

## **RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI *IRON REMOVAL FILTER* (IRF) PADA UNIT PENGOLAHAN AIR BERSIH BERBASIS PLC**

**Kukuh Karyadi<sup>1</sup> dan Jatmiko Endro Suseno<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Teknologi Rekayasa Otomasi, Departemen Teknologi Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro*

<sup>2</sup>*Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro*

Email: [kukuhkaryadi@badaklng.co.id](mailto:kukuhkaryadi@badaklng.co.id)

### **ABSTRACT**

*Water is a necessity of life and is very important for everyone. The availability of clean water has been fulfilled in various ways. The Iron Removal Filter (IRF) control system is one processings and it is still used in the ordinary water treatment plant. However, it is still manually operated so that it need many the processings. The aim of this research is to develop the automatic IRF processing unit using the Programmable Logic Controller (PLC). The control system contained PLCs, relay circuits, power supplies and Human Machine Interfaces (HMIs) to control the clean water processing unit including controlling the IRF process automatically. The prototype of the water treatment plant consisted of an aerator unit, an IRF unit, a storage tank, several pumps, and some control valves were controlled by the operating control system. The control system could be easily operated and it has a very attractive appearance using HMI. Therefore, it is highly recommended to be used in the actual clean water treatment unit.*

**Keywords:** *water treatment plant, Iron Removal Filter (IRF), PLC and HMI*

### **PENDAHULUAN**

Dalam dunia industri, berbagai proses diatur oleh suatu sistem yang disebut sistem kendali. Sistem kendali merupakan sebuah sistem yang terdiri atas satu atau beberapa peralatan yang berfungsi untuk mengendalikan sistem lain yang berhubungan dengan sebuah proses [1]. *Programmable Logic Controller* (PLC) adalah suatu jenis komputer yang digunakan untuk aplikasi sistem kendali di dunia industri dan tersedia secara komersial. PLC bekerja berdasarkan kontak tertutup dan terbuka (*Open/Close contact*), dengan suatu logika yang diprogram kedalamnya. Program logika tersebut dihubungkan ke *input* dan *output*-nya menggunakan relai. Program tersebut dapat ditulis atau dipasang dengan berbagai metoda. [2]

Salah satu sistem proses yang dapat dikendalikan oleh PLC adalah sebuah unit

pengolah air bersih. Air bersih merupakan kebutuhan hidup yang sangat penting bagi umat manusia. Unit pengolah air bersih dibuat dengan tujuan untuk mengolah air yang belum layak dikonsumsi menjadi lebih layak dan siap dikonsumsi untuk kehidupan sehari-hari. Unit ini memiliki serangkaian *filter* air yang dinamai *Iron Removal Filter* (IRF). Sesuai namanya, *filter* ini berfungsi untuk menyaring unsur besi/iron (Fe) yang masih banyak terkandung di dalam air sumur.

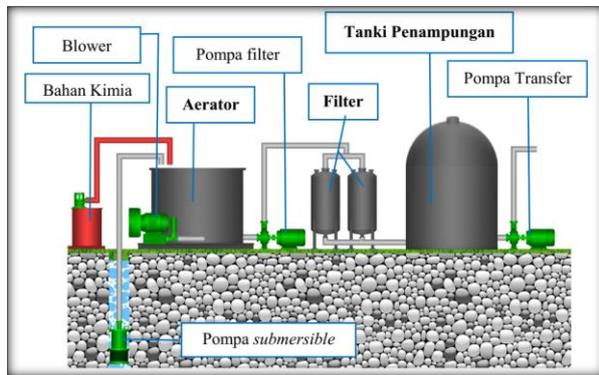
### **LANDASAN TEORI**

#### **Unit Pengolah Air Bersih**

Unit pengolah air bersih (Gambar 1) mengambil air baku yang bersumber dari air tanah yang masih kekurangan kandungan oksigen. Untuk itu, harus dilakukan proses pemberian udara atau oksigen yang cukup. Proses pemberian udara ini disebut proses

“Aerasi” dan dilakukan oleh alat yang disebut dengan *Aerator* [3].

Penyaringan terhadap air baku terhadap berbagai mineral yang tidak dikehendaki kemudian dilakukan. Proses penyaringan ini dilakukan dengan bejana penyaring atau biasa disebut dengan *filter*. Air yang telah bersih kemudian ditampung ke dalam tangki penampungan, lalu didistribusikan ke berbagai tempat agar dapat dikonsumsi. [3]



Gambar 1. Unit pengolahan air bersih [1].

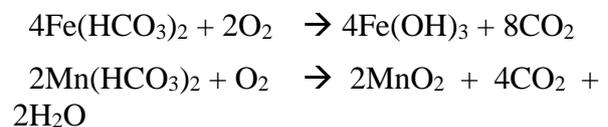
**Aerator**

*Aerator* adalah suatu alat yang berfungsi sebagai tempat terjadinya proses aerasi atau oksidasi, dimana air dari sumur ditampung sementara kemudian dihembuskan udara bertekanan dari *blower* (kipas peniup) (Gambar 2). Fungsi dari *blower* adalah menghembuskan gas-gas yang masuk dan menyempurnakan proses oksidasi. Pemberian udara terhadap air baku yang berasal dari air tanah ini bertujuan agar air baku tersebut terbebas dari berbagai kandungan gas terlarut, seperti amonia (NH<sub>3</sub>), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S). Melalui proses ini, berbagai gas terlarut tersebut terbuang dan keluar ke udara terbuka bersama dengan udara yang keluar dari lubang ventilasi yang terdapat pada aerator [1].

Selain untuk menghilangkan gas-gas terlarut, proses aerasi juga berfungsi untuk membuat kandungan air menjadi jenuh akan

unsur oksigen. Sehingga unsur besi (Fe) dan mangan (Mn) dapat teroksidasi. Unsur besi dan mangan yang sebelumnya memiliki bentuk ferrokarbonat (Fe<sup>+2</sup>) dan ferrosulfat (Mn<sup>+2</sup>), merupakan bentuk yang terlarut di dalam air. Kemudian setelah dilakukan aerasi berubah bentuk menjadi ferroksida (Fe<sup>+3</sup>) dan manganoksida (Mn<sup>+4</sup>) yang tidak terlarut di dalam air. Sehingga kedua unsur tersebut menjadi mudah mengendap dan dibuang. Jika sudah tidak larut lagi dalam air maka mudah disaring oleh *filter*.

