

PERANCANGAN SISTEM OTOMASI PROSES PELUBANGAN KARTU TEKSTIL *JACQUARD* PADA MESIN *PUNCHING* DI PT. BUANA INTAN GEMILANG

AUTOMATION SYSTEM DESIGN PUNCHING PROCESS FOR JACQUARD TEXTILE CARD ON PUNCHING MACHINE AT PT. BUANA INTAN GEMILANG

¹Luqman Abdul Hakim, ²Rino Andias Anugraha

^{1,2}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Telkom University

¹abdulmanhakim.tlc@gmail.com, ²rinoandias@telkomuniversity.ac.id

Abstrak— Seiring perkembangan teknologi yang sangat pesat, mendorong industri tekstil untuk dapat menerapkan teknologi kedalam proses produksinya, salah satu teknologi tersebut yaitu otomasi. Penggunaan sistem otomasi di sebuah industri manufaktur dapat meningkatkan produktivitas. PT Buana Intan Gemilang adalah salah satu industri tekstil yang memproduksi komoditas kain *greige*, sajadah, dan gorden dengan beragam jenis corak. Permintaan corak yang selalu meningkat sehingga perusahaan harus meningkatkan produktivitas mesin, operator, dan sistem dalam memproduksi kartu corak yang dinamakan kartu *jacquard* yang jumlahnya ribuan. Permasalahan yang muncul yaitu proses produksi yang masih semi-otomatis, dimana keterlibatan aktivitas operator yang berulang, waktu siklus yang tidak konsisten sehingga terjadi ketidakmampuan perusahaan dalam memenuhi target produksi. Perancangan sistem otomasi pada mesin *punching* menggunakan *Programmable Logic Controller* (PLC) sebagai pengendali utama dalam proses dengan bantuan metode *User Requirement Spesification* (URS) untuk menentukan solusi terhadap perencanaan sistem otomatisasi yang didesain agar dapat diterapkan dalam pemecahan masalah. Dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa, perancangan sistem otomatisasi untuk kartu *jacquard* pada mesin *punching* pada PT Buana Intan Gemilang telah selesai dilakukan dan mengurangi waktu siklus yaitu sekitar 10 detik/kartu. Dengan menggunakan sistem otomasi pada proses produksi kartu *jacquard* ini diharapkan dapat meningkatkan kapasitas produksi dan dapat mengurangi beban tenaga kerja sehingga memberikan keuntungan dan produktivitas perusahaan.

Kata kunci: Otomasi, Produktivitas, Kartu Tekstil *Jacquard*, *Programmable Logic Controller*, *User Requirement Spesification*, Waktu Siklus.

Abstract— *As the rapid development of technology, its encouraging textile industry to be able to implement it into the production process, its automation system regarding can improve the productivity. PT. Buana Intan Gemilang is one of textile industry which manufactures greige, sajadah, and curtains fabric within various pattern. Increasing demand regarding pattern therefore company should intensify productivity of machine, operator, and system in order to produce pattern card called jacquard card in thousand amounts. The problem statement which showed is the manufacturing process is still manual rely on recur the operator's activities, inconsistent cycle time that occurs on incapacity production target. Automation system design on punching*

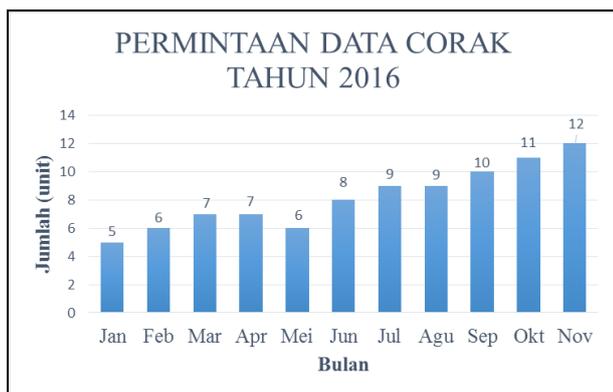
machine using a Programmable Logic Controller (PLC) as the primary controller with using User Requirement Spesification (URS) for providing the solution in designing automated system implemented to solve the problem. According to conducted research it can be conclude that, automation system design for jacquard on punching machine at PT. Buana Intan Gemilang has been accomplished and decrease the cycle time around 10 seconds/card. By using automation system on jacquard card production is expected to increase the production capacity and eliminate the workload of operator therefore offer benefit and productivity of company.

Keywords: *Automation, Productivity, Jacquard Textile Card, Programmable Logic Controller, User Requirement Spesification, Cycle Time.*

I. PENDAHULUAN

PT Buana Intan Gemilang (PT BIG) adalah salah satu perusahaan lokal dibidang Tekstil dan Produk Tekstil (TPT) yang memproduksi tiga komoditas kain diantaranya; kain *greige*, kain sajadah, dan kain gorden. Untuk mendukung produksi komoditas tersebut, perusahaan juga memproduksi alat bantu yang digunakan dalam pembuatan corak komoditi dengan kartu pola tekstil atau kartu *jacquard*. Kartu *jacquard* adalah sebuah kartu yang berlubang dengan pola yang sudah ditentukan sebelumnya untuk mekanisme pengaturan benang lusi secara teratur dan disesuaikan dengan lubang-lubang pada kartu [1]. Merupakan alat bantu dalam pembuatan corak dan salah satu bagian dari proses penunuan sebagai pembuatan pola pada kain *greige* (mentah). Kemudian kartu ini diduplikasi untuk memperbanyak corak yang dibuat sesuai permintaan konsumen. Konsumen dari perusahaan PT BIG adalah konsumen yang tidak secara langsung menggunakan produk akhir, melainkan perusahaan-perusahaan lain yang mengolah kembali produk tekstil tersebut sebelum dijual ke tangan konsumen akhir. Berdasarkan Gambar 1, permintaan corak kain di PT BIG untuk setiap bulannya mengalami *trend* positif dimulai dari bulan Mei. Dalam satu tahun, permintaan corak dapat dipesan hingga 90 corak baru dan berbeda. Permintaan jumlah corak terbanyak terjadi di bulan November. Peningkatan permintaan terbesar pada bulan Juni sebesar 33% terhadap

bulan Mei dan pada selanjutnya mengalami kenaikan rata-rata permintaan corak sebesar 11%.



