

Retrofit Kontrol Kemiringan Pisau Mesin Pemotong Pelat Merek Colgar Berbasis HMI Dan PLC Omron

Deko Trio Desembara^{1*}, Moody Noldy Tumembow², Priyono³

^{1*,2,3}Politeknik Negeri Manado

*Email: Komang.dekoaz@gmail.com

Abstract

A Colgar brand plate cutting machine (Guillotine Shear) manufactured in 1995 located at the Manufacturing Laboratory at Manado State Polytechnic is not functioning properly because the blade (cutter) angle adjustment mechanism is no longer working, thereby limiting the cutting capacity and quality of the results; currently, only the up-and-down movement of the cutting blade is controlled by a relay. This research employs the Research and Development (R&D) method with a design-and-build approach, which includes analyzing the machine's initial condition, designing the mechanical and electrical systems, programming the PLC using CX-Programmer, and designing the HMI interface. Implementation was carried out by integrating hardware and software components, followed by functional testing to measure machine performance. The results of the study indicate that the retrofit system successfully improved machine performance, where the blade tilt angle can be adjusted using the HMI interface by controlling the movement of the solenoid connected to the hydraulic system. The system is also equipped with an audible alert (buzzer) when starting operation. It is recommended that the system be further developed by adding an automatic sensor capable of adjusting the angle according to the thickness of the material being used.

Keywords: Retrofit, PLC, HMI, Guillotine Shear

Abstrak

Mesin pemotong pelat (*Guillotine Shear*) merek Colgar tahun pembuatan 1995 yang ada di Laboratorium Manufaktur Politeknik Negeri Manado tidak berjalan dengan baik karena pengaturan sudut kemiringan bilah (*cutter*) sudah tidak berfungsi, sehingga membatasi kemampuan dan mutu hasil pemotongan, yang berjalan hanyalah naik dan turun pisau pemotong saja yang dikontrol dengan relay. Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan pendekatan rancang bangun (*design and build*), yaitu meliputi analisis kondisi awal mesin, merancang sistem mekanik dan elektrik, serta membuat program PLC menggunakan CX-Programmer, serta merancang antarmuka HMI. Implementasi dilakukan dengan menggabungkan komponen hardware dan software, kemudian dilakukan pengujian fungsional mengukur kinerja mesin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem retrofit berhasil meningkatkan kinerja mesin, dimana sudut kemiringan pisau bisa diubah menggunakan antarmuka HMI dengan mengatur pergerakan solenoid yang terhubung ke sistem hidrolik. Sistem juga dilengkapi dengan bunyi (*buzzer*) saat memulai pengoperasian. Disarankan untuk dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan sensor otomatis yang dapat menyesuaikan sudut sesuai dengan ketebalan bahan yang digunakan.

Kata kunci: *Retrofit, PLC, HMI, Guillotine Shear*

1. Pendahuluan

Saat ini dunia sedang berfokus pada otomatisasi dan revolusi, manufaktur merupakan cabang utama dari revolusi industri karena memungkinkan penggunaan mesin-mesin yang mempermudah pekerjaan manusia sehari-hari [1]. Terkait hal tersebut, mesin Guillotine Shear merupakan suatu alat potong yang berguna untuk memotong lembaran baja [2]. Keberadaan mesin potong pelat ini sangat penting bagi kampus Politeknik Negeri Manado, terutama untuk mahasiswa Jurusan Teknik Mesin semester 2 yang akan melakukan praktik pemesinan dan las atau kerja bangku pipa dan pelat.

Mesin potong pelat yang ada di lab Manufaktur jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Manado sudah tidak berfungsi secara optimal karena pisaunya hanya bisa bergerak naik turun untuk memotong material pelat, tidak dapat di atur sudut kemiringan pisaunya, oleh karena itu akan di retrofit dengan menambah kontrol PLC dan HMI Omron agar menjadi lebih maksimal. Sebagai solusi teknis, Retrofit adalah kegiatan untuk memperbaiki mesin lama menjadi mesin baru minimal secara fungsional dengan mengganti atau menambah sebagian part-part mekanik dan elektrik sehingga mesin dapat berfungsi dengan baik [3].

