

Improvement Sistem Motor Ply Untuk Mengurangi Scrap Ply Melipat Pada Proses Cutting Produksi Ban.

Muhammad Rafi Aimar Falah
Program Studi Teknik Elektronika, Politeknik Gajah Tunggal
muhammad.rafi@student.poltek-gt.ac.id

Adik Susilo Wardoyo
Program Studi Teknik Elektronika, Politeknik Gajah Tunggal
adik.susilo@poltek-gt.ac.id

ABSTRAK

The Plant Passenger Car Radial (PCR) produces radial tires and has a Non-Reinforcing Materials Department with various divisions, including the Ply Bias cutting division. One common issue in the bias cutting process is folded ply scraps, mainly found at the end of the treatment roll. Analysis revealed that the problem resulted from the start-stop operation of the let-off motor, causing the treatment roll to twist and the plies to fold. To address this issue, modifications were made to the let-off motor. An inverter was added to adjust the motor speed according to the ply width, and the PLC program was modified to synchronize the motor speed with the HMI recipe. Through five successful trials, the motor speed was effectively adjusted for different ply sizes, reducing the residual rotation of the treatment roll. Data collected showed that prior to the modification, DBC-3 had 205 kg of folded ply scraps in March 2023. After the modification in May 2023, the folded ply scrap decreased to 138 kg, a reduction of 32.7% compared to March.

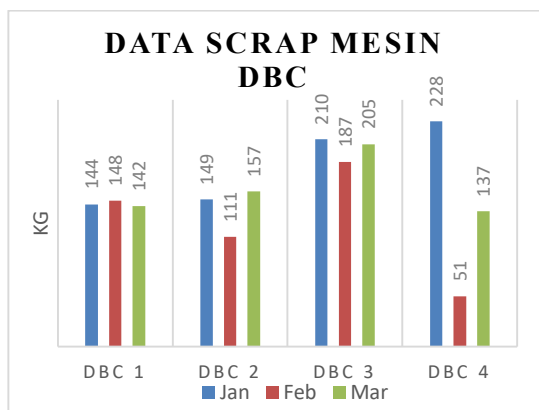
Kata Kunci: *Ply Bias Cutting, Let Off, Scrap Reduction, PLC Control System.*

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Plant Passenger Car Radial atau biasa disebut Plant PCR merupakan salah satu Plant yang memproduksi ban jenis radial di bawah naungan PT. ABC. Plant Passenger Car Radial terdiri dari dua Plant yaitu Plant D&K. Plant D&K terdiri dari 5 departemen yaitu Reinforcing Materials Departement, Non-Reinforcing Materials Departement, Building Departement, Curing Departement, & Final Inspection Departement. Departemen Non-Reinforcing Materials merupakan departemen yang bertugas membuat bahan material tak bertulang. Bahan-bahan yang telah dibuat di Departemen Material kemudian dirakit atau di-assembly di Building Department. Barang yang dihasilkan dari Building Departement disebut Green tire atau ban setengah jadi. .

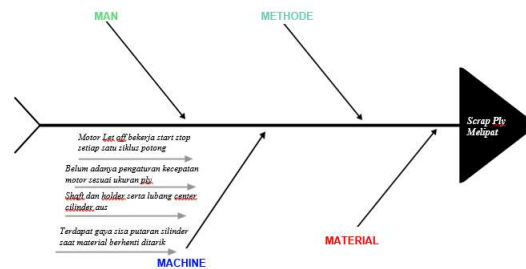
Departemen Non-Reinforce Materials terdiri dari beberapa divisi yaitu Tread Extruder, Sidewall Extruder, Tubeless Calendar, Bead Forming, Bead Finish, dan Ply Bias cutting. Pada Plant D terdapat 4 mesin Ply Bias Cutting yaitu mesin DBC-1, DBC-2, DBC-3, dan DBC-4. Ply Bias cutting merupakan salah satu mesin yang terdapat pada Departemen Non-Reinforce Materials yang memiliki fungsi untuk melakukan pemotongan treatment sesuai dengan lebar yang telah ditentukan menjadi ply. Proses pemotongan *ply* pada mesin *ply bias cutting* tidak lepas dari beberapa masalah yang terjadi. Salah satunya adalah *ply* melipat. Pada Gambar I berikut menampilkan data *scrap* pada mesin DBC yang berada pada Plant D pada bulan Januari - Maret tahun 2023.



Gambar 1. Data *scrap ply* melipat (Kg) Januari - Maret 2023

(Sumber: Departemen produksi, 2023)

Gambar 1 menunjukkan *scrap ply* melipat paling banyak yang dihasilkan pada Mesin DBC 3. Dari permasalahan yang telah ditemukan, maka dilakukan analisis terhadap permasalahan tersebut menggunakan diagram *fishbone* (*cause and effect diagram*) untuk mengidentifikasi dan mencari akar penyebab masalah *ply* melipat yang adapat dilihat pada Gambar II.



