

Perancangan Sistem Kontrol Sinkronisasi Kecepatan Conveyor Feeding Dengan Kecepatan Calender Berbasis Inverter di Mesin Calender Plant R

Muhamad Sodik Muttaqin^{1*}, Puguh Elmiawan²

^{1*} Teknik Elektronika, Politeknik Gajah Tunggal; muhamadsodikmuttaqin@gmail.com

² Teknik Mesin, Politeknik Gajah Tunggal; elmiawan@poltek-gt.ac.id

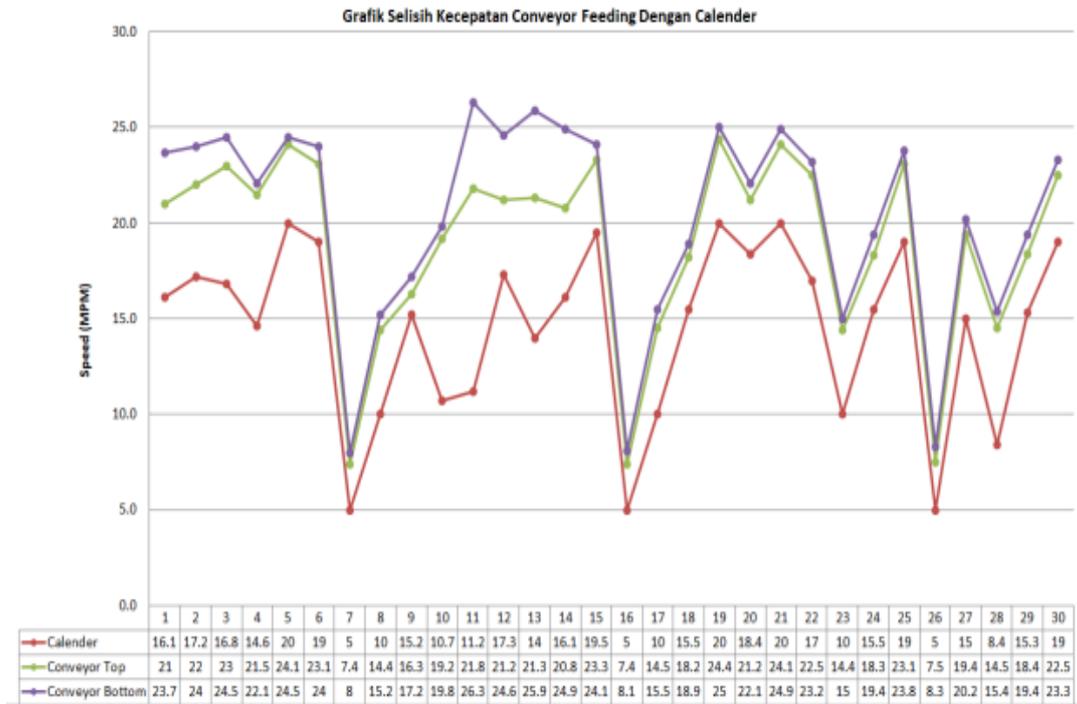
Abstrak: Proses *calendering* adalah proses pelapisan kawat baja (*steel cord*) dengan karet (*compound*) menjadi *steel treatment* sebagai salah satu material penyusun dalam proses pembuatan ban. Pada proses produksi *steel treatment* di Plant R PT ACR tentu tidak lepas dari adanya produk cacat. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif, peneliti mendapatkan cacat produk seperti *supply compound* kurang dan *compound steel treatment* lebih. Pada periode Desember 2020 sampai Februari 2021 frekuensi terjadinya kedua cacat produk tersebut sebanyak 254 kasus untuk *supply compound* kurang dan 147 kasus untuk *compound steel treatment* lebih. Penyebab utama kedua cacat produk disebabkan oleh faktor tidak sinkronnya kecepatan *conveyor feeding* yang men-supply *compound* ke mesin *calender* dengan kecepatan mesin *calender*. Dengan melakukan pengukuran kecepatan secara langsung terdapat selisih yang cukup jauh. Hal tersebut mengakibatkan *supply compound* menjadi kurang atau lebih. Dengan permasalahan tersebut maka akan dibuat perancangan sistem kontrol yang dapat mensinkronkan kecepatan *conveyor feeding* agar sesuai dengan kecepatan mesin *calender* dengan menggunakan inverter sebagai pengendali motornya. Hasil penelitian ini dinyatakan dalam bentuk tabel yang menunjukkan hasil perhitungan untuk memperoleh nilai frekuensi yang dibutuhkan oleh motor induksi mencapai kecepatan yang diharapkan serta pengujian rangkaian.

Kata kunci: *Calender*, Sinkronisasi, Inverter, Frekuensi, Motor Induksi, Kecepatan

1. 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]

Dalam konstruksi ban, material penyusun yang menjadi penguat dalam kekokohan ban adalah *steel belt* dan *carcass*. *Steel belt* merupakan komponen ban yang mengelilingi ban diantara *carcass* dengan *tread* (telapak ban) dan berfungsi untuk membantu menahan dari dampak (*impact*) jalan, sebagai stabilitas serta meningkatkan *high speed performance*. Sedangkan *carcass* atau dapat disebut sebagai tulang ban merupakan kerangka ban yang melingkari ban sehingga lapisan lain dapat diletakkan. *Carcass* berfungsi menjaga tekanan udara dibawah kontrol, menghubungkan *tread* dengan *bead* dan menstabilkan geometri ban.