Implementasi ini sejalan dengan perkembangan zaman, di mana dalam era industri 4.0, teknologi otomasi industri berkembang pesat dengan penggunaan Programmable Logic Controller (PLC) yang semakin meluas. PLC adalah perangkat keras yang dapat diprogram untuk mengendalikan mesin atau proses industri secara otomatis, menjadi bagian integral dari berbagai sektor industri [11] [4]. Oleh karena itu, digunakan PLC Omron CP1H untuk mengontrol derajat kemiringan pisau pada mesin potong pelat Colgar, seperti halnya pada penelitian sejenis yang juga memakai PLC Omron untuk sistem kendali berbasis HMI dan terbukti bekerja dengan baik [12]. Sebagai catatan, istilah "derajat kemiringan," "sudut kemiringan pisau," dan "*rake angle*" yang dipakai

bergantian dalam naskah ini sebenarnya menunjuk pada hal yang sama, yakni besar sudut bilah pemotong terhadap bidang pelat. Agar tidak membingungkan, mulai bagian ini istilah "sudut kemiringan pisau (*rake angle*)" akan dipakai secara konsisten.

Selain sistem kendali, diperlukan sistem antarmuka yang memadai karena HMI adalah sistem yang menghubungkan antara manusia dan teknologi mesin. HMI dapat berupa pengendali dan visualisasi status baik dengan manual maupun melalui visualisasi komputer yang bersifat real time. Tugas dari HMI yaitu membuat visualisasi dari teknologi atau sistem secara nyata. Sehingga dengan desain HMI dapat disesuaikan, sehingga memudahkan pekerjaan fisik. Tujuan dari HMI adalah untuk meningkatkan interaksi antara mesin dan operator melalui tampilan touch panel dan memenuhi kebutuhan pengguna terhadap informasi sistem [5]. HMI yang akan digunakan adalah Omron NB7W.

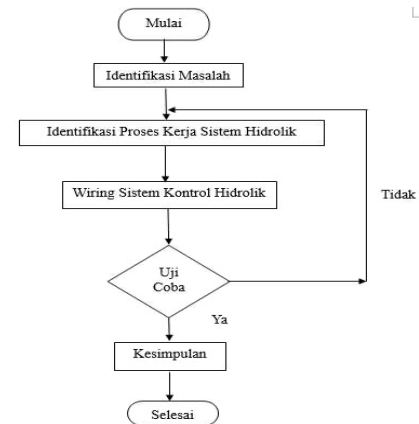
Beberapa penelitian terdahulu telah membahas penerapan PLC dan HMI pada perbaikan maupun pembangunan mesin praktikum. Nugroho dkk. [3] melakukan retrofit pada mesin CNC EDU-MILL dengan mengganti unit kontrol lama menggunakan CNC Sinumerik 808D sehingga mesin dapat kembali berfungsi secara penuh, sedangkan Hosang dkk. [5] merancang trainer kit pengendalian putaran motor tiga fasa berbasis PLC Outseal yang diintegrasikan dengan HMI sepuluh tombol untuk kebutuhan praktikum. Hal serupa juga dilakukan Cahyono dkk. [9] di lingkungan industri, yaitu memodifikasi mesin rewinding kain liner menggunakan PLC, yang sekali lagi menunjukkan bahwa pendekatan retrofit semacam ini memang umum dipakai untuk menghidupkan kembali mesin produksi yang sudah tidak berfungsi optimal. Penelitian yang barangkali paling dekat dengan topik ini adalah milik Shaheed dan Selman [6], yang merancang sistem kontrol PLC dan HMI untuk lini produksi pemotongan pelat baja dan terbukti membuat proses produksi lebih produktif serta lebih aman bagi operator dibanding cara manual sebelumnya.

Meski demikian, dari beberapa penelitian tersebut, termasuk milik Shaheed dan Selman [6] yang lebih menitikberatkan pada pengaturan kecepatan dan panjang potong lewat encoder belum satu pun yang menyentuh persoalan sudut kemiringan pisau pada mesin potong pelat (*Guillotine Shear*), padahal sudut inilah yang justru paling menentukan bagus tidaknya hasil potongan. Kondisi ini pula yang dijumpai pada mesin *Guillotine Shear* di Laboratorium Manufaktur Politeknik Negeri Manado, yaitu mekanisme pengatur sudutnya rusak sehingga fungsi tersebut hilang sama sekali. Dari situlah celah (*gap*) penelitian ini bermula: belum tersedia solusi retrofit yang secara khusus mengembalikan sekaligus mengintegrasikan pengaturan sudut kemiringan pisau ke dalam satu sistem kendali berbasis PLC Omron CP1H dan HMI Omron NB7W. Kebaruan yang ditawarkan penelitian ini terletak pada bagaimana kontrol solenoid hidrolik untuk mengatur sudut kemiringan pisau tersebut diintegrasikan langsung ke antarmuka HMI, lengkap dengan indikator suara (*buzzer*) saat sistem mulai beroperasi. Dengan begitu, operator cukup mengatur sudut pisau melalui panel sentuh tanpa perlu penyetelan manual lagi, sesuatu yang sebelumnya belum pernah diterapkan pada mesin *Guillotine Shear* merk *Colgar* di Politeknik Negeri Manado.