Gambar 2. Fishbone Diagram *Scrap ply* Melipat (Sumber : Hasil kajian, 2023)

Berdasarkan diagram *fishbone* pada Gambar 2, penyebab *scrap ply* melipat adalah karena masalah pada mesin. Motor *let off* yang bekerja secara *start-stop* setiap satu siklus potong menimbulkan gaya sisa dari putaran silinder saat material berhenti ditarik. Selain itu *shaft* dan *holder* serta lubang silinder juga sudah aus. Hal ini dapat menyebabkan gulungan *treatment* terpelintir sehingga *ply* di dalamnya melipat. Hal tersebut dapat diminimalisasi jika *speed* motor pada *let off* dibuat menyesuaikan dengan *size treatment* yang akan dipotong. Motor pada sistem *let off* yang digunakan saat ini hanya menggunakan *single speed* atau berputar dengan kecepatan penuh dan belum dapat secara otomatis menyesuaikan dengan lebar potongan *ply*. Maka dari itu perlu adanya modifikasi program dan sistem agar menjadi *variable speed* sesuai dengan *size ply* yang dipotong.

Untuk mengubah sistem *let off* yang bekerja *start-stop* setiap satu siklus potong maka perlu dibuat tambahan program PLC untuk *variable speed let off* yang dapat menyesuaikan dengan *recipe* yang di-input melalui HMI. Selain itu, diperlukan studi dan *trial/error* untuk mencari *speed* yang tepat untuk masing-masing *size ply* yang akan dipotong. Dengan adanya modifikasi tersebut diharapkan dapat menurunkan *scrap ply* melipat sehingga pengiriman produk *ply* ke *building* sesuai *schedule* dan kerja operator sesuai karena tidak perlu melakukan seleksi. Hal tersebut juga diharapkan dapat menurunkan kerugian *scrap ply* melipat per bulan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasar analisis data dan pengamatan peneliti pada mesin DBC 3, dapat ditarik perumusan masalah yaitu Perlu adanya program PLC *control speed* motor yang sesuai dengan *recipe* yang di-input pada HMI sehingga dapat menyesuaikan dengan lebar potongan *ply*.

1.3. Batasan Masalah

1. Besarnya biaya yang dibutuhkan, tidak dibahas dalam penelitian ini.
2. Segala gangguan di luar panel kontrol mesin tidak dibahas dalam penelitian.
3. Modifikasi hanya dilakukan pada mesin DBC 3.
4. Menggunakan PLC tipe Mitsubishi *series Q*.

5. Penelitian tidak menghitung *payback period*.
6. Tidak membahas modifikasi dari segi mekanis.

1.4. Tujuan Kajian

Memodifikasi program plc pada let off mesin ply bias cutting agar kecepatan motor dapat secara otomatis menyesuaikan ukuran potong *ply* yang di-*input* pada HMI.

1.5. Manfaat Tugas Akhir

Tugas akhir yang kita kerjakan ini diharapkan menghasilkan beberapa manfaat sebagai berikut:

1. Mengurangi *scrap* pada mesin *ply bias cutting* akibat *ply* melipat.
2. Mengurangi kerugian biaya dan waktu produksi akibat *scrap ply* melipat.
3. Memaksimalkan kinerja mesin *ply bias cutting*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kajian Sebelumnya

Tabel 1. Kajian sebelumnya

No	Nama Penulis, Tahun	Judul	Hasil Kajian
1	Sholihuddin M (2022)	Laporan kerja praktek HMI PLC <i>inverter</i> untuk kontrol kecepatan motor 3 fasa PT. Handal Yesindo Sejahtera.	Rangkaian alat pengontrol kecepatan motor 3 fasa menggunakan PLC, HMI, dan <i>inverter</i> untuk mengontrol kecepatan motor sesuai kebutuhan dalam sistem otomasi industri.
2	Evalina, Noorly Zulfikar, Abdul Azis (2018)	Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan <i>Programmable Logic Controller</i>	PLC untuk mengontrol perubahan putaran motor induksi dengan menggunakan <i>software CX-Programmer</i> . Dengan mengubah frekuensi yang diatur pada PLC, kecepatan putaran motor dapat diubah sesuai dengan kebutuhan.

2.2. Landasan Teori

1. Modifikasi

Kata modifikasi berasal dari bahasa Inggris yakni *modification* yang berarti mengubah, mengurangi ataupun menambahkan sesuatu terhadap objek yang akan dimodifikasi. Modifikasi dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan performa atau kualitas produk yang dihasilkan (Andrew & Halim, 2020).

2. Motor Listrik

Suatu motor induksi 3 fasa memiliki bentuk bangunan yang nyaris sama dengan motor induksi tipe lain. Motor ini mempunyai 2 bagian utama, yakni stator atau *static* motor atau bagian yang diam, dan rotor, antara stator dan rotor ada celah udara berjarak 0,4 milimeter sampai 4 milimeter (Evalina & Zulfikar, 2018).