Gambar 1 Pengukuran Aktual Kecepatan Conveyor Feeding Dengan Kecepatan Calender

Terdapat beberapa jenis *scrap* dengan frekuensi berbeda yang terjadi pada proses produksi *treatment* selama periode desember 2020 sampai Februari 2021. Pada penelitian ini akan mengangkat dua jenis *scrap* yaitu *supply compound* kurang dan *compound steel treatment* lebih. Dalam jangka waktu 3 bulan terakhir (Desember 2020-Februari 2021) frekuensi terjadinya *supply compound* kurang sebanyak 254 kali dan frekuensi *compound steel treatment* lebih sebanyak 147 kali. Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh faktor mesin yang menyebabkan *speed conveyor feeding* tidak sinkron dengan *speed calender*. Hal ini dapat memicu *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*).

Berdasarkan gambar 1, 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*.

2. Material

2.1 Programmable Logic Controller (PLC) Q Series

PLC adalah sebuah peralatan yang berbasis *microprocessor* yang berisi kontrol yang mempunyai jenis dan level yang kompleksitas. PLC dirancang untuk menggantikan rangkaian relay dalam suatu sistem kontrol. PLC dapat diprogram dan dapat dikendalikan atau dioperasikan oleh pengguna yang tidak memiliki pengetahuan dibidang komputer secara khusus. [2]

PLC dapat menerima sinyal input yang berasal dari peralatan diskrit (on/off) dan peralatan analog (sensor). Sinyal input tersebut akan diidentifikasi oleh modul input dan akan diubah kedalam bentuk tegangan yang sesuai dan akan dikirim ke CPU. Setelah itu sinyal input akan diolah dan

akan dikirim ke modul output berdasarkan program yang telah disimpan di CPU. Selama menjalankan proses, CPU PLC melakukan tiga operasi utama, yaitu :

1. Membaca data masukan melalui modul input.
2. Menjalankan program yang telah dibuat dan disimpan pada memori.
3. Mengupdate data-data pada modul output PLC.

2.2 Software MELSOFT Mitsubishi GX-Developer

Software GX-Work2 digunakan untuk membuat program PLC Mitsubishi dengan ladder diagram sebagai bahasa pemrogramannya. GX-Work mengenal symbol untuk perintah dalam pemrogramannya yaitu, *input* (X), *output* (Y), *pewaktu / timer* (T), *penghitung / counter* (C). Software GX-Developer seperti bahasa pemrograman PLC dapat mengeksekusi perintah-perintah dasar dengan simbol kontak *Normally Open* (NO), *Normally Close* (NC), *Coil Control*, *Bracket Control*, *invert*. Lalu perintah logika dasar *AND*, *OR*, *SET*, *RESET*, dan *PULSE*, *Timer*, *Counter* dan yang lainnya. [3]

2.3 Inverter Siemens Micromaster 440

Micromaster 440 merupakan produk Siemens. Inverter ini menggunakan sumber tegangan 1 fasa sebesar 220 – 240 V dan tegangan 3 fasa sebesar 380 – 400 Volt dengan frekuensi sebesar 50 Hz yang akan diubah menjadi tegangan AC 3 fasa dengan frekuensi dan tegangan yang variabel. Dimana frekuensi yang dikeluarkan mulai dari 5 – 50 Hz dan kapasitas daya sebesar 0,12 kW – 250 kW.

2.4 Motor Induksi

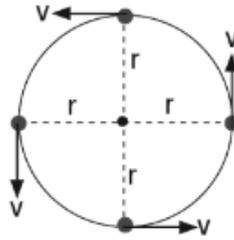
Motor induksi merupakan salah satu aktuator yang berfungsi mengubah energi listrik menjadi energi gerak. Motor listrik dapat digolongkan kedalam dua jenis yaitu motor DC dan motor AC, sesuai dengan jenis daya yang disuplai. Motor AC lebih menguntungkan dibandingkan dengan motor DC. Karena motor AC lebih kecil, handal dan harganya tidak terlalu mahal. Namun kecepatan motor AC tidak dapat diatur atau tetap sesuai dengan frekuensi jala-jalannya. Sebaliknya motor DC laju, arah putar dan kecepatannya dapat diatur sesuai keinginan pengguna. Selain itu motor DC dapat digerakan dengan tegangan DC [4].

