

DESAIN OTOMATISASI *PLANT* FILTRASI MENGGUNAKAN PLC (PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER) OMRON CP1E-NA20DR-A

Edo Herwinantyo^{*)}, Aris Triwiyatno, and Budi Setiyono

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

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

Abstrak

Air dapat diperoleh dari berbagai sumber. Namun demikian, air tersebut dimungkinkan masih terdapat zat-zat berbahaya yang harus dibuang. Oleh karena itu, pengolahan sumber daya air tersebut mutlak diperlukan. Dalam tugas akhir ini dirancang otomatisasi sistem filtrasi untuk menghasilkan air yang siap dan layak untuk dikonsumsi. Penyaringan air ini dilakukan menggunakan modul Ultrafiltration. Sistem penyaringan air dengan membran Ultrafiltration ini membutuhkan serangkaian mekanisme kerja yang perlu diperhatikan. Mekanisme tersebut di antaranya startup dan pencucian membran (backwash). Dalam kondisi startup aliran air yang masuk melewati membran tidak boleh terlalu tinggi karena resistansi membran yang kecil. Aliran air akan ditingkatkan secara berkala seiring dengan meningkatnya resistansi membran. Dalam proses shut down diperlukan proses pencucian membran agar tidak menyisakan zat buangan yang menempel pada membran. Proses pencucian (backwash) juga dilakukan secara berkala apabila resistansi membran sudah sangat tinggi dan tidak efektif untuk menyaring air. Seluruh rangkaian mekanisme kerja tersebut dikendalikan sepenuhnya oleh PLC. Sistem telah dapat bekerja otomatis sepenuhnya baik dalam setiap proses baik startup, shut down, dan pencucian (backwash). Seluruh proses dapat bekerja secara sekuensial sesuai dengan algoritma yang diberikan.

Kata kunci : Air, Ultrafiltration, PLC, Startup, Shut Down, pencucian, otomatis, sekuensial.

Abstract

Water can be obtained from various sources. However, the water is possible there are harmful substances that must be disposed. Therefore, the treatment of water resources is absolutely necessary. In this final project automation filtration system designed to produce water that is ready and suitable for consumption. Water filtration is done using Ultrafiltration modules. Water filter system with Ultrafiltration membrane requires a series of working mechanisms that need to be considered. Among the mechanisms of startup and washing of the membrane (backwash). In the startup condition of the incoming water flow passing through the membrane should not be too high because of resistance of the membrane is small. The water flow will be increased periodically in line with the increased resistance of the membrane. In the process shut down the necessary process of washing the membrane in order to leave no waste products that attach to the membrane. Washing process (backwash) is periodically carried out if the membranes have very high resistance and ineffective to filter the water. The entire series of working mechanisms will be controlled entirely by the PLC. The system has been able to work well in any fully automated processes such as startup, shutdown, and wash (backwash). The whole process can work sequentially according to the given algorithm.

Keywords: Water, Ultrafiltration, PLC, Startup, Shut Down, backwashing, automatic, sequential.

1. Pendahuluan

Setiap makhluk hidup bergantung sepenuhnya terhadap air. Manusia sebagai makhluk hidup yang cerdas akan terus berkembang untuk memperoleh akses terhadap air bersih dari berbagai sumber seperti danau, sumur, dan sungai. Seiring dengan meningkatnya peradaban dan populasi, kebutuhan akan air juga turut meningkat [1].

Air yang dikonsumsi oleh manusia harus bersih. Air yang bersih harus memenuhi kriteria tidak berbau, tidak berwarna, dan tidak berasa [2]. Bagi sebagian orang kriteria air tersebut sangat sulit di dapat karena ketersediaan sumber yang nihil maupun sumber yang ada tidak dapat memenuhi kriteria-kriteria tersebut.