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut [1]:



Gambar 2. *Aerator* [1].

**Filter**

*Filter* atau bejana penyaring air digunakan untuk menyaring air dari zat-zat tersuspensi (*suspended matter*) dalam air dengan metode melewatkan air tersebut melalui lapisan berpori. Air yang telah diaerasi, kemudian disaring dengan tujuan untuk dipisahkan dari partikel-partikel yang tidak dikehendaki. *Filter* ini dinamai dengan *Iron Removal Filter* (IRF) karena unsur terbesar yang disaring adalah unsur besi atau *iron* (Fe) (Gambar 3). *Filter* yang digunakan adalah jenis *filter* bertekanan (*pressurized filter*) yang berbentuk bejana simetris dengan media penyaring berupa pasir khusus [1].

*Filter* yang telah jenuh berpengaruh terhadap kadar besi atau Fe dari air yang dihasilkan. Kadar besi dibatasi maksimal 0,2

ppm. Bila pasir *filter* telah tertutup oleh kotoran-kotoran, kemampuan menyaring dari *filter* pasir menjadi berkurang dan konsentrasi besi akan naik dalam air yang keluar dari *filter*. Oleh karena itu IRF dilengkapi dengan fasilitas pencucian balik atau *backwash*, yang digunakan untuk membilas balik *filter* dari arah yang berlawanan untuk meregenerasi *filter* agar dapat digunakan kembali.



Gambar 3. IRF atau bejana penyaring.

### Tangki Penampung

Tangki penampung ini merupakan tangki tertutup yang berfungsi menampung air hasil dari penyaringan sebelum didistribusikan. Tangki dibuat tertutup karena air yang ditampung telah bersih dan siap untuk dikonsumsi.

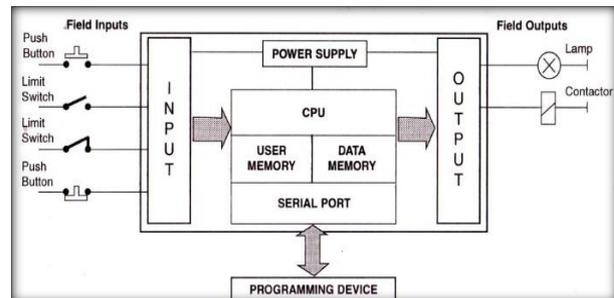
### Pompa Air

Terdapat dua buah pompa air yang digerakan oleh motor listrik pada unit pengolah air bersih. Pompa-pompa tersebut sebagai berikut:

1. Pompa *filter*. Pompa ini berfungsi untuk mengalirkan air baku dari *aerator* menuju ke *filter* agar dapat dilakukan proses penyaringan.
2. Pompa *transfer* atau pompa *supply*. Pompa ini berfungsi untuk mengalirkan air yang telah bersih pada tangki penampung menuju konsumen.

### PLC

PLC merupakan singkatan dari *Programmable Logic Controller* pada awalnya dikenal sebagai *Programmable Controller* (PC). PLC merupakan pengendali yang lahir sebagai produk yang ringkas, dapat diprogram atau diprogram ulang seperti komputer, tidak memakan tempat dan energi yang besar, berbasis teknologi digital, dan dapat menggantikan rangkaian relai dan *hardware* (Gambar 4).



Gambar 4. Sistem PLC.

PLC merupakan suatu bentuk khusus pengontrolan berbasis mikroprosesor yang memanfaatkan perangkat memori di dalamnya. Memori ini dapat diprogram untuk menyimpan intruksi-intruksi yang dapat mengimplemen-tasikan fungsi-fungsi logika, *sequencing*, pengatur waktu (*timing*), pencacahan (*counting*) dan aritmetika guna mengendalikan berbagai proses [4].

#### a. Perangkat keras PLC

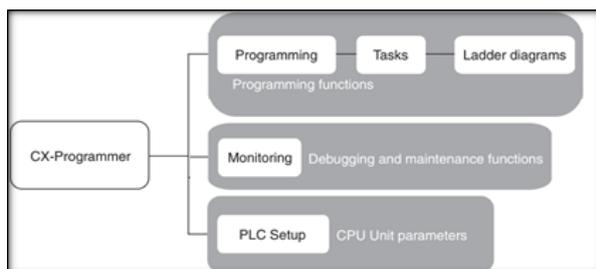
PLC yang digunakan adalah Omron CP1E-E30SDR-A (Gambar 5). PLC Omron Seri CP1E yang merupakan PLC tipe *compact* yang didesain oleh manufaktur untuk aplikasi yang mudah. Tipe *compact* artinya seluruh komponen PLC dibuat dalam satu paket alat. PLC jenis ini merupakan model dasar dari CPU *unit* yang dapat diimplementasikan pada aplikasi kontrol sederhana seperti kendali pergerakan, aritmatika, dan intruksi perbandingan. Perangkat lunak pemrogramnya menggunakan Omron CX-Programmer [5].



Gambar 5. Omron CP1E-E30SDR-A.

### b. Pemrogram PLC CX-Programmer

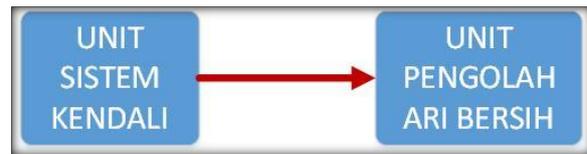
CX-Programmer merupakan perangkat lunak khusus untuk PLC Omron. CX-Programmer merupakan salah satu perangkat lunak bagian dari grup perangkat lunak CX-One buatan Omron Corporation untuk mendesain sistem otomatisasi dalam dunia industri. CX-Programmer memiliki fungsi utama untuk memprogram, memonitor, dan sebagai PLC set-up yang dapat dioperasikan dengan mudah bagi pengguna (Gambar 6). CX-Programmer menggunakan bahasa pemrograman ladder diagram, sehingga mudah dimengerti oleh pengguna pemula [6, 7].



