

PERANCANGAN SISTEM KONTROL BERBASIS *PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER* DAN *MICROCONTROLLER* PADA MESIN YARN *CONDITIONING PLANT* DI PT.APAC INTI CORPORA

Juan Maurice^{*)}, Budi Setiyono, and Sumardi

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang
Jalan Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail : juanmauricecc@gmail.com

Abstrak

Mesin Yarn Conditioning Plant (YCP) pada industri tekstil merupakan mesin yang digunakan untuk menambah kelembapan benang guna menambah bobot benang serta memperkuat puntiran. Mesin ini berbentuk silinder besar yang didalamnya terjadi proses perubahan air menjadi uap yang kemudian dipaparkan ke benang. Besar suhu dan tekanan yang diterapkan bergantung pada jenis benang yang akan dikondisikan. Oleh sebab itu, kendali suhu dan tekanan otomatis untuk berbagai jenis benang yang presisi serta efisien sangat diperlukan untuk mesin ini. Variabel yang dikendalikan pada mesin ini adalah arah putaran motor, level air, temperatur, serta simulasi tekanan. Pengendalian menggunakan perpaduan antara fungsi PLC (Programmable Logic Control) sebagai pengendali yang handal dan mudah digunakan dengan microcontroller yang dapat melakukan pengendalian yang presisi untuk data analog seperti temperatur. Sensor temperatur yang digunakan adalah LM35 tahan air. Perangkat yang digunakan adalah PLC Omron CPM1A, Microcontroller Atmega 8535, software CX Programmer, dan CV AVR. Sistem pengendalian terdiri dari mode otomatis denim, otomatis greige, mode otomatis nylon, mode manual, mode reset, dan mode pause. Pengujian pada ketiga mode otomatis menunjukkan bahwa operasi pengondisian benang dapat berjalan sendiri dari awal sampai akhir. Pengujian mode manual menunjukkan bahwa pengendalian masing-masing aktuatur melalui saklar dapat berfungsi. Mode reset memungkinkan sistem kembali ke standby secara otomatis ketika terjadi emergency. Mode pause memungkinkan sistem untuk berhenti sejenak ketika terjadi gangguan.

Kata kunci : PLC, Mikroprosesor, YCP, LM35, Float Switch, Kendali motor DC

Abstract

Yarn Conditioning Plant (YCP) in textile industry is a machine used to increase the humidity of yarn surfaces to gain weight and strengthened the twist. This machine shapes like a big horizontal cylinder which occupied the transformation of water to steam which will be contacted to the yarn. The amount of temperature and pressure which will be implemented are based on the yarn's type. Therefore, the automatic temperature and pressure controller for any kind of yarn is vastly required. The controlled variable in this machine is motor's rotating direction, water level, temperature, and pressure simulation. The main controller is PLC (Programmable Logic Control) which is a reliable and easy to use controller. The temperature sensor being used is waterproof LM35. Instrument being used are Omron PLC CPM1A, Atmega 8535 microprocessor, CX Programmer software and CV AVR. The control system consist of Denim, Greige, and Nylon automatic mode, manual mode, pause mode, and reset mode. The trial test of the three automatic mode show that the machine is able to running the conditioning of yarn process automatically. The manual mode shows that controlling each actuatur by manual switches are properly functioning. The reset mode enable the system to automatically back to standby condition in case of emergency. The pause mode enable the system to stop in any process when the emergency condition arise.

Kata kunci : PLC, Mikroprocessor, YCP, LM35, Float Switch, Kendali motor DC

1. Pendahuluan

Mesin *Yarn Conditioning Plant* (YCP) adalah mesin yang digunakan oleh industri tekstil guna memperkuat puntiran

(*twist*), menambah massa, serta menguatkan benang dengan memaparkan kelembapan tertentu ke benang tersebut [1]. Pemaparan *cold saturated steam* pada benang yang telah melalui berbagai proses akan memperbaiki

homogenitas kelembapan benang sehingga benang akan lebih kuat dan massanya akan bertambah[2].

Pada penelitian sebelumnya proses kontrol suhu dan tekanan hanya disimulasikan dengan rangkaian elektronika saja. Selain itu masih terdapat kekurangan yaitu kemungkinan terjadi hubung singkat pada rangkaian *driver* motor DC. Mode yang ditawarkan juga terbatas pada 1 mode otomatis saja sehingga hanya dapat digunakan untuk 1 jenis benang[3].