Air yang diperoleh untuk memenuhi kebutuhan manusia dapat berasal dari berbagai sumber. Namun demikian, air tersebut dimungkinkan masih terdapat zat-zat berbahaya

yang harus dibuang. Zat-zat yang terkandung dalam air tersebut sangat bergantung pada kondisi lingkungan di sekitar sumber air. Oleh karena itu, pengolahan sumber daya air tersebut mutlak diperlukan [3]. Pengolahan air ini juga diperlukan untuk mencegah tersebarnya penyakit yang dibawa oleh air [1].

Berdasarkan latar belakang tersebut, dirancanglah sebuah sistem filtrasi atau penyaringan air untuk menghasilkan air yang siap dan layak untuk dikonsumsi. Penyaringan air ini dilakukan menggunakan modul *Ultrafiltration*. Modul *Ultrafiltration* dipilih karena membrannya memiliki diameter sangat kecil yaitu berkisar antara 10 hingga 1000 Å. Membran ini mampu menahan setidaknya 90% molekul protein yang ada dalam air, sehingga membran dalam *Ultrafiltration* ini sangat cocok digunakan untuk sistem penyaringan air yang efektif [4].

Terdapat beberapa kondisi yang perlu diperhatikan dalam pengoperasian membran filtrasi seperti modul *Ultrafiltration* [5]. Kondisi tersebut antara lain: dalam kondisi *startup* aliran air yang masuk melewati membran tidak boleh terlalu tinggi karena resistansi membran yang kecil. Aliran air akan ditingkatkan secara berkala seiring dengan meningkatnya resistansi membran. Dalam proses *shut down* diperlukan proses pencucian membran agar tidak menyisakan zat buangan yang menempel pada membran. Proses pencucian ini juga dapat dilakukan secara berkala apabila resistansi membran sudah sangat tinggi dan tidak efektif untuk menyaring air.

Dibutuhkan kendali khusus dalam pengoperasian modul *Ultrafiltration*. Terdapat dua macam kendali yang dapat diterapkan yaitu kendali manual yang banyak melibatkan operator, dan kendali otomatis yang sedikit melibatkan operator.

Dalam kendali manual, diharapkan operator dapat melaksanakan serangkaian tugas, deteksi eror, dan pengendalian. Kinerja oleh operator ini sering kali tidak konsisten dan kurang handal. Dalam kendali otomatis, operator akan digantikan oleh kendali elektronik. Operator tidak banyak berperan dalam kendali otomatis. Kendali otomatis akan menghasilkan fleksibilitas tinggi, dan tingkat kendali yang lebih tinggi, berkualitas dan konsisten [6].

Fokus tugas akhir ini adalah untuk merancang otomatisasi penyaringan air dengan modul *Ultrafiltration*. Sistem yang bekerja secara otomatis ini diharapkan dapat mengoptimalkan produksi air hasil penyaringan dan mengurangi kerja operator.

2. Metode

2.1 DOW *Ultrafiltration*

DOW *Ultrafiltration* adalah sebuah alat yang digunakan untuk memfilter zat cair yang memanfaatkan

tekanan. Tekanan digunakan untuk memisahkan partikel kotoran dari air yang disaring [7]. Namun demikian, filter ini tidak dapat menyaring ion dan molekul-molekul kecil dalam air.

Membran yang ada dalam modul *Ultrafiltration* memiliki diameter sebesar 0,03 mikron. Membran pada ukuran ini mampu menyaring bakteri, virus, dan partikel seperti koloid [7].

Dibutuhkan kriteria khusus dalam pengoperasian DOW *Ultrafiltration*. Kriteria tersebut antara lain kriteria air dalam proses filtrasi dan kriteria dalam proses pencucian (*backwash*). Tabel 1 menunjukkan kriteria air yang digunakan dalam proses filtrasi. Tabel 2 menunjukkan rangkuman proses *backwash*.