2. Metoda Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (*Research and Development*) dengan pendekatan rancang bangun terapan yang dilaksanakan di Laboratorium Mekatronika Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Manado pada periode Maret hingga Juli 2026. Metode yang digunakan meliputi tahapan: analisis kondisi mesin *Guillotine Shear* Merk *Colgar*, perancangan sistem retrofit (mekanik pengatur sudut pisau, elektrik dengan PLC Omron CP1H, pemrograman ladder diagram, dan desain antarmuka HMI Omron NB7W), implementasi hardware-software pada mesin, pengujian fungsional (pengaturan rake angle dan keandalan sistem melalui siklus pemotongan berulang pada pelat berbagai

ketebalan). Gambar 1 menunjukkan diagram alir dari penelitian retrofit mesin pemotong pelat tersebut.



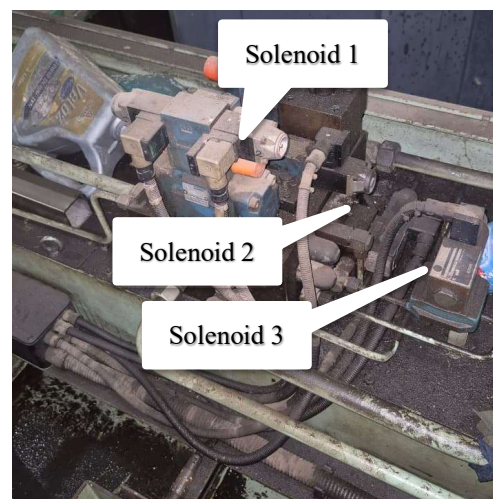
Gambar 1. Diagram alir tahapan penelitian retrofit, mulai dari analisis kondisi mesin hingga pengujian fungsional sistem.

Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan metode pengumpulan data dari wawancara pengguna dan hasil percobaan. Untuk memperoleh keluhan apa saja yang dirasakan saat mengoperasikan mesin pemotong pelat tersebut sebagai landasan untuk perencanaan hardware dan software (*ladder diagrams*) untuk PLC dan HMI, yang sesuai dengan kebutuhan pengguna.

3. Hasil Penelitian

3.1. Identifikasi Solenoid

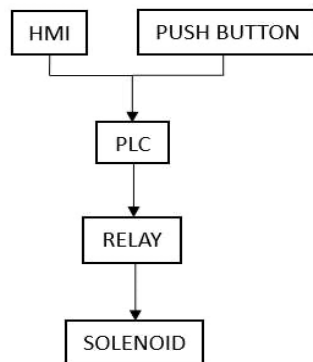


Gambar 2. Solenoid 1, 2, dan 3 pada silinder hidrolik pengatur sudut kemiringan pisau.

Solenoid 1 berfungsi sebagai main (utama) jadi ketika mau menurunkan atau menaikkan sudut kemiringan pisau mesin pemotong solenoid 1 harus aktif, Solenoid 2 berfungsi untuk menurunkan sudut kemiringan pisau mesin pemotong dan Solenoid 3 berfungsi untuk menaikkan sudut kemiringan pisau mesin pemotong. Cara mengatur solenoid lewat integrasi PLC dan HMI seperti ini kurang lebih senada dengan yang dilakukan Siahaan dkk. [10], yang juga merancang kontrol solenoid valve berbasis PLC dan HMI untuk keperluan otomasi proses industri.

3.2. Komponen yang digunakan

Berikut ini adalah komponen-komponen yang akan digunakan pada penelitian ini.



Gambar 3. Komponen yang digunakan pada sistem retrofit, meliputi PLC Omron CP1H, HMI Omron NB7W, dan komponen elektrik pendukung.