Gambar 1 Data permintaan corak [3]

Ditinjau dari permintaan bulan Mei hingga November yang mengalami peningkatan, dibutuhkan kinerja dan produktivitas dari operator dan mesin produksi. Corak yang diproduksi dengan sebuah kartu yang disebut dengan kartu *jacquard* ini ditemukan oleh seorang ilmuwan berkebangsaan Inggris, Joseph Marie Jacquard (1752-1834). Berdasarkan Tabel I dijelaskan bahwa data parameter proses pelubangan kartu *jacquard* masih menggunakan sistem konvensional. Dimana aktivitas pekerja pada stasiun kerja pelubangan kartu masih sangat bergantung dan melakukan aktivitas yang berulang. Dimulai dari pekerja mengambil *raw material* kartu, menekan tuas penjepit kartu, melakukan *setup* pada mesin dan komputer, menekan tuas *slider-block*, dan mengambil kartu yang telah selesai. Dengan melihat kondisi tersebut hasil data observasi penelitian menghasilkan banyak ketidakefektifan pada proses produksi kartu *jacquard*. Pekerja mengulang aktivitasnya selama proses pelubangan kartu *jacquard* telah selesai. Pada kondisi normal, mesin dapat memproduksi kartu sebanyak 300 kartu/hari, dengan kondisi saat ini tujuh jam kerja yang kemudian tidak dapat memenuhi kapasitas target produksi.

TABEL I
OBSERVASI DATA KONDISI SAAT INI

Parameter	Angka
Waktu Siklus	95-96 detik/unit
Jam Kerja	7 jam/hari
Kapasitas Target	300 unit/shift
Tenaga Kerja	1 pekerja/shift

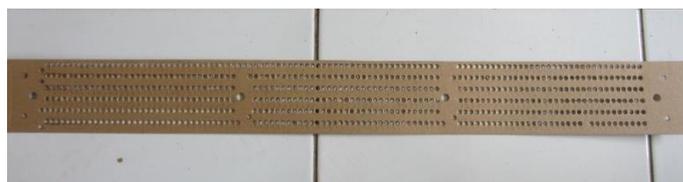
Ditinjau dari permasalahan diatas dibutuhkan kinerja dan modifikasi sistem dari mesin produksi tersebut. Untuk itu penerapan sistem otomasi pada keseluruhan mesin *punching* ini sangat diperlukan. Teknologi otomasi merupakan sebuah teknologi yang proses maupun prosedurnya diselesaikan tanpa keterlibatan langsung manusia juga mengurangi pekerjaan yang berulang-ulang. Penerapan teknologi otomasi digunakan dalam dunia industri agar dapat meningkatkan akurasi, presisi, dan produktivitas dari suatu proses industri, yang ditandai dengan meningkatnya jumlah dan kualitas keluaran yang dihasilkan [8]. Dari permasalahan diatas, perbaikan

dapat dilakukan dengan memodifikasi sistem otomasi pada mesin *punching* sehingga operator tidak melakukan proses yang berulang-ulang dalam pengambilan kartu sebelum dan sesudah proses *punching*. Alasan penggunaan sistem otomasi secara keseluruhan untuk mencapai tingkat kapasitas produksi optimal dan pengurangan waktu siklus produksi. Pengaplikasian sistem otomasi pada mesin produksi akan menghasilkan keuntungan untuk perusahaan seperti, pengurangan waktu siklus, peningkatan kualitas produk, dan pengurangan beban operator. Pengembangan sistem otomasi dapat diharapkan mengurangi beban operator dalam melakukan aktivitas dan berjalan otomatis tanpa campur tangan manusia. Metode penelitian ini digunakan untuk meningkatkan kapasitas produksi kartu *jacquard* dan dapat mengurangi waktu siklus proses produksi dengan merancang dan mengembangkan sistem otomasi mesin *punching* pada aspek mekanika dan elektronika.

II. STUDI LITERATUR

A. Kartu *Jacquard*

Merupakan alat bantu dalam pembuatan corak dan salah satu bagian dari proses penenunan sebagai pembuatan pola pada kain *greige* (mentah). Ide kartu ini ditemukan oleh seorang ilmuwan berkebangsaan Inggris, Joseph Marie Jacquard (1752-1834). Kartu *jacquard* dapat mengontrol kerja masing-masing benang lusi secara bebas [2]. Prinsipnya sederhana namun terbukti sangat efektif. Menurut [1], bagian kartu yang berlubang, melalui suatu mekanisme tertentu kemudian menghasilkan gerakan mengangkat benang lusi yang terhubung dengan lubang tersebut. Sebaliknya, bagian yang tidak berlubang adalah kode perintah mekanik untuk tidak mengangkat benang lusi sesuai Gambar 2.



