

Dimana :

n = Putaran per menit (RPM)

f = Frekuensi (Hz)

p = Jumlah kutub (Pole)

Menurut [6], untuk menghitung kecepatan linear dapat menggunakan persamaan 2 dibawah ini :

$$V = \frac{2\pi r}{T} \text{ atau } V = 2\pi r f \tag{2}$$

Dimana :

V = Kecepatan Linear (m/s)

r = Jari-jari lintasan (m)

π = Konstanta
T = Periode (detik)
f = Frekuensi (putaran/detik)

Untuk menghitung kecepatan sudut dapat menggunakan persamaan 3 dibawah ini :

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \text{ atau } \omega = 2\pi f \quad (3)$$

Dimana :
 ω = Kecepatan sudut (rad/s)
 π = Konstanta
T = Periode (detik)
f = Frekuensi (putaran/detik)

Untuk mendapatkan kecepatan putaran (RPM) dari nilai kecepatan sudut (rad/s) dapat digunakan persamaan 2.4 dibawah ini :

$$\omega = \frac{2\pi N}{60} \quad (4)$$

Dimana :
 ω = Kecepatan sudut (rad/s)
 π = Konstanta
N = Kecepatan Putaran Per Menit (RPM)

Adanya perbedaan kecepatan antara *output* shaft motor induksi dengan kecepatan yang dihasilkan oleh *output* shaft gear box. Sehingga dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$N1 = N2 \times i \quad (5)$$

Dimana :
N1 = Putaran poros 1 (motor)
N2 = Putaran poros 2 (gear box)
i = Rasio gear box

Perbandingan rasio rotasi antar roda gigi pinion dan ring gear maka dapat dihitung dengan rumus.[10]

$$i_f = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_2}{z_1} \quad (6)$$

Dimana:
 i_f = Rasio final gear
n = Putaran (rpm)
d = Diameter roda gigi (mm)
z = Jumlah gigi

Untuk mendapatkan jarak maju pergeseran ulir digunakan persamaan berikut [11] :

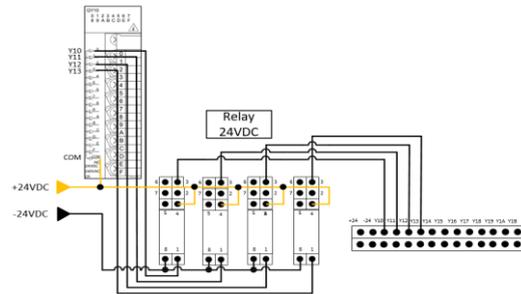
$$l = n \cdot p \quad (7)$$

Dimana:
l = Jarak maju
n = Jenis ulir
p = Jarak puncak

II. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Wiring Diagram Output Modul PLC

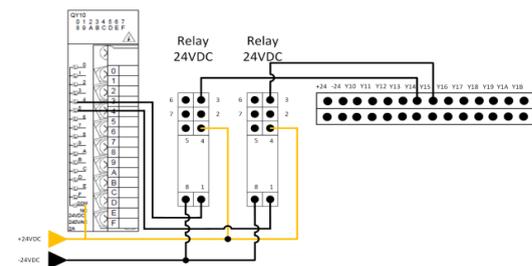
Dibawah ini akan dijelaskan *wiring diagram output module* PLC yang digunakan untuk perancangan sistem kontrol sinkronisasi *speed conveyor feeding* dengan *speed calender*.



Gambar 7 Wiring Diagram Output QY10 Sinkronisasi Conveyor dengan Calender

Dilihat dari gambar 7, perancangan ini menggunakan *output* modul QY10 yang diletakkan pada slot 3 PLC. Pada COM QY10 diberi sumber tegangan 24 VDC yang akan menjadi *output* tegangan untuk beban yang terhubung kontak poin *relay* 24 VDC. Tegangan +24VDC terhubung dengan terminal nomor 4 relay dan -24VDC terhubung dengan nomor 8 relay dimana terminal nomor 4 dan nomor 8 adalah kontak *coil relay*. *Output* modul QY10 yang digunakan yaitu Y10, Y11, Y12 dan Y13 yang terhubung masing-masing dengan kontak poin *relay* sebagai penghubung dan pemutus arus listrik dengan beban PLC yang akan terpasang pada pin terminal.

Dibawah ini akan dijelaskan *wiring diagram output module* PLC yang digunakan untuk perancangan sistem kontrol *autoadjust blade*.

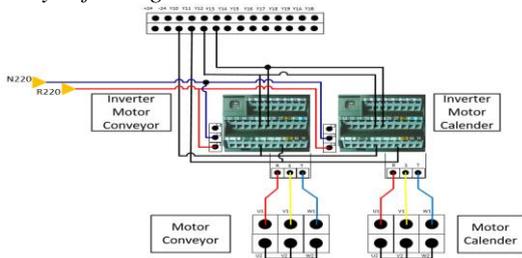


Gambar 8 Wiring Diagram Output Modul QY10 Sistem Kontrol Auto Adjust Blade

Terminal 4 pada modul QY10 terhubung dengan terminal 1 pada relay 1. Terminal 5 pada modul QY10 terhubung dengan terminal 1 pada relay 2. Terminal COM pada modul QY10 dan terminal 2 pada relay 1 dan 2 terhubung dengan sumber +24 VDC. Sumber -24 VDC terhubung dengan terminal 8 pada relay 1 dan 2. Terminal 3 pada relay 1 terhubung dengan terminal Y14. Terminal 3 pada relay 1 terhubung dengan terminal Y14.