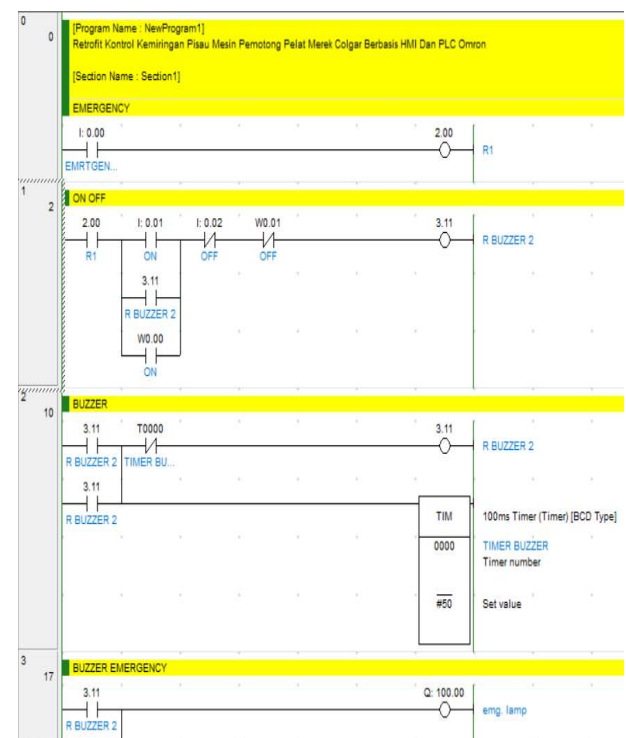
3.3. Program HMI

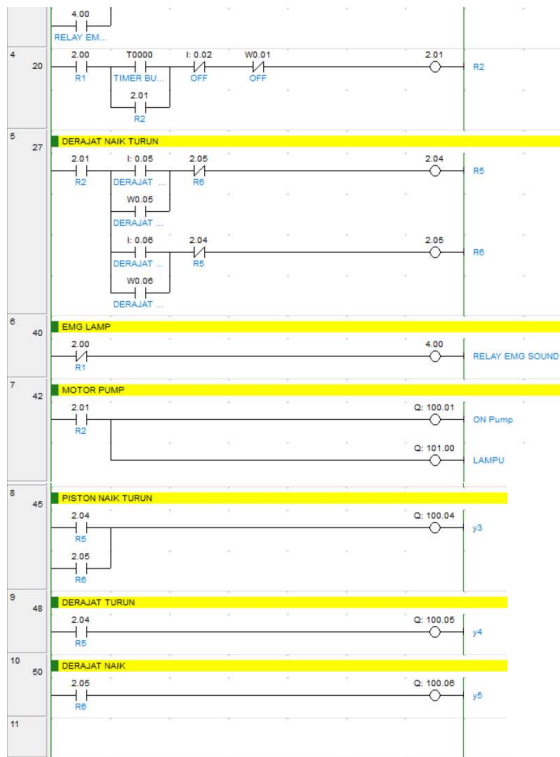


Gambar 4. HMI Omron NB7W untuk mengatur sudut kemiringan pisau serta mengontrol pompa hidrolik.

Gambar 4 merupakan tampilan HMI yang berfungsi untuk menyetel sudut kemiringan pisau mesin pemotong pelat hidrolik, ketika tombol D-Up ditekan maka sudut pisau akan bertambah, dan jika D-Down maka sudut pisau akan berkurang. Tombol ON dan OFF berfungsi untuk memyalakan dan mematikan Pompa Hidrolik. Tombol yang berbentuk rumah adalah untuk kembali ke tampilan awal atau *Home*, tombol slide 2 dan 4 berfungsi untuk berpindah ke slide lain dari penyettingan sudut bukaan pisau. Pembagian tampilan HMI ke dalam beberapa slide seperti ini dipilih supaya operator lebih mudah bernavigasi dan membaca informasi yang ditampilkan — pendekatan yang juga dipakai Prasetyo dkk. [8] pada HMI mesin pencetak genteng otomatis, dan oleh Fariz serta Basuki [7] pada sistem monitoring produksi berbasis PLC dan HMI.

3.4. Program PLC



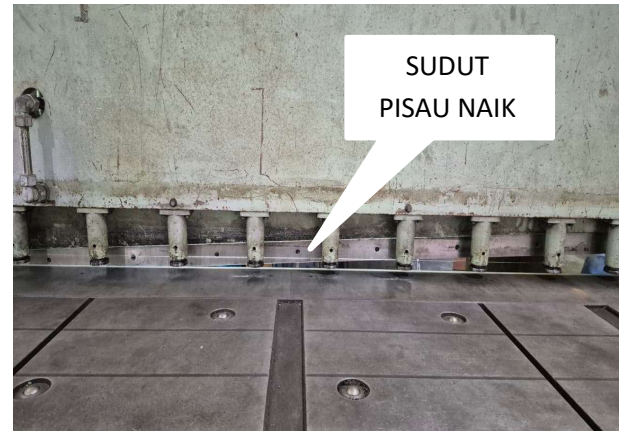


Gambar 5. CX-Programer Sebagian tampilan ladder diagram yang mengatur logika kerja solenoid dan integrasi dengan HMI.