Gambar 2 Kartu *jacquard* [3]

B. Sistem Otomasi

Otomasi adalah teknologi yang dapat melakukan serangkaian proses secara otomatis tanpa adanya bantuan manusia. Hal ini diimplementasikan dengan menggunakan program instruksi dikombinasikan dengan sistem kontrol. Dalam otomatisasi, daya dibutuhkan untuk mendorong proses dan untuk mengoperasikan program dan sistem kontrol [4]. Secara umum, sistem otomasi dapat didefinisikan sebagai integrasi dari mekanika, sistem kelistrikan, dan sistem komputer yang dapat menggantikan peran manusia dalam suatu proses. Otomasi dapat bekerja untuk kegiatan yang berulang-ulang dan aktivitas yang tidak dapat dilakukan oleh manusia [6]. Penerapan teknologi otomasi digunakan dalam dunia industri agar dapat meningkatkan akurasi, presisi, dan produktivitas dari suatu proses industri, yang ditandai dengan meningkatnya jumlah dan kualitas keluaran yang dihasilkan [8]. Sehingga ada beberapa pendekatan yang digunakan dalam penerapan sistem otomasi, salah satunya adalah pendekatan *The USA Principle*:

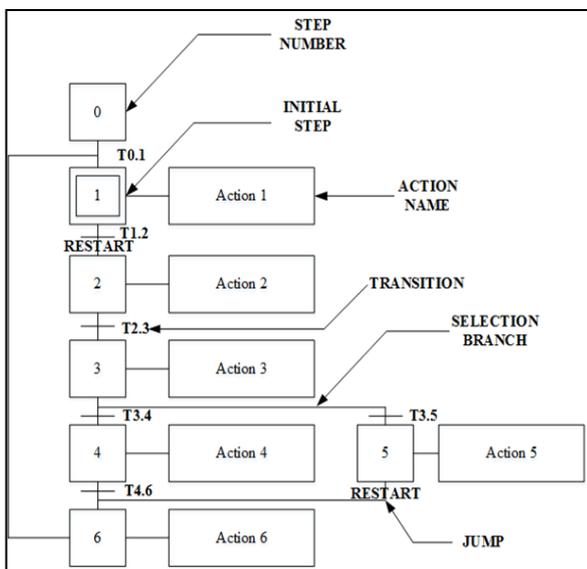
1. *Understand the Existing Process*
 Pada tahap ini, proses eksisting harus dipahami dengan baik dan detail. Dimulai dari *input*, proses, *output* yang terjadi di antara *input* dan *output*, serta fungsi dari setiap proses.
2. *Simplify the Process*
 Setelah proses keadaan awal dipahami dengan baik, langkah selanjutnya adalah menyederhanakan proses. Proses pada keadaan awal dikaji lebih lanjut, apakah dapat dihilangkan atau digabungkan tanpa menghilangkan fungsi dari proses itu sendiri.
3. *Automate the Process*
 Langkah terakhir adalah penerapan otomasi pada proses tersebut.

C. IEC 6613-3 *Standard of PLC Programming*

Bahasa baku yang digunakan untuk melakukan pemrograman otomasi menggunakan PLC (*Programmable Logic Controller*) mengacu pada standar IEC 6613-3. IEC (*International Electrotechnical Commission*) adalah suatu organisasi yang mengeluarkan peraturan standar pada konsep elektrikal, ukuran, dan SOP peralatan elektronik termasuk PLC. Terdapat lima bahasa pemrograman standar diantaranya; *Ladder Diagram (LD)*, *Function Block Diagram (FBD)*, *Instruction List (IL)*, *Structured Text (ST)*. *Ladder Diagram* merupakan pemrograman yang sering digunakan di skala sistem kontrol industri. Salah satu keuntungan menggunakan *Ladder Diagram* yaitu bahasa program mudah dipahami dan dianalisis.

D. *Sequential Functional Chart (SFC)*

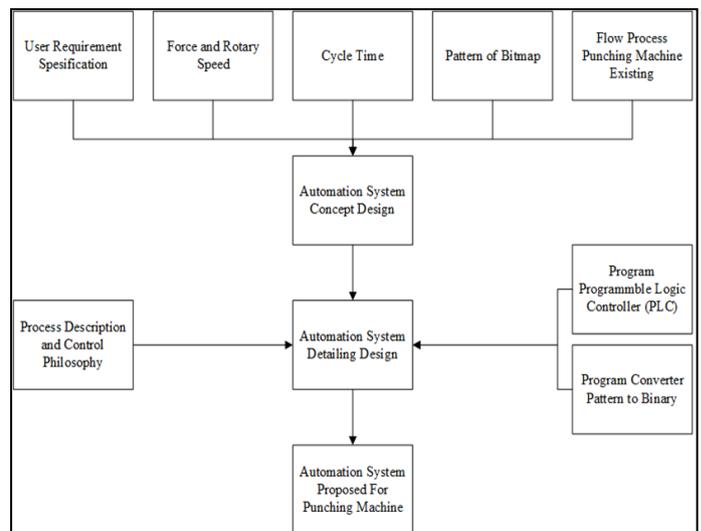
Sequential Functional Chart (SFC) secara grafis fokus menampilkan fungsi sekuensial sistem otomatis sebagai serangkaian langkah atau *step* dan transisi dari satu keadaan sistem ke sistem selanjutnya [9]. Transisi akan selalu berubah dari satu langkah ke langkah selanjutnya. Diagram ini menjelaskan sebuah *closed-loop* pada proses yang memiliki umpan balik jika terdapat kesalahan proses. Gambar 3 menunjukkan contoh diagram SFC.



