

PERANCANGAN PROGRAM SISTEM OTOMATISASI PADA STASIUN KERJA PELAYUAN MENGUNAKAN PENGENDALI PLC OMRON CP1E DI PT. PERKEBUNAN NUSANTARA VIII CIATER

¹Gerardo Jones Kereh, ²Haris Rachmat, ST., MT, ³Denny Sukma Eka Atmaja, ST

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, *Telkom University*

¹gerardokereh@gmail.com, ²haris.bdg23@gmail.com, ³dennysukma@gmail.com

Abstraksi—Dalam era industri saat ini, sistem otomasi menjadi pilihan yang tepat demi meningkatkan kinerja dan keamanan peralatan dalam proses produksi. Penggunaan PLC (*Programmable Logic Controller*) sebagai alat kontrol atau pengendali sistem otomasi untuk proses produksi di industri sudah menjadi bagian utama guna menjaga agar proses produksi tetap berjalan seperti yang direncanakan dan memberikan kemudahan dalam kendali dan monitoring. Dengan adanya PLC, maka peralatan yang masih berfungsi secara manual dalam proses produksi seperti kontaktor, relay dan lain-lain dapat dikurangi serta dapat meningkatkan hasil produksi baik secara kualitas maupun kuantitas.

PT. Perkebunan Nusantara VII (PTPN VIII) adalah produsen teh di Indonesia yang merupakan perkebunan milik negara. Perkebunan yang bertempat di Ciater, Subang merupakan salah satu cabang dari PTPN VIII yang mengolah teh hitam orthodox, dimana proses pelayuan pucuk teh dioperasikan secara manual oleh operator/mandor lapangan untuk melakukan pembeberan pucuk dan pengawasan secara terus menerus. Sistem otomasi pada proses pelayuan pucuk teh dapat diterapkan dengan mempertimbangkan masalah-masalah yang ada pada proses pelayuan yang masih terdapat faktor human error yang berdampak pada kualitas teh di kebun tersebut, pengawasan dan pengendalian pabrik yang masih manual, dan permasalahan efisiensi sumber daya manusia.

Hasil dari penelitian yang telah dilakukan disimulasikan pada miniplant dan diperoleh kesimpulan bahwa program pengendali untuk proses pelayuan teh menggunakan PLC Omron CP1E telah berhasil dirancang sehingga proses yang ada dapat dikontrol secara otomatis dan terpusat. Sehingga memudahkan *user* untuk melakukan pengawasan, meminimasi terjadinya *human error*, serta meningkatkan keselamatan kerja operator pada stasiun kerja pelayuan teh.

Kata kunci: Omron CP1E, Otomasi, Pelayuan Teh Hitam Orthodox, *Programmable Logic Controller*.

I. Pendahuluan

Ruang lingkup otomasi pada industri semakin berkembang dengan kemajuan yang berkelanjutan dalam teknologi yang difasilitasi dengan perangkat keras dan perangkat lunak untuk sistem pengendali. Implementasi otomasi dalam industri telah menghasilkan manfaat dengan peningkatan kinerja dan keamanan peralatan (1). Manfaat tersebut mendorong perkembangan yang sangat pesat pada teknologi industri manufaktur, energi, makanan, kesehatan, transportasi, militer dan sebagainya. Peningkatan teknologi mempunyai peranan yang sangat penting untuk meningkatkan kualitas, baik produk maupun proses di industri serta untuk menjaga kelestarian lingkungan dan kesehatan, yang pada akhirnya sangat menentukan daya saing suatu industri.

Pengolahan teh merupakan salah satu industri yang termasuk dalam bidang industri pengolahan makanan dan minuman yang menggunakan sistem otomasi untuk proses kerjanya. Berdasarkan statistik dari Food and Agriculture Organization of the United States (2) pada tahun 2010, tingkat produksi teh dunia meningkat 4,2% sedangkan tingkat konsumsi teh dunia meningkat 5,6%. China menjadi negara dengan produksi tertinggi pada tahun 2010 sebesar 1.450.000 ton sedangkan peringkat kedua adalah India dengan 991.182 ton, dan peringkat ketiga adalah Kenya dengan 399.006 ton. Pada tahun 2011, peringkat pertama, kedua, dan ketiga masih diduduki China, India, dan Kenya dengan produksi masing-masing adalah 1.623.000 ton, 966.733 ton, dan 377.912 ton.

Indonesia sendiri menduduki peringkat 7 produsen teh di dunia pada tahun 2011 naik satu peringkat dari tahun sebelumnya tetapi tingkat produksi teh di Indonesia menurun 0,09% yaitu sebesar 150.200 ton yang pada tahun sebelumnya sebesar 150,342 ton. Provinsi Jawa Barat merupakan penghasil teh terbesar dalam 5 tahun terakhir ini. Pada tahun 2013 produksi teh di Jawa Barat mencapai 103.481 ton kemudian diikuti oleh Sumatra Utara dan Jawa Tengah masing-masing sebesar 13.382 ton dan 9.738 ton.

