

Modifikasi Motor *Let Off* Mesin *Ply Bias Cutting* dengan Menambahkan *Inverter* Untuk *Variable Speed* PT. ABC

Muhammad Amron Nurcholis¹⁾
Program Studi Teknik Elektronika, Politeknik Gajah Tunggal
muhammad.amron@student.poltek-gt.ac.id

Adik Susilo Wardoyo²⁾
Program Studi Teknik Elektronika, Politeknik Gajah Tunggal
adik.susilo@poltek-gt.ac.id

ABSTRAK

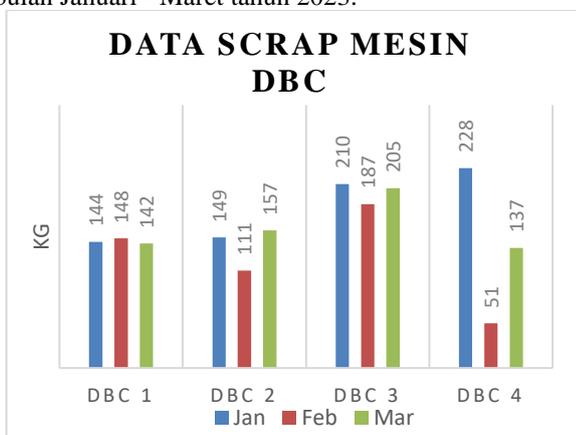
Plant Passenger Car Radial (PCR) memproduksi ban radial dan memiliki bahan Non-Reinforcing Materials yang menghasilkan Ply. Ply bias cutting adalah proses perlakuan pemotongan sesuai dengan lebar yang telah ditentukan menjadi ply. Salah satu scrap yang terjadi pada proses bias cutting adalah folded ply yang diakibatkan oleh sisa putaran motor pada roll treatment saat material berhenti ditarik, scrap folded ply paling banyak dijumpai pada bagian ujung roll. Berdasarkan data yang diperoleh, scrap ply yang terlipat paling banyak ditemukan pada mesin DBC-3. Metode untuk mengatasi masalah ini adalah dengan memodifikasi motor let off dengan menambahkan inverter untuk mengatur kecepatan motor secara otomatis sesuai dengan ukuran ply. Hasil modifikasi tersebut terbukti dapat mengatur kecepatan motor sesuai dengan ukuran ply sehingga dapat mengurangi sisa putaran roll treatment. Berdasarkan data yang telah diambil, scrap ply folds DBC-3 sebelum modifikasi pada bulan Maret 2023 scrap ply folds pada mesin DBC 3 seberat 205 kg. Setelah proses modifikasi selesai, pada bulan Mei 2023 scrap ply yang terlipat sebanyak 138 kg atau mengalami penurunan sebesar 32,7% dari scrap pada bulan Maret.

Kata Kunci: *Inverter, Ply Bias Cutting, Modification*

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

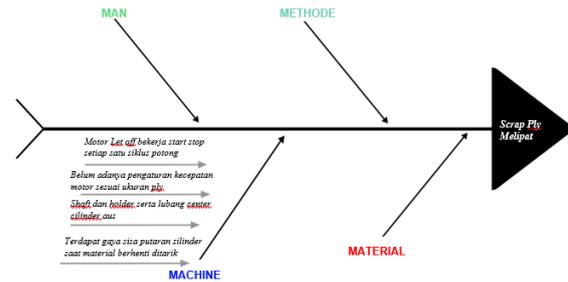
Plant Passanger Car Radial atau biasa disebut *Plant PCR* merupakan salah satu *Plant* yang memproduksi ban jenis radial di bawah naungan PT. ABC. *Plant Passanger Car Radial* terdiri dari dua *Plant* yaitu *Plant D&K*. *Plant D&K* terdiri dari 5 departemen yaitu *Reinforcing Materials Departement*, *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 *disassembly* di *Building Departement*. 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. Gambar I berikut menampilkan data *scrap* pada mesin DBC yang berada pada *Plant D* pada bulan Januari - Maret tahun 2023.