Lebih dahulu dilakukan pengamatan dan studi terhadap sistem yang sebenarnya di PT.Apac Inti Corpora. Hasil pengamatan mengemukakan beberapa obyek yang dapat dikembangkan, diantaranya pengontrol yang masih *manual*, *Human Machine Interface* (HMI) yang hanya berupa saklar tekan, akuisisi data yang tidak *real time*, sistem *safety interruption* yang belum ada, serta penggunaan PLC yang tidak efisien. Pengembangan yang mendesak perlu dilakukan adalah optimalisasi pemakaian PLC untuk menampilkan data analog secara *real time*.

Pada tugas akhir ini dibuat sebuah prototype proses pengendalian mesin YCP menggunakan PLC dan mikrokontroler. Mikrokontroler akan digunakan untuk membaca data keluaran tegangan dari sensor temperatur dan menampilkannya di LCD[4]. Proses kontrol yang terlibat pada mesin YCP adalah kontrol ketinggian air, kontrol motor, kontrol temperatur, dan kontrol tekanan. Sistem akan bekerja dengan 2 mode yaitu otomatis yang terdiri dari 3 mode dan mode manual untuk keadaan darurat. Untuk itu digunakanlah sensor *limit switch* untuk mengendalikan motor, *float switch* untuk mengendalikan ketinggian air, dan LM35 untuk mengendalikan temperatur.

Sistem purwarupa yang dibangun ini bertujuan akhir mempermudah kerja operator serta meningkatkan kualitas dari mesin YCP ini. Perancangan mode otomatis mampu mempermudah kerja operator serta menghasilkan kualitas hasil steam yang seragam. Waktu serta temperatur optimal yang dibutuhkan masing-masing jenis benang akan diatur di masing-masing mode otomatis. Melalui sistem ini, efisiensi kerja serta kualitas produksi dapat meningkat.

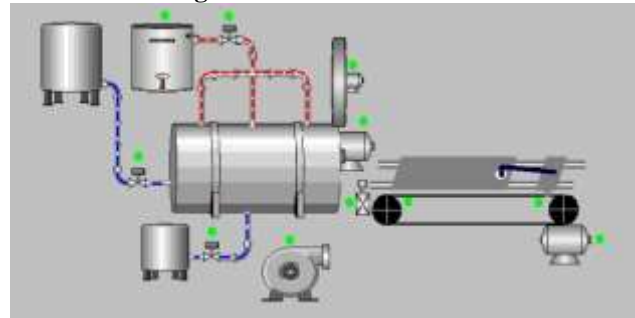
2. Metode

Perancangan sistem *Yarn Conditioning Plant* (YCP) dilakukan dengan merancang mekanisme kerja terlebih dahulu. Mekanisme yang dibutuhkan oleh YCP adalah keluar-masuk kereta, buka-tutup pintu, buka-tutup segel pintu, buka-tutup steam valve, serta buka tutup katub dan pompa air. YCP juga terdiri dari 4 bagian besar yaitu *water storage*, *Steam chamber*, *Conditioning tank*, dan *Cart* [5]. Gambar 1 menunjukkan bagian-bagian pada mesin YCP.



Gambar 1. Bagian-Bagian Mesin YCP

2.1 Perancangan Mekanik



Gambar2. Perancangan Mekanik Mesin YCP

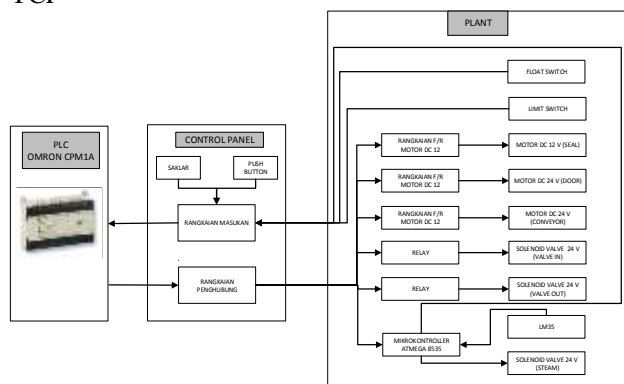
Secara umum *Yarn Conditioning Plant* terdiri dari 4 bagian utama yaitu kereta, sumber uap, tangki pengondisi, dan sumber air. Kereta berfungsi untuk menempatkan benang yang akan dikondisikan. Kereta yang berisi benang tersebut akan berada didalam mesin apabila proses pengondisian sedang berlangsung dan akan berada di luar pada proses *loading* dan *unloading* benang. Sumber uap pada YCP sangatlah beragam tergantung kondisi dimana *plant* tersebut ditempatkan. Ada yang sumber uap berasal dari *boiler* terpisah dan ada juga yang berasal dari pemanasan air pada *heater* di dalam tangki pengondisi. Tangki pengondisi adalah tangki dimana proses utama pengondisian benang berlangsung. Proses yang terjadi di dalam tangki ini termasuk proses buka tutup pintu, proses vakum, proses *leveling* air, dan proses pemanasan. Sumber air ini berfungsi untuk mengisi air masuk ke tangki pengondisi.