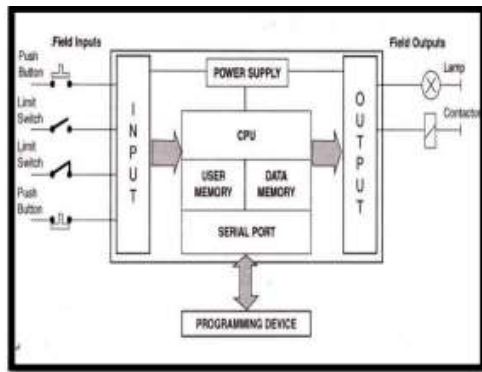
Prinsip kerjanya, rotor berputar karena adanya medan magnet dari kumparan stator sehingga menghasilkan medan putar untuk menggerakkan rotor. Medan putar dihasilkan dari belitan kumparan stator yang dihubungkan dengan sumber 3 fasa sehingga kumparan stator menghasilkan medan magnet yang berputar untuk memutar rotor (Evalina & Zulfikar, 2018).

3. PLC (*Programmable Logic Control*)

Definisi *Programmable Logic Control* adalah sistem elektronik yang beroperasi secara digital dan dirancang untuk menyimpan program yang berisi perintah dalam sebuah memori internal untuk menjalankan fungsi tertentu seperti logika, urutan, pewaktu, pencacahan, dan operasi. Mesin bisa dikontrol menggunakan modul I/O digital atau analog (Imron & Setiawan, 2018).

Berdasarkan namanya *programmable* memiliki beberapa konsep diantaranya (Imron & Setiawan, 2018):

- *Programmable*, menunjukkan bahwa program yang dibuat dapat disimpan didalam memori sehingga dapat mengubah fungsi atau penggunaan suatu alat.
- *Logika*, menunjukkan kemampuan untuk melakukan pemrosesan aritmatika dan logika (ALU) pada *input*, yaitu untuk melakukan operasi seperti perbandingan, penambahan, transfer, pembagian, pengurangan, AND, OR
- Pengendali, menunjukkan kemampuan untuk mengendalikan dan mengatur suatu proses untuk menghasilkan keluaran yang diinginkan.



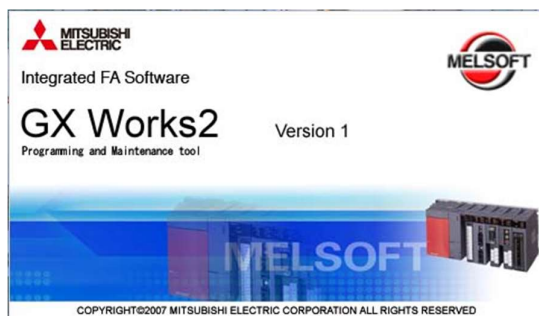
Gambar 3. Blok Diagram PLC.
(Sumber : Evalina & Zulfikar, 2018)

4. HMI

Human Machine Interface merupakan sistem penghubung antara pengguna dan perangkat mesin. Sistem HMI sebenarnya sudah cukup populer di kalangan industri. Pada dasarnya HMI merupakan komputer dengan *display* di Monitor CRT/LCD di mana bisa melihat keseluruhan sistem dari HMI tersebut. Sistem HMI dalam industri berupa sebuah tampilan pada layar komputer yang akan dihadapi oleh operator mesin itu sendiri maupun pengguna lain yang ingin mendapatkan data kerja mesin tersebut berdasarkan jangka waktu yang diinginkan. Penggunaan sistem ini pada dunia industri lebih banyak menggunakan touch screen panel HMI, karena sistem ini memiliki kemudahan dalam pemrograman dan ketahanannya yang dapat diandalkan di lingkungan kerja industri (Abseno, 2018)

5. Software MELSOFT GX-Works 2

GX Works2 merupakan *software* yang digunakan untuk memprogram PLC pada Pemrograman dengan menggunakan *software* GX Works2 dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu menggunakan *Ladder Diagram*, SFC (Sequential Flow Chart), dan *Intelligent Function*. Ketiga cara tersebut memiliki fungsi untuk mempermudah user terhubung dengan PLC melalui komputer / laptop (Sitorus dkk, 2023).



Gambar 4. Software GX Works2
(Sumber : Sitorus dkk, 2023)

6. GT- Designer 3

Untuk melakukan pendesainan sistem kerja dari modul pneumatik digunakan suatu *software*. *Software* yang cocok untuk mendesain HMI pada PLC Mitsubishi Q – Series yaitu menggunakan GT Designer3. GT Designer3 merupakan salah satu *software* untuk melakukan proses mendesain HMI yang nantinya akan digunakan sebagai desain tampilan sistem kerja modul pneumatik. GT Designer3 merupakan *software* resmi untuk PLC Mitsubishi yang dibuat oleh Melseft (Prabowo, 2018)

7. Limit switch

Limit switch adalah saklar tekan yang berfungsi sebagai pemutus atau penyambung arus listrik dari sumber arus ke beban listrik. Suatu sistem saklar tekan limit switch terdiri dari saklar tekan start, stop reset dan saklar tekan untuk emergency. Limit switch memiliki kontak NC (normally close) dan NO (normally open) (Ramadhan, H, 2018).

III. METODOLOGI KAJIAN

3.1. Pelaksanaan Tugas Akhir

Gambar 5 adalah alur penelitian yang dilakukan dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini.

3.2. Penjelasan Alur Penelitian

1. Pencarian Masalah

Mencari permasalahan yang membuat kinerja atau hasil mesin *ply bias cutting* tidak maksimal. Pencarian masalah dilakukan pada mesin *ply bias cutting* DBC-3 Plant D.