Gambar 6. Fungsi CX-Programmer [7].

## METODA PENELITIAN

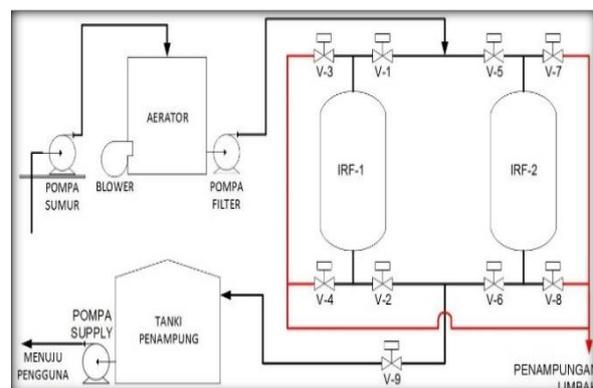
Sistem kendali pengolah air bersih berbasis PLC dibuat mengacu kepada Plant #48 Community Water Treatment Plant yang berada di kilang Badak LNG Bontang. Blok diagram pada penelitian terdiri dari dua unit utama yaitu unit pengolah air bersih dan unit sistem kendali (Gambar 7).



Gambar 7. Diagram blok sistem.

### Unit pengolah air bersih

Unit pengolah air bersih terbuat dari sistem perpipaan dan peralatan yang terdiri dari rangkaian perpipaan, bejana-bejana, pompa motor, blower, manual valve, dan selenoid valve. Peralatan tersebut berfungsi sebagai elemen terakhir yang bekerja mengeksekusi perintah dari unit sistem kendali sesuai dengan proses yang unit pengolah air bersih (Gambar 8).



Gambar 8. Sistem unit pengolah air bersih.

### Unit Penyaring

Unit penyaring atau iron removal filter (IRF) menggunakan sepasang bejana penyaring yang digunakan untuk melakukan proses penyaringan. Proses ini merupakan penyaringan air dari pengotor yang masih terikat dari proses sebelumnya.

Setelah beberapa waktu penyaringan, IRF akan mengalami kejenuhan. Oleh karena itu, dilakukan proses regenerasi dengan cara mencuci balik unit penyaring dengan arah yang berlawanan dan dibilas kembali (Gambar 9).



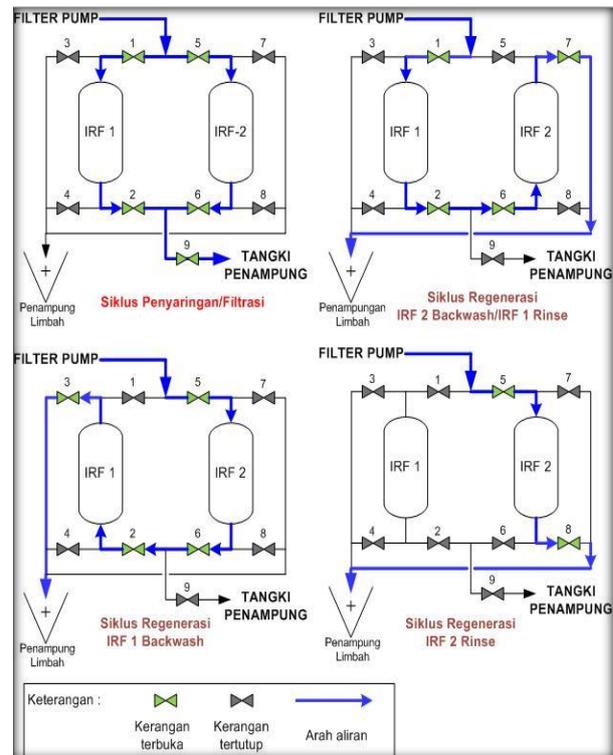
Gambar 9. Diagram siklus dan durasi operasi IRF.

Diagram alir dan konfigurasi kerangan untuk masing-masing siklus ditunjukkan oleh Gambar 10. Unit IRF dioperasikan dalam tiga *mode* yang masing-masing dapat diaktifkan menyesuaikan dengan keperluan operasional proses pengolahan air bersih yang dilakukan. Diantara *mode* tersebut antara lain:

1. *Block mode* merupakan *mode* pada saat awal unit IRF dioperasikan. Pada *mode* ini semua kerangan dalam posisi tertutup. *Block mode* juga dapat diaplikasikan pada saat dilakukan perbaikan unit IRF dan pada saat itu sistem harus berhenti beroperasi (tidak menyaring air maupun dalam siklus regenerasi). Bila terjadi kebocoran atau kondisi darurat, pengaktifan *block mode* dapat dilakukan sebagai proteksi atau pengaman.
2. *Manual mode* adalah *mode* dimana operator dapat mengoperasikan posisi setiap kerangan secara manual.
3. *Auto mode* adalah *mode* dimana siklus unit IRF berubah menuju siklus selanjutnya secara otomatis. Dalam *mode* ini operator tidak dapat merubah siklus unit IRF secara manual.

Bila *mode* diubah oleh operator pada saat *auto mode*, maka timer akan berhenti. Bila kembali diposisikan *auto mode*, maka akan langsung memasuki siklus *backwash* IRF-1. Hal ini dilakukan dengan tujuan agar IRF selalu dibersihkan saat pertama kali memasuki *auto mode*. Dengan demikian, air

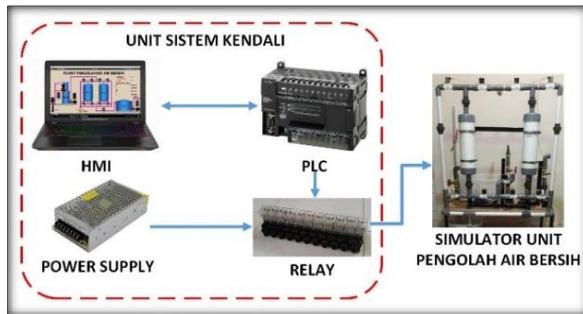
hasil penyaringan akan selalu dihasilkan dengan kualitas yang baik.