Untuk menghitung kecepatan motor induksi dapat menggunakan perhitungan seperti persamaan (1), dimana n adalah Putaran per menit (RPM), f adalah Frekuensi (Hz), dan p adalah Jumlah kutub (Pole).

$$n = \frac{120.f}{p} \quad (1)$$

2.5 Kecepatan Linear Dan Kecepatan Sudut

Kecepatan linear atau disebut juga kecepatan tangensial adalah hubungan antara panjang lintasan suatu benda melingkar dengan waktu yang ditempuh benda perselang waktu tempuhnya. Suatu benda membutuhkan waktu untuk menempuh satu putaran penuh disebut sebagai periodenya maka benda tersebut sudah menempuh satu keliling lingkaran. [4]

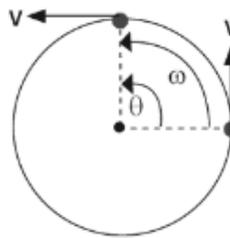


Gambar 2 Ilustrasi Kecepatan Linear [4]

Menghitung kecepatan linear dapat menggunakan persamaan (2)

$$V = \frac{2\pi r}{T} \quad \text{atau} \quad V = 2\pi r f \quad (2)$$

Dimana V adalah Kecepatan Linear (m/s), r adalah Jari-jari lintasan (m), π adalah Konstanta, T adalah Periode (detik), dan f adalah Frekuensi (putaran/detik). Kecepatan sudut atau disebut juga kecepatan angular adalah besar sudut yang ditempuh setiap satu satuan waktu [4].



Gambar 3 Ilustrasi Kecepatan Sudut [4]

Menghitung kecepatan sudut dapat menggunakan persamaan (3)

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

Dimana ω adalah = Kecepatan sudut (rad/s), π adalah Konstanta, T adalah Periode (detik), f adalah Frekuensi (putaran/detik). Mendapatkan kecepatan putaran (RPM) dari nilai kecepatan sudut (rad/s) dapat digunakan persamaan (4) dimana N adalah Kecepatan Putaran Per Menit (RPM)

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

2.6 Gear Box

Gear box atau disebut dengan porsneling merupakan bagian pendukung dari motor induksi berupa roda gigi yang dapat menghantarkan tenaga mekanis dari motor induksi dengan kecepatan yang lebih rendah namun gaya putar lebih tinggi [5].

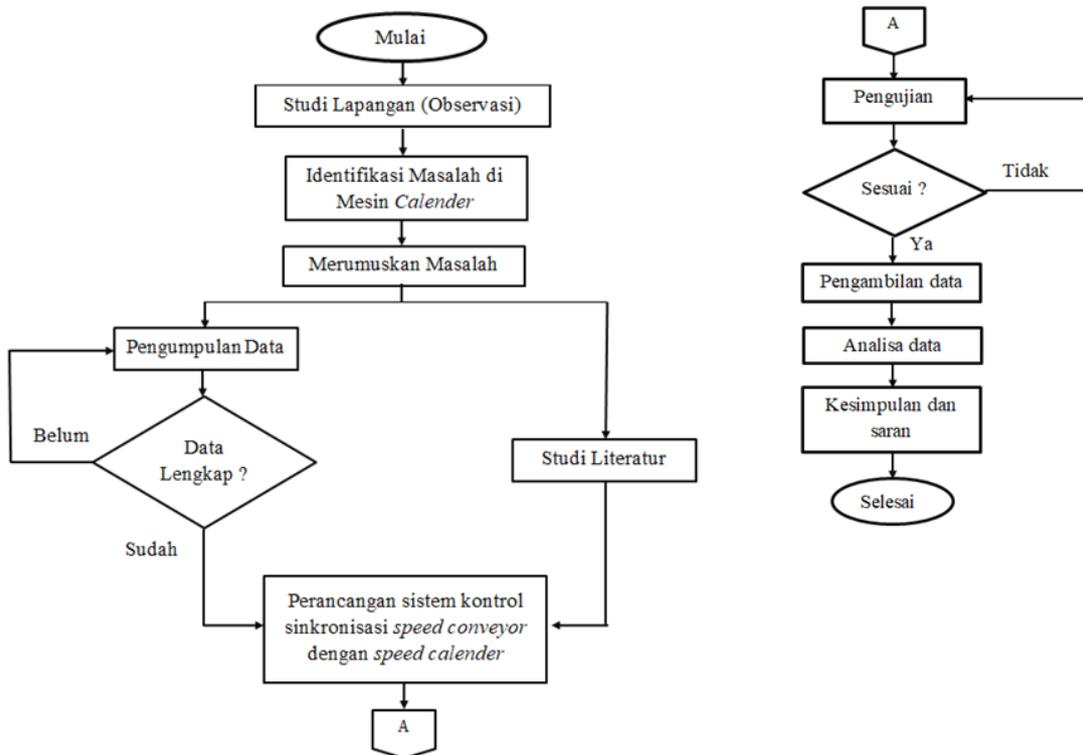
Adanya perbedaan kecepatan antara output shaft motor induksi dengan kecepatan yang dihasilkan oleh output shaft gear box. Sehingga dapat digunakan persamaan (5) sebagai berikut :

$$N1 = N2 \times i \tag{5}$$

Dimana $N1$ adalah putaran poros 1 (motor), $N2$ adalah putaran poros 2 (gear box), dan i adalah rasio gear box

3. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif dengan menggunakan data primer hasil pengukuran dan perhitungan. Hasil pengukuran dan perhitungan ditampilkan dalam bentuk tabel. Pengukuran meliputi selisih antara kecepatan *conveyor feeding* dengan *calender* dan ukuran dimensi roll pada objek yang akan diteliti. Sedangkan perhitungan meliputi frekuensi (1), kecepatan linear (2), kecepatan sudut (3), RPM (4), dan rasio gearbox (5).