2. Rumusan Masalah

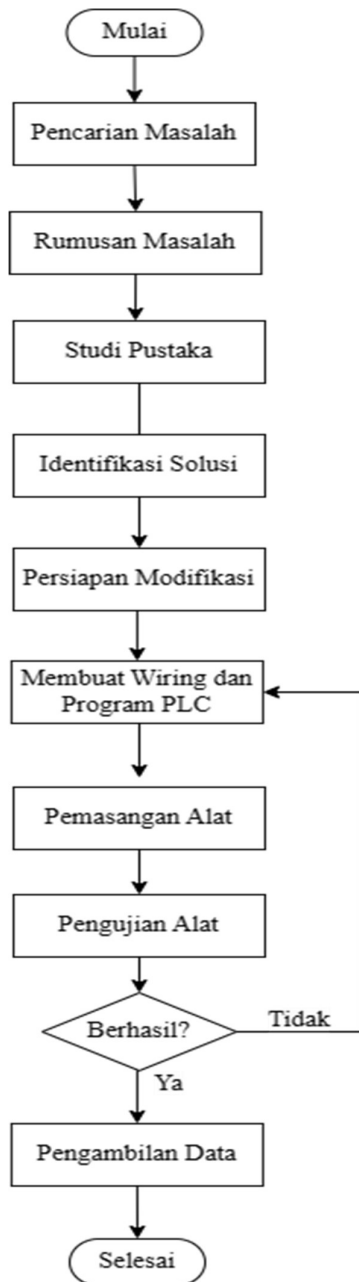
Perumusan masalah pada penelitian ini difokuskan pada mesin *ply bias cutting*. Berdasarkan analisis data dan pengamatan ditemukan bahwa banyaknya *scrap* yang terjadi pada mesin *ply bias cutting* karena *ply* melipat. Hal tersebut diakibatkan karena belum adanya *control speed motor* pada *let off* mesin *ply bias cutting*.

3. Studi Pustaka

Dalam menangani masalah yang ada, penulis menggunakan referensi dari penelitian-penelitian yang memiliki kesamaan tema dengan batas pembuatan maksimal 5 tahun sebelum penulisan ini dibuat. Hal tersebut diperlukan untuk mengkaji dan memahami penelitian yang sedang dikerjakan agar berjalan dengan sebagaimana mestinya.

4. Identifikasi Solusi

Pada tahap ini yaitu mencari solusi agar masalah tersebut dapat teratasi. Dengan metode diskusi untuk mencari pemecah masalah tersebut. Di sini solusi yang ditemukan yaitu memodifikasi pada *let off* mesin *ply cutting* untuk mengurangi lebih banyak *scrap ply* melipat.



Gambar 5. Alur Penelitian

5. Persiapan Modifikasi

Persiapan modifikasi adalah tahap menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan untuk memodifikasi motor let off mesin ply bias cutting.

6. Membuat Wiring dan Program PLC

Pada tahap ini dilakukan perubahan Program PLC dengan jenis *ladder diagram* pada aplikasi GX Work untuk mengoperasikan PLC Mitsubishi yang sudah berjalan. Perubahan program bertujuan untuk menyesuaikan dengan modifikasi yang dilakukan.

7. Pemasangan Alat

Pada proses ini dilakukan pemasangan beberapa komponen yang telah disiapkan menjadi satu kesatuan yang saling terkoneksi satu sama lain sehingga menghasilkan alat yang bekerja sesuai yang diinginkan. Tahap ini meliputi pemasangan dan setting inverter, pengoneksian PLC dengan komponen lain serta perubahan program HMI agar dapat mendukung sistem variable speed speed.

8. Pengujian Alat

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap apa yang sudah dibuat. Memastikan dan menegaskan lagi apakah hasil yang didapat sudah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Apabila masih belum memenuhi kondisi yang diinginkan maka dilakukan kembali tahap sebelumnya.

9. Pengambilan Data

Pada tahap ini dilakukan pengambilan sample data terkait alat yang telah dibuat, termasuk data scrap ply melipat setelah alat dipasang apakah terdapat penurunan atau tidak.

10. Waktu dan Tempat Penelitian

Pada tahap ini dilakukan pengambilan sample data terkait alat yang telah dibuat, termasuk data scrap ply melipat setelah alat dipasang apakah terdapat penurunan atau tidak.

3.3. Jadwal Pelaksanaan Tugas Akhir

Tabel 2. Jadwal kegiatan penelitian

No.	Kegiatan	Bulan					
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun
1	Pencarian Masalah						
2	Rumusan Masalah Masalah						
3	Studi Pustaka						
4	Identifikasi Solusi						
5	Persiapan Modifikasi						
6	Membuat Wiring dan Program PLC						
7	Pemasangan Alat						
8	Pengujian Alat						
9	Pengambilan Data						

IV. HASIL KAJIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Gambaran Umum Hasil Modifikasi

Sistem kerja mesin *ply bias cutting* sebelum dimodifikasi terdiri dari satu siklus potong. Yaitu pada saat operator memasukkan *receipe size ply* ke HMI maka pisau *cutter* akan bergerak menyesuaikan *size*, kemudian motor *let off* akan menyala selama beberapa detik untuk menarik *ply* dari gulungan *treatment*. Setelah itu pisau *cutter* akan memotong *ply* sesuai ukuran pada *receipe*. Siklus tersebut terus berulang sampai operator memasukkan *receipe size* baru jika terjadi perubahan *size*.