PT. Perkebunan Nusantara VII (PTPN VIII) adalah produsen teh di Indonesia yang merupakan perkebunan milik negara. PTPN VIII bergerak pada sektor usaha perkebunan dengan kegiatan usaha meliputi pembudidayaan tanaman, pengolahan produksi dan penjualan komoditi perkebunan Teh, Karet dan Sawit sebagai komoditi utamanya, selain itu tanaman Kina, dan Kakao. Perkebunan yang bertempat di Ciater, Subang merupakan salah satu cabang dari PTPN VIII yang mengolah teh hitam orthodox, dimana proses pelayuan pucuk teh dioperasikan secara manual oleh operator/mandor lapangan untuk melakukan pembeberan pucuk dan pengawasan secara terus menerus.

Persaingan yang terus meningkat dalam produksi teh di dunia menyebabkan kualitas teh yang diproduksi perlu ditingkatkan agar dapat memenuhi standar internasional serta menambah nilai jual dan daya saing di pasar dunia. Persyaratan untuk kesehatan dan keselamatan kerja berupa resiko produk yang terkontaminasi atau resiko terjadinya kecelakaan kerja oleh operator mesin merupakan beberapa standar untuk pengolahan teh ini yang perlu menjadi perhatian dari produsen demi memuaskan konsumen dan menjaga nama baik dari produsen teh itu sendiri. Terdapat beberapa proses dalam pengolahan teh yaitu pelayuan, penggilingan, pengayakan, pengeringan, sortasi, dan pengepakan. Proses pelayuan merupakan salah satu proses yang berperan penting dalam penentuan kualitas teh yang dihasilkan lewat proses pengurangan kadar air secara perlahan dalam waktu yang ditentukan. Tujuan utamanya adalah untuk menurunkan kadar air di dalam dan di permukaan pucuk yang ditandai dengan adanya perubahan elastisitas pucuk (menjadi lemas) dan membentuk karakteristik teh (rasa, aroma, kekuaran dan warna air) yang diinginkan. Proses pelayuan akan menghasilkan pucuk yang lemas merata dan apabila ditekuk, batang tidak patah serta memiliki bau yang harum (3).

Kendala yang dihadapi pada proses pelayuan ini diantaranya pemeriksaan suhu pada thermometer *dry/wet* setiap 2 jam sekali oleh mandor/operator pada masing-masing *withering through* (WT) untuk mengetahui perbedaan selisih suhu pada thermometer yang nantinya akan menentukan pemberian udara panas bila diperlukan. Proses pemberian udara panas ditentukan oleh operator/mandor layu yang nantinya berkoordinasi dengan operator *Heat Exchanger* (HE) untuk

menyalakan burner selanjutnya mandor layu membuka klep udara panas secara proporsional yang disesuaikan dengan kemampuan HE dimana untuk WT yang paling dekat dengan HE bukaan klepnya 25% dan yang jauh 100%, sedangkan bukaan klep udara segar disesuaikan secara kondisional. Pemberian udara panas tahap I dilakukan secara bergantian berdasarkan kelompok WT untuk mendapatkan panas selama 2 jam pertama, kemudian setiap 2 jam dilakukan evaluasi oleh mandor

besar dan mandor layu terhadap kondisi pucuk. Apabila kondisi pucuk masih belum memenuhi persyaratan,

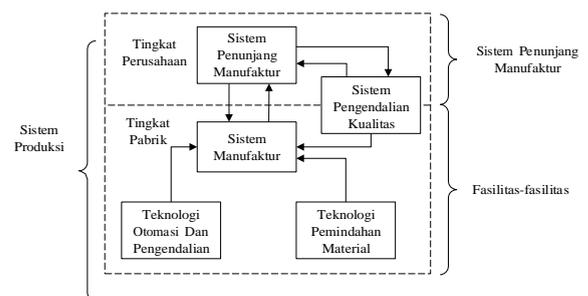
maka dilanjutkan pemberian udara panas tahap berikutnya. Setelah proses pemberian udara panas selesai, mandor layu berkoordinasi dengan operator HE untuk mematikan burner dan menutup klep udara panas serta membuka klep udara segar. Proses pemberian udara panas ini sangat dibutuhkan ketelitian oleh operator/mandor dalam mengawasi perubahan suhu yang terjadi pada masing – masing WT, sehingga kemungkinan terjadinya kesalahan dari operator/mandor cukup tinggi apabila dalam keadaan pucuk melimpah (*over capacity*). Kesalahan yang terjadi dapat menyebabkan keterlambatan dalam proses pelayuan yang memakan waktu 12 – 20 jam untuk mencapai sasaran kelayuan yang telah ditentukan. Maka dari itu penerapan sistem otomasi dapat menunjang proses pengolahan teh menjadi lebih efektif dan efisien.