2.2 Perancangan Perangkat Keras

Sistem ini dibuat dengan 2 mode kerja yaitu mode otomatis dan mode manual. Mode otomatis dibagi menjadi 3 berdasarkan jenis benang yang akan dikondisikan, yaitu yaitu Cd30K III 29, Cd16W III 30, dan Cd23K III 28. Perbedaan masing-masing mode terdapat pada suhu pemanasan dan waktu pemanasan dari mesin YCP. Pada mode otomatis, operator hanya perlu menentukan mode otomatis yang dipilih dan menekan tombol *Start* maka proses akan berjalan. Mode manual berisi tombol-tombol yang dapat menjalankan masing-masing aktuator sesuai keinginan operator. Mode ini dimaksudkan untuk mengatasi keadaan darurat dimana

mode otomatis mengalami gangguan. Purwarupa YCP ini juga menawarkan 2 mode darurat mode otomatis yaitu mode *pause* dan mode *reset*. Mode *pause* berfungsi menghentikan seluruh proses yang sedang berlangsung ketika terjadi keadaan emergency. Mode *pause* dilengkapi dengan fasilitas *continue* untuk melanjutkan proses yang sebelumnya tertunda.

Pada sistem YCP dibuat mekanisme keluar masuk kereta, buka tutup pintu, buka tutup segel (seal), keluar masuk air, pengendalian ketinggian air an temperatur. Seluruh pengendalian pada mesin YCP ini dilakukan oleh PLC. Pengendalian tambahan yaitu mikrokontroler digunakan untuk mengendalikan suhu sesuai dengan perintah dari PLC. Gambar 3 menunjukkan diagram blok dari sistem YCP



Gambar 3. Diagram Blok Sistem YCP

2.1.1 Sensor

Berbagai pengendalian yang dilakukan selama proses membutuhkan sensor sebagai masukan. Pada YCP terdapat 3 objek pengendalian yaitu motor DC, suhu, dan ketinggian air. Sensor yang digunakan pada pengendalian motor DC adalah *limit switch*. *Limit switch* ini berfungsi sebagai masukan untuk PLC yang menandakan kapan motor harus mulai dan berhenti bergerak. Pada purwarupa YCP terdapat 6 buah *limit switch* yang digunakan untuk mengatur motor kereta, motor pintu, dan motor *seal*. *Limit switch* yang digunakan pada seluruh plant ini dipasang secara *normally open* (NO) yang berarti tidak terdapat aliran listrik pada keadaan normal.



Gambar 4. Limit Switch

Sensor yang digunakan pada pengendalian temperatur adalah LM 35 anti air. LM 35 merupakan sensor yang memiliki karakteristik kenaikan $10\text{mV}/^\circ\text{C}$. Sensor ini berfungsi untuk mendeteksi suhu pada *conditioning tank* ketika proses pengendalian suhu dilakukan. Data keluaran

tegangan dari LM35 akan diterima oleh pin *analog to digital converter* (ADC) mikrokontroler dan dikonversi menjadi satuan suhu sesuai dengan persamaan (1).

$$\text{SUHU} = \text{ADC} * \text{LSB} / \text{VPC} \quad (1)$$

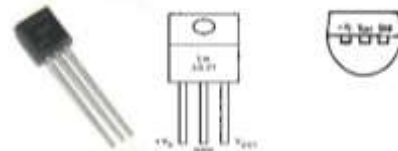
Dimana:

SUHU = suhu terukur ($^\circ\text{C}$)

ADC = hasil pembacaan ADC mikrokontroler

LSB = $V_{\text{ref}} / (2^n - 1)$

VPC = 10 (karakteristik LM35, $10\text{mV}/^\circ\text{C}$)



Gambar 5. Sensor Suhu LM35

Ketinggian air pada tangki *conditioning* dideteksi oleh *Top Angle Float Switch*. *Float switch* ini dipasang secara *Normally Close* (NC), yang berarti pada keadaan normal *float switch* tersebut akan dilalui listrik. Jumlah *float switch* yang digunakan adalah 3 buah yang masing-masing dipadankan pada ketinggian 1cm, 3,2cm, dan 5cm dari dasar tangki.



