

Modifikasi Sistem *Cutting Body Ply* pada Mesin *Building* Menggunakan PLC Allen-Bradley

[*Modification of Bodyply Cutting System on Building Machines Using Allen-Bradley PLC*]

Mario Gracio A. Rhizma¹, Denson Siburian², Henri P. Uranus^{3*}
^{1,2}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pelita Harapan, Indonesia
*Korespondensi penulis: mario.rhizma@uph.edu

ABSTRACT

The process of body ply cutting system was previously performed manually, resulting in high cycle time and safety risks. The main issues include the lack of standardization in cutting pressure, cutting speed, and the risks associated with using a blade heated to 160-180°C. The proposed automated solution involves implementing proximity sensors, a Variable Frequency Drive (VFD), pneumatic solenoids, a three-phase motor, and a heating system with temperature control using a thermocouple. The system is controlled using an Allen-Bradley PLC and programmed with Studio 5000 Logix Designer. The results indicate that the modifications successfully reduce the cycle time per unit by 9.11% and increased production in the first shift by 7.6%.

Keywords : *Body ply cutting; VFD; PLC; Allen-Bradley; automation*

ABSTRAK

Proses *body ply cutting* sebelumnya dilakukan secara manual, menyebabkan tingginya *cycle time* dan risiko keselamatan kerja. Beberapa masalah utama yang terjadi adalah tekanan pemotongan yang tidak standar, kecepatan pemotongan, dan risiko penggunaan pisau yang dipanaskan hingga 160-180°C. Solusi yang diusulkan adalah otomatisasi proses mencakup penerapan sensor *proximity*, *Variable Frequency Drive* (VFD), solenoid pneumatik, motor 3 fasa, serta pemanas dengan pengendalian suhu menggunakan termokopel. Sistem ini dikontrol menggunakan PLC Allen-Bradley dan diprogram melalui Studio 5000 Logix Designer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa modifikasi ini berhasil mengurangi *cycle time/unit* sebesar 9,11% dan meningkatkan produksi pada *shift* 1 sebesar 7,6%.

Kata kunci : *Body ply cutting; VFD; PLC; Allen-Bradley; otomatisasi*

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi di industri manufaktur, khususnya dalam sistem kontrol dan otomatisasi, mendorong inovasi untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas. Dalam proses produksi ban di PT. ABC Tbk, terutama pada *Building Section* yang bertujuan merakit material menjadi *greentire*, ditemukan bahwa proses

pemasangan *Body Ply* memiliki *cycle time* tertinggi, yaitu 51 detik, dibandingkan proses lainnya. *Cycle time* adalah waktu yang dibutuhkan untuk melakukan dari awal hingga akhir proses tersebut. Analisis menunjukkan bahwa proses pemotongan *Body Ply* secara manual menggunakan pisau *heater* menjadi salah satu penyebab tingginya waktu proses tersebut. Oleh

karena itu, diperlukan modifikasi sistem dengan membuat auto *Cutting Body Ply* untuk mengotomatis proses pemotongan, sehingga waktu pemasangan *Body Ply* dapat dikurangi dan produktivitas mesin meningkat.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang digunakan terdiri dari mesin *Building*, PLC, VFD, motor induksi 3 fasa, HMI, dan sensor *proximity*.

Mesin *Building* adalah alat utama dalam proses produksi ban yang berfungsi untuk menggabungkan berbagai material hingga menghasilkan *greentire*. Proses ini terbagi menjadi tiga area utama yaitu *Ply Up Drum* (PUD), *Belt Tread Drum* (BTD), dan *Building Drum* (BDD).

Di area PUD, dilakukan pemasangan material seperti *Sidewall*, *Innerliner*, *Steel Chafer*, *Body Ply*, serta proses *Carcass Stitching*, pemasangan *Bead*, dan *Belt Edge Cushion*. Material tersebut dirakit pada drum *carcass* hingga menghasilkan *greencase* sebagai tahap awal pembentukan *greentire* (Prakoso, 2020).

Programmable Logic Controller (PLC) adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengendalikan proses otomatisasi di industri. PLC yang

digunakan adalah PLC Allen-Bradley dengan dukungan perangkat lunak pemrograman seperti RSLogix atau Studio 5000 (Rais et al., 2022), berfungsi untuk memantau status masukan dari sensor, memproses data berdasarkan program yang dipasang, dan menghasilkan keluaran untuk mengontrol aktuator seperti motor dan katup. PLC menggunakan bahasa pemrograman seperti *ladder diagram*, *statement list*, dan *function block diagram* (FBD). Dibandingkan sistem kendali konvensional, PLC memiliki keunggulan dalam fleksibilitas, keandalan, dan kemampuannya beroperasi di lingkungan industri yang berat (Nugraha et al., 2023).