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

(Sumber: Departemen produksi, 2023)

Gambar I 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 II. Fishbone Diagram *Scrap ply* Melipat

Berdasarkan diagram *fishbone* pada Gambar II, 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 di-minimalisasi 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 pengaturan kecepatan 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 motor *let off* pada mesin *ply bias cutting* dengan menambahkan *inverter* sehingga kecepatannya dapat diatur sesuai ukuran potong *ply*.

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 I. Kajian sebelumnya

N o	Nama Penulis, Tahun	Judul	Hasil Kajian
1	Sholihudin 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	Firman, B., & Maulana, S. (2021)	Sistem Pengendalian Motor Induksi 3 Fase Berbasis <i>Programmable Logic Control & Variabel Speed Drive</i> Berpenampil <i>Human Machine Interface</i> .	Konfigurasi V SD dalam beberapa fungsi seperti reverse, forward, dan 4 preset kecepatan dari HSP 60 Hz dan LSP 10 Hz.

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. Conveyor

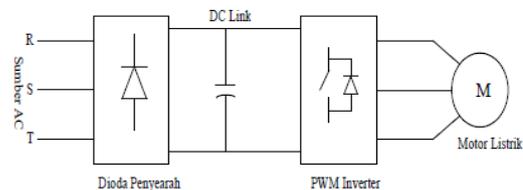
Conveyor merupakan alat yang digunakan untuk memindahkan barang dari suatu tempat ke tempat lain secara mekanis peran *conveyor* sangat vital karena berguna memindahkan barang secara kontinu. Didunia industri penggunaan *conveyor* sangat berperan besar karena dunia industri membutuhkan alat untuk memindahkan barang produksi yang banyak. Hampir sebagian besar industri manufaktur kelas menengah keatas menggunakan *conveyor* dalam membantu proses produksi (Prabowo, 2018).

3. Programmable Logic Controller (PLC)

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).

4. Inverter

Inverter adalah suatu rangkaian yang mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC dengan nilai tegangan dan frekuensi dapat diatur. Fungsi inverter adalah untuk merubah kecepatan motor AC dengan cara merubah frekuensi inputnya .



Gambar III. Inverter

(Sumber : Evalina & Zulfikar, 2018)

Pada dasarnya inverter merupakan sebuah alat yang menghasilkan tegangan bolak-balik dari tegangan searah dengan cara pembentukan gelombang. Namun gelombang tegangan yang terbentuk dari inverter tidak berbentuk sinusoida melainkan berbentuk gelombang dengan persegi. Pembentukan tegangan AC di lakukan dengan menggunakan dua pasang saklar (Evalina & Zulfikar, 2018).

5. 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)



Gambar IV. *Limit Switch*
(Sumber : Ramadhan, 2018)

6. *Cyclo Drive*

Cyclo Drive, juga dikenal sebagai Cycloidal Drive atau Cycloidal Reducer, adalah jenis *gearbox* yang menggunakan prinsip peredaman gesekan melingkar untuk mentransmisikan torsi dan putaran dari motor ke beban yang diinginkan. Prinsip dasar peredaman melibatkan penggunaan roda gigi eksentrik (*eccentric cam*) yang berputar di sekitar sumbu pusatnya, yang kemudian mendorong roda gigi pusat untuk berputar. Gerakan ini menghasilkan torsi dan peredaman yang lebih baik dibandingkan dengan *gearbox* konvensional.



Gambar V. *Cyclo Drive*
(Sumber : Jivitha, Fazil, 2018)

III. METODOLOGI KAJIAN

3.1 Pelaksanaan Tugas Akhir

Berikut gambar 4 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 pengatur kecepatan motor sesuai dengan ukuran potong *ply*.

3.3 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.



Gambar VI. Alur penelitian

1. 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.

2. Persiapan Modifikasi

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

3. 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.

4. 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*.

5. 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.

6. 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.

3.4 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di *Plant D* di PT. XYZ dengan fokus masalah pada mesin *DBC-3*, penelitian dilakukan kurang lebih 6 bulan terhitung dari tanggal 1 Januari 2023 hingga tanggal 30 Juni 2023.