Gambar 6. Float Switch

2.1.2 Aktuator

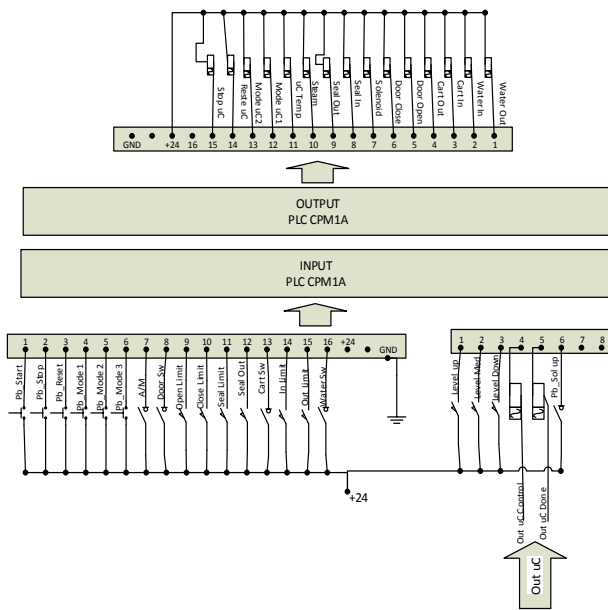
Aktuator yang digunakan pada mesin YCP meliputi motor DC, solenoid push, solenoid valve, dan pompa air. Motor DC yang digunakan meliputi motor DC 24V untuk kereta dan pintu, dan motor DC 12V untuk seal. Solenoid push digunakan untuk melepaskan kait dari kereta. Solenoid valve digunakan untuk mengatur air yang keluar masuk tangki serta steam dari steam chamber. Pompa air yang digunakan berjumlah 2 buah dengan laju aliran 960liter/jam dan 6500liter/jam yang masing-masing digunakan untuk membantu mempercepat pengeluaran air maupun masuknya air dari dan ke dalam tangki *conditioning*. Gambar 7 menunjukkan aktuator yang digunakan pada mesin YCP.



Gambar 7. Aktuator pada Mesin YCP

2.1.3 Perancangan PLC

Perancangan perangkat keras (*hardware*) pada *plant Yarn Conditioning Plant* ini menggunakan PLC Omron CPM1A sebagai pengendali. PLC ini memiliki 24 buah *input* dan 16 *output*[6]. Keluaran dari PLC ini digunakan untuk mengaktifkan *coil* dari setiap relay. Relay yang digunakan adalah *coil* 24 VDC. Setiap relay ini mengaktifkan beban berbagai aktuator seperti. Jumlah total penggunaan relay adalah 15 buah. Gambar 8 menunjukkan peta masukan dan keluaran sistem YCP.