Variable Frequency Drive (VFD) adalah perangkat elektronik yang mengatur kecepatan dan torsi motor induksi dengan mengubah frekuensi dan tegangan suplai listrik. VFD yang digunakan adalah SINAMICS V20 dari Siemens, berfungsi untuk meningkatkan efisiensi energi dan performa mesin dalam aplikasi yang memerlukan variasi kecepatan, seperti pada pompa, *fan*, dan *conveyor*. Prinsip kerjanya memanfaatkan teknologi modulasi lebar pulsa (PWM) untuk menghasilkan kontrol presisi pada motor listrik (Agamloh, 2017). PLC berkomunikasi dengan perangkat eksternal seperti HMI atau sistem SCADA (Yadav et al., 2021) (Thepmanee et al., 2022) (Steven et al., 2022) melalui protokol

komunikasi industri yang standar, seperti Modbus, Profibus, EtherCAT, *Ethernet/IP*, atau *CANopen*.

Motor induksi tiga fasa adalah jenis motor listrik andal yang umum digunakan di industri karena efisiensi tinggi dan biaya operasional rendah. Motor ini bekerja berdasarkan medan magnet berputar yang dihasilkan oleh suplai arus tiga fasa pada stator, yang menginduksi arus di rotor sehingga menghasilkan putaran. Motor ini tidak memerlukan sikat atau komutator, sehingga perawatannya lebih sederhana (Prasetya et al., 2018).

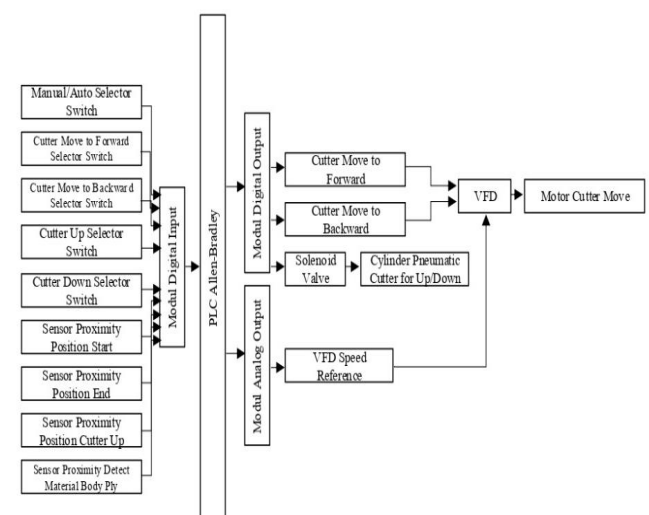
Human Machine Interface (HMI) adalah antarmuka yang menghubungkan operator dengan mesin atau sistem kendali, memungkinkan pemantauan dan pengendalian proses secara *real-time* melalui perangkat layar sentuh atau komputer. HMI sering digunakan bersama PLC untuk menampilkan status mesin, menerima masukan operator, dan memberikan peringatan jika terjadi kesalahan, sehingga mempermudah pengoperasian dan pemantauan sistem otomatisasi (Mourtzis et al., 2023).

Sensor *proximity* adalah sensor yang mendeteksi keberadaan objek tanpa kontak fisik, menggunakan prinsip elektromagnetik, kapasitif, atau optik. Sensor *proximity* yang digunakan adalah tipe *Normally Open* (NO), berfungsi untuk

mendeteksi posisi, kecepatan, atau kehadiran objek dalam aplikasi industri seperti *conveyor* dan pintu otomatis, dengan jenis utama meliputi sensor induktif untuk logam, kapasitif untuk non-logam, dan optik untuk deteksi berbasis cahaya (Sirait et al., 2024).

Metode Penelitian

Penelitian ini dimulai dari observasi untuk mengidentifikasi masalah, kemudian diikuti dengan penentuan tujuan penelitian.



Gambar 1. Blok Diagram *Cutting Body Ply*

Selanjutnya dilakukan studi pustaka dan studi lapangan untuk mendukung pengumpulan data. Proses berlanjut ke pengolahan data. Data yang telah diolah digunakan dalam tahap perancangan *hardware* dan *software*. Setelah itu, *hardware* dan *software* diuji. Jika pengujian berhasil, data dianalisis untuk menghasilkan kesimpulan dan saran.