Gambar 4 Alur Pengerjaan Penelitian

- Studi Lapangan (Observasi) : Studi lapangan merupakan tahap awal penelitian yang bertujuan mengetahui secara langsung kondisi lapangan untuk mencari informasi terkait lapangan kerja yang ingin diteliti serta menganalisa permasalahan dilapangan untuk diteliti.
- Identifikasi masalah Di Mesin Calender : Pada tahap ini dilakukan identifikasi terhadap masalah yang diteliti, yaitu penyebab *scrap treatment* berupa *supply compound* kurang dan *compound steel treatment* lebih.
- Merumusan masalah : Tahap ini bertujuan untuk menyusun rumusan masalah penyebab *scrap treatment* berupa *supply compound* kurang dan *compound steel treatment* lebih.
- Pengumpulan Data : Tahap ini mencari data yang dapat membantu proses penelitian dan memperkuat latar belakang permasalahan.
- Studi literatur : Studi literatur dilaksanakan untuk mempelajari dan memahami serta mencari informasi dan referensi yang terkait dengan permasalahan yang diteliti baik dalam bentuk buku,

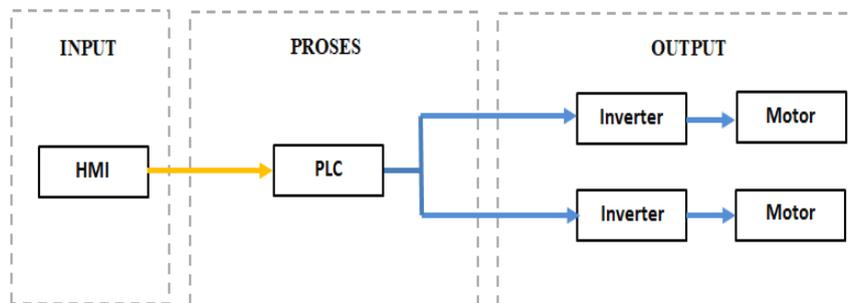
jurnal, artikel dan sebagainya.

- f. Perancangan Sistem Kontrol PLC : Pada tahap ini dilakukan perancangan dan gambaran untuk memperbaiki masalah yang terjadi dengan membuat sistem kontrol sinkronisasi *speed conveyor feeding* dengan *speed calender*.
- g. Pengujian : Sistem kontrol sinkronisasi *speed* yang telah dibangun kemudian diuji apakah bekerja dengan baik dan sesuai yang diharapkan atau tidak.
- h. Pengambilan data : Setelah sistem kontrol berhasil berjalan dengan baik, maka dilakukanlah pengambilan data baik berupa sampel maupun populasi.
- i. Analisa data : Data yang telah didapatkan kemudian diolah untuk dianalisa dan ditarik kesimpulannya.

4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

4.1 Perancangan Sistem Kontrol

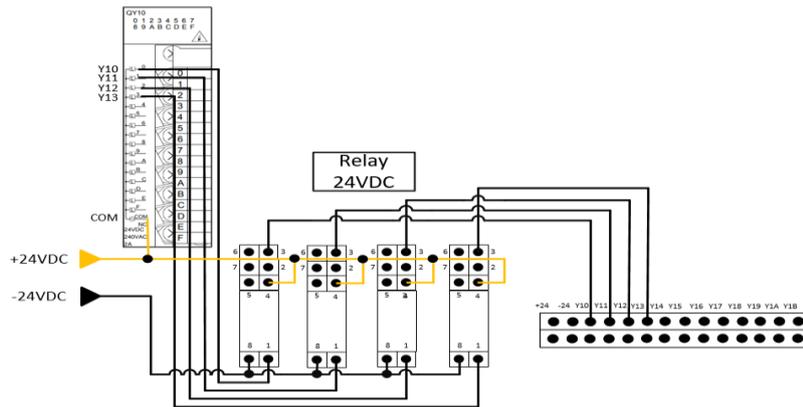
Sistem kontrol ini merupakan sistem kontrol *close loop* atau *loop* tertutup, dimana sistem ini bekerja secara berulang – ulang dengan pengontrolan kerja sistem dilakukan oleh PLC. PLC menjadi kontroler pada sistem ini dengan komponen *input* dan *output*. Komponen *input* hanya sebuah HMI yang digunakan 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.