Sistem kerja motor yang menyala dan mati dalam beberapa detik menyebabkan beberapa kerugian. Salah satunya adalah sisa putaran pada gulungan *treatment* sering kali menyebabkan *ply* melipat sehingga menimbulkan *scrap*. Modifikasi *variable speed* pada mesin *ply bias cutting* adalah suatu sistem yang dirancang agar kecepatan motor *let off* pada mesin *ply bias cutting* dapat menyesuaikan dengan lebar ukuran *ply* yang di-*input* pada HMI.

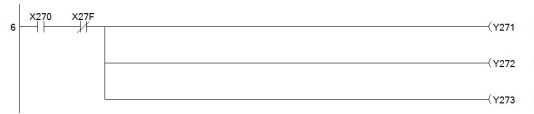
Sistem ini dirancang untuk mengubah cara kerja motor *let off* yang tadinya menyala dan mati dalam beberapa detik menjadi menyala secara terus-menerus dengan kecepatan yang secara otomatis menyesuaikan *size ply*. Hal tersebut diharapkan dapat mengurangi sisa putaran pada gulungan *treatment* sehingga dapat mencegah terjadinya *ply* melipat. Dalam sistem modifikasi ini, saat operator memasukkan data lebar ukuran *ply* pada HMI, PLC akan membaca lebar *ply* mengirimkan informasi tersebut ke *inverter*. Program yang dikirim dari PLC ke *inverter* menggunakan modul Q64DAN



Gambar 6. Modul Q64DAN

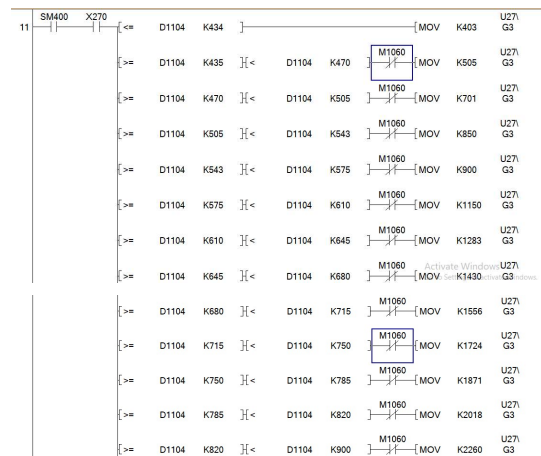
4.2. Ladder Diagram PLC

Salah satu proses dalam modifikasi ini yaitu penambahan program yang tersimpan pada memori PLC. Pada modifikasi ini digunakan PLC Mitsubishi Q Series dan penambahan modul ekspansi *analog output* Q64DAN yang mampu mengonversi nilai digital yang dihasilkan oleh PLC menjadi sinyal analog untuk pengaturan kecepatan motor. Perubahan program PLC menggunakan aplikasi GX Work dengan penambahan program pengaturan kecepatan motor sesuai dengan *size material ply*. Selain itu terdapat perubahan program pada program HMI dengan menggunakan GT Designer3. Gambar VII merupakan program tambahan pada GX Work.



Gambar 7. Ladder Diagram PLC

Pada Gambar 7 menunjukkan bahwa X270 sebagai *signal direction* untuk indikasi modul *ready*. Setelahnya ada X27F sebagai *error flag*, yaitu apabila terjadi eror pada modul maka X27F akan bekerja dan mematikan aliran menuju *channel output*. Selanjutnya yaitu Y271 sebagai *output channel 1*, Y272 sebagai *ouput channel 2*, Y273 sebagai *output channel*. Y273 inilah yang digunakan untuk modifikasi dan sebagai *channel output* dari modul ke *inverter*. Berikutnya ladder diagram untuk *inverter* yang dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Ladder Diagram Analog Output

Pada Gambar 8 menunjukkan bahwa terdapat *special relay* yaitu SM400 yang artinya menyala terus. Kemudian X270 yang artinya modul *ready*, D1104 sebagai *numerical input* dari HMI. Berikutnya ada M1060 sebagai *internal relay* dan nilai MOV pada PLC sebagai *digital input value* serta U27/G3 yang artinya slot ke 27 tempat modul yang terpasang dan *channel 3* yang digunakan. Untuk penjelasan nilai *digital input value* pada PLC nilai maksimalnya adalah K4000 yang di-*setting* dengan normal resolution mode. Di mana nilai K4000 maka akan menghasilkan *output sebesar* 10 V, frekuensi sebesar 50 Hz, dan kecepatan motor 1450 rpm atau sesuai dengan *name plate* motor. Penjelasan terkait frekuensi masing-masing *size* berdasarkan *trial/error* yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel III.