Berdasarkan Gambar 1, proses dimulai dengan mengoperasikan beberapa *selector*, kemudian masuk ke modul digital dan diproses oleh CPU PLC Allen-Bradley. Kemudian data tersebut diteruskan menuju modul *digital output* yang akan dihubungkan ke aktuator berupa *solenoid valve* untuk menggerakkan *cylinder pneumatic* dan *Variable Frequency Drive (VFD)* untuk mengontrol motor induksi 3 fasa. Modul *analog output* dihubungkan dengan VFD untuk *speed reference*. *Sensor proximity* dengan koneksi *Normally Open (NO)* akan mendeteksi posisi awal *Cutter Body Ply* saat bergerak maju (*forward*) dan posisi akhir saat bergerak mundur (*backward*). Sensor ini menggunakan tegangan operasi 24V dan berjenis induktif karena *Body Ply* mengandung *steel cord* logam. Dimensi sensor adalah $M12 \times 30$ mm, dengan jarak deteksi 2-25 mm. *Sensor proximity position end* akan mendeteksi posisi akhir setelah *Cutter Body Ply* bergerak maju (*forward*). *Sensor reed switch* dengan koneksi *Normally Open (NO)* berfungsi mendeteksi posisi atas (*up*) *Cutter Body Ply* sebelum *cutter* menekan ke bawah untuk memotong material *Body Ply*. Sensor ini menggunakan tegangan operasi 24V dan mendeteksi magnet yang terdapat di dalam silinder pneumatik. Rancang bangun sistem tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagian-bagian Mesin *Building* pada Area *Cutter Body Ply*

Berikut ini merupakan bagian-bagian mesin *Building* area *Cutter Body Ply*, yaitu:

1. *Sensor Proximity Position Start*
Sensor ini berfungsi mendeteksi posisi awal *Cutter Body Ply* sebelum bergerak maju (*forward*) dan posisi akhir dari gerakan *cutter* saat bergerak mundur (*backward*)
2. *Sensor Proximity Position End*
Sensor ini berfungsi untuk mendeteksi posisi akhir setelah *Cutter Body Ply* bergerak maju (*forward*)
3. *Unit Cutter Body Ply*
Cutter Body Ply berfungsi untuk memotong material *Body Ply*. *Cutter Body Ply* dapat bergerak maju (*forward*) dan mundur (*backward*) dengan motor induksi sebagai aktuator.
4. *Material Body Ply*
5. *Conveyor Body Ply*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Beberapa Parameter

Body Ply

Tabel 1. Hasil Pengujian Parameter *Length Body Ply*

No	Pengujian	Parameter <i>Length Body Ply</i>	Hasil pengukuran dengan alat ukur meteran	% <i>Error</i>
1	Pengujian ke-1	1000 mm	999 mm	0.08%
2	Pengujian ke-2	1050 mm	1055 mm	0.4%
3	Pengujian ke-3	1100 mm	1098 mm	0.16%
4	Pengujian ke-4	1150 mm	1149 mm	0.08%
5	Pengujian ke-5	1200 mm	1197 mm	0.24%
6	Pengujian ke-6	1250 mm	1250 mm	0%
7	Pengujian ke-7	1300 mm	1296 mm	0.32%
8	Pengujian ke-8	1350 mm	1345 mm	0.4%
9	Pengujian ke-9	1400 mm	1401 mm	0.08%
10	Pengujian ke-10	1450 mm	1452 mm	0.16%
Rata-rata				0.192%

Parameter yang pertama diuji adalah *Length Body Ply*. Hasil pengujian terlihat pada Tabel 1. Parameter lain yang juga diuji adalah *Speed Cutter Body Ply* dan *Heater Cutter Body Ply*, seperti terlihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Hasil Pengujian Parameter *Speed Cutter Body Ply*