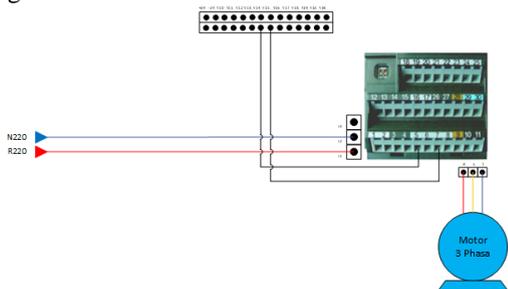
B. Wiring Diagram Inverter

Dibawah ini akan dijelaskan *wiring diagram output inverter* untuk mengontrol motor induksi *conveyor feeding* dan *calender*.



Gambar 9 *Wiring Diagram Inverter Sinkronisasi Conveyor dengan Calender*

Pengkabelan 2 unit inverter kepada PLC dilakukan secara paralel untuk menghemat penggunaan *output* PLC. Terminal *output* PLC Y10 terhubung paralel dengan dua unit inverter pada terminal 5. Terminal *output* PLC Y11 terhubung paralel dengan dua terminal 8 inverter. Terminal *output* PLC Y12 terhubung paralel dengan dua terminal 16 inverter. Terminal *output* PLC Y13 terhubung paralel dengan dua terminal 17 inverter. Terminal sumber inverter L1 dan L2 terhubung dengan sumber PLN 220 VAC.



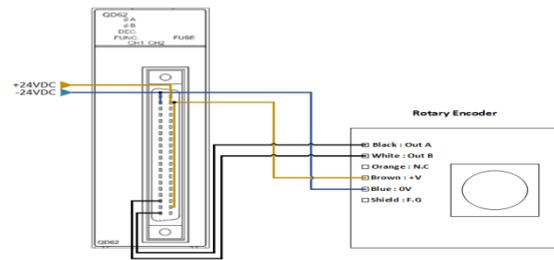
Gambar 10 *Wiring Diagram Inverter Autoadjust Blade*

Pengkabelan inverter dengan *output* PLC dilakukan secara paralel. Terminal *output* PLC Y14 terhubung dengan terminal 5 pada inverter. Terminal *output* PLC Y15 terhubung dengan terminal 7 pada inverter. Terminal L2 pada inverter terhubung dengan sumber N220. Terminal L1 pada inverter terhubung dengan sumber R220.

Masing-masing motor induksi terhubung dengan terminal R, S, T pada inverter. U1 terhubung dengan terminal R, V1 terhubung dengan terminal S dan W1 terhubung dengan terminal T. Pada wiring motor induksi ini menggunakan rangkaian *Star* (bintang) sehingga terminal motor U2, V2 dan W2 terhubung secara seri seperti pada gambar.

C. Wiring Diagram Special Module QD62

Special module QD62 memiliki 2 *channel* dengan *channel* yang digunakan yaitu *channel* 1 dan tegangan kerja yang digunakan 24 VDC. Berikut adalah *wiring diagram special modue QD62 (High Speed Counter)*.



Gambar 11 *Wiring Diagram Special Module QD62 Sistem Kontrol Auto Adjust Blade*

Terminal A1 dan A2 pada modul QD62 terhubung paralel dengan sumber -24 VDC dan 0V pada *encoder*. Terminal B1 dan B2 pada modul QD62 terhubung paralel dengan sumber +24 VDC, +V pada *encoder*, dan terminal B19. Terminal A18 pada modul QD62 terhubung *out B* pada relay 2 *encoder*. Terminal A20 pada modul QD62 terhubung dengan *out B* pada *encoder*.

D. Perhitungan Frekuensi Motor Induksi

Mendapatkan nilai frekuensi yang dibutuhkan oleh motor induksi untuk menghasilkan kecepatan putaran yang diinginkan, dibutuhkan spesifikasi yang terdapat pada Tabel 16 untuk melengkapi proses perhitungan. Dengan menghitung kecepatan linear, kecepatan sudut, ratio gearbox, nilai RPM dan akan didapatkan nilai frekuensi yang dibutuhkan.

Tabel 4 Spesifikasi Item

Item	Calender	Conveyor	Satuan
Jumlah kutub motor	4	6	Pole
Frequency	50	50	Hz
RPM	1500	1000	rpm
Diameter roll	610	50	Milimeter
Rasio gearbox	74 : 1	2 : 1	-

Terdapat lima variasi kecepatan dengan satuan Meter Per Menit (MPM) yaitu 5 MPM, 10 MPM, 15 MPM, 20 MPM dan 25 MPM. Pada bagian ini akan dijabarkan mengenai cara perhitungan untuk mendapatkan nilai frekuensi yang dibutuhkan oleh motor calender dan motor conveyor pada kecepatan putaran 25 MPM. Untuk mendapatkan nilai kecepatan sudut dapat digunakan persamaan (2) dengan mendapatkan nilai periode (T) terlebih dahulu.

$$V = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T}$$

$$0,416 = \frac{2 \cdot \left(\frac{22}{7}\right) \cdot 0,305}{T}$$

$$0,416 = \frac{1,917}{T}$$

$$T = \frac{1,917}{0,416}$$

$$T = 4,608 \text{ second}$$

Didapatkan $T = 4,608 \text{ second}$. Masukkan nilai T pada persamaan (3) untuk mendapatkan nilai kecepatan sudut.