Gambar 5 menunjukkan program PLC yang dibuat menggunakan CX-Programer, program tersebut yang akan mengontrol kapan solenoid bekerja, solenoid mana saja yang akan aktif dan program tersebut juga akan terintegrasi dengan HMI. Kalau dijabarkan, program tersebut terbagi menjadi beberapa rung (baris logika) yang saling berkaitan. Rung paling awal berperan sebagai kontak pengaktif utama, yakni Solenoid 1, yang harus lebih dulu aktif sebelum solenoid lain bisa dijalankan. Rung berikutnya menangani input dari tombol D-Up dan D-Down pada HMI, masing-masing terhubung ke Solenoid 3 dan Solenoid 2. Sementara itu rung terakhir mengatur logika interlock supaya Solenoid 2 dan Solenoid 3 tidak sampai aktif bersamaan, yang bisa berakibat pada gerakan pisau yang saling berlawanan. Penjelasan tertulis ini sengaja ditambahkan karena tangkapan layar ladder diagram pada Gambar 6 resolusinya kurang tinggi sehingga detailnya agak sulit terbaca.

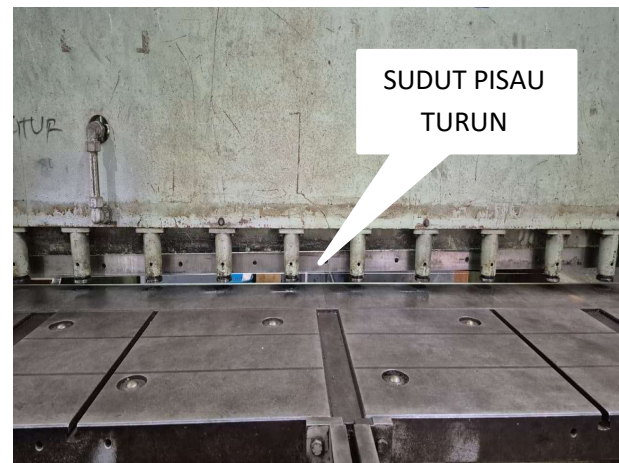
3.5. Cara kerja Sistem

Cara kerja sistem yang telah dibuat pada penelitian ini adalah ketika tombol on di tekan maka Motor hidrolik akan bekerja, dan buzzer akan berbunyi bip sebanyak 5 kali yang kemudian sudut kemiringan pisau dapat diatur melalui layar HMI. Jika tombol naik di tekan maka solenoid 1 dan 3 akan aktif dan sudut kemiringan pisau akan bertambah seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 6. Sudut pisau naik saat tombol D-Up ditekan, solenoid 1 dan 3 aktif untuk menambah sudut kemiringan pisau.

Ketika tombol turun ditekan maka sudut kemiringan pisau akan berkurang seperti pada gambar di bawah.



Gambar 7. Sudut pisau Turun saat tombol D-Down ditekan, sudut kemiringan pisau berkurang sesuai pengaturan pada HMI.

3.6. Hasil Pengujian

Berikut ini adalah hasil pengujian pemotongan pelat dengan ketebalan 5mm, besi pelat dapat terpotong dengan baik dan tidak ada masalah sedikitpun, hasil pemotongan juga rapi. dengan settingan sudut pisau 2° pelat besi