No	Pengujian	Parameter <i>Speed Cutter Body Ply</i>		Nilai aktual VFD (Hz)	% <i>Error</i>
		mm/s	Hz		
1	Pengujian ke-1	35 mm/s	12.32 Hz	11.96 Hz	2.92%
2	Pengujian ke-2	40 mm/s	14.06 Hz	13.94 Hz	0.85%
3	Pengujian ke-3	45 mm/s	15.84 Hz	15.67 Hz	1.07%
4	Pengujian ke-4	50 mm/s	17.60 Hz	17.41 Hz	1.08%
5	Pengujian ke-5	55 mm/s	19.36 Hz	19.03 Hz	1.70%
6	Pengujian ke-6	60 mm/s	21.12 Hz	21.08 Hz	0.19%
7	Pengujian ke-7	65 mm/s	22.88 Hz	22.62 Hz	1.14%
8	Pengujian ke-8	70 mm/s	24.64 Hz	24.29 Hz	1.42%
9	Pengujian ke-9	75 mm/s	26.40 Hz	26.09 Hz	1.17%
10	Pengujian ke-10	142 mm	50 Hz	49.76 Hz	0.48%
Rata-rata					1.20%

Pada Tabel 1 dapat dilihat hasil pengujian parameter *Length Body Ply*. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali dan didapatkan rata-rata *error* sebesar 0.19 %. Sehingga nilai akurasi yang didapatkan sebesar 98,8 %.

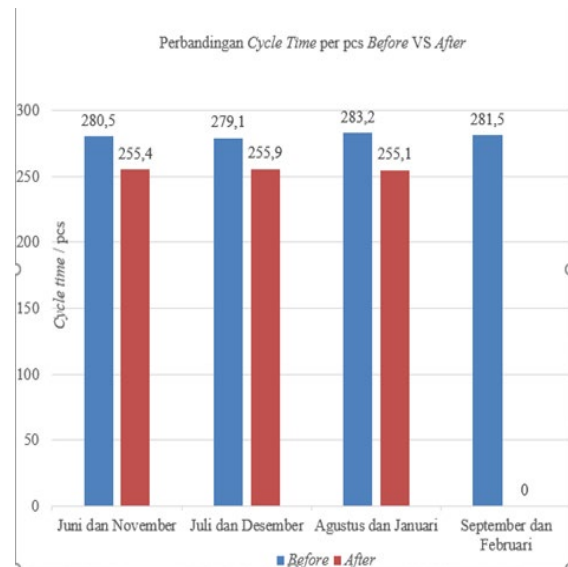
Pada Tabel 2 dapat dilihat hasil pengujian parameter *Speed Cutter Body Ply*. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali, didapatkan rata-rata *error* sebesar 1.20 %, dan nilai akurasi yang didapatkan sebesar 98,79 %.

Pada Tabel 3 dapat dilihat hasil *heater cutter Body*. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali dan didapatkan rata-rata *error* sebesar 1.81 % dengan nilai akurasi 98,19 %.

Tabel 3. Hasil Pengujian Parameter *Heater Cutter Body Ply*

No	Pengujian	Setpoint heater	Suhu aktual heater	% Error
1	Pengujian ke-1	10 °C	9.7 °C	3%
2	Pengujian ke-2	20 °C	19.3 °C	3.50%
3	Pengujian ke-3	30 °C	29.2 °C	2.67%
4	Pengujian ke-4	50 °C	49.93 °C	0.14%
5	Pengujian ke-5	80 °C	79.6 °C	0.50%
6	Pengujian ke-6	110 °C	109.5 °C	0.45%
7	Pengujian ke-7	140 °C	139.7 °C	0.21%
8	Pengujian ke-8	160 °C	159.2 °C	0.50%
9	Pengujian ke-9	180 °C	179.3 °C	0.39%
10	Pengujian ke-10	200 °C	199.1 °C	0.45%
Rata-rata				1.81%

sementara setelah modifikasi meningkat menjadi 67 pcs. Hal ini menunjukkan peningkatan produksi sebesar 4,75 pcs atau 7,6%.



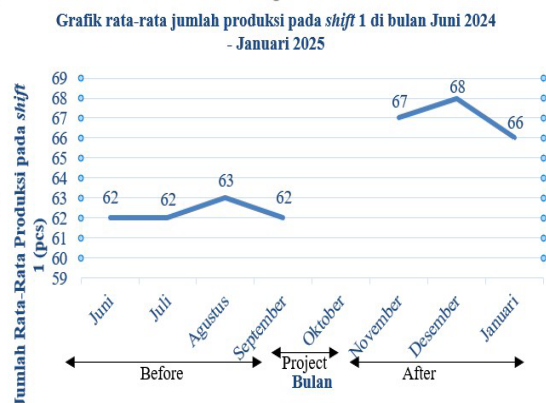
Gambar 3. Hasil Pengujian *Cycle Time* Sebelum dan Sesudah Modifikasi

Hasil Pengujian *Cycle Time*

Pengujian *cycle time* dilakukan pada bulan Juni hingga September 2024. Pada bulan Oktober dilakukan modifikasi otomatisasi sistem, dan pengujian *cycle time* setelah modifikasi dimulai lagi dari bulan November 2024 hingga Januari 2025.