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T}$$

$$\omega = \frac{2 \cdot \left(\frac{22}{7}\right)}{4,608}$$

$$\omega = 1,364 \text{ rad/s}$$

Setelah diketahui nilai kecepatan sudut, maka nilai tersebut dapat digunakan untuk mencari nilai RPM pada shaft (output) gearbox dengan menggunakan persamaan (4).

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot N}{60}$$

$$1,364 = \frac{2 \cdot \left(\frac{22}{7}\right) \cdot N}{60}$$

$$60 \cdot 1,364 = 2 \cdot \left(\frac{22}{7}\right) \cdot N$$

$$81,834 = 6,285 \cdot N$$

$$N = \frac{81,834}{6,285}$$

$$N = 13,02 \text{ RPM}$$

Nilai N yang didapat adalah nilai RPM pada shaft (output) gearbox (N_2). Setelah itu dapat digunakan untuk menghitung nilai RPM pada shaft (input) motor calender (N_1) dengan rasio (i) gearbox $74 : 1$. Untuk mendapatkan nilai RPM N_1 dapat digunakan persamaan (5).

$$N_1 = N_2 \times i$$

$$N_1 = 13,02 \times 74$$

$$N_1 = 963,48 \text{ RPM}$$

Setelah didapatkan nilai N_1 sebagai kecepatan putaran pada shaft motor calender, selanjutnya dapat digunakan untuk menghitung nilai frekuensi yang dibutuhkan oleh motor untuk menghasilkan kecepatan putaran sebesar $963,48 \text{ RPM}$. Perhitungan dapat dilakukan dengan persamaan (1).

$$n = \frac{120 \cdot f}{p}$$

$$963,48 = \frac{120 \cdot f}{4}$$

$$4 \times 963,48 = 120 \cdot f$$

$$f = \frac{3853,92}{120}$$

$$f = 32,12 \text{ Hz}$$

Maka didapatkan frekuensi sebesar $32,12 \text{ Hz}$ untuk menghasilkan kecepatan putaran linear sebesar 25 MPM pada roll calender.

Berikut hasil seluruh perhitungan untuk mendapatkan nilai frekuensi yang dibutuhkan oleh motor calender.

Tabel 5 Perhitungan Frekuensi Motor Calender

MPM	5	10	15	20	25
V (m/s)	0.08	0.17	0.25	0.33	0.42
T (s)	23.01	11.50	7.67	5.75	4.60
Ω (rad/s)	0.27	0.55	0.82	1.09	1.37
N (rpm)	2.61	5.22	7.82	10.43	13.04
N1 (rpm)	193.0	385.9	578.9	771.9	962.9
F (Hz)	6.43	12.87	25.73	25.73	32.17

Berikut hasil seluruh perhitungan untuk mendapatkan nilai frekuensi (f) yang dibutuhkan oleh motor calender.

Tabel 6 Perhitungan Frekuensi Motor Conveyor

MPM	5	10	15	20	25
V (m/s)	0.08	0.17	0.25	0.33	0.42
T (s)	23.01	11.50	7.67	5.75	4.60
Ω (rad/s)	0.27	0.55	0.82	1.09	1.37
N (rpm)	2.61	5.22	7.82	10.43	13.04
N1 (rpm)	193.0	385.9	578.9	771.9	962.9
F (Hz)	6.43	12.87	25.73	25.73	32.17

Tabel 5 dan Tabel 6 menunjukkan hasil perhitungan frekuensi (f) yang dibutuhkan oleh motor calender dan motor conveyor untuk mencapai kecepatan putaran (MPM) yang diinginkan. Berdasarkan hasil yang didapatkan, semakin besar kecepatan putaran (MPM) maka semakin besar frekuensi (f) yang dibutuhkan.

E. Perhitungan Rasio Roda Encoder Dengan As Transportir

Mendapatkan nilai rasio roda encoder dengan as transportir untuk menentukan selisih putaran antara roda encoder dengan as transportir. Adapun

data – data yang dibutuhkan untuk melengkapi proses perhitungan adalah sebagai berikut:

$n1$ = Putaran roda encoder = 1 putaran

$d1$ = Diameter roda encoder = 80 mm

$d2$ = Diameter as transporter = 80 mm

Dicari: $n2$ = Putaran as transporter....?

Maka:

$$\frac{n1}{n2} = \frac{d2}{d1}$$

$$\frac{1}{n2} = \frac{80}{80}$$

$$(80)n2 = 80$$

$$n2 = \frac{80}{80}$$

$$n2 = 1 \text{ putaran}$$

Jadi ketika roda *encoder* berputar sebanyak 1 putaran maka *as transportis* berputar sebanyak 1 putaran.