Dalam penerapan sistem otomasi diperlukan adanya sistem kontrol otomatis yang memberikan akses kontrol secara menyeluruh dan terpusat untuk menjaga agar proses produksi tetap berjalan seperti yang direncanakan. Penggunaan sistem kontrol otomatis pada sistem otomasi memberikan kemudahan dalam kendali dan monitoring untuk stasiun kerja pelayuan ini. Maka dari itu *Programmable Logic Controller* (PLC) menjadi salah satu teknologi yang banyak digunakan dalam industri manufaktur yang menggunakan sistem otomasi pada saat ini yang menawarkan kemudahan dalam kendali sistem otomasi. PLC juga menawarkan kemudahan dalam pemrograman, implementasi, perawatan, dan modifikasi program jika sewaktu-waktu diperlukan. PLC Omron CP1E merupakan jenis PLC yang digunakan dalam penelitian ini.

II. Landasan Teori

A. Sistem Otomasi

Sistem otomasi adalah teknologi yang memanfaatkan aplikasi mekanik, elektronik dan sistem yang berbasis komputer untuk mengoperasikan dan mengendalikan suatu produksi (1). Pekerjaan ini dilakukan dengan menggunakan suatu program instruksi yang dikombinasikan dengan suatu sistem pengendali untuk menjalankan instruksi-instruksi tersebut. Posisi teknologi otomasi dan pengendalian pada suatu sistem produksi ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Teknologi Otomasi Dan Pengendalian Dalam Sistem Produksi (1)

B. Programmable Logic Controller (PLC)

Sedangkan menurut Capiel (1982), PLC adalah sistem elektronik yang beroperasi secara digital dan didesain untuk pemakaian di lingkungan industri, dimana sistem ini menggunakan memori yang dapat diprogram untuk penyimpanan secara internal instruksi-instruksi yang mengimplementasikan fungsi-fungsi spesifik seperti logika, urutan, perwaktuan, pencacahan dan operasi aritmatik untuk mengontrol mesin atau proses melalui modul-modul I/O digital maupun analog.

Sebelum otomatisasi industri berkembang, proses produksi menggunakan mesin-mesin yang dikendalikan secara langsung oleh para pekerja atau operator. Seiring dengan perkembangan waktu sistem kendali kemudian berkembang dengan menggantikan sebagian tugas atau bahkan seluruh tugas kendali dengan menggunakan sejumlah elemen mekanik atau listrik yang dihubungkan sedemikian sehingga membentuk sistem kendali yang berfungsi permanen (*hardware control*), sistem kendali tersebut kemudian disebut dengan sistem kendali konvensional. Berikut beberapa keuntungan dalam menggunakan PLC dibandingkan dengan menggunakan relay konvensional, timer, counter, dan hardware lainnya. Keuntungannya adalah: (1) memprogram PLC lebih mudah daripada melakukan wiring panel kontrol relay, (2) PLC dapat diprogram ulang, dimana kontrol konvensional harus melakukan wiring kembali dan melakukan pembuangan kabel sisa/bekas, (3) PLC membutuhkan lebih sedikit tempat dibandingkan panel kontrol relay, (4) ketahanan PLC tinggi dan perawatannya mudah, (5) PLC dapat lebih mudah disambungkan ke sistem komputer dibandingkan dengan relay, dan (6) PLC dapat melakukan lebih banyak variasi fungsi kontrol dibandingkan control relay (1).

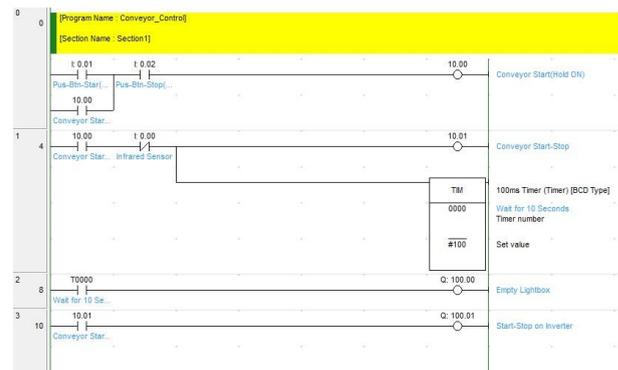
C. Bahasa Pemrograman PLC

PLC memiliki bermacam-macam bahasa program yang ditetapkan oleh IEC 61131-3 (*International Electrotechnical Commission*) sebagai berikut:

1. Diagram Tangga (*Ladder Diagram*)
2. Diagram Blok Fungsional (*Function Block Diagram*)
3. Bagan Fungsi Sekuensial (*Sequential Function Charts*)
4. Daftar Instruksi (*Instruction List*)
5. Teks Terstruktur (*Structured Text*)

Pada penelitian ini pemrograman pada PLC menggunakan diagram tangga (*Ladder Diagram*) menjadi fokus pembahasan pada sub bab ini. Ladder diagram adalah kumpulan simbol-simbol skematik yang khusus digunakan dalam dokumentasi industri. Disebut "ladder" dikarenakan simbol-simbolnya tersusun seperti tangga dengan dua garis vertikal (menyimbolkan *power supply*) dan memiliki banyak "rungs" (garis horizontal)

yang merepresentasikan rangkaian pengontrol. Instruksi yang dinyatakan dengan simbol digambarkan dan disusun sepanjang garis horizontal dimulai dari kiri dan dari atas ke bawah. Ladder diagram digunakan untuk menggambarkan rangkaian listrik dan dimaksudkan untuk menunjukkan urutan kejadian, bukan hubungan kabel antar komponen. Ladder diagram memungkinkan elemen-elemen elektrik dihubungkan sehingga keluaran (output) tidak hanya terbatas pada ketergantungan terhadap masukan (input) tetapi juga terhadap logika. Contoh ladder diagram ditunjukkan pada gambar II.6.