Gambar 5 Perancangan Sistem Kontrol

4.2 Wiring Diagram Output Module PLC

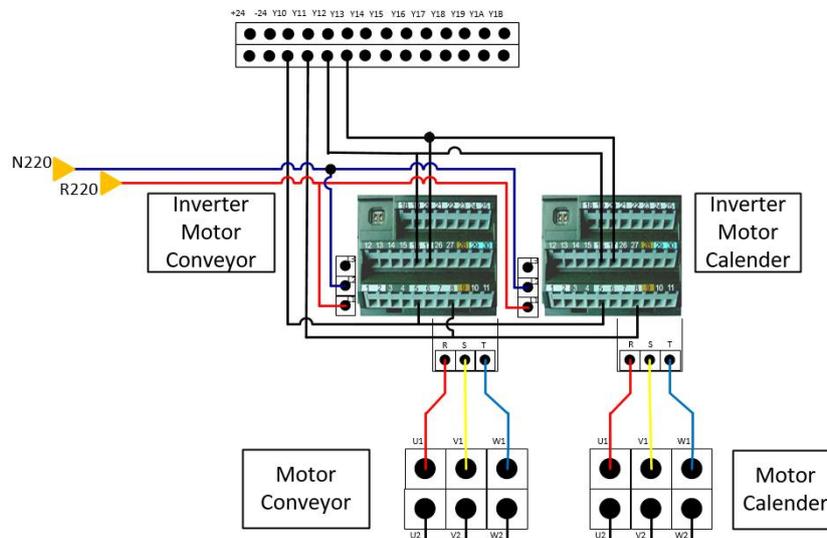
Perancangan ini menggunakan output modul QY10 yang terletak pada slot 3. Pada COM QY10 mampu diberi sumber tegangan AC 100/200 VAC maupun DC 24 VDC. Output modul QY10 terhubung dengan relay 24 VDC sebagai penghubung dan pemutus arus listrik dengan beban PLC yang akan terpasang pada pin terminal.



Gambar 6 Wiring Diagram Output Modul QY10

4.3 Wiring Diagram Inverter

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



Gambar 7 Wiring Diagram Inverter

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.

4.4 Pengalamatan Ladder Diagram PLC

Berikut pengalamatan yang digunakan pada ladder diagram untuk sistem sinkronisasi *speed conveyor feeding* dengan *speed calender*.

Tabel 1 Pengalamatan *Ladder Diagram* PLC

No	Alamat	Keterangan
1	M0	HMI Button Stop Inverter (0 mpm)
2	M1	HMI Button Speed 5 mpm
3	M2	HMI Button Speed 10 mpm
4	M3	HMI Button Speed 15 mpm
5	M4	HMI Button Speed 20 mpm
6	M5	HMI Button Speed 25 mpm
7	SM400	Always On
8	Y10	Terminal 5 Inverter
9	Y11	Terminal 8 Inverter
10	Y12	Terminal 16 Inverter
11	Y13	Terminal 17 Inverter

4.5 Perhitungan Frekuensi Motor Induksi

Mendapatkan nilai frekuensi yang dibutuhkan oleh motor induksi *calender* dan *conveyor feeding* dibutuhkan spesifikasi yang terdapat pada tabel 3 untuk melengkapi proses perhitungan.

Tabel 2 Spesifikasi Item

Item	<i>Calender</i>	<i>Conveyor</i>	Satuan
Jumlah kutub motor	4	6	Pole
<i>Frequency</i>	50	50	Hz
RPM	1500	1000	rpm
Diameter roll	610	50	Millimeter
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, sehingga diperoleh T adalah 4,608 s. Masukkan nilai T pada persamaan (3) untuk mendapatkan nilai kecepatan sudut, sehingga diperoleh $\omega = 1,364$ rad/s.

Setelah diketahui nilai kecepatan sudut, maka nilai tersebut dapat digunakan untuk mencari nilai RPM pada shaft (output) gearbox dengan menggunakan persamaan (4). Sehingga N diperoleh 13,02 RPM. Nilai N yang didapat adalah nilai RPM pada shaft (output) gearbox (N2). Setelah itu dapat digunakan untuk menghitung nilai RPM pada shaft (input) motor *calender* (N1) dengan rasio (i) gearbox 74 : 1. Untuk mendapatkan nilai RPM N1 dapat digunakan persamaan (5). Hasil perhitungan diperoleh N1 adalah 963,48 RPM.

Setelah didapatkan nilai N1 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 RPM. Perhitungan dapat dilakukan dengan persamaan (1). Dari hasil perhitungan, maka didapatkan frekuensi sebesar 32,12 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 3 Perhitungan Frekuensi Motor Calender

MPM	V (m/s)	T (s)	ω (rad/s)	N (Rpm)	N1 (Rpm)	f (Hz)
5	0.08	23.01	0.27	2.61	193.00	6.43
10	0.17	11.50	0.55	5.22	385.99	12.87
15	0.25	7.67	0.82	7.82	578.99	19.30
20	0.33	5.75	1.09	10.43	771.98	25.73
25	0.42	4.60	1.37	13.04	964.98	32.17

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

Tabel 4 Perhitungan Frekuensi Motor Conveyor

MPM	V (m/s)	T (s)	ω (rad/s)	N (Rpm)	N1 (Rpm)	f (Hz)
5	0.08	3.77	1.67	15.91	31.82	1.59
10	0.17	1.89	3.33	31.82	63.64	3.18
15	0.25	1.26	5.00	47.73	95.45	4.77
20	0.33	0.94	6.67	63.64	127.27	6.36
25	0.42	0.75	8.33	79.55	159.09	7.95

Tabel 4 dan Tabel 5 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.