Tabel 1. Kondisi operasional modul DOW *Ultrafiltration* [7]

<i>Operating Conditions</i>	SI	US
Tekanan air masukan	6.25 Bar	93.75 psi
(TMP) Maks.	2.1 Bar	30 psi
Laju Aliran Filtrasi @25 °C	40 – 120 L/m ² /jam	24 – 70 gfd
Suhu (UPVC <i>limited</i>)	1 – 40 °C	34 – 104 °F
pH		2 – 11
Kekeruhan (Maksimum)		300 ntu
Ukuran Partikel (Max.)		300 µ
NaOCl, <i>Cleaning Max.</i>		2,000 ppm

Tabel 2. Rangkuman proses pencucian modul DOW *Ultrafiltration* [7]

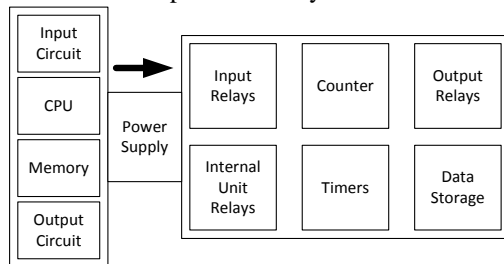
Proses	Spesifikasi
Frekuensi Pencucian	Setiap 20 hingga 60 menit
Durasi Pencucian	40 hingga 120 detik
Aliran Pencucian	100 to 150 l/m ² -h (60 - 90 gfd)
Pembersihan dengan Udara	Tekanan Masukan Max 2.5 bar (36 psi)
	Laju Aliran 5 - 12 Nm ³ /h (3 - 7 scfm)
	Durasi 20 - 60 tiap siklus
	Tekanan Udara-Air ≤ 1.0 bar (14 psi)
	Kualitas Udara Udara tak bersih terkompresi

Tabel 2. (lanjutan)

Proses		Spesifikasi
Pencucian dengan Bahan Kimia	Frekuensi	Saat Dibutuhkan
	Durasi	5 – 20 Menit
	Larutan Pembersih	0.1 % HCl, 2% Citric, 2% Oxalic 0.1% NaOCl, 0.05% NaOH
Pembersihan di Tempat	Frekuensi	Saat TMP di atas 0.1 Bar
	Durasi	120 menit
	Larutan Pembersih	0.2% HCl, 2% Citric, 2% Oxalic 0.1%NaOH +0.2% NaOCl
	Laju Aliran	1.0 – 1.5 m ³ /h (6.6 - 8.8 gpm)
	Suhu	10 to 40 °C (34 - 104 °)

2.2 PLC (Programmable Logic Controller)

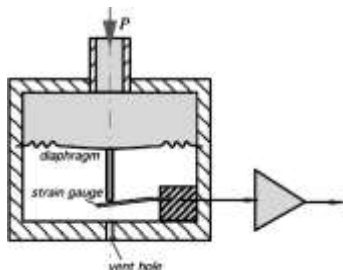
Sebuah PLC pada umumnya terdiri dari *central processing unit* (CPU), *power supply*, memori, modul komunikasi, dan konektor I/O [6]. PLC dapat dikatakan sebagai kotak cerdas yang memiliki ratusan atau ribuan relay, *counter*, *timer*, dan lokasi penyimpanan data. *Counter*, *timer*, dan *relay* ini tidaklah berbentuk fisik namun komponen tersebut dikendalikan berdasarkan *software*. *Relay* internal diaktifkan melalui lokasi *bit* dalam register memori. Gambar 1 menunjukkan diagram blok sederhana PLC pada umumnya.



Gambar 1. Bagian-bagian PLC [6]

2.3 Pressure Sensor

Pressure Sensor atau sensor tekanan merupakan sensor mekanik yang strukturnya berubah di bawah pengaruh ketegangan [24]. Terdapat beberapa komponen dalam sensor tekanan di antaranya *bellow*, membran, dan lempengan besi. *Pressure Sensor* dapat dilihat pada Gambar 2.