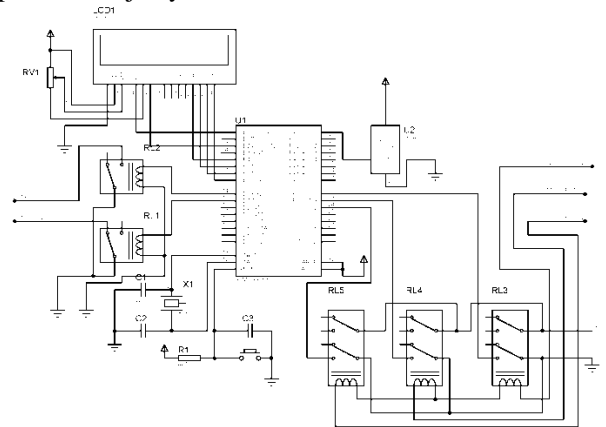


Gambar 8. Peta Masukan Dan Keluaran Sistem YCP

2.1.4 Perancangan Mikrokontroler

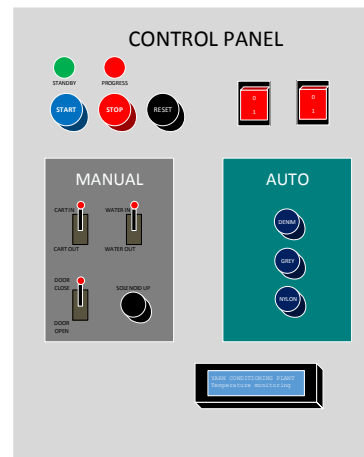
Mikrokontroler pada rancangan purwarupa *Yarn Conditioning Plant* dimaksudkan untuk melakukan akuisisi data temperatur. Mikrokontroler yang digunakan adalah Atmega 8535. Terdapat 6 masukan pada mikrokontroler yaitu 5 dari PLC dan 1 dari sensor suhu LM35. Keluaran dari mikrokontroler berupa sinyal kontrol menuju PLC serta tampilan di LCD. Pada perancangan ini, PLC memberikan masukan ke mikrokontroler mengenai mode yang dipilih kemudian menunggu sinyal lanjutan PLC untuk memulai pengendalian suhu. Untuk mode 1 suhu akan dikendalikan hingga suhu 55°C selama 4 menit, mode 2 hingga suhu 58°C selama 4,5 menit, dan mode 3 hingga suhu 60°C selama 5 menit. Nilai tersebut didapatkan dari asumsi bahwa bahan 100% katun membutuhkan pemanasan antara 55-60°C selama kurang lebih 45-50 menit untuk ukuran 1kg benang. Karena untuk menghemat waktu pengujian, maka diasumsikan 100gr benang membutuhkan waktu 1/10 dari waktu sesungguhnya. Setelah pengendalian suhu selesai, mikrokontroler akan

memberikan sinyal masukan ke PLC untuk melanjutkan proses selanjutnya.



Gambar 9. Perancangan Mikrokontroler Sistem YCP[8]

2.1.3 Perancangan Panel Kontrol



Gambar 10. Interface Panel Kontrol Mesin YCP

Panel kontrol difungsikan sebagai interface antara operator dengan mesin. Pada panel kontrol ini terdapat berbagai tombol tekan maupun saklar toggle dengan masing-masing fungsi. Saklar tekan digunakan untuk tombol *Start*, *Stop*, *Reset*, *Mode 1*, *Mode 2*, *Mode 3*, dan *Manual* solenoid. Saklar *toggle* digunakan untuk pemilihan *Automatic/Manual (A/M)* dan *mode manual* yaitu *Cart*, *Door*, dan *Water Valve*. Gambar 10 menunjukkan antarmuka panel kontrol pada mesin YCP.

Tombol *Start* berfungsi untuk memulai proses ketika sistem telah berada di keadaan *standby*. *Stop* berfungsi untuk menghentikan proses ketika sedang berlangsung. *Reset* memungkinkan sistem untuk kembali ke keadaan *standby* secara otomatis ketika terjadi *emergency stop*. *Mode 1*, *Mode 2*, *Mode 3* pada mode otomatis berfungsi untuk memilih mode pemanasan sesuai dengan bahan benang yang diproses. *Manual* solenoid digunakan untuk mengaktifkan solenoid *push* pada *manual mode*.

Saklar *toggle* dimaksudkan untuk menghemat alamat masukan dimana 1 alamat dapat digunakan untuk 2 perintah. *A/M toggle* digunakan untuk memilih mode operasi yaitu otomatis atau manual. *Cart toggle* digunakan untuk mengeluarkan-masukkan kereta pada mode manual. *Door toggle* digunakan untuk membuka dan menutup pintu tangki pada mode manual. *Water valve toggle* digunakan untuk mengisi dan mengosongkan tangki pada mode manual.

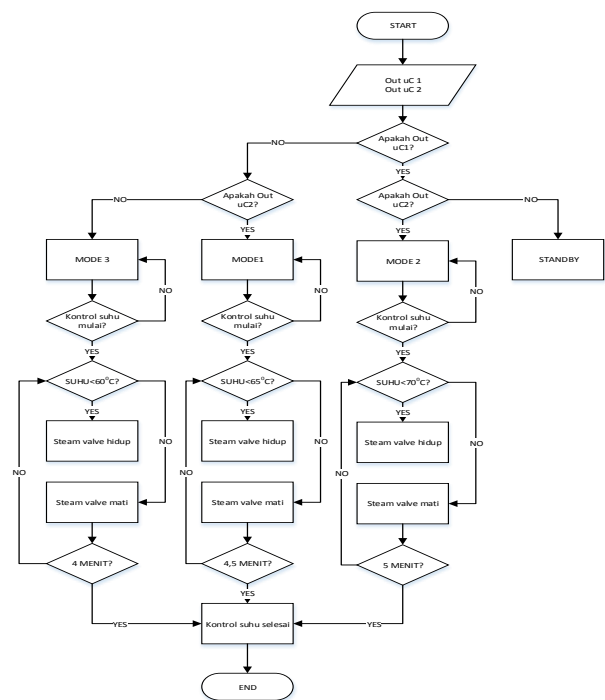
2.2 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak pada sistem mesin *Yarn conditioning plant* (YCP) terbagi menjadi dua, yaitu:

1. Perancangan program pada mikrokontroler ATMEGA 8535
2. Perancangan program pada PLC OMRON CPM1A

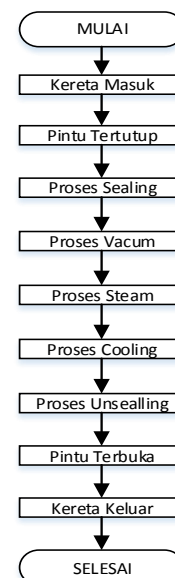
Mikrokontroler pada perancangan ini berperan sebagai *slave* dari PLC[2]. Program pada μC ATMEGA 8535 dibuat untuk mensimulasikan dan menampilkan perubahan temperatur. Program pada PLC merupakan program pengontrol (*controller*) *input* dan *output* sistem mesin YCP. Program ini dirancang sedemikian rupa sehingga proses-proses dapat berlangsung seperti mesin sebenarnya.

Program pada μC menerima masukan dari keluaran PLC untuk pemilihan mode dan perintah memulai program, kemudian data masukan itu diproses oleh program μC , dan ditampilkan pada LCD. Ketika program μC sedang berjalan, *port* keluaran μC akan memberikan sinyal masukan untuk PLC untuk mengaktifkan *steam valve*. Ketika tugas dari μC sudah selesai, μC akan mengirimkan sinyal masukan untuk PLC agar PLC bisa melanjutkan proses berikutnya. Diagram alir dari mikrokontroler dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Diagram Alir Mikrokontroler

Program pada PLC menerima masukan dari berbagai macam *switch*, sensor, dan μC untuk selanjutnya diolah. Hasil dari pengolahan data tersebut akan dikirimkan ke aktuator yang bersangkutan sesuai dengan urutan proses yang telah ditentukan. Program pada PLC terlebih dahulu dibuat di komputer dengan menggunakan *ladder diagram*[9]. Selanjutnya *ladder diagram* tersebut akan diunduh ke PLC sehingga PLC dapat bekerja sendiri tanpa harus terhubung dengan komputer[10].



Gambar 12. Proses Utama Mesin YCP

3. Hasil dan Analisa

3.1 Pengujian Mode Manual

Pengujian mode manual dilakukan dengan mode manual pada control panel kemudian mengaktifkan masing-masing saklar. Sensor yang memicu dan meniadakan kerja dimonitor di CX Programmer ketika proses berlangsung.

Tabel 1. Data Pengujian Mode Manual

Langkah	On Trigger	Off Trigger	Triggered Output
Mode Manual	0.06=0	0.06=1	
Start Manual	0.00		
Kereta Masuk	0.08, 1.00=1	0.09, 1.01, 1.00=0	10.02
Kereta Keluar	0.08, 1.00=0	0.09, 1.02, 1.00=1	10.02, 10.03
Pintu Menutup Seal In	1.02, 0.07=1 0.09	0.09, 0.07=0 0.08, 0.10, 0.07=0	10.05 10.07
Seal Out	1.02, 0.07=0	0.08, 0.11, 0.07=1	10.07, 11.00
Pintu Membuka	0.11	0.08, 0.07=1	10.05, 10.04
Air masuk tangki	0.09, 1.03=1	0.08, 1.04, 1.03=0	10.01
Air keluar tangki	0.09, 1.03=0	0.08, 1.06, 1.03=1	10.00
Solenoid	0.08, 1.09=1	0.09, 1.09=0	10.06

3.2 Pengujian Mode Otomatis

Pengujian mode otomatis dengan memilih mode otomatis pada control panel, kemudian memilih mode 1 sebagai contoh. Sensor yang memicu dan meniadakan kerja dimonitor di CX Programmer ketika proses berlangsung.