Gambar 3 Diagram SFC

III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan berdasarkan metode konseptual dari pengembangan model mesin kondisi saat ini dan kebutuhan spesifikasi untuk dapat merancang sistem otomasi pada objek mesin dan dilakukan simulasi hasil rancangan sistem. Studi utama pada penelitian yaitu bagaimana merancang sistem otomasi pada mesin *punching* kartu *jacquard* untuk mengurangi waktu siklus produksi. Langkah pertama dimulai dari mengidentifikasi data dan proses kondisi saat ini pada mesin *punching* yang masih beroperasi secara konvensional yang belum dapat memenuhi target produksi sebanyak 300 kartu/hari dan waktu siklus selama 95 detik/kartu. Perancangan model mesin dan sistem otomasi ini menggunakan sistem kontrol PLC Omron CP1E dan disimulasikan melalui *software monitoring HMI (Human Machine Interface)* setelah model mesin dan program telah diimplementasikan. Sistematis *User Requirement Specification (URS)* berperan dalam membuat perancangan kebutuhan komponen dan deskripsi proses pada sistem otomasi secara keseluruhan [5] sehingga didapatkan komponen yang sesuai dan *feedback* dari deskripsi proses sistem otomasi. Metode konseptual dari penelitian dijelaskan pada Gambar 4.



Gambar 4 Metode Konseptual

IV. HASIL DAN ANALISIS

A. Identifikasi Komponen Sistem

Dalam merancang kebutuhan sistem otomasi, terdapat identifikasi kebutuhan perangkat lunak dan perangkat keras untuk menunjang sistem berjalan dengan lancar. *User Requirement Specification (URS)* dapat digunakan untuk dapat menjelaskan dan menganalisis instrumentasi yang kemudian dirancang [7] seperti pada Tabel II.

Adapun perangkat lunak yang digunakan untuk menunjang keberhasilan aktuator dari sebuah perangkat keras. Terdapat lima penjelasan perangkat lunak yang dilakukan konfigurasi:

TABEL II
KEBUTUHAN SISTEM PERANGKAT KERAS

No	Nama Komponen	Kuantitas
1	Programmable Logic Controller Omron CP1E	2
2	Auto-feeder	1
3	Inverter	1
4	Motor AC	2
5	Capacitive Proximity Sensor	2
6	Limit Switch Sensor	4
7	Emergency Button	1
8	Button	13
9	Indicator	14
10	Solenoid	13

1. Sistem Operasi Windows XP SP3

Sistem operasi utama yang digunakan untuk mengeksekusi program dari PLC, HMI, dan Excel Converter yaitu menggunakan sistem operasi Windows XP SP 3 karena dapat bekerja dengan maksimal dan mendukung dari perangkat lunak lainnya.

2. CX-Programmer 9.4

Merupakan salah satu perangkat lunak yang digunakan untuk memprogram bahasa ladder diagram pada PLC seri Omron. Memiliki banyak fungsi yang terintegrasi dengan perangkat keras PLC dan cocok digunakan di skala industri. Beberapa fungsi pada perangkat lunak ini dapat mengkonfigurasi dengan mudah apabila perangkat keras yang digunakan berbeda tipe PLC dan mudah memahami program bahasa ladder diagram.

3. Microsoft Excel 2007 with Image Converter Adds-in
Memiliki fungsi untuk mengkonversi gambar menjadi deretan angka biner yang disisipi pada perangkat lunak Microsoft Excel 2007. Hasil angka biner kemudian diintegrasikan pada monitoring dan menjadi data masukan PLC.

4. Wonderware Intouch

Salah satu perangkat lunak yang berfungsi untuk melakukan proses monitoring dan memvisualisasikan data pada sistem kontrol. Perangkat antarmuka ini menghubungkan mesin dengan operator dengan presisi, akurat, dan real-time.

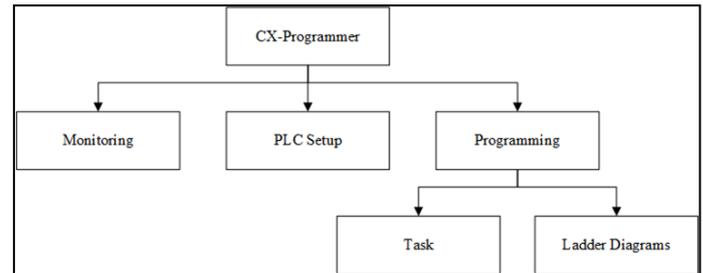
5. Solidworks Dassault System 2015 Edition

Merupakan salah satu perangkat lunak CAD (Computer Aided Design) untuk membuat komponen, sketsa, atau model mesin.

E. Rancangan Konfigurasi Sistem Program PLC

Ksifn jdhf gk perancangan Perancangan dilakukan dengan mengidentifikasi kebutuhan instrumentasi yang diperlukan seperti sensor, aktuator, dan sistem kontrol yang cocok digunakan pada sebuah objek yang di otomatiskan. CX-Programmer adalah perangkat lunak yang digunakan untuk membuat rancangan program ladder diagram (LD) pada PLC dengan menggumnfaj fhdfkan tipe PLC Omron CP1E yang telah memiliki standar dari IEC 6113-3. Program ini dapat dilakukan untuk menginisialisasi sistem program, monitoring, dan debugging. Software yang sesuai dengan kebutuhan

perangkat keras PLC CP1E. Dapat dilihat pada Gambar 4 merupakan hierarki dari software untuk melakukan rancangan program pada mesin punching.