F. Perhitungan Jarak Mur Bergeser

Mendapatkan nilai jarak mur bergeser untuk menentukan lebar *blade cutter* untuk *feed strip*. Adapun data – data yang dibutuhkan untuk melengkapi proses perhitungan adalah sebagai berikut:

n = Jenis ulir = Ulir tunggal = 1

p = Jarak puncak = 2 mm

Dicari: l = Jarak maju....?

Maka:

$$l = n \cdot p$$

$$l = (1) \cdot (2)$$

$$l = 2$$

Untuk jenis ulir tunggal jarak maju sama dengan jarak puncak, dapat dilihat pada perhitungan diatas. Jadi mur bergerak saat diberi 1 putaran (360°) adalah sebanyak 2 mm.

G. Perhitungan Putaran Roda Encoder Berdasarkan Lebar Blade Cutter

Diketahui putaran *as transporter* per 1 putaran roda *encoder* ($n2$) = 1 putaran, jarak maju *blade cutter* per 1 putaran *as transportir* (l) = 2 mm, dan lebar *blade cutter* yang diasumsikan dengan huruf (x) = 25 mm. Untuk mendapatkan putaran roda *encoder* ($n1$) berikut adalah perhitungannya.

$$n1 \cdot n2 \cdot l = x$$

$$(n1) \cdot (1) \cdot (2) = 25$$

$$(n1) \cdot (2) = 25$$

$$n1 = \frac{25}{2}$$

$$n1 = 12,5$$

Maka dibutuhkan 12,5 putaran roda *encoder* ($n1$) untuk mendapatkan lebar *blade cutter* (x) 25 mm. Karena *encoder* yang digunakan hanya dapat <https://jurnal.poltek-gt.ac.id/index.php/jiti/>

Program Studi Teknik Elektronika Politeknik Gajah Tunggal

membaca putaran dengan nilai bilangan bulat maka untuk mendapatkan lebar *blade cutter* (x) 25 mm putaran roda *encoder* ($n1$) dibulatkan menjadi 13 putaran. Berikut adalah perhitungan jika menggunakan 13 putaran roda *encoder*.

$$n1 \cdot n2 \cdot l = x$$

$$(13) \cdot (1) \cdot (2) = x$$

$$26 = x$$

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan untuk 13 putaran roda *encoder* ($n1$) menghasilkan lebar *blade cutter* (x) 26 mm. Nilai tersebut masih masuk kedalam nilai toleransi.

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa setiap lebar *blade cutter* dengan nilai lebar yang berbeda - beda memiliki nilai putaran roda *encoder* yang berbeda – beda juga. Untuk hasil perhitungan putaran roda *encoder* berdasarkan lebar *blade cutter* dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Perhitungan Putaran Roda Encoder

Standar Setting Lebar Blade Cutter	Toleransi	Jumlah Putaran Encoder	Hasil Perhitungan Lebar Blade Cutter	Selisi	Keterangan
mm	mm		mm	mm	mm
20	(-0 +10)	10	20	0	Sesuai
25	(-0 +10)	13	26	1	Masuk Toleransi
30	(-0 +10)	15	30	0	Sesuai
35	(-0 +10)	18	36	1	Masuk Toleransi
40	(-0 +10)	20	40	0	Sesuai
45	(-0 +10)	23	46	1	Masuk Toleransi
50	(-0 +10)	25	50	0	Sesuai
55	(-0 +10)	28	56	1	Masuk Toleransi
60	(-0 +10)	30	60	0	Sesuai
70	(-0 +10)	35	70	0	Sesuai

H. Setting Parameter Inverter Micromaster 440

Setting parameter inverter micromaster 440 ini digunakan untuk mengontrol kecepatan putaran motor induksi agar sesuai dengan kehendak yang diinginkan. Kecepatan putaran motor induksi dipengaruhi oleh besarnya frekuensi yang diberikan. Setting parameter yang digunakan untuk mengontrol kecepatan putaran motor induksi untuk *calender* dan *conveyor* ditunjukkan pada Tabel 6. P1004 diisi dengan nilai frekuensi untuk kecepatan 5 MPM. P1005 diisi dengan nilai frekuensi untuk kecepatan 10 MPM. P1005 diisi dengan nilai frekuensi untuk kecepatan 20 MPM. Sedangkan untuk menjalankan frekuensi untuk kecepatan 15 MPM dengan mengaktifkan P1004 dan P1005 dan untuk kecepatan 25 MPM mengaktifkan P1004 dengan P1006.

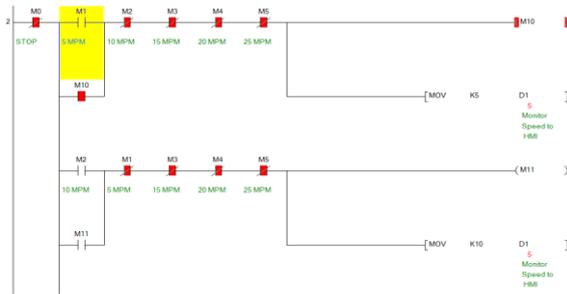
I. Ladder Diagram PLC

Kumpulan program pada PLC Mitsubishi biasa disebut dengan *ladder diagram*. Pembuatan *ladder diagram* dilakukan menggunakan *software MELSOFT GX-Works 2*. Pada *line 0* terdapat alamat SM400 yang terhubung dengan Y10.