3.5 Jadwal Pelaksanaan Tugas Akhir

Tabel II. 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*. 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*. Berikut ini merupakan gambaran panel sebelum dan sesudah modifikasi.



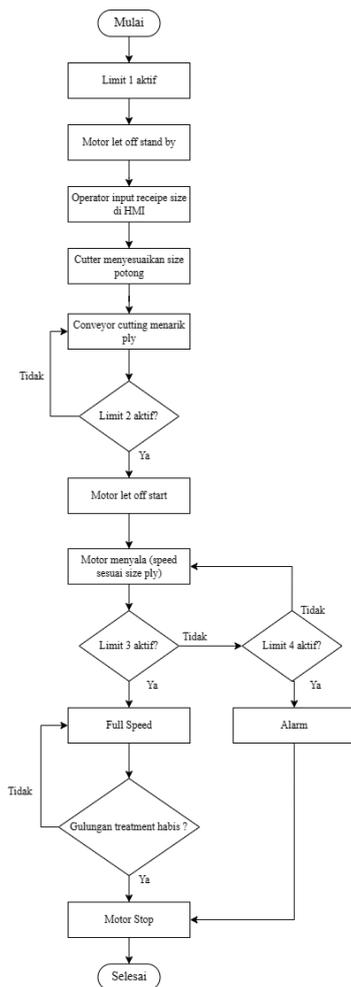
a. Sebelum

b. Sesudah

Gambar VII. Panel Utama DBC-3

4.2 Alur Kerja Mesin Setelah Modifikasi

Cara kerja mesin setelah dimodifikasi yaitu *Limit 1* berfungsi sebagai *trigger* motor *let off stand by*. Pada saat *accumulator* menyentuh *limit 2* maka motor *let off* menyala sesuai dengan *speed* yang telah ditentukan berdasarkan ukuran *ply* pada *receipe*. Ketika *accumulator* menyentuh *limit 3* maka motor akan menyala *full speed* sampai dengan *accumulator* kembali menyentuh *limit 2* atau gulungan *treatment* habis. Jika *accumulator* menyentuh *limit 4* maka mesin akan mengirimkan sinyal alarm dan motor *stop*. Perbedaan mengenai fungsi sensor dapat dilihat pada Tabel III.



Gambar VIII. Alur Kerja Mesin Setelah Modifikasi

Tabel III. Perbedaan Fungsi Sensor

	Sebelum dimodifikasi	Sesudah dimodifikasi
Limit 1	Motor let off stand by	Motor let off stand by
Limit 2	Motor start (Full speed)	Motor Start (variable speed)
Limit 3	Motor Stop	Full speed
Limit 4	Alarm	Alarm

4.3 Setting Parameter Inverter

Dalam mengoperasikan *inverter* untuk mengatur kecepatan motor ada beberapa parameter yang harus diatur. Berikut beberapa parameter yang digunakan mengoperasikan motor :

A. Initialization Parameter

Tabel IV menerangkan parameter A1 : *initialization* parameter atau inisialisasi nilai awal parameter yang digunakan untuk mengoperasikan *driver*.

Tabel 4. *Initialization Parameters*

No.	Nama	Keterangan
A1-01	Acces Level Selection	2 : Advanced Acces Level
A1-02	Control Method Selection	0 : V/F Control

Tabel IV menunjukkan bahwa parameter A1-01 diatur mode 2 untuk *advanced acces level* dan A1-34 diatur mode 0 untuk V/F Control.. Hal tersebut merupakan default untuk mengakses *inverter* dalam pengaturan kecepatan motor.

B. Application Parameter

Tabel V menerangkan B1 : *Operation Mode Selection* digunakan untuk mengkonfigurasi mode operasi.