Gambar 4 Hierarki Program PLC

Terdapat tiga bagian dari hierarki CX-Programmer diantaranya; monitoring, merupakan salah satu fungsi untuk memeriksa visualisasi ladder diagram sebagai identifikasi input dan output yang telah diberikan, PLC Setup merupakan fungsi dalam mengkonfigurasi model hardware dan protokol komunikasi antara komputer dengan PLC, Programming merupakan fungsi utama dimana user membuat ladder diagram untuk mengeksekusi proses. Untuk mendukung pemahaman pada program PLC pentingnya untuk membuat rancangan input dan output pada sistem sebagai jembatan penghubung user dengan sistem kontrol yang dibutuhkan untuk mesin punching. Input dan output dirancang untuk dapat terintegrasi dengan sistem kontrol pada PLC. Pengalamanan perlu disesuaikan dengan benar dan terurut agar pengeksekusian program berjalan lancar. Tujuannya untuk menerima sinyal atau sumber tenaga listrik sehingga dapat mengirimkan sinyal pada output atau aktuator. Untuk itu perlu memudahkan Untuk itu perlu memberikan alamat pada sistem input dan output sehingga dapat memudahkan dalam proses troubleshooting dan maintenance. Pada Tabel III dan IV dijelaskan deskripsi kebutuhan untuk sistem input dan output pada PLC Omron CP1E.

TABEL III
ALAMAT INPUT PADA PLC

No.	Nama	Tipe Saklar	Tipe Data	Alamat
1	Emergency_Button	Detent Button	BOOL	0.00
2	Reset_Button	Push Button	BOOL	0.01
3	Power_System_Button	Detent Button	BOOL	0.02
4	Auto_Selector	Selector 3 Position	BOOL	0.03
5	Man_Selector	Selector 3 Position	BOOL	0.04
6	Feeder_Button	Push Button	BOOL	0.05
7	Lever_Release-Hold_Button	Detent Button	BOOL	0.06
8	Push_Card_Button	Push Button	BOOL	0.07
9	Auto_Run_Button	Push Button	BOOL	0.08
10	One_Cycle_Button	Push Button	BOOL	0.09
11	Slider_Reverse_Button	Push Button	BOOL	0.10
12	Slider_Forward_Button	Push Button	BOOL	0.11
13	Reverse_Feeder_Button	Push Button	BOOL	1.00
14	Forward_Feeder_Button	Push Button	BOOL	1.01
15	Sensor_Detect_Slider1	Trigger	BOOL	1.02
16	Sensor_Detect_Card_Down	Trigger	BOOL	1.03
17	Sensor_Detect_Card_Up	Trigger	BOOL	1.04
18	Sensor_Detect_Slider2	Trigger	BOOL	1.05

TABEL IV
ALAMAT OUTPUT PADA PLC

No.	Nama	Tipe Output	Tipe Data	Alamat
1	<i>Auto_Indicator</i>	<i>Lamp</i>	<i>BOOL</i>	100.00
2	<i>Man_Indicator</i>	<i>Lamp</i>	<i>BOOL</i>	100.01
3	<i>Motor_Feeder</i>	<i>Motor</i>	<i>BOOL</i>	100.02
4	<i>Additional_Output</i>	<i>Lamp</i>	<i>BOOL</i>	100.03
5	<i>Red_Indicator</i>	<i>Lamp</i>	<i>BOOL</i>	100.04
6	<i>Yellow_Indicator</i>	<i>Lamp</i>	<i>BOOL</i>	100.05
7	<i>Green_Indicator</i>	<i>Lamp</i>	<i>BOOL</i>	100.06
8	<i>Sol_Push_Card</i>	<i>Solenoid</i>	<i>BOOL</i>	100.07
9	<i>Sol_Release-Hold</i>	<i>Solenoid</i>	<i>BOOL</i>	101.00
10	<i>Sol_Scissors</i>	<i>Solenoid</i>	<i>BOOL</i>	101.01
11	<i>Motor_Slider_Forward</i>	<i>Motor</i>	<i>BOOL</i>	101.02
12	<i>Motor_Slider_Reverse</i>	<i>Motor</i>	<i>BOOL</i>	101.03

F. Rancangan Konfigurasi Panel Box

Salah satu tujuan perancangan *panel box* adalah untuk menciptakan pemahaman yang jelas bagi operator yang mengendalikan proses, mencangkup keamanan dan dapat dilakukannya perawatan berkala. *Panel box* dirancang dengan pertimbangan spesifikasi kebutuhan pengguna yang mempertimbangkan ukuran mesin. Selain itu untuk memasang komponen listrik atau komponen elektronik industri seperti PLC, *relay*, sumber tenaga, *contactor*, dan lain-lain.

G. Rancangan Program HMI

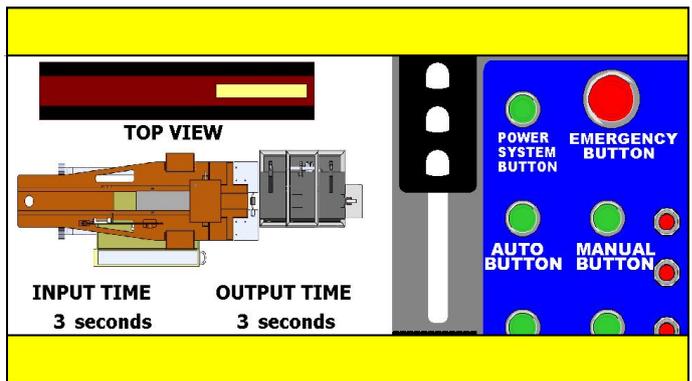
Human Machine Interface (HMI) merupakan salah satu *tools* dari sistem otomasi yang berfungsi untuk menampilkan data informasi secara visual dan mendukung sistem kontrol untuk memudahkan dalam mengumpulkan dan menganalisis data. Rancangan *monitoring* HMI menggunakan perangkat lunak *Wonderware Intouch Ver. 10.1*. HMI sangat penting untuk pengaplikasian sistem otomasi dalam komunikasi antara mesin dan operator. Terdapat dua antarmuka rancangan utama yang mendukung *monitoring* pada saat memproduksi kartu *jacquard* yaitu; antarmuka *monitoring* biner yang menjadi data informasi utama pada proses pelubangan kartu *jacquard*. Antarmuka ini menjadi sebuah *platform* untuk menyimpan hasil konversi biner dari perangkat lunak *converter* menjadi data masukan PLC untuk mengeksekusi program pelubangan kartu. Hasil rancangan antarmuka ini dijelaskan pada Gambar 5.