Gambar 12 Ladder Diagram Trigger Inverter

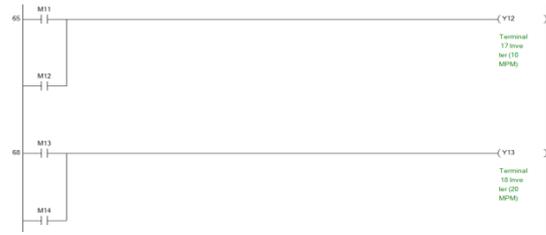
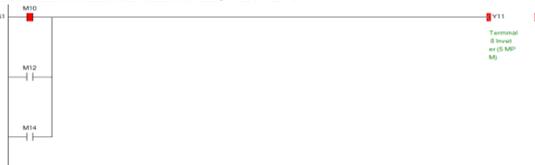
SM400 dipasang agar ketika PLC menyala maka SM400 akan langsung *on* memberikan *trigger* untuk menyalakan Y10. Y10 merupakan output PLC yang terhubung dengan terminal 5 pada inverter.



Gambar 13 Ladder Diagram Kontrol Variasi Kecepatan

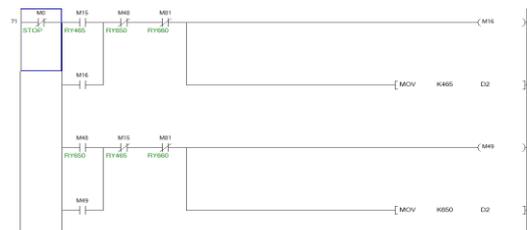
Gambar diatas merupakan gambaran *ladder diagram* untuk mengontrol variasi kecepatan *conveyor* dan *calender*. Penggunaan *internal relay* (M) sebagai alamat *button* HMI untuk memilih variasi kecepatan yang diinginkan sesuai dengan *device comment* yang berada tepat dibawah *ladder diagram*. M1 untuk kecepatan 5 mpm, M2 untuk kecepatan 10 mpm, M3 untuk kecepatan 15 mpm, M4 untuk kecepatan 20 mpm dan M5 untuk kecepatan 25 mpm.

Masing-masing line variasi kecepatan akan mentrigger M11 sampai M14. M0 terletak didepan *ladder diagram* yang mempunyai fungsi untuk memutuskan aliran arus yang terhubung pada *ladder diagram*, ketika M0 ditekan maka *speed calender* akan berhenti atau 0 mpm. M1 sampai M5 NO (*normally Open*) sebagai *button* pemilih variasi kecepatan, dan M1-M5 NC (*normally close*) sebagai pemutus ketika salah satu variasi kecepatan ditekan maka variasi kecepatan sebelumnya akan tidak aktif. Terdapat D1 ditiap masing-masing line variasi kecepatan, D1 digunakan untuk memberikan indikator pada layar HMI terhadap kecepatan yang sedang dijalankan. Dengan memanfaatkan MOV untuk merubah nilai D1 berdasarkan besarnya nilai K yang digunakan. Saat M1 ditekan maka akan memindahkan nilai K5 ke D1.



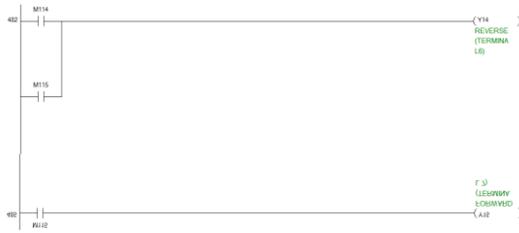
Gambar 14 Ladder Diagram Output Variasi Kecepatan

M10 sampai M14 yang berada pada bagian depan *ladder diagram* sebagai trigger untuk mengaktifkan Y11 sampai Y13 sesuai dengan internal relay yang aktif. Y11 sampai Y13 terhubung dengan terminal pada inverter yang memiliki variasi atau parameter kecepatan yang sudah di setting sebelumnya. Saat kecepatan 15 mpm yang dijalankan, maka M12 akan mentrigger Y11 dan Y12 sehingga akan aktif secara bersamaan. Dengan aktifnya Y11 dan Y12 secara bersamaan, maka frekuensi yang sudah disetting pada terminal 8 dan terminal 16 akan dijumlahkan sehingga nilai frekuensinya dapat menggerakkan motor dengan kecepatan 15 mpm. Sedangkan untuk speed 25 mpm dengan menjumlahkan nilai frekuensi terminal 8 dan 17.