Tabel V. *Application Parameters*

No.	Nama	Keterangan
B1-01	Frequency Reference Selection 1	1 : Terminals – Analog input terminal A1 atau A2
B1-02	Run Command Selection 1	1 : Digital input terminals
B1-03	Stopping Method Selection	0 : Ramp to Stop Selection

Tabel V menunjukkan *Application Parameter* untuk mengatur input dari *inverter*. Input dari *inverter* harus diatur untuk menentukan penggunaan *single speed* atau *multi speed*. B1-01 diatur nilai 1 dan B1-02 diatur nilai 1 untuk mengatur masukan *inverter* agar pengoperasian masukan dihubungkan ke source S1 dan S2 *inverter* sebagai *forward-reverse*. B1-03 diatur nilai 0 : *Ramp Stop* yang mengindikasikan bahwa *inverter* menggunakan metode *ramp* atau perlahan mengurangi kecepatan motor sebagai *stopping method*.

C. Tuning Parameter

Tuning parameter digunakan untuk mengatur waktu akselerasi dan deselerasi, S-Curves, slip dan torsi. Pengaturan C Parameter dapat dilihat pada Tabel VI.

Tabel VI. *Tuning Parameters*

No.	Nama	Keterangan
C1-01	Acceleration Time 1	1,5 s
C1-02	Deceleration Time 1	1,5 s

Tabel 13 menunjukkan konfigurasi waktu akselerasi dan deselerasi yaitu 1,5 s yang berarti bahwa motor memerlukan waktu 1,5 detik dari posisi diam ke kecepatan yang telah ditentukan dan juga sebaliknya.

D. Reference Parameter

Parameter *Reference* digunakan untuk mengatur beberapa nilai referensi frekuensi selama pengoperasian. Terdapat pengaturan *main frequency*, *multi step speed*, dan *forward-reverse jog*. Pengaturan nilai *reference* dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 5. *References Parameters*

No.	Nama	Keterangan
D1-01	<i>Frequency Reference 1</i>	50
D1-02	<i>Frequency Reference 2</i>	0
D1-03	<i>Frequency Reference 3</i>	0
D1-04	<i>Frequency Reference 4</i>	0
D1-17	<i>Jog Frequency Refetence</i>	5 Hz

Nilai referensi frekuensi dapat di atur mulai dari 0.00 Hz sampai 400.00 Hz. Pada Tabel 14 dapat dilihat *Frequency Reference* yang menunjukkan bahwa D1-01 sebagai *main frequency reference* di set pada nilai 50 Hz. D1-02 dan seterusnya dapat digunakan sebagai frekuensi referensi ketika digital input “*Multi Step Speed Reference*” di set on. D1-17 yang merupakan frekuensi referensi ketika “*Forward Jog*” atau “*Reverse Jog*” on diatur 5.00 Hz.

E. Motor Parameters

Parameter E1 digunakan untuk mengatur *V/F (Voltage/Frequency) Characteristics* dari motor. Dimana *V/F Characteristic* merupakan hubungan antara tegangan input (V) dan frekuensi (F) untuk mengoperasikan motor. Pengaturan motor parameter dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 6. *Motor Parameters*

No.	Nama	Keterangan
E1-01	<i>Input Voltage Setting</i>	400
E1-03	<i>V/f Pattern Selection</i>	0 to F
E1-04	<i>Maximum Output Frequency</i>	130 Hz
E1-05	<i>Maximum Voltage</i>	200 V
E1-06	<i>Base Frequency</i>	0.50 Hz
E1-09	<i>Minimum Output Frequency</i>	0
E1-13	<i>Base Voltage</i>	0
E2-01	<i>Motor Rated Current</i>	4,48
E2-04	<i>Number of Motor Poles</i>	4
E2-11	<i>Motor Rate Capacity</i>	2,20 Kw

Tabel VI menunjukkan spesifikasi motor yang dikontrol. Hal tersebut ditujukan untuk memastikan dan juga mengoptimalkan kinerja *inverter*. Nilai-nilai yang di-*setting* dapat disesuaikan dengan spesifikasi yang tertera pada *name plate* motor. Pada *name plate* motor tertera nilai rpm dan torsi, berikut ini merupakan perhitungan nilai rpm motor, slip dan output torsi pada motor.