Gambar 10. Diagram alir dan konfigurasi kerangan.

### Unit Sistem Kendali

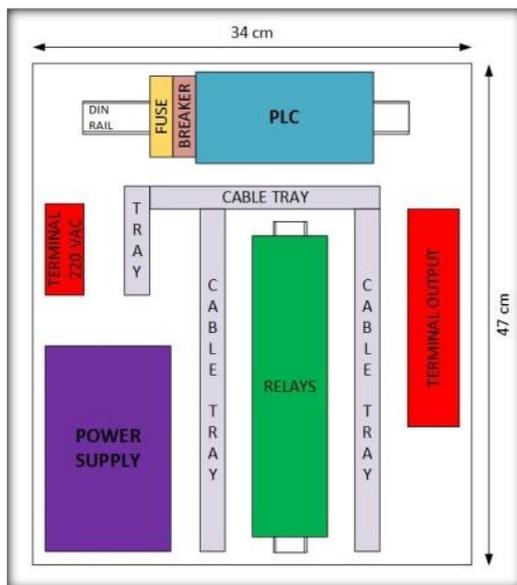
Unit sistem kendali adalah bagian yang mengendalikan berlangsungnya proses pada unit pengolah air bersih. Pada unit sistem kendali terdapat PLC yang menjadi pengendali utama. PLC bekerja berdasarkan program yang dipasang di dalamnya dan berdasarkan perintah HMI (*Human Machine Interface*). HMI sendiri mendapat perintah dari operator yang menjalankan sesuai dengan kebutuhan dan keinginannya. Selain PLC dan HMI, unit sistem kendali juga memiliki *power supply* atau catu daya sebagai sumber daya unit dan serangkaian relai yang *men-drive* daya dari *power supply* untuk dikirim menuju peralatan unit pengolah air bersih. Gambar 11 adalah diagram blok unit sistem kendali dari proses pengolahan air bersih.



Gambar 11. Diagram blok unit sistem kendali.

**a. Pembuatan control board**

Pembuatan *control board* untuk unit sistem kendali ditunjukkan oleh Gambar 12. Unit sistem kendali merupakan rangkaian pengendali yang mengendalikan peralatan pada unit sistem kendali. Komponen-komponen seperti PLC, *power supply* dan relai-relai merupakan komponen utama yang ditempatkan pada *control board*. Semua komponen pada unit sistem kendali kecuali HMI ditempatkan pada *control board* ini.

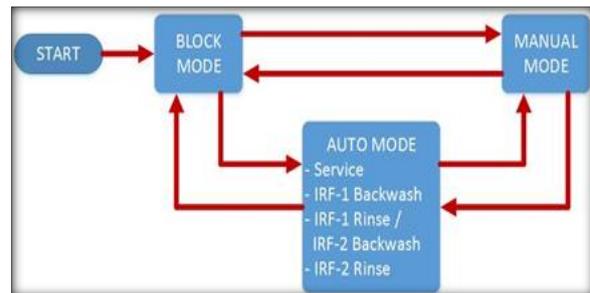


Gambar 12. Desain *control board* unit sistem kendali.

**b. Pembuatan program PLC**

PLC Omron type CP1E-E30SDR-A diprogram untuk menjalankan program

sesuai dengan prinsip kerja unit pengolah air bersih. Dibuat dengan menggunakan komputer laptop yang telah dipasang perangkat lunak CX-Programmer. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah *ladder logic diagram*. *Flowchart* program IRF ditunjukkan oleh Gambar 13.

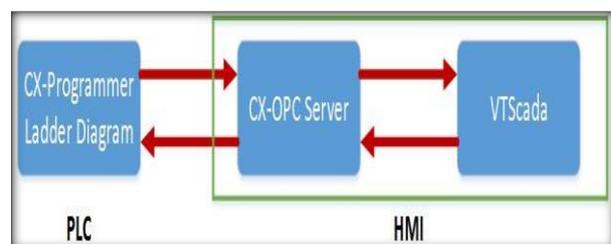


Gambar 13. *Flowchart* program IRF pada PLC.

**c. Pembuatan HMI**

*Human Machine Interface* (HMI) yang artinya antarmuka antara manusia dan mesin merupakan alat tempat operator mengoperasikan unit pengolah air bersih. HMI menggunakan perangkat komputer laptop atau PC. Komputer laptop atau PC tersebut dipasang aplikasi VTScada yang merupakan perangkat lunak buatan manufaktur Trihedral Engineering Kanada.

Program VTScada tidak dapat terhubung langsung ke PLC Omron karena model CP1E-E30SDR-A tidak dapat berkomunikasi menggunakan *driver* Omron Fins yang terdapat dalam VTScada. Oleh karena itu, hal ini dijumpai dengan pemasangan perangkat lunak CX-Server OPC (Gambar 14).



Gambar 14. Komunikasi PLC dengan HMI.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan beberapa peralatan yang berupa perangkat keras dan perangkat lunak.

### Perangkat Keras

Perangkat keras yang dibuat terdiri dari bagian-bagian prototype unit pengolah air bersih yang dirangkai menjadi sebuah unit yang utuh dan sebuah unit sistem kendali yang berfungsi untuk mengendalikannya.

#### a. Pompa sumur (*submersible pump*)

Air sumur dipompa oleh sebuah pompa sumur yang terendam (*submersible pump*) menuju *aerator*. Air sumur yang sudah dipompa oleh *submersible pump* disebut dengan air baku.



Gambar 15. Rangkaian peralatan sumur dan pompanya.