Gambar 2. Contoh Ladder Diagram

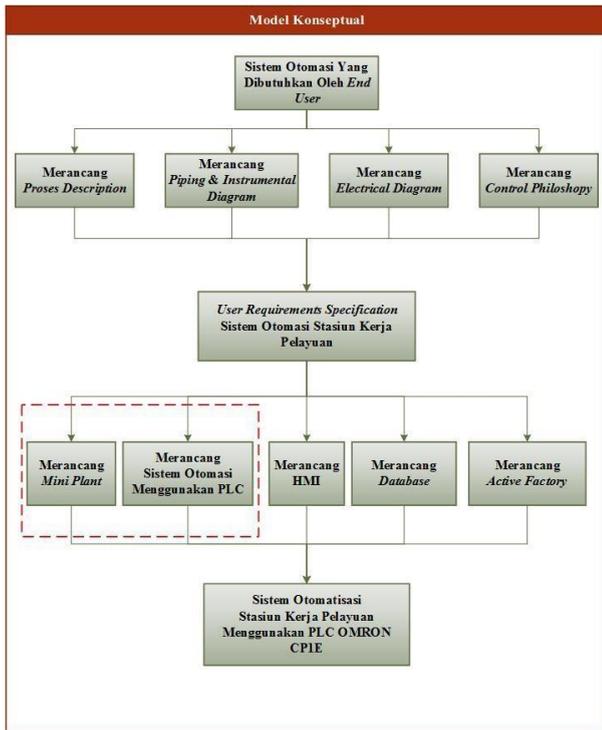
Ladder Languages merupakan bahasa pemrograman yang menuliskan instruksi kontrol secara grafis. Untuk menggambarkan *ladder language*/diagram ada beberapa ketentuan yang perlu diperhatikan yaitu:

1. Daya mengalir dari kiri ke kanan.
2. *Output* ditulis pada bagian yang paling kanan.
3. Tidak ada kontak yang diletakkan di sebelah kanan *output*.
4. Setiap *output* disisipkan satu kali dalam setiap program.

III. Metodologi Penelitian

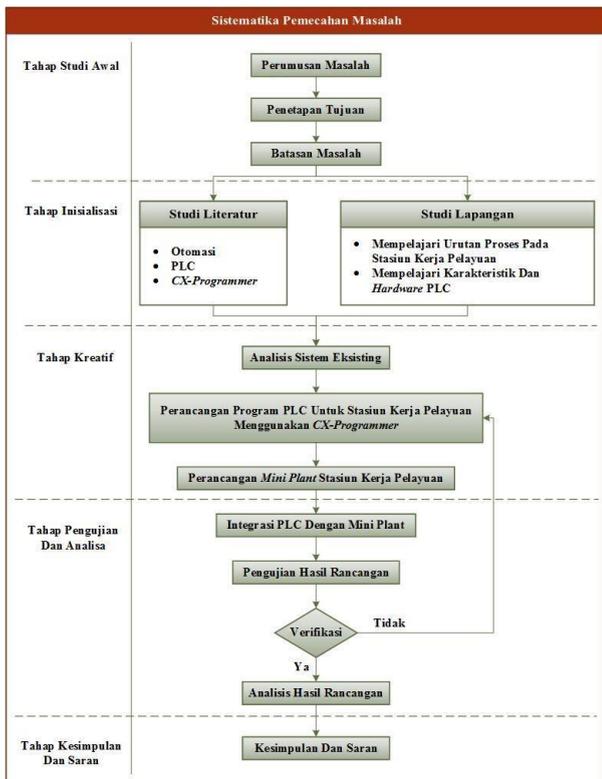
A. Model Konseptual

Model konseptual berfungsi untuk menjelaskan gambaran secara menyeluruh dari objek penelitian yang akan dilakukan. Dengan adanya model konseptual maka akan mempermudah dalam memahami apa yang menjadi komponen-komponen, proses, sampai tujuan yang ingin dicapai dari penelitian tersebut. Pada Gambar 5. menunjukkan model konseptual yang digunakan.