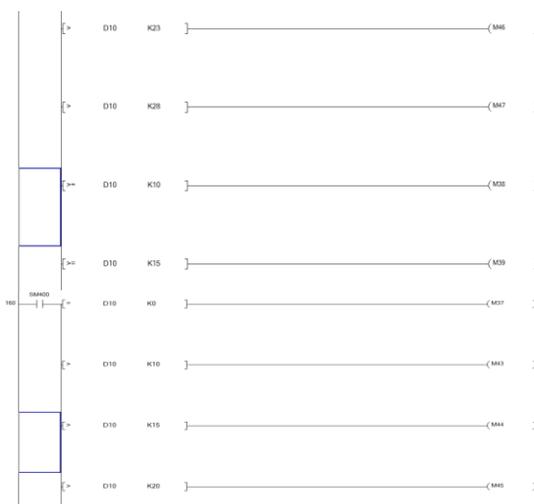
Gambar 15 Ladder Diagram Kontrol Variasi Size

Gambar 15 menunjukkan *ladder diagram* varian size untuk mengontrol lebar *feed strip*. Ketika M15 / size RY465 ditekan maka M16 akan aktif dan ketika M15 dilepas maka M16 tetap aktif sebab *ladder diagram* tersebut merupakan rangkaian *self locking relay*. Ketika M16 aktif maka instruksi [MOV K465 D2] akan aktif yang berfungsi sebagai pemberi indikator pada tampilan layar HMI terhadap size yang sedang dijalankan. Dengan memanfaatkan MOV untuk merubah nilai D2 berdasarkan besarnya nilai K yang digunakan. Saat M16 aktif maka akan memindahkan nilai K465 ke D2. Setelah M16 dan *internal relay* (M) untuk variasi kecepatan aktif maka salah satu *internal relay* (M) akan aktif untuk mengaktifkan M114 atau M115, *ladder diagram* dapat dilihat pada Lampiran 2. Untuk M48 / size RY650 dan M81 / size RY660 memiliki cara kerja yang sama dengan M15 / size RY465.



Gambar 16 Ladder Diagram Output Variasi Size

Pengaktifan Y14 sebagai penggerak motor *forward* pada gambar atas maka dilakukan dengan berbagai cara karena pada *ladder diagram* yang dibuat secara parallel. Dimana Y14 dapat aktif ketika M114 kondisi aktif, selain itu ketika M115 aktif maka Y14 dan Y15 akan aktif secara bersamaan sebagai penggerak motor *reverse*.



Gambar 17 Ladder Diagram Perbandingan Encoder

Gambar 17 merupakan instruksi pembandingan nilai atau data putaran *encoder* ketika motor berputar. Ketika motor berputar maka *encoder* juga ikut berputar dan mulai menghitung, dimana nilai putaran *encoder* akan dibaca oleh D10 yang selanjutnya akan dibandingkan dengan nilai K yang sudah diatur sebelumnya. Ketika PLC aktif maka SM400 akan langsung aktif dan memberikan *trigger* untuk mengaktifkan instruksi pembandingan. Apabila D10 atau nilai putaran *encoder* sesuai dengan nilai K maka akan mengaktifkan *coil internal relay* (M) yang berfungsi untuk meyalakan atau mematikan *internal relay* (M) yang terhubung dengan M114 atau M115 untuk menyalakan atau mematikan *output* penggerak motor.



Gambar 18 Ladder Diagram High Speed Counter

Gambar di atas menunjukkan program pembacaan putaran *encoder*. Putaran *encoder* yang

terbaca kemudian dikirimkan ke PLC untuk diolah, data putaran *encoder* akan masuk ke dalam data register D10.

J. Verifikasi Program PLC

Verifikasi program dilakukan dengan cara menjalankan program dan melakukan pengujian terhadap program tersebut. Verifikasi dilakukan dengan cara menguji program secara satu persatu pada *ladder diagram* GX-Work 2. Verifikasi di mulai dari menguji masukkan program hingga keluaran yang terdapat pada program.

K. Verifikasi Rangkaian

Verifikasi dilakukan dengan cara menjalankan program satu persatu. Program dijalankan dengan menghubungkan PLC dengan komponen lainnya yang akan dikontrol. Tabel-tabel berikut merupakan hasil yang diperoleh dari verifikasi.

Tabel 8 Verifikasi PLC

No	Terminal	Keterangan
1	Y10	Relay aktif
2	Y11	Relay aktif
3	Y12	Relay aktif
4	Y13	Relay aktif
5	Y14	Relay aktif
6	Y15	Relay aktif

Berdasarkan tabel diatas, terminal output relay PLC berhasil aktif sesuai dengan program yang dijalankan. Aktifnya relay ditandai dengan lampu indikator yang berada pada relay.

Tabel 9 Verifikasi Inverter

No	Terminal	Ket.	Tampilan LCD
1	Terminal 5 inverter motor <i>calender</i>	On	-
2	Terminal 8 inverter motor <i>calender</i>	On	4,30 Hz
3	Terminal 16 inverter motor <i>calender</i>	On	8,66 Hz
4	Terminal 17 inverter motor <i>calender</i>	On	17,30 Hz
5	Terminal 5 inverter motor <i>conveyor</i>	On	-
6	Terminal 8 inverter motor <i>conveyor</i>	On	1,58 Hz

Verifikasi inverter dilakukan dengan mengaktifkan masing-masing terminal yang terhubung dengan output PLC. Kemudian melihat

tampilan layar inverter yang menunjukkan nilai frekuensi yang sedang dijalankan sesuai atau tidak dengan program yang sedang aktif.

Tabel 8 Verifikasi Motor Induksi

No	Terminal	Keterangan
1	Motor Induksi Calender	Berputar
2	Motor Induksi Conveyor	Berputar
3	Motor Induksi Blade	Berputar

Verifikasi motor induksi dilakukan dengan memperhatikan apakah motor berputar sesuai dengan program yang dijalankan.