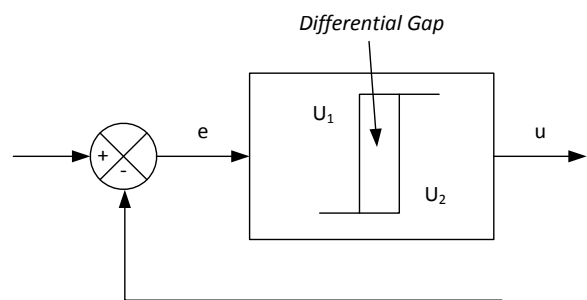
Gambar 2. Pressure Sensor [24]

2.4 Kontroller On-Off

Kontrol *on-off* disebut juga dengan kontrol dua posisi [31]. Kontrol ini hanya memiliki posisi tertentu dalam

kasus khusus hanya terdiri dari posisi *on* dan posisi *off*. Kontrol jenis ini relatif sederhana dan dapat digunakan pada skala industri maupun skala kecil.

Gambar 3 menunjukkan diagram blok dari kontrol *on-off*. Sebuah daerah di mana aktuator harus bergerak sebelum terjadi *switching* disebut *differential gap*. *Differential gap* akan membuat *output* controller $u(t)$ mempertahankan nilainya hingga nilai error dari aktuator telah bergerak sedikit dari titik nol [30]. Pada umumnya, *differential gap* disebabkan oleh pergeseran dan gesekan komponen. Namun demikian, *differential gap* banyak disediakan untuk mencegah sebuah sistem yang terlalu sering berpindah antara *on* dan *off*.

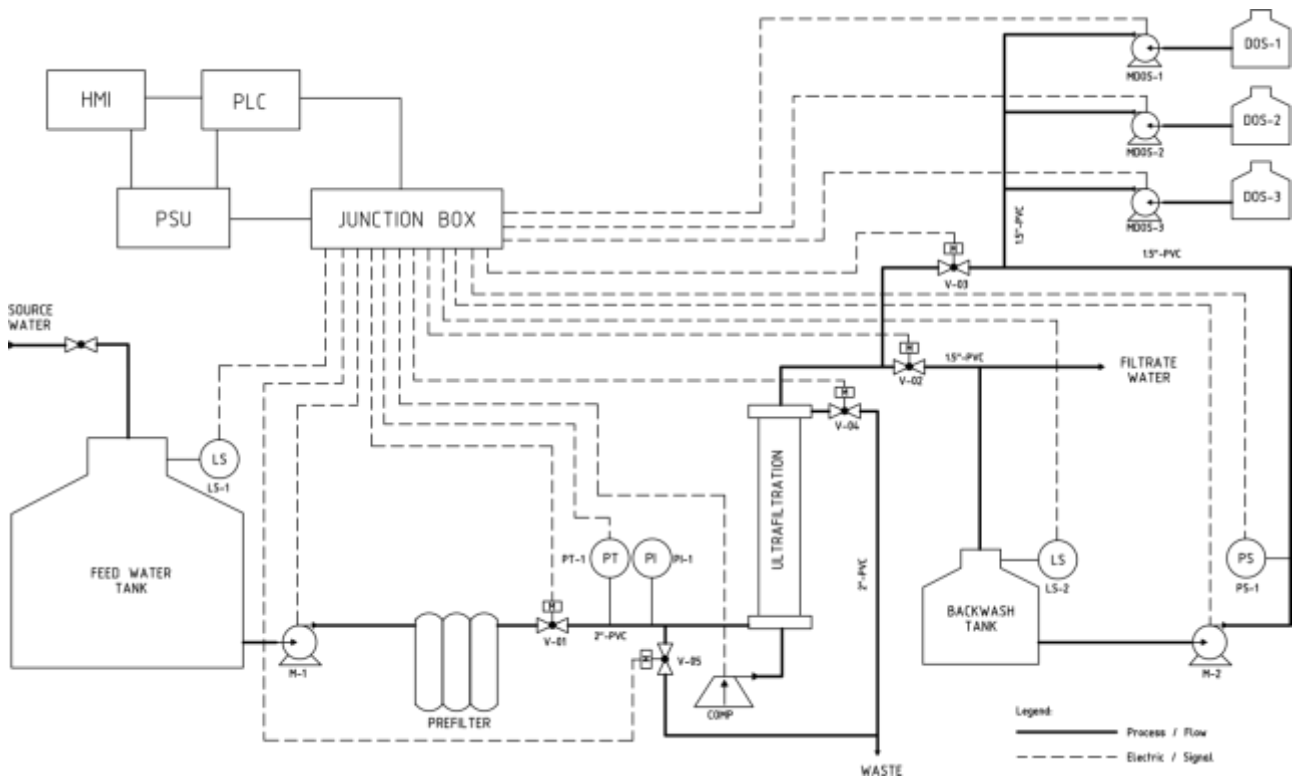


Gambar 3. Diagram blok kontrol on-off [31]