Dalam penelitian ini, digunakan bejana plastik pengganti sumur, *submersible pump* menggunakan pompa kecil, *manual block valve* dan jalur perpipaan menuju aerator (Gambar 15). Pompa kecil yang digunakan merupakan pompa akuarium yang dipasang terendam di dalam bejana berisi air yang merupakan pengganti sumur. Pompa akuarium ini sesuai desain pada sebuah

akuarium dapat dipasang dengan cara direndam seluruh unitnya. Sehingga sangat tepat digunakan sebagai pengganti *submersible pump* pada sumur yang sebenarnya.

#### b. *Aerator*

*Aerator* adalah bejana terbuka tempat pertama diolahnya air baku dalam unit pengolahan air bersih. Air baku ditampung dalam sebuah bejana untuk akan dikontakan dengan udara bertekanan yang dihembuskan oleh sebuah penghembus angin atau *blower*. Proses ini disebut dengan proses aerasi. Kemudian air dalam *aerator* dipompa oleh pompa *filter* untuk di saring melewati penyaring (*Iron Removal Filter*).

*Aerator* menggunakan sebuah bejana plastik. Sedangkan *blower* menggunakan penghembus angin kecil untuk akuarium. Pompa *filter* menggunakan pompa kecil yang dipasang di luar bejana dan semuanya dirangkai dengan sistem perpipaan (Gambar 16).



Gambar 16. Rangkaian unit *aerator*, *blower*, dan pompa *filter*.

#### c. Unit penyaring (IRF)

Unit penyaring atau *Iron Removal Filter* (IRF) terbuat dari 2 buah bejana *filter* dan 9 buah *solenoid valve* dengan *supply* tegangan 12 VDC dan daya 12 VA. Seluruhnya dirangkai dengan sistem perpipaan menuju tangki penampung (Gambar 17).



Gambar 17. Rangkaian unit *iron removal filter* (IRF).

**d. Tangki penampungan dan pompa supply**

Tangki penampungan air bersih adalah tempat pengumpulan air bersih. Air bersih ditampung untuk selanjutnya dipompa oleh pompa *supply* menuju konsumen atau pemakai.

Unit tangki penampung terbuat dari bejana tangki penampung terbuat dari plastik, pompa *supply*, *manual block valve*, dan perpipaan yang kemudian dikirimkan ke pemakai air (Gambar 18). Pompa *supply* menggunakan pompa air dengan tegangan *supply* 12 VDC, daya 19 VA, maksimal laju alir 800 liter/jam dan maksimal daya angkat air setinggi 5 meter.

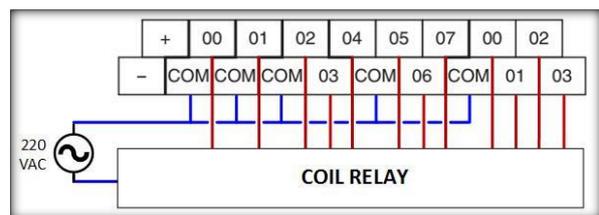


Gambar 18. Rangkaian tangki dan pompa *supply*.

**e. PLC Omron CP1E-E30SDR-A**

PLC Omron CP1E-E30SDR-A menjadi pusat kendali pada unit sistem kendali. *Output* PLC yang berjumlah 12 buah digunakan untuk memberi perintah kepada peralatan di unit pengolah air (Gambar 19). Saat *output* menyala, maka kontak relai di dalam PLC akan tertutup untuk menghubungkan pin terminal *common* dengan pin terminal *output*-nya. Pin terminal *common* dihubungkan dengan sumber daya dan pin terminal *output* dihubungkan dengan alat yang dikendalikan PLC. Sehingga saat sakelar menutup, daya akan mengalir dari terminal *output* PLC.

Pada internal PLC, komponen *output* yang digunakan adalah relai yang memiliki arus maksimal 2A. Peralatan yang diberi perintah pada unit pengolah air bersih ada yang mencapai arus 1,7A. Sehingga sangat beresiko bila saklar pada relai internal langsung mengalirkan daya pada peralatan-peralatan tersebut. Oleh karena itu digunakan eksternal relai sebagai jembatan antara *output* PLC dengan peralatan tersebut. *Coil* pada eksternal relai yang yang digunakan adalah 220 VAC agar arus yang mengalir pada internal relai PLC semakin kecil dan PLC semakin terlindungi.

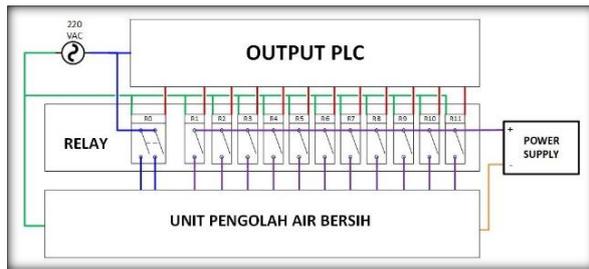


Gambar 19. Konfigurasi *output* PLC.

**f. Relai**

Kontak *output* PLC yang memberikan daya 220 VAC akan meng-*energize coil* pada relai. Pin *common* pada saklar relai dihubungkan dengan terminal positif *power supply* dan pin *normally open* (NO) pada relai dihubungkan dengan peralatan di unit

pengolahan air bersih. Sedangkan terminal negatif *power supply* dihubungkan juga dengan peralatan. Sehingga pada saat perintah *output PLC* memberikan daya, *coil* pada relai akan *energize*, peralatan juga akan *energize* dan pada akhirnya akan mengeksekusi perintah tersebut oleh peralatan di unit pengolah air bersih (Gambar 20).



Gambar 20. Konfigurasi pemasangan relai.