Gambar 3. Model Konseptual

B. Sistematis Pemecahan Masalah



Gambar 4. Model Konseptual

IV. Pengumpulan Dan Pengolahan Data

A. Analisis Sistem Eksisting

1. Identifikasi Sistem Eksisting

Pada proses pelayuan teh merupakan satuan operasi paling awal dari proses pengolahan teh yang bertujuan untuk menurunkan kadar air pucuk agar diperoleh kondisi fisik yang lentur sehingga tidak mudah patah untuk memaksimalkan proses penggilingan pada tahap selanjutnya. Terdapat beberapa mesin dan peralatan yang digunakan untuk pelaksanaan pelayuan teh, yaitu:

- 1. Monorail**
 Monorail merupakan rel yang berfungsi sebagai alat transportasi pucuk teh yang baru datang dari kebun menuju ke *withering through* (WT) serta berfungsi sebagai transportasi pucuk teh dari WT yang telah memenuhi sasaran pelayuan menuju ke mesin *open top roller* (OTR) oleh mandor.
- 2. Withering Through**
Withering Through WT merupakan wadah atau tempat penampungan pucuk teh yang akan melewati proses pelayuan. WT yang ada di perkebunan Ciater sebanyak 46 buah dengan ukuran panjang x lebar sekitar 1,8 x 35,63m dengan kapasitas 1500 kg per WT. Susunan WT terdiri dilengkapi dengan kipas, dan nylon net untuk memudahkan aliran udara serta i dari mixing chamber untuk pencampuran udara segar dan udara panas yang mencegah pucuk jatuh ke WT.
- 3. Heat Exchanger (HE)**
Heat Exchanger (HE) berfungsi sebagai pemberi udara panas pada pucuk apabila dibutuhkan. Mesin ini terletak di stasiun kerja pengeringan dan panas yang dihasilkan diatur oleh operator pada stasiun kerja tersebut.
- 4. Hot Air Ducting**
Hot Air Ducting berfungsi untuk mengatur besarnya udara panas yang berasal dari *Heat Exchanger*.
- 5. Fan**
Fan merupakan kipas yang memberikan aliran segar dan mendorong udara panas kedalam WT, posisinya terletak di *mixing chamber* yang ada di ujung WT. *Fan* pada sistem eksisting dinyalakan secara manual oleh operator.
- 6. Keranjang**
 Keranjang digunakan untuk mengangkut pucuk baik berasal dari tempat penerimaan pucuk menuju ruang pelayuan maupun dari ruang pelayuan menuju penggilingan.
- 7. Termometer**
 Termometer berfungsi sebagai alat kontrol untuk mengetahui perbedaan suhu yang nantinya akan menentukan pemberian udara panas.

2. Skenario Proses Eksisting

Gambar 5. Flow Chart Proses Eksisting Pelayuan Teh Hitam menjelaskan tentang kondisi proses eksisting pada proses pelayuan teh hitam, PTPN VIII.



Gambar 5. Flow Chart Proses Eksisting Pelayuan Teh Hitam

3. Identifikasi Kelemahan Sistem Eksisting

Pada sistem eksisting proses pelayuan teh hitam ini memiliki beberapa kelemahan, yaitu:

- Proses mematikan/menyalakan mesin WT dilakukan oleh operator (manual), sehingga ada kemungkinan faktor human error, seperti lupa mematikan/menyalakan WT, tidak tepat waktu dalam menyalakan/mematikan dan lain – lain.
- Proses menyalakan/mematikan heater dilakukan oleh operator (manual).
- Sistem eksisting belum terintegrasi, artinya petugas harus mencatat suhu dan kelembaban di lapangan, mengetahui kadar air teh di ruang sampel, dan menjalankan mesin di ruang operator.

B. Perancangan Sistem Usulan

Skenario proses usulan pada Gambar IV.7 meliputi proses pelayuan secara umum, proses pengontrolan pemberian udara panas, dan pengambilan informasi dari proses pelayuan tersebut. Berikut ini adalah skenario proses usulan:

- Pucuk datang di jembatan penimbangan dan pucuk dalam waring sack tersebut diturunkan dari truk. Mandor memilih WT yang akan diisi serta mengisi girik kemandoran dan menyalakan monorail pada InTouch.
- Fan dan timer akan berjalan secara otomatis ketika mandor selesai mengisi girik kemandoran. Lampu indikator berat juga akan menyala berwarna hijau untuk menandakan WT yang akan diisi.
- Pucuk dalam waring sack didistribusikan menggunakan monorail dan diturunkan oleh petugas pada WT yang telah dipilih mandor.
- Pucuk dibongkar dan dilakukan pembeberan. Sensor berat akan membaca pucuk yang dibebarkan oleh petugas, apabila berat pada WT telah sesuai dengan berat yang dimasukkan mandor dalam InTouch maka lampu indikator akan menyala berwarna merah sehingga petugas mengetahui dan tidak melanjutkan pembeberan pada WT tersebut. Agar ketinggian sesuai dengan ketentuan maka pada WT diberi tanda pada ketinggian 40 cm.
- Setelah dilakukan pembeberan dilakukan pengibaran sesuai dengan proses eksisting. Proses pelayuan selama 5 jam pertama hanya menggunakan udara segar.
- Setelah timer berjalan selama 5 jam sensor suhu mulai mendeteksi suhu ruangan. Sensor 1 membaca suhu pada bagian depan WT dan sensor suhu 2 membaca suhu pada bagian belakang WT. Apabila suhu kurang dari 26°C, maka klep udara panas otomatis akan terbuka sesuai dengan ketentuan bukaan pada sistem eksisting, sehingga proses pelayuan menggunakan udara panas. Apabila suhu berada diantara 26°C - 28°C maka proses pelayuan tetap menggunakan udara segar.
- Setelah klep udara terbuka sensor suhu tetap mendeteksi suhu pada WT, telah berada pada kondisi optimum (26°C - 28°C), maka klep udara panas akan menutup sehingga proses pelayuan hanya menggunakan udara segar. Akan tetapi, apabila suhu masih kurang dari 26°C, proses pelayuan tetap dilanjutkan menggunakan udara panas.
- Setelah MC layu mencapai 50 – 60%, dilakukan pembalikan pucuk. Pembalikan dilakukan oleh petugas sesuai dengan ketentuan proses pembalikan pada proses eksisting.
- Mandor memeriksa kelayuan dengan mengambil sampel kemudian diperiksa menggunakan halogen moisture analyzer. Apabila MC layu telah mencapai 49 – 55% maka mandor mengisi girik turun layu dan lampu indikator turun layu akan menyala pada WT