L. Desain Tampilan HMI

Terdapat 3 desain tampilan pada layar HMI ini, base, type dan speed. Masing-masing tampilan mempunyai fungsi tersendiri.

1. Tampilan Layar Base

Tampilan layar base merupakan tampilan awal untuk mengatur jenis *treatment* yang akan dibuat dan kecepatan yang akan dijalankan. Berikut merupakan gambar tampilan layar *base* pada HMI.



Gambar 19 Tampilan layar *base* pada HMI

Pada setiap komponen pada tampilan *base* yang digunakan untuk memberi atau menerima perintah dari PLC harus diberikan alamat sesuai dengan perintah *input* atau *output* pada PLC. Berikut adalah tabel pengalamatan pada tampilan *base* HMI.

Tabel 1 Tabel pengalamatan layar tampilan *base* HMI

No.	Komponen	Alamat
1.	Tombol <i>type</i>	Tampilan <i>type</i>
2.	Tombol <i>speed</i>	Tampilan <i>speed</i>
3.	Tombol stop	M0
4.	Display <i>type</i>	D2
5.	Display <i>speed</i>	D1
6.	Display lebar <i>feedstrip</i>	D3

Tampilan *type* dan tampilan *speed* berfungsi untuk membuka tampilan lain pada HMI. Sedangkan tombol stop, *display type*, dan *display speed* dihubungkan ke *ladder* pada PLC yang telah dibuat.

2. Tampilan Layar Type

Tampilan layar *type* merupakan tampilan untuk memilih jenis *treatment* yang akan dibuat. Terdapat 3 jenis *treatment* yang dapat dibuat. Berikut merupakan gambar tampilan layar *type* pada HMI.



Gambar 20 Tampilan Layar *Type* Pada HMI

Pada setiap komponen pada tampilan *type* yang digunakan untuk memberi atau menerima perintah dari PLC harus diberikan alamat sesuai dengan perintah *input* atau *output* pada PLC. Berikut adalah tabel pengalamatan pada tampilan *type* HMI.

Tabel 2 Tabel Pengalamatan HMI Tampilan *Type*

No.	Komponen	Alamat
1.	Tombol RY465	M15
2.	Tombol RY650	M48
3.	Tombol RY660	M81
4.	Tombol kembali	Tampilan <i>base</i>
5.	Display numerical	D2

Tombol RY465, RY650, RY660, dan display numerical dihubungkan dengan ladder PLC. Sedangkan tombol kembali berfungsi menampilkan tampilan *base* pada HMI.

3. Tampilan Layar Speed

Tampilan layar *speed* merupakan tampilan untuk mengatur jenis kecepatan *calender*. Terdapat 5 jenis kecepatan yang dapat diatur. Berikut merupakan gambar tampilan layar *speed* pada HMI.



Gambar 21 Tampilan Layar *Speed* Pada HMI

Pada setiap komponen pada tampilan *speed* yang digunakan untuk memberi atau menerima perintah dari PLC harus diberikan alamat sesuai dengan perintah *input* atau *output* pada PLC. Berikut adalah tabel pengalamatan pada tampilan *speed* HMI.

Tabel 13 Pengalamatan HMI Tampilan *Speed*

No.	Komponen	Alamat
1.	Tombol Stop	M0
2.	Tombol 5	M1
3.	Tombol 10	M2
4.	Tombol 15	M3
5.	Tombol 20	M4
6.	Tombol 25	M5
7.	Tombol kembali	Tampilan <i>base</i>
8.	Display numerical	D1

Tombol stop, 5, 10, 15, 20, 25, dan *display numerical* terhubung pada *ladder* PLC. Sedangkan tombol kembali berfungsi menampilkan tampilan *base*.

M. Perhitungan Kebutuhan Compound Per Menit

Bagian ini akan dijelaskan perhitungan untuk mengetahui lebar *feed strip* yang ditentukan apakah memenuhi kebutuhan *compound* pada proses *calender*. Perhitungan ini menggunakan *sample treatment size* RY465 dengan *feed strip bottom*.

Diketahui :

SpGR (massa jenis) compound G4225 = 1,175 gr/cm³

(S) *Speed Open Mill* = 25 MPM

(T) Tebal *Feed Strip* = 10 mm

Berat *compound* yang dibutuhkan pada speed 5 MPM adalah 5,349 kg/m. Maka dalam satu menit *compound* yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

Dimisalkan

Y1 = *compound* per meter (kg/m)

Z1 = *compound* per menit (kg/min)

Maka :

Z1 = *Speed* x (Y)

Z1 = 5 x 5,349

Z1 = 26,743 kg/min

Untuk speed 5 MPM membutuhkan *compound* sebanyak 26,743 kg/min. Lebar *feedstrip open mill* pada speed 5 MPM adalah 10 mm, untuk mengetahui berat *compound* yang dihasilkan

dalam satu menit adalah dengan menghitung volume yang dihasilkan sebagai berikut:

Misal :

V = Volume *Compound* (cm³)

L = Lebar *Feed strip* (10 mm)