**g. Sekering**

Sekering berfungsi sebagai pengaman seluruh rangkaian dari arus berlebih yang bias merusak peralatan di dalam rangkaian. Nilai arus dari sekering merupakan batas maksimum arus yang diperbolehkan memasuki rangkaian. Untuk mendapatkan nilai sekering dilakukan perhitungan sebagai berikut:

1. Maksimal arus AC pada PLC sesuai spesifikasi adalah sebagai berikut:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{70}{220} = 0,318 \text{ A}$$

Daya maks (P) pada PLC = 70 VA

Tegangan (V) pada PLC = 220 VAC

2. Maksimal arus AC pada pompa motor dan *blower* bertegangan AC sesuai spesifikasi adalah:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{13 + 2,5}{220} = 0,070455 \text{ A}$$

Daya maks (P) pada pompa = 13 VA

Daya maks (P) pada *blower* = 2,5 VA

Tegangan (V) = 220 VAC

3. Maksimal arus AC pada *power supply* sesuai spesifikasi:

- *Solenoid valve* (12 buah) = 1 A x 12 = 12 A
- Motor pompa *filter* = 1,7 A
- Motor pompa *supply*

$$I = \frac{P}{V} = \frac{19}{12} = 1,58333 \text{ A}$$

Total arus sekunder pada *power supply* adalah:

$$12 + 1,7 + 1,58333 = 15,28333 \text{ A}$$

Digunakan persamaan tegangan dan arus transformator:

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

Diperoleh nilai  $I_p$

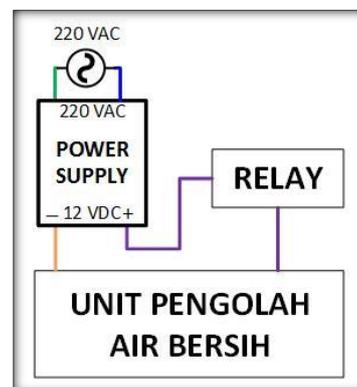
$$I_p = 0,833636 \text{ A}$$

$$\begin{aligned} \text{Total arus AC} &= \text{PLC} + \text{Relai} + \text{Power Supply} \\ &= 0,318 + 0,070455 + 0,833636 \\ &= 1,222091 \text{ A} \end{aligned}$$

Sesuai dengan petunjuk penggunaan PLC, maka digunakan sekering dengan nilai 2 kali dari arus yang mengalir = 2 x 1,222091 = 2,444182 A. Maka digunakan sekering dengan nilai 3 A.

**h. Power supply**

*Power supply* (catu daya) berfungsi sebagai sumber daya pada berbagai peralatan yang terdapat pada unit pengolahan air bersih dengan perantara sakelar-sakelar pada relai (Gambar 21).



Gambar 21. Penggunaan *power supply*.

Daya diberikan kepada peralatan sesuai dengan dengan *energize*-nya relai yang diperintahkan oleh PLC. *Power supply* yang digunakan memiliki *input* tegangan 220 VAC dan *output* tegangan 12 VDC dengan maksimum beban adalah 30 A. Output tersebut sesuai dengan kebutuhan peralatan dengan maksimum total arus adalah 15,28 A.

## Perangkat Lunak

Hasil dari pembuatan perangkat lunak terdiri dari program PLC untuk proses pengolahan air bersuh, program OPC Server yang berkomunikasi menggunakan serial Port PLC dan tampilan HMI yang terhubung dengan OPC Server untuk setiap alamat atau tag.

### a. Pembuatan Program PLC

Pembuatan program PLC dilakukan dalam beberapa *subroutine* dengan menggunakan CX-Programmer.

1. *Pump Program*. Program untuk menjalankan pompa-pompa dan *blower* pada unit sistem kendali. Dimana seluruh pompa dan *blower* dapat dijalankan secara manual. Hanya Pompa-2 atau pompa *supply* saja yang diproteksi, yaitu hanya bisa berjalan jika salah satu *Valve-1* atau *Valve-5* ada yang terbuka. Karena kedua kerangan tersebut berada di posisi *outlet* dari Pompa-2.
2. *Block Mode Program*. Program ini berisi perintah untuk menutup semua kerangan pada unit penyaring IRF-1 dan IRF-2. Mulai dari *Valve-1* sampai *Valve-9* juga Pompa-2.
3. *Auto Mode Program*. Program ini merupakan program pengendali proses *Auto* pada unit penyaring IRF-1 dan IRF-2. Mengatur bukaan dan tutupan kerangan *Valve-1* sampai *Valve-8* dalam waktu tertentu sesuai proses kerja unit penyaring. Pengatur waktunya menggunakan 4 buah fungsi *timer* "TIM". Masing masing *timer* digunakan untuk

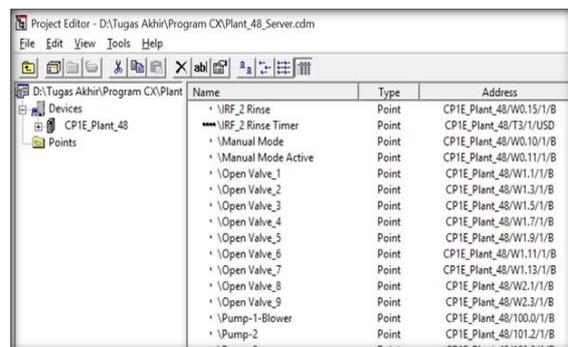
proses *service*, *backwash IRF-1*, *rinse IRF-1 / backwash IRF-2* dan *rinse IRF-2*.

4. *Manual Mode Program*. Program ini berfungsi untuk mengoperasikan kerangan pada unit penyaring IRF-1 dan IRF-2. Seluruh kerangan dari *Valve-1* sampai *Valve-9* dapat dioperasikan secara manual saat mode ini aktif.

### b. Pembuatan HMI

Pembuatan HMI menggunakan perangkat Perangkat Lunak CX-Server OPC dan VTScada.

Perangkat Lunak CX-Server OPC berfungsi mengkomunikasikan PLC Omron dan perangkat lunak VTScada pada HMI. Membuat file dengan *server project* dengan menggunakan CX-Server OPC. Dibuat beberapa point untuk seluruh tag baik itu *I/O*, *timer*, dan *Internal Bit* yang terdapat pada Program PLC. Hingga seluruh tag telah dibuat *point*-nya dan dikonfigurasi. Seluruhnya total ada 50 *point* (Gambar 22).