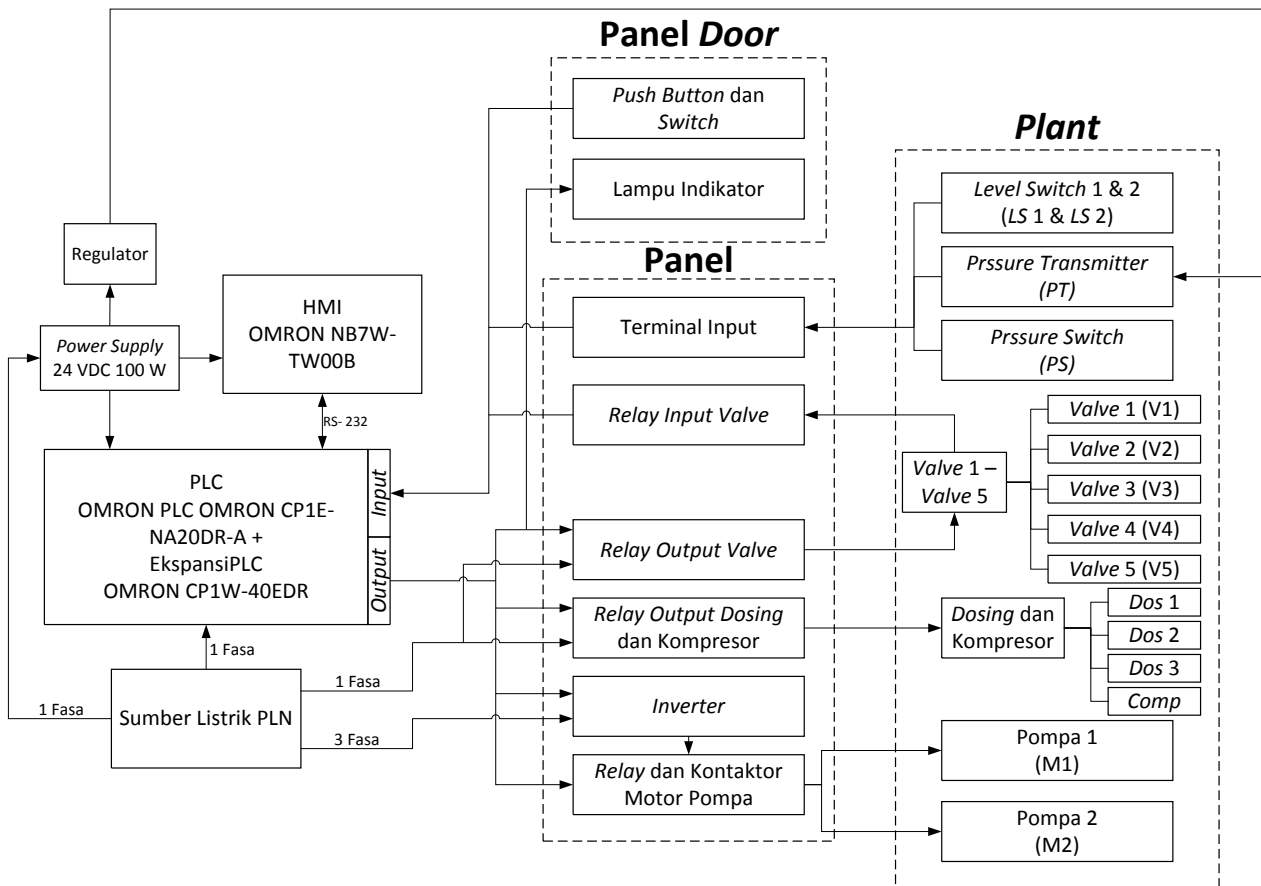
2.5 Perancangan Perangkat Keras

Secara umum, perancangan *plant* filtrasi menggunakan modul *Ultrafiltration* dapat digambarkan seperti pada Gambar 4. Terdapat dua tangki yang masing-masing terhubung dengan *level switch*. Tangki pertama (FW) berisi *feed water* yaitu air sebelum difilter, tangki kedua (BT) berisi *product* yang dapat digunakan untuk proses *backwash*. Terdapat pula lima buah *motorized valve* yang berguna untuk mengatur jalannya air yang melalui pipa. Selain tangki dan *valve* terdapat aktuator lain yaitu motor pompa yang untuk mengalirkan air dalam tekanan tertentu. Di samping pompa, juga terdapat aktuator *dosing* untuk mengalirkan cairan kimia tertentu untuk membantu proses *backwash*, serta kompresor untuk mengalirkan udara dalam proses *air scour*.

Plant filtrasi dengan modul *Ultrafiltration* ini menggunakan sensor tekanan zat cair. Untuk mendeteksi tekanan atau *pressure* pada *plant* filtrasi digunakan dua buah instrumen yang berbeda. Instrumen yang pertama adalah *Pressure Transmitter*. Instrumen ini akan melakukan pengukuran