sesuai dengan girik turun layu yang diisi. Fan pada WT tersebut juga akan mati.

- Petugas melakukan pembongkaran pucuk sesuai lampu indikator yang menyala dan memasukkan pucuk ke dalam keranjang kemudian dinaikkan ke monorail untuk dipindah ke bagian penggilingan.

C. Identifikasi Kebutuhan Rancangan Sistem

Setelah merancang skenario proses otomatisasi pelayuan teh, dilakukan identifikasi mengenai komponen-komponen apa saja yang dibutuhkan dari rancangan proses otomatisasi untuk pelayuan teh. Komponen-komponen yang dibutuhkan untuk menunjang rancangan proses otomatisasi terdiri dari *software* dan *hardware*.

Berikut adalah komponen *software* yang dibutuhkan sistem.

- Windows XP Service Pack 3
Sebagai operating system untuk menjalankan program CX-Programmer.
- CX-Programmer
Sebagai program untuk merancang instruksi pada PLC.
- Omron Host Link

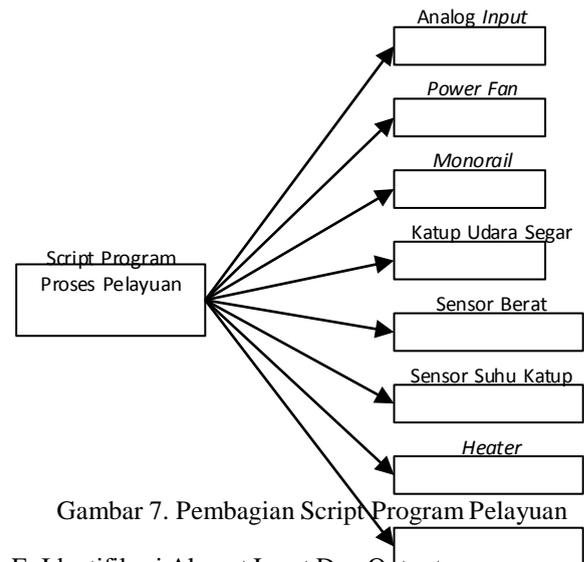
Sebagai program komunikasi antara PLC dan HMI.

Berikut adalah komponen hardware yang dibutuhkan sistem:

- Komputer dengan spesifikasi CPU minimal sebagai berikut :
 - Processor : Pentium III 800 MHz
 - Memory : 1 GB RAM
 - Harddisk : 80 GB 5400 RPM
- PLC Omron CP1E N30DR A
PLC sebagai otak pengendali sistem yang menerima input dan memerintahkan output untuk menjalankan instruksi yang telah diprogram.
- Modul Analog Omron MAD01
Modul analog digunakan sebagai penerima sinyal input dan output analog.
- Kabel USB 2.0
Sebagai penghubung antara PC dan PLC untuk mentransfer program yang telah dirancang.

D. Pemograman Pada PLC

Pemograman pada PLC menggunakan software CX-Programmer dengan menggunakan bahasa pemograman ladder diagram. Pemograman pada PLC dimulai dari identifikasi alamat input dan output (I/O), pembuatan script program pada PLC, transfer program dari PC ke PLC, kemudian komunikasi antara PLC dengan HMI.



Gambar 7. Pembagian Script Program Pelayuan

E. Identifikasi Alamat Input Dan Output

Tahap pertama yang dilakukan sebelum merancang script program pada PLC yaitu menentukan alamat dari input dan output yang dibutuhkan oleh sistem usulan

yang telah dirancang. Setiap alamat yang telah ditentukan mempunyai fungsi dan *tagname* yang berbeda-beda untuk mempermudah pemograman PLC pada tahap selanjutnya.

F. Transfer Program Dari PC ke PLC

Program yang telah dirancang menggunakan CX-Programmer untuk proses pelayuan teh selanjutnya ditransfer ke PLC dengan menggunakan kabel USB yang menghubungkan PLC dengan PC. Program tersebut dapat diimplementasikan setelah program tersebut direkam oleh PLC dan dapat bekerja sesuai dengan instruksi yang telah dirancang.