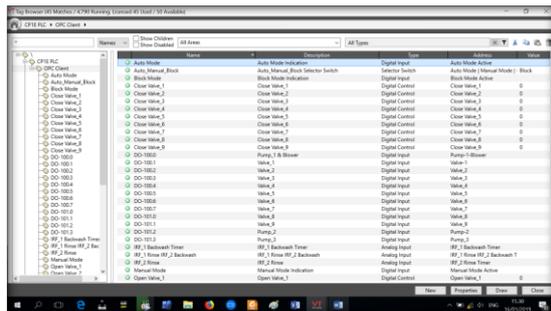


Name	Type	Address
IRF_2 Rinse	Point	CP1E_Plant_48/W0.15/1/B
IRF_2 Rinse Timer	Point	CP1E_Plant_48/T3.1/USD
Manual Mode	Point	CP1E_Plant_48/W0.10/1/B
Manual Mode Active	Point	CP1E_Plant_48/W0.11/1/B
Open Valve_1	Point	CP1E_Plant_48/W1.1/1/B
Open Valve_2	Point	CP1E_Plant_48/W1.3/1/B
Open Valve_3	Point	CP1E_Plant_48/W1.5/1/B
Open Valve_4	Point	CP1E_Plant_48/W1.7/1/B
Open Valve_5	Point	CP1E_Plant_48/W1.9/1/B
Open Valve_6	Point	CP1E_Plant_48/W1.11/1/B
Open Valve_7	Point	CP1E_Plant_48/W1.13/1/B
Open Valve_8	Point	CP1E_Plant_48/W2.1/1/B
Open Valve_9	Point	CP1E_Plant_48/W2.3/1/B
Pump-1-Blower	Point	CP1E_Plant_48/I00.0/1/B
Pump-2	Point	CP1E_Plant_48/I01.2/1/B
Pump-3	Point	CP1E_Plant_48/I01.3/1/B

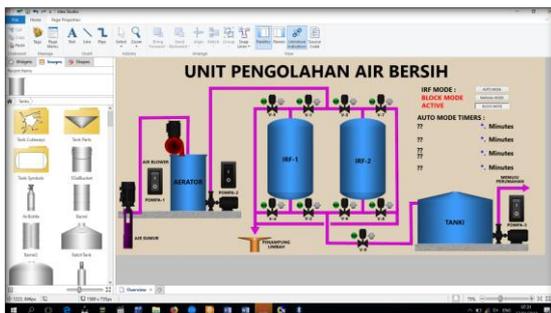
Gambar 22. Seluruh *point* sesuai dengan program PLC.

VTScada yang digunakan adalah VTScada Light yang memiliki lisensi gratis dengan maksimal penggunaan adalah 50 *tag* (Gambar 23). Dengan proses sebagai berikut:

- a. Membuat Aplikasi VTScada.
- b. Membuat *Port* Komunikasi Serial.
- c. Membuat *Driver* OPC Client.
- d. Membuat seluruh *I/O tag*.
- e. Membuat tampilan HMI (Gambar 24).

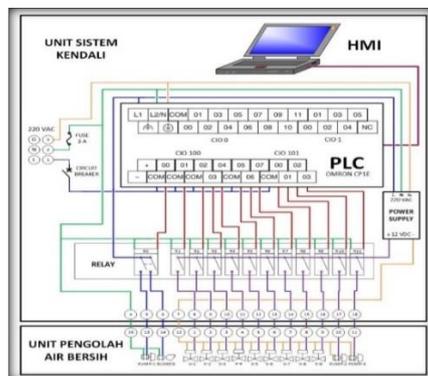


Gambar 23. Seluruh I/O tag.



Gambar 24. Tampilan HMI.

Setelah dibuat seluruh unit, maka dirangkai dengan hasil rangkaian seperti Gambar 25.



Gambar 25. Keseluruhan rangkaian unit sistem kendali air bersih.

### Pengujian dan Pembahasan Peralatan

Pengujian peralatan bertujuan untuk mengetahui kinerja sistem kendali unit pengolah air bersih pada posisi *manual*, *auto* dan *block mode*. Pengujian dilakukan dengan menguji unit sistem kendali yang telah dihubungkan dengan unit pengolah air

bersih. Pengujian dilakukan terhadap kinerja sistem dalam mengendalikan unit pengolah air bersih dan dalam memberikan perintah berupa pemberian daya kepada seluruh peralatan yang dikendalikan.

#### a. Pengujian *manual mode*

Setelah dilakukan pengujian terhadap seluruh peralatan dalam *manual mode*. Seluruh peralatan dinyalakan secara manual.

Tabel 1. Data pengukuran arus pada *output*.

No	Perintah	Arus <i>output</i> relai	Arus <i>output</i> peralatan
1	Pompa sumur dan <i>blower</i>	10,5 mA	0,137 A
2	Pompa <i>filter</i>	10,5 mA	1,431 A
3	Pompa <i>supply</i>	10,3 mA	1,299 A
4	<i>Valve</i> -1	10,57 mA	0,445 A
5	<i>Valve</i> -2	10,72 mA	0,46 A
6	<i>Valve</i> -3	10,43 mA	0,447 A
7	<i>Valve</i> -4	10,3 mA	0,472 A
8	<i>Valve</i> -5	10,66 mA	0,46 A
9	<i>Valve</i> -6	10,63 mA	0,447 A
10	<i>Valve</i> -7	10,56 mA	0,44 A
11	<i>Valve</i> -8	10,63 mA	0,472 A
12	<i>Valve</i> -9	10,41 mA	0,471 A

Data pengukuran arus pada *output* ditunjukkan pada Tabel 1. Dari data pengukuran arus pada *coil* relai dan pada peralatan unit pengolah air bersih didapatkan perbedaan arus yang cukup besar. Arus dari *output* PLC yang memberikan daya kepada *coil* relai tidak lebih dari 10,72 mA, Sedangkan arus yang mengalir dari sakelar relai menuju peralatan unit pengolah air bersih cukup besar, arus ada yang mencapai 1,431 A.

Sakelar relai yang berada pada *internal output* PLC hanya mampu mengalirkan arus maksimal 2A, Sehingga sangat beresiko jika *output* PLC langsung memberikan daya ke peralatan pada unit pengolah air bersih, Penggunaan eksternal relai dapat menjadi solusi untuk melindungi PLC.