tekanan atau *pressure* dan diubah menjadi sinyal *analog* agar dapat dibaca oleh PLC. Komponen yang kedua adalah *Pressure Switch*. *Pressure Switch* akan aktif dan nonaktif dalam *range pressure* tertentu yang telah ditentukan melalui *setting manual*. Gambar 5 merupakan diagram blok sistem filtrasi menggunakan modul *Ultrafiltration*.



Gambar 4. Piping and instrumentation diagram plant filtrasi



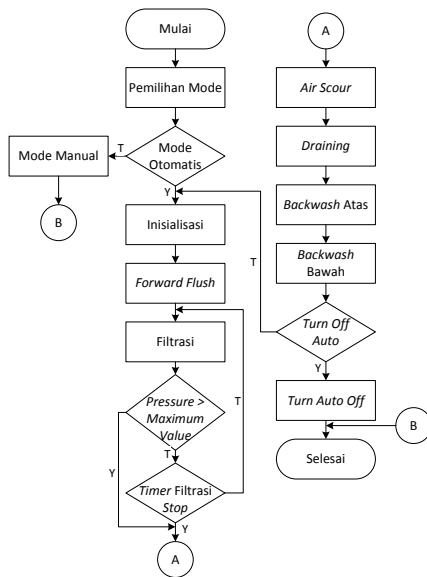
Gambar 5 Diagram blok sistem filtrasi

2.6 Perancangan Perangkat Lunak

Setiap proses yang berlangsung dalam *plant* filtrasi dapat disusun ke dalam sebuah algoritma untuk mewujudkan proses yang sesungguhnya. Secara umum, *plant* filtrasi dengan modul *Ultrafiltration* memiliki beberapa proses utama yaitu: Inisialisasi, *Forward Flush*, Filtrasi, *Air Scour*, *Drain*, dan *Backwash*.

2.6.1 Otomatisasi

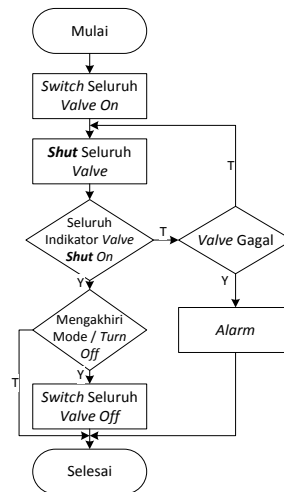
Mode otomatis adalah mode di mana seluruh proses berjalan bergantian secara otomatis. *Flowchart* proses yang berlangsung dalam mode otomatis dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. *Flowchart* mode otomatis