Tabel 2. Pengujian Remote Mode

Langkah	On Trigger	Off Trigger	Triggered Output
Mode Otomatis	0.06	-	-
Pilih bahan	0.03/0.04/ 0.05	0.01	11.03, 11.04
Standby	0.08, 0.10, 1.02	-	-
Kereta Masuk	0.00, 1.02, 0.08	0.09, 1.01, 0.01	10.02
Solenoid Naik	0.08, 1.01	1.02, 0.01	10.06
Kait Keluar	0.08, 1.01	1.02, 0.01	10.02, 10.03
Pintu Tertutup	1.02, 0.08	0.09, 0.01	10.05
Seal Mengunci	0.09, 0.10	0.11, 0.01	10.07
Air Keluar Tangki	0.09, 0.11	1.05, 0.01	10.00
Mikrokontroler on	0.09, 1.05	1.08, 0.08, 0.01	11.02
Steam Valve on	1.05, 1.07	1.08, 0.08, 0.01	11.01
Air Masuk Tangki	0.09, 1.08	1.04, 0.01	10.01
Seal Terbuka	1.04, 0.09	0.10, 0.01	10.07, 11.00
Pintu Terbuka	0.09, 1.10	0.08, 0.01	10.02, 10.03
Solenoid Naik	0.08, 1.02	1.01, 0.01	10.06
Kait Masuk	0.08, 1.02	1.01, 0.01	10.02
Kereta Keluar	0.08, 1.01	1.02	10.02, 10.03

3.3 Pengujian Sensor LM35

Pengujian sensor suhu LM35 dimaksudkan untuk mengkalibrasi sensor sebelum diinstalasi di *plant*. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan yang ditampilkan di LCD dengan pembacaan

termometer raksa. Media yang diukur adalah air yang dipanaskan oleh pemanas air. Pada pengujian ini telah diambil 10 data sesuai dengan metode yang dijelaskan sebelumnya.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor LM35.

No.	Vout LM35	Pengukuran Sensor (°C)	Pengukuran Termometer (°C)	Error (°C)
1	0,40	31	30	1
2	0,45	35	34	1
3	0,54	45	45	0
4	0,58	51	51	0
5	0,61	56	55	1
6	0,69	66	66	0
7	0,74	71	71	0
8	0,79	76	76	0
9	0,84	81	81	0
10	0,88	86	86	0

3.4 Pengujian Rangkaian Forward/Reverse Motor DC

Pengujian dilakukan dengan memberikan tegangan 24V DC ke pin VCC dan *ground* ke pin GND. Pertama-tama tegangan 24V DC diberikan pada pin *forward* dan percobaan kedua tegangan 24V DC diberikan pada pin *forward* dan *reverse*. Sinyal pada pin *forward* dan *reverse* ini yang kemudian akan menggerakkan motor secara *clockwise* (CW) dan *counterclockwise* (CCW). Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengujian Rangkaian F/R Motor DC

Pin Keluaran	Masukan		Keluaran	
	Tegangan Forward (V)	Tegangan Reverse (V)	Arah Putaran Motor	Keterangan
Cart In (10.02)	0	0	Tidak bergerak	Tidak ada tegangan
CartOut (10.03)	0	24	Tidak bergerak	Tidak ada tegangan
	24	0	CW	Cart in
	24	24	CCW	Cart out
	0	0	Tidak bergerak	Tidak ada tegangan
Door Close (10.05)	0	24	Tidak bergerak	Tidak ada tegangan
Door Open (10.04)	24	0	CW	Door Close
	24	24	CCW	Door Open
	0	0	Tidak bergerak	Tidak ada tegangan
Seal In (10.07)	0	24	Tidak bergerak	Tidak ada tegangan
Seal Out (11.00)	0	24	bergerak	tegangan
	24	0	CW	Seal In
	24	24	CCW	Seal Out

3.5 Pengujian Kualitas

Pengujian hasil conditioning dimaksudkan untuk mengetahui seberapa efektif purwarupa mesin YCP yang dibuat dalam menambah massa benang. Pengujian

menggunakan 3 macam benang katun 100% yaitu Cd30K III 29, Cd16W III 30, dan Cd23K III 28. Perbedaan dari masing-masing benang terdapat pada ketebalannya. Dari tebal ke tipis Cd16W III 30, Cd23K III 28, Cd30K III 29 memerlukan suhu dan waktu pemanasan yang berbeda. Pengujian dilakukan dengan mengkondisikan 100 gram gulungan benang dari masing-masing sampel di dalam mesin *yarn conditioning plant* (YCP). Sebelum dikondisikan, masing-masing benang ditimbang dan dicatat massanya. Benang Cd30K III 29 diuji menggunakan mode 1, benang Cd23K III 28 diuji menggunakan mode 2, dan benang Cd16W III 30 diuji menggunakan mode 3. Setelah proses pengondisian berakhir, benang kembali ditimbang dan dibandingkan hasil sebelum dan sesudah. Hasil pengujian kualitas ditampilkan pada Tabel 5