**b. Pengujian auto mode**

Pengujian *auto mode* pada unit penyaringan atau *Iron Removal Filter* (IRF) terdiri dari beberapa siklus proses yaitu siklus *service*, IRF-1 *backwash*, IRF-1 *rinse* & IRF-2 *backwash*, dan siklus IRF-2 *rinse*. Hasil pengujian ditunjukkan oleh Tabel 2.

Tabel 2. Data *valve energize* saat *auto mode*.

No	Mode auto	Valve energize / membuka
1	IRF-1 <i>backwash</i>	Valve 2, 3, 5 & 6
2	IRF-1 <i>rinse</i> & IRF-2 <i>backwash</i>	Valve 1, 2, 6 & 7
3	IRF-2 <i>rinse</i>	Valve 5 dan 8
4	Service	Valve 1, 2, 5, 6 & 9

*Output* bukaan dan tutupan *valve* yang dihasilkan peralatan pada setiap siklus telah sesuai dengan program yang dibuat. Waktu perpindahan siklus juga telah sesuai program yang dibuat. Sehingga aliran air terarah sesuai proses dan siklus pada IRF dan operasi proses pada IRF dapat berlangsung dengan baik.

Seluruh proses pada *auto mode* dapat dieksekusi dan proses pada unit pengolah air bersih dapat berlangsung sesuai dengan prinsip kerja unit pengolah air bersih, Sehingga dapat disimpulkan program, rangkaian *control board* dan unit sistem kendali dapat bekerja dengan baik pada *mode* ini.

**c. Pengujian block mode**

Pengujian *block mode* pada unit penyaringan atau *Iron Removal Filter* (IRF) dilakukan dan mendapat data sebagai ditunjukkan oleh Tabel 3:

Tabel 3. Hasil pengujian *block mode*.

No	Peralatan	Kondisi
1	Valve-1	<i>De-energize</i> / Menutup
2	Valve-2	<i>De-energize</i> / Menutup
3	Valve-3	<i>De-energize</i> / Menutup
4	Valve-4	<i>De-energize</i> / Menutup
5	Valve-5	<i>De-energize</i> / Menutup
6	Valve-6	<i>De-energize</i> / Menutup
7	Valve-7	<i>De-energize</i> / Menutup
8	Valve-8	<i>De-energize</i> / Menutup
9	Valve-9	<i>De-energize</i> / Menutup
10	Pompa filter	<i>De-energize</i> / Mati

Saat pengujian perintah *block mode* diberikan pada HMI, saat itu juga semua *valve* pada unit pengolah air bersih langsung menutup dan pompa *filter* langsung berhenti. Dapat disimpulkan bahwa program, rangkaian *control board* dan unit sistem kendali dapat bekerja dengan baik.

**d. Hasil keseluruhan**

Setelah dilakukan pengujian terhadap *manual mode*, *auto mode*, dan *block mode*, dapat diambil kesimpulan bahwa seluruh program yang dibuat PLC telah sesuai dengan prinsip kerja unit pengolah air bersih. Juga program tersebut telah diimplementasikan oleh unit sistem kendali untuk dapat mengendalikan unit pengolah air bersih.

Pada *manual mode* IRF, masing-masing *solenoid valve* dapat dioperasikan seluruhnya sesuai dengan kehendak operator. Pada *auto mode*, seluruh siklus proses penyaringan ataupun regenerasi dapat beroperasi dengan baik. Setiap bukaan dan tutupan *valve* juga waktu perpindahan siklusnya telah sesuai prinsip kerja unit pengolah air bersih. Pada *block mode*, seluruh *valve* yang sebelumnya terbuka dapat langsung menutup dan pompa *filter* yang berjalan, langsung berhenti. Hal ini telah sesuai dengan prinsip kerja unit pengolah air bersih.

Kinerja rangkaian telah dapat menghasilkan hasil yang sesuai dan tidak menimbulkan kerusakan ataupun menimbulkan resiko rusaknya komponen dan peralatan yang digunakan. Sistem kerja relai sebagai solusi pengganti sakelar PLC telah bekerja sesuai harapan sehingga tidak menimbulkan resiko kerusakan terhadap komponen-komponen internal PLC.

## KESIMPULAN

Setelah melalui proses perancangan, pembuatan dan pengujian alat dapat disimpulkan bahwa rancang bangun sistem kendali unit pengolah air bersih berbasis PLC telah dapat berfungsi dengan baik untuk mengendalikan proses pengolahan air bersih pada unit penyaringan atau IRF dalam semua *mode* operasi. Program yang dibuat dalam PLC dapat mengaplikasikan proses kerja IRF ke dalam sistem kendali dan menghasilkan kinerja yang efisien dan efektif karena proses perpindahan siklus berlangsung dengan cepat dan tepat.

Penggunaan VTScada sebagai HMI telah terbukti dapat berkomunikasi dengan PLC sebagai pusat sistem kendali. Hal ini memudahkan *operator* dalam memasukan perintah dan dapat menampilkan kondisi proses dengan lebih baik. Sehingga perintah dapat dikerjakan dengan cepat, tepat dan aman dalam mengoperasikan unit pengolah air bersih.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim. *Water treatment plant (Plant-36/48/49) utilities manual book*. Bontang: PT Badak NGL; 2014.
- [2] Anonim. *SYSMAC CX - Programmer Ver. 9. CX-One-ALD-V4 Operation Manual*. Omron Corporation; 2016.
- [3] Anonim. *Siemens PLC ebook*. Siemens AG; 2007.
- [4] Anonim. *CX-Server OPC User Manual Getting Started Version 2.0*. Omron Corporation; 2008.
- [5] Anonim. *VTScada Developer's Guide*. Trihedral Engineering Limited; 2016.
- [6] Anonim. *SYSMAC CP-Series CP1E CPU Unit Hardware User's Manual*. Omron Corporation. 2017.
- [7] Bolton W. *Programmable logic controller (PLC) sebuah pengantar*. Edisi Ketiga. Jakarta: Erlangga; 2003.