4.6 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.

Tabel 5 Setting Parameter Inverter Micromaster 440

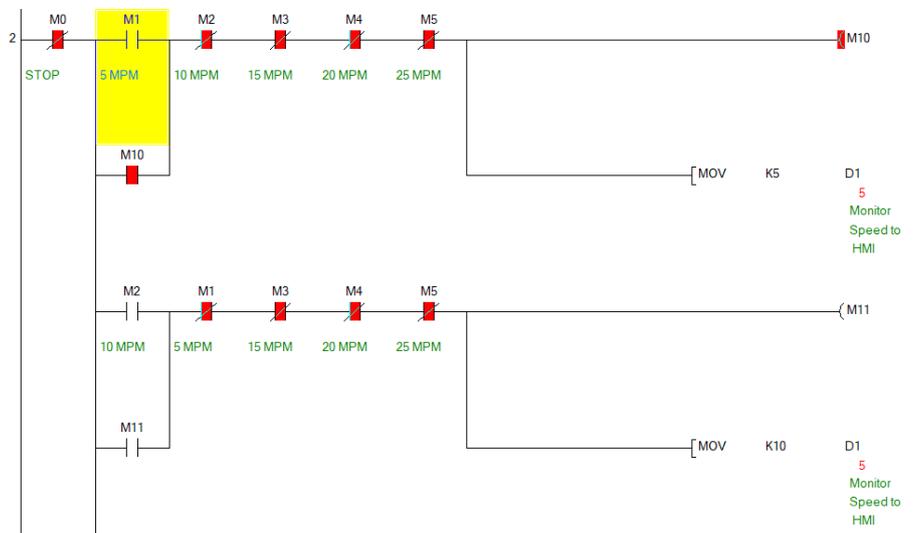
Parameter	Deskripsi	Calender	Conveyor
P0003	User Acces Level	3	3
P0004	Parameter Filter	0	0
P0010	Commisioning Parameter	0	0
P0700	Selection of Command Source	2	2
P1000	Selection of Frequency Set Point	3	3
P1004	Frequency Set Point Terminal 8	4,3 Hz	1,58 Hz
P1005	Frequency Set Point Terminal 16	8,66 Hz	3,17 Hz
P1006	Frequency Set Point Terminal 17	17,3 Hz	6,37 Hz
P1080	Min Frequency	0 Hz	0 Hz
P1082	Max Frequency	50 Hz	50 Hz
P1120	Ramp Up Time	10 sec	10 sec
P1121	Ramp Down Time	10 sec	10 sec

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. **4.7 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. 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. Ketika terminal 5 inverter mendapatkan tegangan, maka inverter akan aktif atau keadaan *ready*.



Gambar 8 Ladder Diagram Trigger Inverter

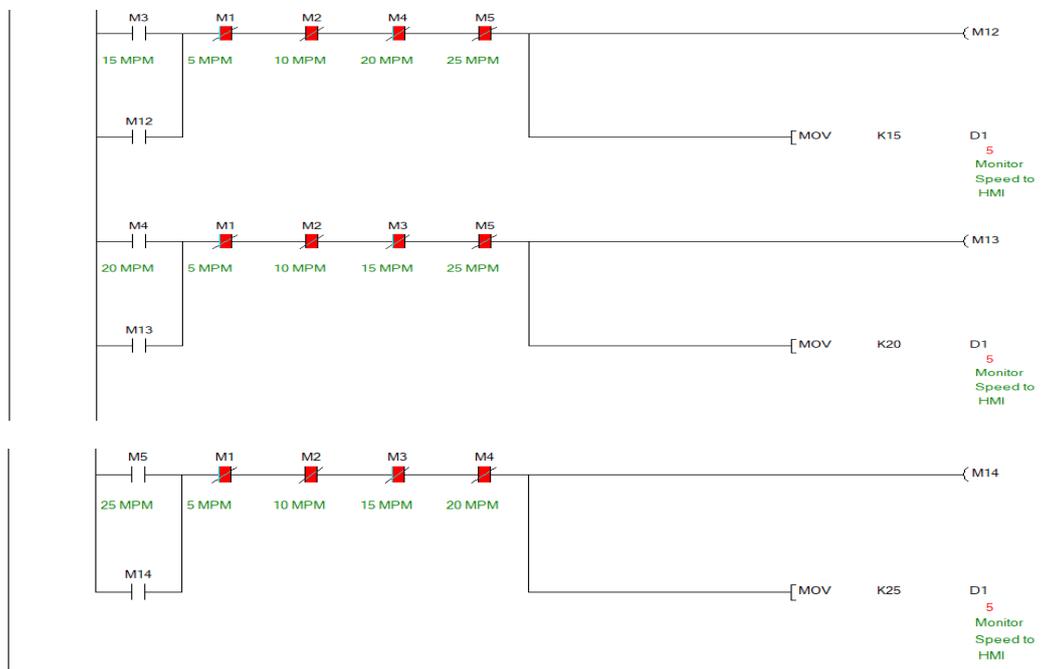


Gambar 9 Ladder Diagram Kontrol Variasi Kecepatan 5 MPM dan 10 MPM

Gambar 9 merupakan gambaran *ladder diagram* untuk mengontrol variasi kecepatan *conveyor* dan *calender* untuk kecepatan 5 MPM dan 10 MPM. Penggunaan *internal relay* (M) sebagai alamat *button* pada 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. Serta terdapat M0 yang digunakan sebagai *button stop* ataupun untuk mereset variasi kecepatan yang dipilih sebelumnya.