Perhitungan kecepatan motor (rpm)

$$N_s = 120 \frac{F}{P}$$

$$N_s = 120 \frac{50}{4}$$

$$= 1500 \text{ rpm}$$

Berdasarkan perhitungan diatas dapat diketahui bahwa nilai putaran stator (Ns) adalah 1500 rpm. Pada *name plate* motor tertera nilai putaran rotor (Nr) sebesar 1450 rpm, maka dapat dihitung nilai presentase slip sebagai berikut.

$$\% \text{ Slip} = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100$$

$$= \frac{1500 - 1450}{1500} \times 100$$

$$= 3,33 \%$$

F. Multi-Function Analog Outputs

Parameter H4 : *Multi Funticon Analog Output* digunakan untuk mengonfigurasi fungsi output analog yang digunakan oleh *inverter*.

Tabel VII. *Multi-Function Terminal*

No.	Nama	Keterangan
H4-02	<i>Terminal AM Gain Setting</i>	0100

Parameter H4-02 merupakan terminal *AM (Analog Monitoring) output gain* dengan tegangan keluaran maksimal 10 V dapat di *setting* dengan nilai pada rentang -999.9 sampai 999.9. *AM gain setting* digunakan untuk mengatur faktor penguatan atau amplifikasi sinyal analog pada *inverter*. Dapat dilihat pada Tabel 16 *Terminal AM Gain Setting* diatur pada nilai 0100.

G. Protection Function

Parameter L : *Protection Function* mengacu pada fungsi perlindungan atau proteksi dalam *inverter*. Fungsi perlindungan ini bertujuan untuk melindungi *inverter* dan komponen terkait dari kondisi operasional yang berpotensi merusak atau membahayakan. Beberapa fitur yang dapat dikonfigurasi dalam parameter ini antara lain : *Overload Protection*, *Overcurrent*, *Over Voltage*, *Under Voltage*, *Short Circuit*, dll. Pengaturan parameter L dapat dilihat pada Tabel VIII.

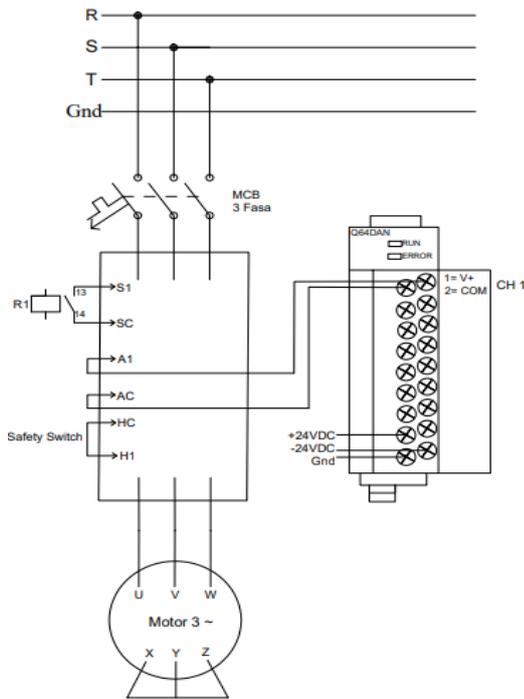
Tabel VIII. *Protection Function*

No.	Nama	Keterangan
L1-01	<i>Motor Overload Protection Selection</i>	1 : <i>General Purpose Motor (Standard Fan Cooled)</i>
L3-04	<i>Stall Prevention Selection during Deceleration</i>	0 : <i>Disabled</i>

Dapat dilihat pada Tabel VIII Parameter L1-01 di atur 1 : *General Purpose Motor (Standard Fan Cooled)* merupakan perlindungan motor dari beban berlebih (*overload*). Parameter L3-04 di *-setting 0 : Disabled*.

4.4 Rangkaian Kontrol Daya dan Inverter

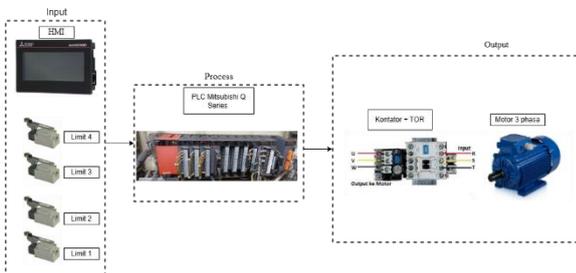
Rangkaian daya dan kontrol pada inverter menunjukkan rangkaian motor induksi 3 fasa dengan inverter dan modul analog output Q64DAN sebagai pengendali kecepatan motor. Gambar 26 merupakan rangkaian daya inverter motor *let off* mesin DBC 3.