Gambar 8. Hasil pemotongan pelat 5mm

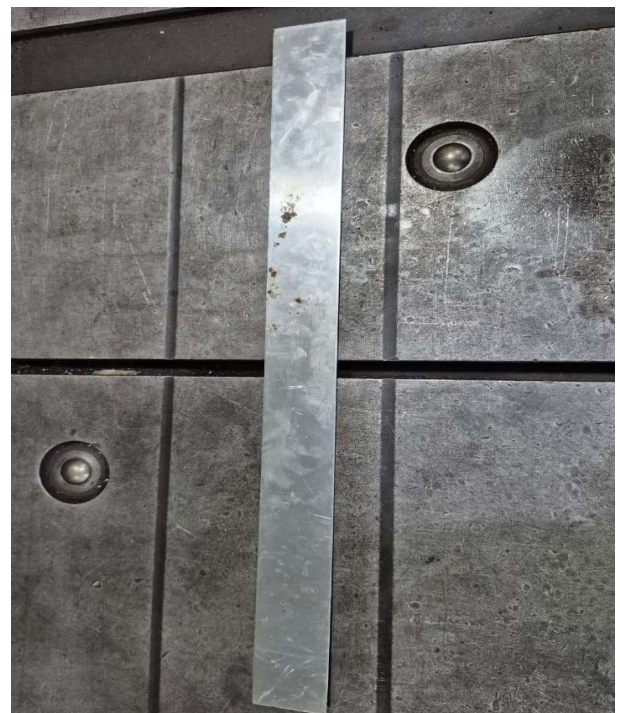


Gambar 9. hasil pemotongan dan pengukuran ketebalan pelat yang dipotong

Dan ini adalah hasil pengujian pemotongan pelat stainless dengan ketebalan 2mm, sudut pisau di setting pada 1° terlihat pada gambar hasil pelat yang telah dipotong menjadi bengkok (*bending*) yang diduga terkait dengan lebar pelat yang kurang memadai; analisis lebih lanjut mengenai hubungan ini diuraikan pada bagian berikut.



Gambar 10. Hasil pemotongan pelat stainless 2mm



Gambar 11. Pelat stainless sebelum dipotong

Untuk menyajikan data pengujian secara lebih sistematis, ringkasan kedua kondisi pengujian yang telah dilakukan ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ringkasan hasil pengujian pemotongan pada kedua kondisi yang diuji

No	Material	Tebal (mm)	Sudut (°)	Hasil
1	Besi	5	2	Rapi, tanpa cacat
2	Stainless steel	2	1	Bengkok (bending)

Sesuai yang disebutkan di bagian Metode tadi, pengujian ini juga mencakup uji keandalan lewat siklus pemotongan berulang pada tiap kondisi pelat. Selama proses itu berjalan, sistem kendalinya cukup konsisten, sudut kemiringan pisau tetap sesuai perintah di setiap pengulangan, solenoid tidak pernah gagal bekerja, dan tidak ada perubahan sudut yang tiba-tiba berubah sendiri. Ini artinya sistem retrofit yang dibangun memang bisa diandalkan untuk dipakai berulang kali, setidaknya pada dua kondisi pelat yang diuji. Hanya saja, penulis mengakui belum mencatat secara rinci berapa kali siklus dilakukan atau berapa lama tiap pengujian berlangsung, sehingga hal ini masih menjadi catatan untuk penelitian berikutnya.

Perlu diakui bahwa pengujian pada penelitian ini baru mencakup dua kondisi seperti terlihat pada Tabel 1, sehingga datanya belum cukup untuk menyimpulkan secara umum bagaimana sudut kemiringan pisau (rake angle) memengaruhi kualitas potongan. Ke depannya, pengujian dengan lebih banyak variasi ketebalan dan sudut pisau tentu diperlukan supaya datanya lebih mewakili kondisi sebenarnya.

Kalau dipikir secara logis, sudut kemiringan pisau (rake angle) sebenarnya ikut menentukan gaya geser yang bekerja pada pelat selama proses pemotongan. Semakin besar sudutnya, gaya potong cenderung

terkonsentrasi pada area yang lebih sempit, sehingga muncul potensi gaya tarik ke arah samping (lateral) pada pelat yang dipotong — apalagi kalau lebar pelatnya relatif kecil dibanding panjang sisi yang dipotong. Hal semacam ini tampak pada pengujian pelat stainless steel berketebalan 2 mm dengan sudut pisau 1° (Gambar 10), di mana pelat yang terpotong justru mengalami pembengkokan (*bending*). Kecenderungan seperti ini sebetulnya bukan hal baru — dalam proses shearing pelat logam pada umumnya, pelat atau strip yang lebarnya tidak proporsional dibanding ketebalannya memang rawan mengalami distorsi, entah itu melengkung (*bow*), terpuntir (*twist*), atau miring (*camber*), akibat gaya lateral yang muncul saat proses potong berlangsung.