G. Komunikasi PLC Dengan HMI

Setelah perancangan program selesai dibuat dan ditransfer ke PLC, program yang telah ditransfer tidak dapat dibaca oleh Wonderware Intouch 10.1. Dibutuhkan suatu perangkat lunak yang menghubungkan antara PLC dan HMI pada suatu PC agar Wonderware Intouch 10.1 dapat membaca program yang terdapat pada PLC yaitu Omron Host Link.

H. Simulasi Proses Pelayuan Teh

Simulasi untuk proses pelayuan teh yang telah dirancang, menggunakan *miniplant* yang terdiri beberapa komponen berupa lampu LED, motor DC, potensiometer, *push button*, *switch*, dan *limit switch*. Lampu LED digunakan sebagai indikator power, monorail, indikator berat, indikator *empty*, indikator *full*, indikator katup udara segar, katup *heater*, indikator turun layu, dan indikator lampu *emergency*. *Limit switch*

digunakan sebagai sensor berat pada WT. Motor DC digunakan sebagai indikator fan yang menyala, potensiometer digunakan sebagai input untuk sensor suhu depan WT dan sensor suhu belakang WT. Push button dan switch digunakan sebagai input untuk menyalakan sistem, *fan*, *monorail*, turun layu, dan *emergency stop*.

V. ANALISIS SISTEM HASIL RANCANGAN

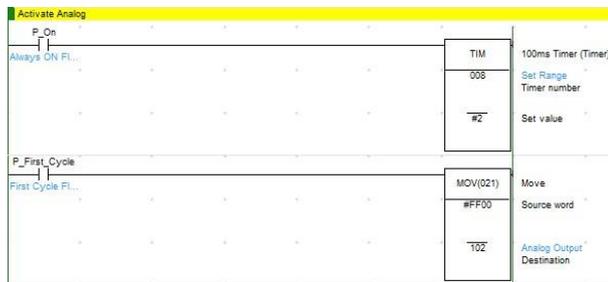
Analisis sistem hasil rancangan dilakukan untuk membandingkan hasil simulasi sistem dengan perancangan sistem yang telah dibuat sebelumnya. Tahapan analisis yang dilakukan meliputi analisis program PLC dan hasil pengujian program PLC.

A. Analisis Program PLC

Penggunaan PLC membuat sistem stasiun kerja pelayuan menjadi lebih fleksibel karena user bisa mengubah, menambah, serta mengurangi program jika terdapat perubahan pada proses di lapangan sehingga sesuai dengan keinginan dari pihak perusahaan atau karena adanya perubahan demand terhadap produk teh tanpa perlu mengganti atau menambah mesin yang lama.

1. Section Analog Input

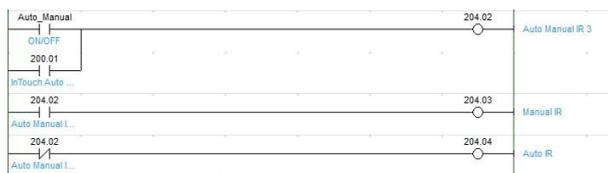
Script program pada bagian ini digunakan untuk menetapkan *range code* yang akan digunakan untuk modul analog, menyimpan nilai input analog ke bagian memori PLC serta menentukan skala pada nilai input.



Gambar 6. Aktivasi Range Code Modul Analog

2. Section Power

Program pada bagian ini berisi instruksi untuk menjalankan atau mengaktifkan sistem, serta berisi instruksi untuk menentukan *mode* sistem manual atau otomatis.



Gambar 7. Program Mode Manual Dan Otomatis



Gambar 8. Program Start/Stop Sistem

3. Fan

Program untuk *fan* terbagi menjadi 4 bagian masing-masing untuk WT 1 sampai WT 4. Untuk simulasi pada miniplant hanya menggunakan 1 WT saja sedangkan sisanya yaitu WT 2 sampai WT 3 hanya menggunakan memori dan ditampilkan pada HMI.



Gambar 9. Program Fan Pada WT 1

4. Section Monorail

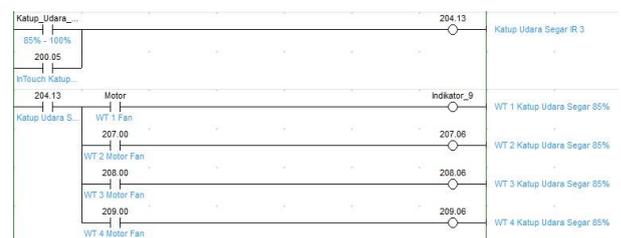
Pada bagian *monorail* program menjalankan instruksi ON dan OFF untuk *monorail* tidak dipengaruhi oleh kondisi aktif atau tidaknya *mode* manual dan otomatis.



Gambar 10. Program Monorail

5. Section Katup Udara Segar

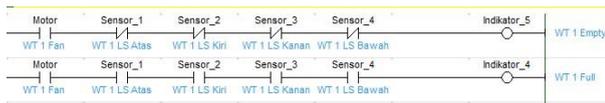
Program pada katup udara segar hampir sama cara kerjanya dengan program pada *monorail* yaitu tidak dipengaruhi *mode* manual atau otomatis. Program pada katup udara segar berfungsi untuk membuka katup udara segar sesuai dengan proses yang diinginkan user.