Gambar IX. Rangkaian Kontrol Daya dan Inverter

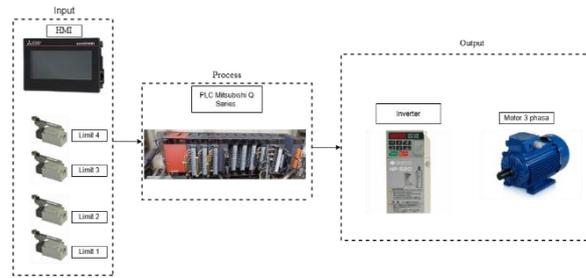
4.5 Blok Diagram Sebelum dan Sesudah Modifikasi

Sistem Kontrol *Let off* System sebelum dan sesudah dimodifikasi diilustrasikan pada Gambar 27 dan Gambar X.



Gambar X. Blok Diagram Sebelum Modifikasi

Pada Gambar X 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 XI. Blok Diagram Sesudah Modifikasi

Pada Gambar XI 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.

4.6 Hasil dan Pengujian

I. Pengujian Alat

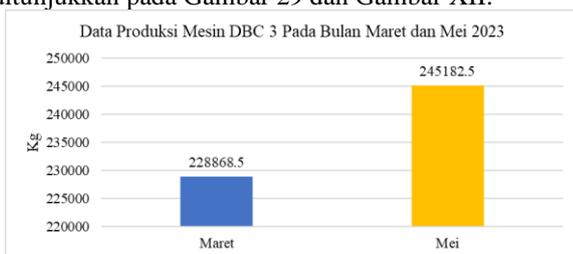
Pengujian alat dilakukan untuk memastikan bahwa alat yang sudah dimodifikasi bekerja sesuai dengan tujuan yang diharapkan. Pengujian alat dilakukan pada komponen pembangun mesin khususnya bagian yang dimodifikasi seperti *limit switch*, rangkaian kontrol, dan kecepatan motor yang diatur dengan menggunakan inverter. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali pada setiap item uji. Hasil dari pengujian alat dapat dilihat pada Tabel 19.

Tabel VI. Pengujian Alat

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

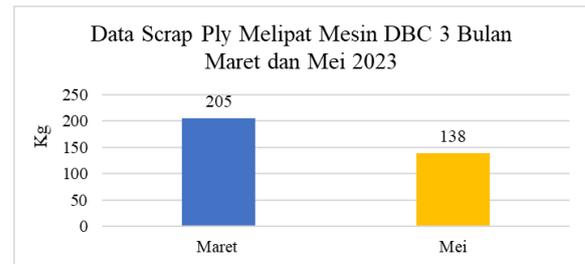
No. Uji	Kerja	Hasil Percobaan				
		Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-4	Ke-5
4	Limit switch 4	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

- 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 XII. Grafik Produksi Mesin DBC 3 Sebelum dan Sesudah Modifikasi

Pada Gambar XII 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 XIII.



Gambar XIII. Grafik *Scrap ply* Melipat Bulan Maret dan Mei 2023

Gambar XIII 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.

V. KESIMPULAN

Memodifikasi *let off system* mesin *ply bias cutting* dengan menambahkan *inverter* sebagai pengatur kecepatan motor agar dapat menyesuaikan dengan lebar ukuran potong *ply*. 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.
- Jivitha, R. S., & Mohamed Fazil, A. (2018). Design and Development of Cycloidal Drive System for Robotic Applications. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 7(2), 307-312.
- 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).

- Rasyid, R., Muhammad, M., & Rasyid, R. R. (2022). Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Spwm Inverter dan Kontrol Pid dengan Metode Hibrid Volt/Herzt Konstan-Sensor Arus. *PROtek: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 9(1), 57-62.
- 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 Smarthome Berbasis PLC. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 8(1), 23-27.