Semakin besar sudut kemiringan pisaunya, kecenderungan distorsi ini pun biasanya semakin terasa. Dugaan sementara, ini berkaitan dengan lebar pelat yang kurang memadai untuk menahan gaya lateral tersebut, meski harus diakui hubungan sebab-akibat ini belum benar-benar diuji secara terkontrol pada penelitian ini, sehingga uraian di atas untuk saat ini masih sebatas dugaan yang berpijak pada prinsip umum tadi, bukan hasil pembuktian eksperimen secara langsung. Pembuktian lebih lanjut, misalnya dengan memvariasikan lebar pelat pada sudut dan ketebalan yang sama, masih perlu dilakukan pada kesempatan berikutnya.

Menariknya, kajian akar masalah kerusakan *blade cutter* pada mesin *Guillotine Shear* yang pernah dilakukan Ridwana [2] juga menyimpulkan hal serupa, bahwa geometri pisau, termasuk sudut potongnya, memang jadi salah satu faktor kritis yang menentukan bagus tidaknya proses pemotongan pelat. Jadi temuan pada penelitian ini sebenarnya cukup senada dengan apa yang sudah dilaporkan sebelumnya. Sebagai pembandingan, penelitian Shaheed dan Selman [6] pada sistem kontrol PLC dan HMI untuk lini produksi pemotongan pelat baja lebih berfokus pada pengaturan kecepatan dan panjang potong lewat encoder, dan tidak menyinggung pengaruh sudut kemiringan pisau

terhadap kualitas potongan seperti yang dibahas di sini, sehingga bisa dibilang penelitian ini melengkapi sisi yang belum banyak dikaji pada penelitian sejenis.

4. Kesimpulan

Penelitian ini telah berhasil melakukan penyelesaian retrofit pada mesin Guillotine Shear merek Colgar yang berada di Laboratorium Manufaktur Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Manado. Mesin yang sebelumnya hanya bisa memotong pelat dengan gerakan pisau naik-turun tanpa bisa mengatur sudut kemiringan (*rake angle*), kini sudah diperbaiki dengan sistem kontrol otomatis menggunakan PLC Omron CP1H dan HMI Omron NB7W. Dengan menambahkan komponen mekanik yang mengatur sudut pisau dan sistem listrik serta kontrol, ketiga solenoid hidrolik dapat dioperasikan lewat HMI dengan cukup terkendali, meski soal seberapa akurat sudutnya secara angka belum sempat diukur pakai instrumen presisi pada penelitian ini. Solenoid 1 berperan sebagai solenoid utama, Solenoid 2 digunakan untuk menurunkan sudut kemiringan pisau, dan Solenoid 3 digunakan untuk meningkatkan sudut kemiringan pisau. Antarmuka HMI yang dibuat memudahkan operator untuk mengatur sudut pisau dengan menekan tombol D-Up dan D-Down, serta mengontrol pompa hidrolik secara langsung.

Hasil uji fungsi menunjukkan bahwa sistem perbaikan berjalan dengan lancar. Pada pelat besi dengan ketebalan 5 mm dan sudut pisau 2° , proses pemotongan berjalan lancar dan menghasilkan potongan yang rapi. Sementara itu, pada pengujian terhadap pelat stainless steel dengan ketebalan 2 mm dan sudut 1° , terlihat bahwa besar sudut kemiringan pisau sangat memengaruhi kualitas hasil pemotongan, di mana lebar pelat yang tidak cukup dapat menyebabkan potongan melengkung.

Secara umum, pemasangan PLC dan HMI di mesin Guillotine Shear telah berhasil meningkatkan fleksibilitas serta kemudahan dalam mengoperasikan mesin tersebut, sebagaimana ditunjukkan oleh keberhasilan

pengujian pada dua kondisi pelat yang berbeda. Namun perlu digarisbawahi, keberhasilan yang dimaksud di sini masih sebatas fungsional — artinya sistem memang bisa mengatur sudut kemiringan pisau sesuai perintah yang diberikan lewat HMI, bukan berarti sudah terbukti lebih akurat secara angka. Untuk bisa mengklaim soal akurasi, semestinya sudut yang benar-benar terbentuk diukur pakai alat presisi seperti busur digital atau protractor gauge, lalu dibandingkan dengan sudut yang diset di HMI dan ini belum sempat dilakukan di penelitian ini. Terlepas dari itu, retrofit ini setidaknya sudah memperbaiki kelemahan mesin lama, sejalan dengan perkembangan otomasi di era industri 4.0, sekaligus membantu mahasiswa Teknik Mesin Politeknik Negeri Manado dalam kegiatan praktikum.