Gambar 11. Program Katup Udara Segar

6. Section Sensor Berat

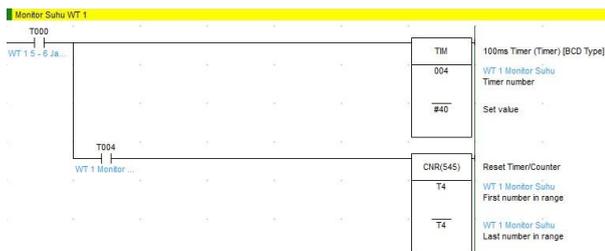
Pada bagian ini program untuk sensor berat akan aktif jika *fan* pada WT dalam keadaan menyala. Jika fan menyala maka arus mengalir ke 4 buah *limit switch* yang terdapat pada WT tersebut.



Gambar 12. Program Sensor Berat

7. Section Sensor Suhu

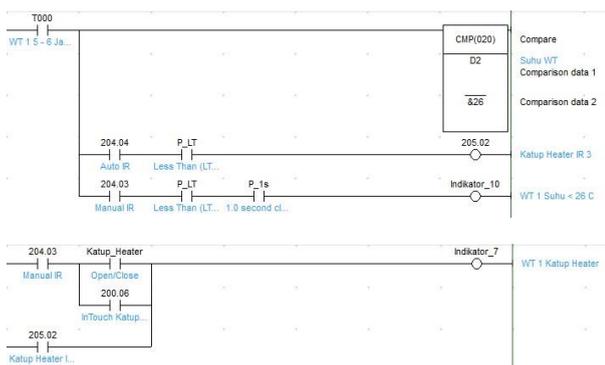
Pada bagian ini program akan melakukan monitor setiap 40 detik (2 jam) untuk melakukan kalkulasi suhu pada WT yang telah menyala selama 60 detik (5 – 6 jam pertama).



Gambar 13. Program Monitor Sensor Suhu

8. Section Katup Heater

Pada bagian ini script program akan menerima masukan data dari modul analog yang telah disimpan pada memori PLC dan telah di konversi menjadi bernilai 20 – 30 °C yang selanjutnya akan dibandingkan apakah suhu lebih dari atau kurang dari 26 °C. Jika sistem dalam kondisi otomatis, setelah suhu dibandingkan dan hasilnya kurang dari 26 °C maka katup heater akan terbuka secara otomatis. Tetapi jika kondisi sistem dalam mode manual, maka setelah suhu dibandingkan dan hasilnya kurang dari 26 °C maka lampu tanda suhu kurang dari optimum akan menyala dan memberi tanda pada operator untuk menyalakan switch katup heater secara manual.



Gambar 14. Program Katup Heater

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dari perancangan sistem untuk proses pelayuan dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Perancangan program pengendali pada PLC Omron CP1E untuk proses pelayuan teh telah berhasil dirancang, sehingga proses berjalan sesuai dengan skenario yang diusulkan.
2. Perancangan *mini plant* untuk proses pelayuan teh telah berhasil dirancang.

B. Saran

1. Untuk implementasi sistem diperlukan penelitian yang lebih lanjut berkenaan dengan aspek mekanisasi peralatan yang digunakan, jumlah sensor dan jenis sensor yang digunakan, kalibrasi variabel data kelembaban dan suhu, serta dari aspek finansial jika sistem diterapkan.
2. Untuk implementasi sistem, sebaiknya digunakan pengendali sistem atau PLC dengan kemampuan yang tinggi seperti kapasitas I/O sehingga seluruh komponen yang ada di stasiun pelayuan bisa dikendalikan.
3. Perlu adanya pengembangan lebih lanjut pada proses otomatisasi pada PT. Perkebunan Nusantara VIII Ciater, tidak hanya terbatas pada proses pelayuan teh, tetapi juga proses yang lain seperti proses penggilingan, proses oksidasi, proses pengeringan, dan proses sortasi, dengan tujuan akhir otomatisasi yang terintegrasi pada PT Perkebunan Nusantara VIII Ciater.

Daftar Pustaka

1. **Groover, Mikell P.** *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing 2nd Edition.* [E-Book] 2001.
2. **FAOSTAT.** Countries Ranking By Comodities. *Food and Agriculture Organization of the United States Web Site.* [Online] 2012. <http://faostat3.fao.org/>.
3. **PT. Perkebunan Nusantara VIII.** *Standar Operasional Prosedur Pengolahan Teh Hitam Orthodox.* 2008.
4. **Bryan, L A and Bryan, E A.** *Programmable Controllers Theory and Implementation.* Atlanta, Georgia, USA : s.n., 1997.
5. **Collins, Kevin.** *PLC Programming For Industrial Automation.* 2007.
6. **Wahlster, Thomas.** *Industry 4.0 : From the Internet of Things to Smart Factories.* 2012.