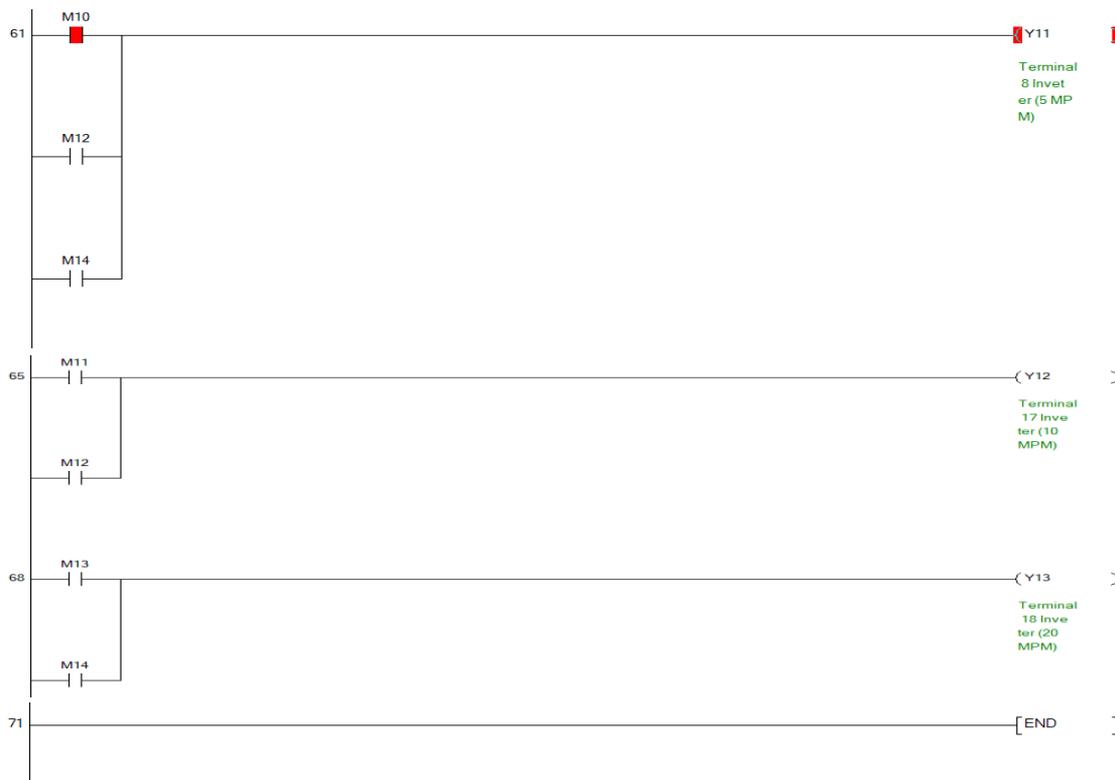
M1 sampai M5 NO (*normally Open*) sebagai *button* pemilih variasi kecepatan, dan M1-M5 NC (*normally close*) sebagai pemutus ketika salah satu variasi kecepatan ditekan maka variasi kecepatan sebelumnya akan tidak aktif. Terdapat D1 di tiap masing-masing line variasi kecepatan, D1 digunakan untuk memberikan 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.

Saat M1 NO ditekan, maka akan mengaktifkan M10 yang akan mentrigger *output* PLC yang terhubung dengan relay 24VDC. Serta akan mengaktifkan MOV K5 D1 yang terhubung dengan tampilan HMI untuk menampilkan kecepatan yang sedang berjalan, maka akan menunjukkan tampilan 5 MPM pada HMI. M2 NO bekerja serupa dengan M1 NO, namun M2 NO akan mengaktifkan M11 dan mengubah tampilan HMI dengan menampilkan kecepatan 10 MPM, sesuai dengan nilai K yang terdapat pada MOV D1. Saat M2 NO ditekan, maka M2 NC akan memutus M10. Sama halnya dengan *internal relay* (M) NC lainnya.



Gambar 10 Ladder Diagram Kontrol Variasi Kecepatan 15 MPM, 20 MPM dan 25 MPM

Sama halnya dengan M1 dan M2 NO. M3, M4 dan M5 NO saat ditekan akan mengaktifkan internal relay yang terdapat pada ujung line masing-masing *ladder*. Begitupun dengan mengubah tampilan indikator pada HMI yang menunjukkan kecepatan yang sedang dijalankan sesuai dengan nilai K yang tertera pada masing-masing *line*. 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 11 Ladder Diagram Output Variasi Kecepatan

4.8 Pengalaman Ladder Diagram PLC

Berikut pengalaman yang digunakan pada *ladder diagram* untuk sistem sinkronisasi *speed conveyor feeding* dengan *speed calender*.