CARD No. 001		SOLENOID VALVE											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Header	70	70	SECTION 1 CARD				SECTION 2 CARD						
Row 1	2730	2730	585	585	Row 1	2730	2730	1066	1066				
	2730	2730	273	273		2729	2729	2730	2730				
	2730	2730	Row 20	66	66		585	585	Row 20	2730	2730		
	2730	2730	2730	2730			585	585	2730	2730			
Row 5	2730	2730	2721	2721	Row 5	273	273	170	170				
	2730	2730	682	682		258	258	2730	2730				
	2730	2730	2730	2730		682	682	2633	2633				
	2730	2730	Row 25	2730	2730		2730	2730	Row 25	585	585		
	2730	2730	2730	2730		2730	2730	785	785				
Row 10	2730	2730	2730	2730	Row 10	2728	2728	280	280				
	2730	2730	2693	2693		2065	2065	1194	1194				

Gambar 5 Halaman antarmuka proses pelubangan

Antarmuka yang berikutnya adalah antarmuka mekanisme otomatis mesin *punching*. Menjelaskan keadaan sensor, aktuatur, dan mekanisme yang terjadi ketika sistem otomasi diaktifkan. Keadaan itu

ditandai dengan indikator lampu yang dirancang pada antarmuka untuk memudahkan pekerja menganalisis jika terjadi *failure system* atau *troubleshooting*. Hasil rancangan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Halaman antarmuka proses mekanisme mesin *punching*

Hasil yang telah dirancang perlu dianalisis untuk mengetahui apakah sistem yang telah diimplementasi dapat mengurangi waktu siklus dan meminimasi aktivitas operator yang berulang-ulang. Dimulai dari proses konversi gambar corak kemudian diolah dengan menggunakan *software Image Converter to Binary* yang telah menjadi *add-in* pada *Microsoft Excel 2007*. *Software* ini merupakan *macros* dan *visual basic programming* dengan halaman antarmuka dibuat dengan salah satu *tools* pada *Microsoft Excel* yaitu *VSTO (Visual Studio Tools for Office)*. Kartu *jacquard* memiliki variasi lubang yang diinterpretasikan dengan angka biner (1 dan 0). Angka ini didapatkan dari hasil konversi gambar corak yang dimasukkan pada perangkat lunak yang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Halaman antarmuka *image converter to binary software*

Setelah mengkonfigurasi program pada perangkat lunak, memasukkan gambar corak, dan menambahkan kode pinggiran. Program kemudian menjifhkonversi hasil gambar menjadi deretan angka biner. Angka biner ini didapatkan dari gambar hitam putih untuk menghasilkan angka 1 dan 0. Deretan ini memiliki sejumlah 101 baris biner yang disesuaikan dengan panjang kartu yang telah di proses. Baris pertama pada kartu *jacquard* dimulai pada kolom B hingga kolom N pada *Microsoft Excel*. Terdapat 12 angka biner yang merepresentasikan banyaknya jumlah *solenoid* untuk proses pelubangan kartu. Angka 1 menunjukkan aktifnya *solenoid*

untuk pelubangan kartu sedangkan angka 0 tidak mengaktifkan *solenoid*. Angka biner yang dihasilkan menjelaskan apakah kartu kemudian dilubangi atau tidak dan dibagi menjadi tiga bagian. Bagian pertama kartu memiliki 35 baris *vertikal* dengan 12 baris *horizontal*. Bagian kedua dan ketiga kartu memiliki 33 baris *vertikal* dengan 12 baris *horizontal*. Sehingga total baris *vertikal* yang dimiliki kartu sebanyak 101 baris. Hasil konversi gambar menjadi angka biner dapat dilihat pada Gambar 8. Deretan ini juga menjumlahkan biner menjadi desimal yang dijadikan sebagai data masukan untuk pemrograman PLC.

No. 001	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0		70	
3	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2730	
4	2	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2730	
5	3	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2730	
6	4	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2730	
7	5	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2730	
8	6	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2730	
9	7	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2730	
10	8	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2730	
11	9	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2730	
12	10	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2730	
13	11	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2730	
14	12	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2729	
15	13	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1229	
16	14	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	281
17	15	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	585
18	16	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	683
19	17	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	585
20	18	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	585
21	19	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	273
22	20	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	66
23	21	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	2730
24	22	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	2721
25	23	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	682

Gambar 8 Hasil konversi angka biner

Data angka desimal yang merupakan jumlah hasil deretan angka biner kemudia dikirimkan pada program pelubangan kartu *jacquard* dan dieksekusi oleh program mekanisme mesin *punching*.

A. Analisis Urutan Proses

Urutan proses Urutan proses diperlukan untuk menjelaskan setiap proses yang dilakukan secara rinci. Pada kondisi sistem saat ini, terdapat beberapa aktivitas yang menghabiskan waktu seperti menekan tuas penjepit, menekan tuas *slider-block* penjepit, dan menarik kabel katrol, dan lain-lain. Oleh karena itu, penelitian ini merancang perbaikan sistem desain model baru kedalam sistem otomatis untuk mendukung keseluruhan sistem. Berikut penjelasan analisis dalam uraian proses yang diusulkan adalah:

1. Perbaikan Sistem Persiapan (*Preparation System*)

Perancangan perbaikan *preparation system* pada desain mesin model baru yang diusulkan adalah untuk menunjukkan proses awal sampai proses selesai. Merancang *tower lamp* sebagai informasi pengecekan sistem.