Tabel 5. Hasil Pengujian Kualitas

Jenis Benang	Waktu (menit)	Suhu (°C)	Massa Sebelum (gram)	Massa Sesudah (gram)
Cd30K III 29	4	56	112	116
Cd23K III 28	5	58	125	129
Cd16W III 30	5,5	60	127	130

Pengujian penambahan massa pada jenis benang Cd30KIII29 terdapat penambahan massa 3,57%, Cd23KIII28 sebanyak 3,2% dan Cd16WIII30 sebanyak 2,36% yang ketiganya dapat melampaui batas standar yaitu 1,5%. Dengan demikian purwarupa YCP yang dibuat relatif lebih baik daripada YCP sebenarnya di PT. Apac Inti Corpora dalam hal penambahan massa.

4. Kesimpulan

Berdasarkan beberapa pengujian dan analisis yang dilakukan pada *yarn conditioning plant* (YCP) didapatkan hasil bahwa telah dibuat purwarupa mesin YCP yang dapat mewakili sistem sebenarnya lengkap dengan kendali seluruh proses yang berlangsung. Pengukuran yang temperatur yang dilakukan oleh LM35 hanya memiliki kesalahan sekitar $\pm 1^{\circ}\text{C}$. Rangkaian *forward/reverse* motor DC telah dapat menggerakkan motor searah jarum jam (CW) maupun berlawanan arah jarum jam (CCW) dan dapat meminimalisir kemungkinan hubung singkat. Steam valve mampu mengalirkan uap dengan laju rata-rata $12,2^{\circ}\text{C}/\text{menit}$. Pengujian mode otomatis menunjukkan bahwa YCP dapat melakukan proses dari awal sampai akhir secara otomatis tanpa perlu terus diawasi. Pengujian mode manual menunjukkan bahwa seluruh fungsi saklar dapat berfungsi sesuai fungsinya untuk menjalankan aktuator tertentu. Fungsi *Pause* telah berhasil menghentikan proses yang berjalan dan dapat melanjutkannya lagi. Fungsi *Reset* telah

berhasil mengembalikan plant ke kondisi *standby* ketika berada di posisi *Pause*. Penambahan massa setelah di *conditioning* pada benang Cd16W III 30 adalah sebesar 2,36%, Cd23K III 28 sebesar 3,2%, Cd30K III 29 sebesar 3,57. Nilai tersebut berada diatas standar YCP yang dimiliki PT. Apac Inti Corpora yaitu 1,5%, sehingga percobaan dikatakan berhasil Dengan terdapatnya penambahan massa tersebut menunjukkan bahwa mikrokontroler telah mampu mengendalikan suhu dan waktu pemanasan untuk masing-masing benang.

Referensi

- [1] S. Sardag, O. Ozcan, "Effects of Vacuum Steaming Process on the Twist Liveliness of Staple Yarns," Uludag University, Turki, 2013.
- [2] Usenko V, "Processing of Man-made Fibres," Diterjemahkan oleh N.Chemysheva, MIR, Publishers Moscow, hal.178-189, 1979.
- [3] Agustiar, "Pegontrolan dan Pemonitoran Mesin Steamer dengan Menggunakan PLC OMRON CQM1-CPU21 dan Intellution Fix 32," Universitas Diponegoro, Semarang, 2003.
- [4] L. M. Noveri, E. Ervianto, "Data Logger Sensor Suhu Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535 dengan PC Sebagai Tampilan," Skripsi S1, Universitas Riau, 2012.
- [5] Bluemoon Machinery Mfg.Co, "Yarn Conditioning Plant," Bluemoon Machinery Mfg.Co, 2011. [Online]. Tersedia: http://www.bluemoonmachines.com/yarn_conditioning_plant.html. [Diakses 4 Mei 2015].
- [6] CPM1A Programmable Controllers Operation Manual, OMRON, Desember 2005.
- [7] LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors, Texas Instruments, Texas, 2015.
- [8] --, "ADC 10bit ATMEGA8535 dan LM35 dengan akuisisi data Temp," 2011. [Online]. Tersedia: <https://momogie.wordpress.com/?s=lm35>.
- [9] I, Setiawan, "Programmable Logic Control (PLC) dan Perancangan Sistem Kontrol," Semarang, Universitas Diponegoro, 2006
- [10] A. E. Putra, "PLC Konsep Pemrograman dan Aplikasi," Yogyakarta. Gaya Media, 2004.