5. Ucapan Terima Kasih

Diperlukan penambahan sensor pada pisau mesin pemotong pelat hidrolik ini dan pembaruan program agar tinggal memasukkan ketebalan dan jenis pelat yang akan dipotong maka mesin dapat menyesuaikan sendiri. Selain itu, ada beberapa hal yang sebaiknya dikejar pada penelitian berikutnya: pertama, pengujian pemotongan perlu diperluas ke lebih banyak variasi ketebalan dan sudut pisau, bukan hanya dua kondisi seperti pada penelitian ini, sekaligus mencatat jumlah siklus dan waktu tiap pengujian secara rinci supaya datanya benar-benar bisa disebut sistematis. Kedua, dugaan soal bending akibat lebar pelat yang kurang memadai perlu dibuktikan langsung lewat pengujian dengan beberapa variasi lebar pelat pada sudut dan ketebalan yang sama. Ketiga, sudut kemiringan pisau yang sebenarnya terbentuk sebaiknya diukur memakai alat presisi seperti busur digital atau protractor gauge, agar klaim soal akurasi sistem punya dasar angka yang jelas, bukan sekadar keberhasilan fungsional semata.

6. Daftar Pustaka

- [1] S. Pratama dan R. K. Arief, "Perancangan Bending dan Potong Pelat," 2024.
- [2] Ridwana, "Root Cause Analysis Kerusakan Blade Cutter pada Mesin Guillotine Shear di

- PT. USC,” 2022.
- [3] I. S. Nugroho, I. B. Mahendra, O. C. Kurniawan, Mardiatno, dan A. Candra, “Retrofit Mesin CNC EDU-MILL dengan Kontrol CNC Sinumerik 808D,” vol. 2, hal. 243–250, 2020.
- [4] D. Erivianto dan A. Dani, “Pelatihan Penggunaan Programmable Logic Controller (PLC) untuk Meningkatkan Kompetensi Teknisi pada PT. Prima Multi Peralatan,” vol. 2, hal. 762–769, 2024.
- [5] D. P. Hosang, M. N. Tumembow, dan V. G. J. Darosa, “Rancang Bangun Trainer Kit Praktikum Pengendalian Putaran Motor Tiga Fasa dengan VFD Berbasis PLC Outseal dan HMI dengan Implementasi Sepuluh Tombol,” vol. 5, no. 1, hal. 121–133, 2025.
- [6] B. N. Shaheed dan N. H. Selman, “Design and Implementation of a Control System for a Steel Plate Cutting Production Line Using Programmable Logic Controller,” *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, vol. 13, no. 4, hal. 3969–3976, 2023.
- [7] M. I. Fariz dan A. Y. Basuki, “Rancang Bangun Sistem Monitoring pada Line Produksi Menggunakan Weintek CMT FHDx,” *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 14, no. 2, hal. 110–117, 2023.
- [8] Y. Prasetyo, B. Triyono, D. N. Prakoso, dan R. J. K. Haryo, “Desain Human Machine Interface (HMI) pada Sistem Pencetak Genteng Otomatis,” *Jurnal JEETech*, vol. 5, no. 1, hal. 70–78, 2024.
- [9] M. R. A. Cahyono, Suharyanti, dan M. R. Saputra, “Modifikasi Mesin Rewinding Kain Liner Berbasis PLC dengan Metode QCC dan Uji T di Plant ABC,” *Jurnal Instrumentasi dan Teknologi Informatika (JITI)*, vol. 6, no. 1, hal. 72–82, 2024.
- [10] P. M. Siahaan, A. Zohari, dan F. Erlandung, “Rancang Bangun Sistem Kontrol Solenoid Valve dan HMI pada Auto Blowdown Berbasis PLC,” *Jurnal Instrumentasi dan Teknologi Informasi (JITI)*, vol. 7, no. 2, hal. 203–210, 2026.
- [11] B. Herdiana, E. B. Setiawan, dan U. Sartoyo, “Tinjauan Komprehensif Evolusi, Aplikasi, dan Tren Masa Depan Programmable Logic Controllers,” *Jurnal TELEKONTRAN*, vol. 11, no. 2, hal. 173–193, 2023.
- [12] J. Hikmatullah, D. Martina, dan M. Sutrisno, “Sistem Kendali Pompa Otomatis Berbasis PLC Omron CP1E dan Human Machine Interface (HMI),” *Metrotech (Journal of Mechanical and Electrical Technology)*, vol. 5, no. 2, hal. 137–141, 2026.