Maka

$$V = \frac{L \cdot 2}{10} \times \frac{T}{10} \times \frac{S}{100}$$

$$V = \frac{10 \cdot 2}{10} \times \frac{10}{10} \times \frac{25}{100}$$

$$V = 5000 \text{ cm}^3$$

Di dapatkan volume yang dihasilkan dengan lebar *feed strip* 10 mm adalah 5000 cm³. Dengan volume tersebut dapat diketahui berat *compound* dalam satu meter dengan perhitungan sebagai berikut :

$$Y2 = \frac{V \times SpGr}{1000}$$

$$Y2 = \frac{5000 \times 1,175}{1000}$$

$$Y2 = 5,875 \text{ kg/m}$$

Sedangkan berat *compound* yang dihasilkan dalam satu menit adalah :

$$Z2 = 5,875 \times 5$$

$$Z2 = 29,375 \text{ kg/min}$$

Dengan lebar *feed strip* 10 mm dapat menghasilkan berat *compound* sebanyak 29,375 kg/min. Sedangkan *compound* yang dibutuhkan adalah 26,743 kg/min.

Selisih = Z2 - Z1

Selisih = 29,375 - 26,743

Selisih = 2,632 kg/min

Maka dengan lebar *feed strip* 10 mm masih memiliki sisa atau selisih *compound* sebanyak 2,632 kg/min.

III. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari perancangan ini adalah :

1. Perancangan sistem kontrol sinkronisasi *speed conveyor feeding* dengan *speed calender* telah berhasil dengan menggunakan PLC Mitsubishi Q series sebagai sistem kontrol dan inverter siemens micromaster 440 sebagai pengendali kecepatan putaran motor induksi *conveyor feeding* dan *calender*.
2. Perancangan sistem kontrol *autoadjust blade cutter* untuk lebar *feed strip open mill* menggunakan PLC Mitsubishi tipe Q sebagai sistem kendali dan inverter siemens micromaster 440 sebagai *time break* putaran motor induksi. Selain itu pada perancangan ini menggunakan *rotary encoder* dengan model ENC-1-3-N-24 sebagai sensor. Pengujian rangkaian dan *ladder*

- diagram* telah bekerja dengan dan berfungsi dengan baik.
3. Perancangan desain sistem HMI menggunakan GOT1000 Model GT11 dan aplikasi GT Designer3 untuk *input recipe feed strip* dengan *speed calender* telah berhasil dan bekerja sesuai dengan perancangan yang telah dibuat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. L. Sutarto, "Analisa Pengaruh Distribusi Berat Terhadap Pemakaian Ban Pada Honda Beat FI," vol. 01, no. 03, pp. 4–15, 2016.
- [2] D. Yuhendri, "Penggunaan PLC Sebagai Pengontrol Peralatan Building Automatis," *J. Electr. Technol.*, vol. 3, no. 3, pp. 121–127, 2018.
- [3] S. Jamaluddin, *Disain Dan Implementasi Pengendali Fuzzy Berbasis Diagram Ladder Plc Mitsubishi Q02Hcpu Pada Sistem Motor Induksi*. 2018.
- [4] D. Sianipar, B. Setiawan, and E. S. Budi, "Abstrak – Grass Cutter Robot," vol. 03, no. 3, pp. 100–111, 2016.
- [5] R. Ananda, "PENGATURAN KECEPATAN MOTOR INDUKSI MENGGUNAKAN SISTEM KONTROL PADA VARIABLE SPEED DRIVE (VSD)' Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (ST) Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah," *Tugas Akhir*, vol. 1, no. 1, pp. 1–69, 2017.
- [6] H. Saptomo, G. E. Pranomo, and H. Al Khindi, "Analisa Daya Dan Kontrol Kecepatan Motor Pada Alat Bantu Las Rotary Positioner Table," *Jurnal Tek. Mesin Fak. Tek. Univ. Ibn Khaldun Bogor*, vol. 1, p. 33, 2017.
- [7] H. Rahadian and M. A. Heryanto, "Pengembangan Human Machine Interface (HMI) pada Simulator Sortir Bola sebagai Media Pembelajaran Otomasi Industri," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 9, no. 2, p. 84, 2020, doi: 10.25077/jnte.v9n2.766.2020.
- [8] S. P. Pratama, T. Elektronika, and P. G. Tunggal, "RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING , PELAPORAN DAN INPUT DATA MESIN CURING PCR," vol. 2, no. 2, pp. 69–76, 2021.
- [9] D. M. Prabowo, "Analisis Pengaruh Kecepatan Dan Massa Beban Pada Conveyor Belt Terhadap Kualitas Pengemasan Dan Kebutuhan Daya Dan Aarus Listrik Di Bagian Produksi PT. Indopintan Sukses Mandiri Semarang," *J. Tugas Akhir*, vol. 3, no. 8, pp. 1–12, 2017.
- [10] T. A. Pambudi, G. E. Pramono, and D. Yuliaji, "Analisa Sistem Roda Gigi Diferensial Penggerak Roda Belakang," *Alimkanika*, vol. 1, no. 1, pp. 27–34, 2019.
- [11] Z. Achmad, *Elemen mesin I*, vol. 2, no. January 2016. 2017.