2. Perbaikan Sistem *Auto-feeder*

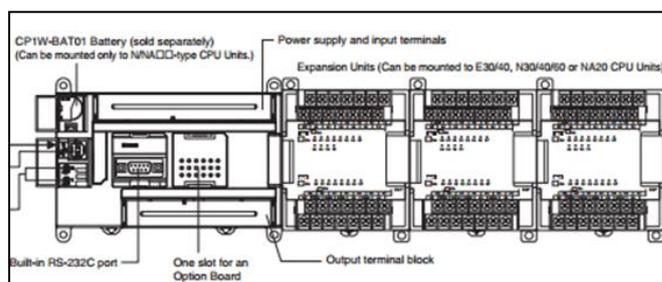
Dalam kondisi saat ini, pekerja harus mengeluarkan kartu dari waddalam kondisi saat ini, pekerja harus mengeluarkan. ah kotak secara berulang ke dalam meja mesin kerja. Ini menyebabkan kelelahan pada operator dan proses waktu siklus yang tidak konsisten. Tujuan pembuatan model desain *autofeeder* adalah dengan menyimpan kartu yang sedang diproses. Perbaikan ini memastikan operator hanya memasukkan kartu dengan sekali atau *batch* sehingga pekerja hanya mengkonfigurasi dengan menekan tombol sekali. Satu *batch* diisikan sebanyak 200 kartu dan dilengkapi motor aktuator dan beberapa sensor untuk mendeteksi posisi kartu yang sudah terpasang di *slot*.

3. Perbaikan *Storage System*

Pada kondisi saat ini, *slider-block* yang diikat oleh beban sebagai penggerak dilakukan perbaikan dengan menerapkan sistem otomasi pada motor DC untuk gerakan maju dan mundur. Kemudian setelah proses *punching* selesai, pekerja tidak peril menarik kabel katrol yang dikaitkan, mendorong tuas penjepit, dan melepas kartu jadi. Setelah proses selesai, kartu tersebut turun ke dalam tempat penyimpanan di bawah mesin *punching* secara otomatis.

B. Analisis Konfigurasi PLC

PLC CP1E dengan spesifikasi CPU N30 memiliki 18 modul *input* terdiri dari alamat 100.00 – 100.11 dan 101.00 – 101.05, sedangkan untuk modul *output* terdiri dari 12 dimulai dari alamat 0.00 – 0.08 dan 1.00 – 1.03. Dari keseluruhanjdhf n alamat *input* dan *output* yang telah diprogram dan diinstalasi terbukti telah berhasil dilakukan uji coba simulasi. Simulasi Semua sensor dan aktuator berjalan sesuai dengan program yang diinginkan. Untuk kapasitas memori pada PLC Omron CP1E sebesar 8K dan spesifikasi dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Konfigurasi PLC Omron CP1E

Berdasarkan Gambar 9, untuk melakukan konfigurasi pada PLC Omron CP1E dengan komputer yang kemudian dikoneksikan menggunakan protokol komunikasi RS-232C.

C. Analisis Program PLC

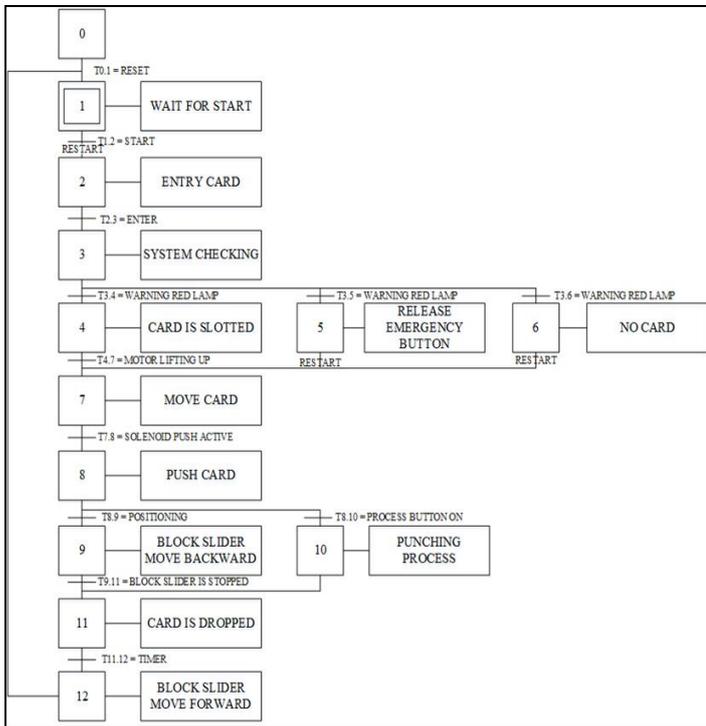
Penelitian ini memiliki dua program yang berbeda yaitu program untuk melakukan proses pelubangan kartu *jacquard* dan program untuk menjalankan mekanisme otomatis mesin *punching*. Berdasarkan Tabel V dijelaskan gambaran deskripsi setiap program yang telah dibuat.

TABEL V
DESKRIPSI PROGRAM PLC

No.	Nama Program	Analisis Program PLC
1.	Program Pelubangan Kartu <i>Jacquard</i>	Program PLC ini dirancang untuk merepresentasikan program utama pada proses pelubangan kartu <i>jacquard</i> dan mengolah hasil biner yang mengaktifkan seluruh isi program <i>punching</i> .
2.	Program Mekanisme Mesin <i>Punching</i>	Program PLC ini dirancang untuk menjalankan mekanisme mesin secara otomatis untuk menggantikan peran operator dan meminimasi beban kerja.