Tabel 3. *Sample trial/error*

No	SIZE MATERIAL	Nilai	Output (V)	FREQ (Hz)	rpm
1.	505-543	K850	2.1	10.5	304.5
2.	543-575	K900	2.25	11.2	324.8
3.	575-610	K1150	2.88	14.4	417.6

Tabel III merupakan nilai yang diperoleh berdasarkan pengujian *trial/error* yang telah dilakukan. Dari *sample* tersebut dapat dicari nilai untuk *range size* material berikutnya melalui persamaan linear. Diambil nilai pada titik terendah yaitu *size* material 505-543 dan

titik tertinggi yaitu 575-610. Dari *range size* material dicari nilai median sebagai X_1 dan X_2 dan nilai K sebagai Y_1 dan Y_2 , maka didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$X_1 = 524$$

$$Y_2 = 850$$

$$X_2 = 595,5$$

$$Y_2 = 1150$$

$$\frac{Y - Y_1}{Y_2 - Y_1} = \frac{X - X_1}{X_2 - X_1}$$

$$\frac{Y - 850}{1150 - 850} = \frac{X - 524}{595,5 - 524}$$

$$\frac{Y - 850}{300} = \frac{X - 524}{71,5}$$

$$71,5Y - 60775 = 300X - 157200$$

$$71,5Y = 300X(-157200 + 60775)$$

$$71,5Y = 300X - 96425$$

$$Y = 4,195X - 1348,6$$

Dari persamaan di atas dapat dicari nilai Y sebagai K untuk masing-masing *size* dengan memasukkan nilai X atau nilai median dari *range size* ke persamaan tersebut. Hasil perhitungan nilai X dan Y dari *size* material yang lain dapat dilihat pada Tabel IV.

Tabel 4. Nilai x dan y per ukuran

No.	SIZE MATERIAL	Median (X)	K(Y)
1.	400-435	417,5	403,4
2.	435-470	452,5	550,2
3.	470-505	488,5	701,2
4.	610-645	627,5	1283,7
5.	645-680	662,5	1430,5
6.	680-715	697,5	1556,5
7.	715-750	732,5	1724,2
8.	750-785	767,5	1871,66
9.	785-820	802,5	2018
10.	820-900	860	2259,7

Berdasarkan hasil perhitungan masing-masing *size* maka didapatkan nilai Y sebagai K seperti pada Tabel 9, namun dilakukan pembulatan agar nilai K bernilai desimal untuk dimasukan pada program PLC. Nilai *Output* tegangan, frekuensi dan rpm motor masing-masing *size* dapat dilihat pada Tabel V.

Tabel 5. Ukuran Potongan Ply, Nilai PLC Output, Frekuensi, dan rpm motor

No	SIZE MATERIAL	Nilai	Output (V)	FREQ (Hz)	rpm
----	---------------	-------	------------	-----------	-----

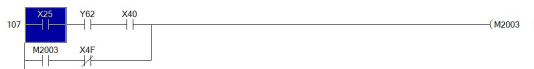
1.	400-435	K403	1	5	145
2.	435-470	K550	1.26	6.3	182.7
3.	470-505	K701	1.75	8.75	253.75
4.	505-543	K850	2.1	10.5	304.5
5.	543-575	K900	2.25	11.25	326.25
6.	575-610	K1150	2.67	13.35	387.15
7.	610-645	K1283	3.11	15.55	450.95
8.	645-680	K1430	3.58	17.9	519.1
9.	680-715	K1556	3.89	19.45	564.05
10.	715-750	K1724	4.31	21.55	610.45
11.	750-785	K1871	4.69	23.45	680.05
12.	785-820	K2018	5.05	25.25	726.45
13.	820-900	K2260	5.68	28.4	823.6

Berikutnya *ladder diagram booster speed* yang dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 9. Ladder Diagram Full Speed

Pada Gambar 9 terdapat X26 sebagai *limit 3* yang akan bekerja sebagai *Booster speed*, yaitu dengan mengaktifkan *internal relay* M1060 sehingga kontak NC M1060 pada program *inverter* akan terputus dan mengirim nilai K3000 agar motor berputar lebih cepat. Jika besi *let off* mengenai *limit 1* maka *internal relay* M1060 akan mati dan mematikan program *full speed* dan *speed motor let off* akan kembali ke program *inverter* atau *multi-speed*. Berikutnya yaitu program alarm yang dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Program Speed Alarm

Pada Gambar 11 terdapat X25 sebagai *limit 4* yang berfungsi sebagai alarm. X25 akan bekerja apabila besi pada *let off* mengenai *limit switch 4* dan mengaktifkan *internal relay* M2003. Kemudian kontak NO M2003 akan aktif dan menghidupkan Y69 sebagai *ouput alarm*, alarm akan berkedip setiap 1 detik karena adanya *special relay* yaitu SM412 yang dapat dilihat *ladder diagram*nya pada Gambar 11.