Pada Gambar 3 terlihat bahwa rata-rata *cycle time*/pcs sebelum modifikasi adalah 281,07 detik, sementara setelah modifikasi menurun menjadi 255,46 detik, terjadi pengurangan *cycle time*/pcs yang berdampak pada peningkatan jumlah produksi.

Gambar 4 menunjukkan rata-rata produksi *shift 1* sebelum modifikasi sistem *Cutting Body Ply* adalah 62,25 pcs,



Gambar 4. Hasil Pengukuran Rata-rata Jumlah Produksi Sebelum dan Sesudah Modifikasi

KESIMPULAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa parameter *Length Body Ply* mencapai tingkat akurasi sebesar 98,8 %, parameter *Speed Cutter Body Ply* memiliki akurasi sebesar 98,79 %, dan parameter

Heater Cutter Body Ply memiliki akurasi sebesar 98,19 %.

Proses modifikasi sistem dengan mengotomatisasi proses pemotongan *Body Ply* mengurangi *cycle time*/pcs rata-rata sebesar 25,61 detik, hal ini berdampak pada peningkatan produktivitas rata-rata sistem hingga 7,6%.

DAFTAR PUSTAKA

- Prakoso, G. (2020). *Modifikasi Sistem Carcass Stitcher Pada Mesin Building Menggunakan PLC Siemens Simatic S7-300* [Laporan Tugas Akhir]. Fakultas Teknik, Universitas Mercubuana, Jakarta.
- Rais, M. H., Awad, R. A., Lopez, J., & Ahmed, I. (Apr 2022). Memory Forensic Analysis Of A Programmable Logic Controller In Industrial Control Systems, Forensic Science International: Digital Investigation, Commonwealth University, vol. 40. <https://doi.org/10.1016/j.fsidi.2022.301339>.
- Nugraha, A. T., Marjuki, R., Agna, D. I. Y., & Ivannuri, F. (Mei 2023). Sistem Kontrol Tegangan pada Generator Induksi 3 Phasa dengan PLC Voltage, *Elektriese: Jurnal Sains dan Teknologi Elektro* vol. 13 no. 01, 21–33. <https://doi.org/10.47709/elektriese.v13i01.2347>
- Agamloh, E. B. (2017). Power and Efficiency Measurement of Motor-Variable-Frequency Drive Systems, *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 53 no. 1, 766-773. <https://doi.org/10.1109/TIA.2016.2602807>
- Yadav, G., & Paul, K. (2021). Architecture and security of SCADA systems: A review, *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, vol. 34. <https://doi.org/10.1016/j.ijcip.2021.100433>
- Thepmanee, T., Pongswatd, S., Asadi, F., & Ukakimaparn, P. (Apr 2022). Implementation of control and SCADA system: Case study of Allen Bradley PLC by using WirelessHART to temperature control and device diagnostic, *Energy Reports* vol. 8, 934–941. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.11.163>
- Steven, H., Nabihah, A. R., Sherina, T., Dwiyaniti, M., Indriyani, S., & Widjajanto, D. (2022). Implementasi PLV-VSD dan SCADA pada sistem pengisian air otomatis, *Electrices* vol. 4 no. 2. <https://doi.org/10.32722/ees.v4i2.4679>
- Prasetya, A. M., & Santoso, H. (July 2018). Implementation Of Scalar Control Method For 3 Phase Induction Motor Speed Control, *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)* vol. 3 no. 1, 63–69. <https://doi.org/10.21831/elinvo.v3i1.19460>
- Mourtzis, D., Angelopoulos, J., & Panopoulos, N. (April 2023). The Future of the Human–Machine Interface (HMI) in Society 5.0, *MDPI, Future Internet* 15(5) 162. <https://doi.org/10.3390/fi15050162>
- Sirait, B. B., Nachrowie, Suprayogi. (2024). Rancang Bangun Penegang Baji Tutup Meriam 57mm/S-60 Berbasis Arduino Uno Dan Sensor *Proximity*. Seminar Nasional Fortei Regional 7, vol. 1 no. 1.