Tabel 6 Pengalaman Ladder Diagram PLC

No	Alamat	Keterangan
1	M0	HMI Button Stop Inverter (0 mpm)
2	M1	HMI Button Speed 5 mpm
3	M2	HMI Button Speed 10 mpm
4	M3	HMI Button Speed 15 mpm
5	M4	HMI Button Speed 20 mpm
6	M5	HMI Button Speed 25 mpm
6	SM400	Always On
7	Y10	Terminal 5 Inverter
8	Y11	Terminal 8 Inverter
9	Y12	Terminal 16 Inverter
10	Y13	Terminal 17 Inverter

4.9 Verifikasi Program Sinkronisasi Speed Conveyor Feeding Dengan Speed Calender

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 dan dihubungkan dengan GT Designer 3, mulai dari menguji

masukkan program hingga keluaran yang terdapat pada program. Hasil yang didapat setelah dilakukan verifikasi program dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 7 Verifikasi Operasi Kerja Program

No	Item	Cara Kerja	Keterangan
1	M0	Saat ditekan maka akan memutus semua ladder yang aktif.	Sesuai
2	M1	a. Saat M1 NO ditekan akan mengaktifkan M10 dan Y11. b. Saat M1 NC ditekan akan memutus <i>button speed</i> yang aktif.	Sesuai
3	M2	a. Saat M2 NO ditekan akan mengaktifkan M11 dan Y12. b. Saat M2 NC ditekan akan memutus <i>button speed</i> yang aktif.	Sesuai
4	M3	a. Saat M3 NO ditekan akan mengaktifkan M12, Y11 dan Y12. b. Saat M3 NC ditekan akan memutus <i>button speed</i> yang aktif.	Sesuai
5	M4	a. Saat M4 NO ditekan akan mengaktifkan M13 dan Y13. b. Saat M4 NC ditekan akan memutus <i>button speed</i> yang aktif.	Sesuai
6	M5	a. Saat M5 NO ditekan akan mengaktifkan M14, Y11 dan Y13. b. Saat M5 NC ditekan akan memutus <i>button speed</i> yang aktif.	Sesuai
7	Y10	Langsung aktif saat PLC dinyalakan.	Sesuai
8	Y11	Akan aktif ketika M10, M12 dan M14 aktif.	Sesuai
9	Y12	Akan aktif ketika M11 dan M12 aktif.	Sesuai
10	Y13	Akan aktif ketika M13 dan M14 aktif.	Sesuai

4.10 Verifikasi Rangkaian

Verifikasi rangkaian dilakukan dengan menguji masing-masing komponen apakah dapat bekerja sesuai dengan kehendak atau tidak.. 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 Operasi Kerja *Relay* PLC

No	Relay	Keterangan
1	Y10	Relay aktif
2	Y11	Relay aktif
3	Y12	Relay aktif
4	Y13	Relay aktif

Berdasarkan tabel 8, terminal *output* relay PLC berhasil aktif sesuai dengan program yang dijalankan. Aktifnya *relay* ditandai dengan menyalanya lampu indikator yang berada pada relay.

Tabel 9 Verifikasi Operasi Kerja Inverter

No	Terminal	Keterangan	Tampilan LCD
1	Terminal 5 inverter motor <i>calender</i>	Aktif	-
2	Terminal 8 inverter motor <i>calender</i>	Aktif	4,30 Hz
3	Terminal 16 inverter motor <i>calender</i>	Aktif	8,66 Hz
4	Terminal 17 inverter motor <i>calender</i>	Aktif	17,30 Hz
5	Terminal 5 inverter motor <i>conveyor</i>	Aktif	-
6	Terminal 8 inverter motor <i>conveyor</i>	Aktif	1,58 Hz
7	Terminal 16 inverter motor <i>conveyor</i>	Aktif	3,17 Hz
8	Terminal 17 inverter motor <i>conveyor</i>	Aktif	6,37 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 10 Verifikasi Motor Induksi

No	Terminal	Keterangan
1	Motor Induksi <i>Calender</i>	Berputar
2	Motor Induksi <i>Conveyor</i>	Berputar

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

5. Kesimpulan

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*.

Referensi

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. A. Mubyarto, W. Hp, A. Taryana, and M. Munawar, "The Application of Industrial Prototype Conveyor System Developed By PLC Mitsubishi FX2N Priswanto , Agung Mubyarto , Widhiatmoko HP , Acep Tary," *Techno*, vol. 18, no. 1, pp. 7–14, 2017.
4. 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.

5. D. I. M. Yamin and W. Purwoko, "Perencanaan Gear Box Dan Analisis Statik Rangka Conveyor Menggunakan Software Catia V5," *Perenc. Gear Box Dan Anal. Statik Rangka Conveyor Menggunakan Software Catia V5*, pp. 1–26, 2017.



© 2021 oleh penulis. Dikirim untuk kemungkinan publikasi akses terbuka di bawah syarat dan ketentuan lisensi Creative Commons Attribution (CC BY) (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