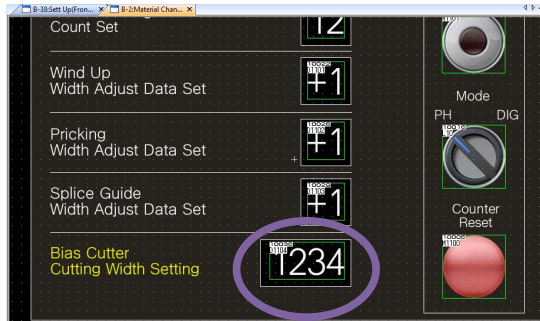


Gambar 11. Program Output Alarm

4.3. HMI

Pada HMI terdapat *numerical input* pada *Bias Cutter Width Setting* yang berfungsi untuk mengatur ukuran lebar *ply* yang akan dipotong. Pada modifikasi kali ini yaitu dengan menambahkan fungsi pada *numerical input* tersebut, yang sebelumnya jika operator memasukkan spesifikasi potongan lebar *ply* maka pisau *cutter* akan bergeser. Setelah dilakukan modifikasi

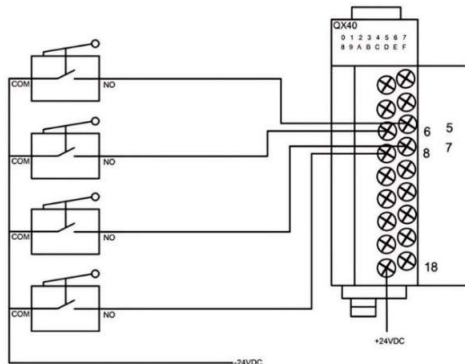
apabila operator memasukkan lebar potongan spec maka pisau *cutter* akan bergerak menyesuaikan lebar potongan *ply* dan motor *let off* juga akan menyesuaikan kecepatan yang sesuai dengan lebar potongan *ply*. Tampilan *numerical input* ukuran *ply* dapat dilihat pada Gambar XII.



Gambar 12. Tampilan Numerical Input pada HMI

4.4. Rangkaian Kontrol Pada *Limit switch*

Sistem kontrol modifikasi ini menggunakan PLC Mitsubishi Q series sebagai kontroler. PLC Q series merupakan PLC yang didesain untuk memberikan kontrol yang handal dan fleksibel. Pada rangkaian kontrol *limit switch* ini terdapat 1 modul input dan 4 buah *limit switch* sebagai kontrol dari motor *lett off* yang dapat dilihat pada Gambar XII.



Gambar 13. Rangkaian Kontrol *Limit switch*

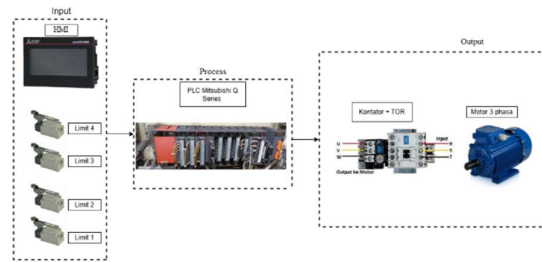
Selanjutnya dapat dilihat pada Tabel V yang merupakan alamat dari *limit switch* yang tersambung pada salah satu modul input PLC.

Tabel 6. Alamat *limit switch* pada PLC

No.	Limit	Alamat
1	Stop	X0028
2	Start	X0027
3	Speed Booster	X0026
4	Emergency	X0025

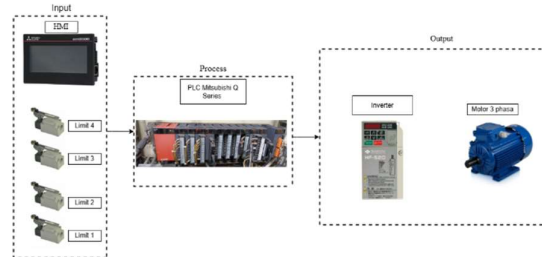
4.5. Blok Diagram Sebelum dan Sesudah Modifikasi

Sistem Kontrol *Let off System* sebelum dan sesudah dimodifikasi diilustrasikan pada Gambar XIV dan Gambar XV.



Gambar 14. Blok Diagram Sebelum Modifikasi

Pada Gambar XIV dapat dilihat blok diagram mesin *ply bias cutting* sebelum dimodifikasi terdapat 4 buah *limit switch* dan HMI sebagai komponen input yang mengirimkan sinyal digital dan analog ke PLC. Kemudian PLC memberikan perintah ke kontaktor untuk menyalakan motor.



Gambar 15. Blok Diagram Sesudah Modifikasi

Pada Gambar XV dapat dilihat blok diagram mesin *ply bias cutting* setelah modifikasi terdapat *inverter* sebagai pengatur kecepatan motor sehingga motor tidak langsung berjalan *full speed* pada saat menerima perintah dari PLC.

V. HASIL DAN PENGUJIAN

5.1. Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan untuk memastikan bahwa alat yang sudah dimodifikasi bekerja sesuai dengan tujuan yang diharapkan. Pengujian alat dilakukan pada komponen pembangun mesin khususnya bagian yang dimodifikasi seperti *limit switch*, rangkaian kontrol, dan kecepatan motor yang diatur dengan menggunakan *inverter*. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali pada setiap item uji. Hasil dari pengujian alat dapat dilihat pada Tabel VI.