Program PLC yang dibuat perlu dipahami oleh operator untuk dapat dijalankan secara benar. Program yang tepat adalah program yang

dirancang dengan memiliki sistem *closed-loop* atau memberikan umpan balik apakah terdapat program yang sesuai maupun terjadi kesalahan program. Hal ini perlu diinformasikan kepada operator atau *user* untuk dapat dilakukan proses pemeriksaan atau *troubleshooting*. Untuk itu didesain salah satu *tool* dari alur proses diagram yang menjelaskan tentang alur proses program PLC yaitu *Sequential Functional Chart* (SFC) yang dijelaskan pada Gambar 10.



Gambar 10 Diagram hasil SFC

Diagram pada Gambar 10 dijelaskan terdapat 12 *steps* yang saling berhubungan satu sama lain dimana menggambarkan proses *closed-loop*. *Steps* merupakan perpindahan aktivitas pada sebuah sistem. Dimulai dari proses awal yaitu memasukkan bahan mentah kartu *jacquard* yang kemudian diproses hingga kartu yang telah selesai di *punching*.

D. Analisis Uji Simulasi Sistem PLC

Simulasi Uji simulasi merupakan tahap akhir pada penelitian ini. Dilakukan untuk memastikan sistem yang dirancang dan diimplementasikan pada model desain baru untuk mengetahui terjadinya *failure system* dan *error*.

Dapat ditinjau dari hasil uji bahwa perancangan sistem *auto-feeder* dan sistem *storage* dapat mengurangi waktu siklus pada kondisi saat ini. Pekerja tidak perlu melakukan aktivitas berulang seperti pengambilan kartu dan meningkatkan waktu siklus menjadi konsisten. Uji simulasi dilakukan dengan dua kondisi yaitu simulasi langsung pada model mesin modifikasi dan simulasi pada perangkat lunak. Dengan membandingkan kedua hasil uji ini terlihat memiliki perbedaan yang tidak cukup jauh yaitu hanya memiliki perbedaan waktu sebesar 0,5 detik. Setelah dilakukan simulasi dengan menggunakan *software Computer Aided Design* (CAD) dan simulasi

software monitoring HMI didapatkan hasil sebagai berikut yang dijelaskan pada Tabel VI. Untuk memastikan sistem berjalan dengan kondisi yang diharapkan.

TABEL VI
HASIL ANALISIS SISTEM PERBANDINGAN

No.	Kategori	Kondisi Saat Ini	Kondisi Usulan
1.	Proses <i>Transferring Card</i>	Dilakukan secara manual oleh operator dengan waktu rata-rata 6 detik/kartu	Dengan menggunakan <i>autofeeder</i> , sehingga tidak membutuhkan operator dengan rata-rata waktu 3 detik/kartu.
2.	Mekanisme <i>Block Slider</i>	Dilakukan secara manual dengan menarik bandul dengan rata-rata waktu 7 detik/kartu	Dengan menggunakan sistem motor otomasi, tidak membutuhkan operator dengan waktu rata-rata 3 detik/kartu.
3.	Kebutuhan Pekerja	Dibutuhkan satu operator untuk melakukan aktivitas produksi dan melakukan pengawasan setiap waktu.	Tidak dibutuhkan operator khusus untuk melakukan <i>setup</i> mesin dan tidak melakukan pengawasan setiap waktu.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan uji simulasi sistem yang telah didesain dan diimplementasi, didapatkan bahwa sistem otomasi yang diprogram dengan program PLC pada mesin *punching* kartu *jacquard* terbukti berhasil sesuai dengan alur proses kemudian dapat meminimasi beban aktivitas pekerja yang berulang-ulang. Desain model dan sistem program PLC menggunakan Omron CP1E dan perangkat lunak *CX-Programmer Ver. 9.4* telah berhasil mengontrol mesin sesuai skenario. Waktu siklus produksi kartu *jacquard* yang telah diimplementasi oleh sistem otomasi dapat berkurang hingga 10 detik per kartu. Dengan ini dapat memenuhi kapasitas target produksi sebanyak 300 kartu/hari.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Moelino, "Pengembangan Ragam Desain Struktur Pada Kain Sandang Tradisional Dengan Menggunakan Mesin Tenun Jacquard Elektronik," *Arena Tekstil*, vol. 30, no. 1, pp. 13-24, 1 Juni 2015.
- [2] J. Delve, "Joseph Marie Jacquard: Inventor of the Jacquard Loom," *IEEE Annals of the History of Computing*, vol. 29, pp. 98-102, December 2007.
- [3] P. B. "Data Permintaan Corak Kain Sajadah," 2016.
- [4] M. P. Groover, *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*, Third Edition ed., New Jersey: Pearson Education Inc., 2008.
- [5] P. Chlique and H. Guegen, "User's Requirement Specification for Control : an Object-Oriented Approach," *Proceedings Computers in Design, Manufacturing, and Production*, pp. 296 - 301, 2002.

- [6] M. I. Fauzan, Automation System Design For Stopper Valve Chamfering Process On Bench Lathe SD-32A Machine At PT. Dharma Precision Parts, Bandung: Telkom University, 2015.
- [7] L. J, Process Automation Handbook, London, 2007.
- [8] F. Ebel and S. Idler, Fundamentals of Automation Technology, R. Pittschellis, Ed., Denkendorf: Festo Didactic GmbH, 2008.
- [9] F. D. Petruzella, Industrial Electronics, New York: McGraw-Hill, 1996.