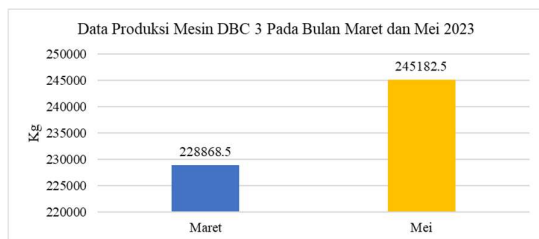
Tabel 7. Pengujian Alat

No.	Uji	Kerja	Hasil Percobaan				
			Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-4	Ke-5
1	<i>Limit switch</i> 1	Motor akan stop apabila besi pada <i>let off</i> mengenai <i>limit switch</i> 1	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
2	<i>Limit switch</i> 2	Motor akan berputar sesuai dengan	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

		kecepatan yang telah diatur dari <i>inverter</i> apabila besi <i>let off</i> mengenai <i>limit switch 2</i>						
3	<i>Limit switch 3</i>	Motor akan berputar secara penuh atau <i>full speed</i> (sesuai dengan spec pada name plate) apabila besi <i>let off</i> mengenai <i>limit switch 3</i>	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
4	<i>Limit switch 4</i>	Alarm akan menyala apabila besi pada <i>let off</i> mengenai <i>limit switch 4</i>	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

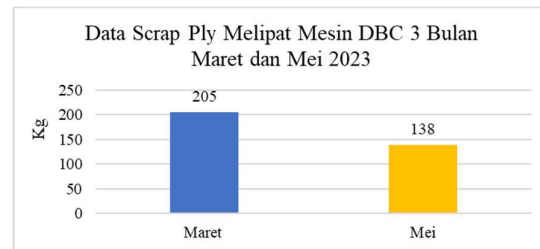
4.2. Perbandingan Grafik Scrap ply Melipat Mesin Sebelum dan Sesudah Modifikasi

Setelah alat selesai dimodifikasi maka diambil data *scrap ply* melipat. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui apakah modifikasi yang dikerjakan berhasil mengurangi *scrap ply* melipat akibat sisa gaya putaran motor *let off* atau tidak. Grafik perbandingan *scrap ply* melipat akibat sisa gaya putaran motor *let off* pada mesin DBC 3 sebelum dan sesudah modifikasi ditunjukkan pada Gambar 29 dan Gambar XII.



Gambar 16. Grafik Produksi Mesin DBC 3 Sebelum dan Sesudah Modifikasi

Pada Gambar 16 menampilkan bahwa data produksi mesin DBC 3 sebelum modifikasi yaitu pada bulan Maret sebesar 228868.5 Kg dan sesudah modifikasi yaitu pada bulan Mei sebesar 245182.5 Kg. Hal ini menunjukkan bahwa produksi mesin DBC 3 meningkat sebanyak 16314 Kg. Untuk data *scrap ply* melipat akibat sisa gaya putaran motor *let off* sebelum dan sesudah modifikasi dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Grafik Scrap ply Melipat Bulan Maret dan Mei 2023

Gambar 17 menunjukkan bahwa pada bulan Maret tahun 2023 *scrap ply* melipat pada mesin DBC 3 seberat 205 kg. Setelah proses modifikasi selesai, pada bulan Mei tahun 2023 *scrap ply* melipat sebanyak 138 kg atau turun sebesar 32,7% dari *scrap* bulan Maret.

VI. KESIMPULAN

Memodifikasi program PLC dengan menambahkan program untuk pengaturan kecepatan otomatis sesuai *size ply*, perubahan program pada HMI dan perubahan program alarm. Hasil pengujian program dengan memasukkan nilai *size ply* pada HMI sebanyak 5 kali terbukti berhasil mengatur kecepatan motor sesuai *size ply* yang dimasukkan. Hal tersebut membuat putaran motor stabil dan mengubah cara kerja mesin *ply bias cutting* sehingga dapat mengurangi lipatan pada akhir gulungan *treatment*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abseno, A. P. (2018). *LKP: Perancangan Program PLC untuk Mesin Pengisian Botol pada PT. Kairos Solusi Indonesia* (Doctoral dissertation, Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya).
- Andrew, A., & Halim, M. (2020). Pusat Modifikasi Mobil Di Pantai Indah Kapuk. *Jurnal Sains, Teknologi, Urban, Perancangan, Arsitektur (Stupa)*, 1(2), 1273.
- Evalina, N., Azis, A., & Zulfikar, Z. (2018). Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Programmable Logic Controller. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 3(2), 73-80.
- Imron, M., & Setiawan, A. (2018). Pemilah Barang Logam Dan Non-Logam Berbasis Plc Omron Cp1E-N30Sdt-D. *Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Tangerang*, 3(33), 22-28.
- Prabowo, A. D. (2018). *Pengaplikasian PLC (Programmable Logic Controller) Untuk Monitoring Cara Kerja Pada Modul Pneumatik Double Acting Cylinder* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Ramadhan, H. (2018). Scoring System Otomatis Pada Lomba Menembak Dengan Target Silhouette Hewan Menggunakan Logika Fuzzy (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).

- Sholihuddin, M. (2022). Laporan kerja praktek HMI PLC *inverter* untuk kontrol kecepatan motor 3 fasa PT. Handal Yesindo Sejahtera.
- Sitorus, H. F., Harahap, R., Armansyah, A., & Yusniati, Y. (2023). Rancang Bangun Sistem Kontrol Smarhome Berbasis PLC. JET (Journal of Electrical Technology), 8(1), 23-27.