2.6.2 Inisialisasi

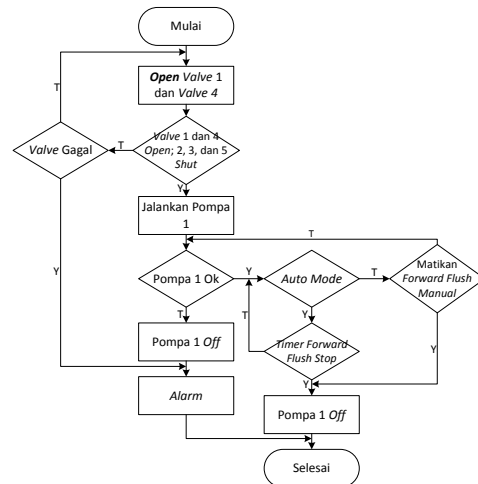
Proses inisialisasi adalah proses di mana seluruh *valve* ditutup. Gambar 7 memperlihatkan bahwa proses penutupan seluruh *valve* dalam sesi Inisialisasi dan *Off* dimulai dari menyalakan seluruh *valve*, kemudian menutup (*shut*) seluruh *valve*.



Gambar 7. *Flowchart* proses Inisialisasi dan *Off*

2.6.3 Forward Flush

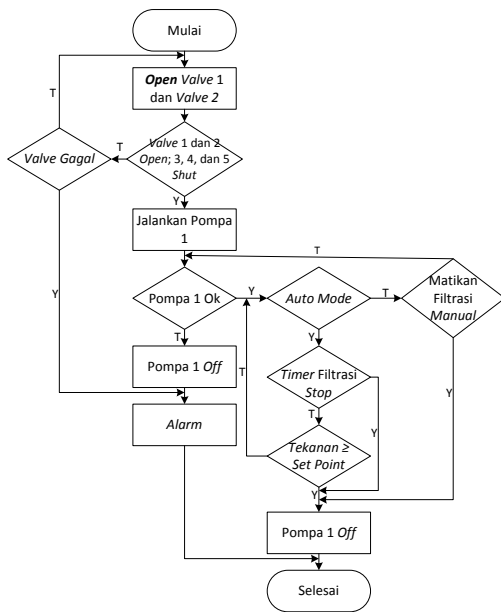
Forward Flush akan mengalirkan *feed water* ke dalam membran dan dibuang ke *waste*. Gambar 8 menunjukkan *flowchart* proses *Forward Flush*.



Gambar 8. *Flowchart* proses *Forward Flush*

2.6.4 Filtrasi

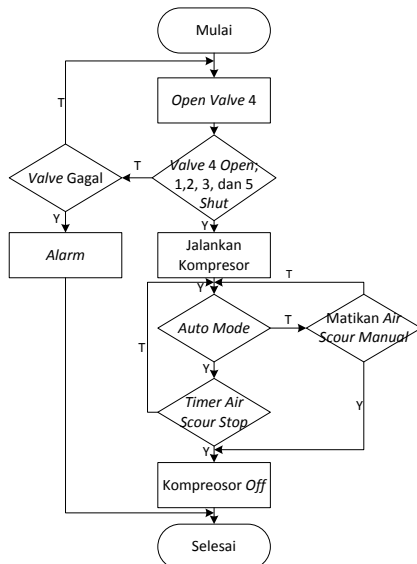
Filtrasi adalah proses yang paling utama dalam otomatisasi filtrasi menggunakan modul *Ultrafiltration*. Filtrasi merupakan proses di mana air dari *feed water* akan difilter menggunakan modul *Ultrafiltration* pada tekanan tertentu. *Flowchart* proses Filtrasi dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Flowchart proses Filtrasi

2.6.5 Air Scour

Air Scour merupakan bagian dari serangkaian proses pencucian modul *Ultrafiltration* setelah proses Filtrasi. Proses *Air Scour* ini akan dijalankan pertama kali setelah proses Filtrasi berlangsung dalam mode otomatis. Dalam mode manual, proses *Air Scour* dapat dimulai dan diakhiri sesuai kebutuhan. *Flowchart* proses *Air Scour* dapat dilihat pada Gambar 10.

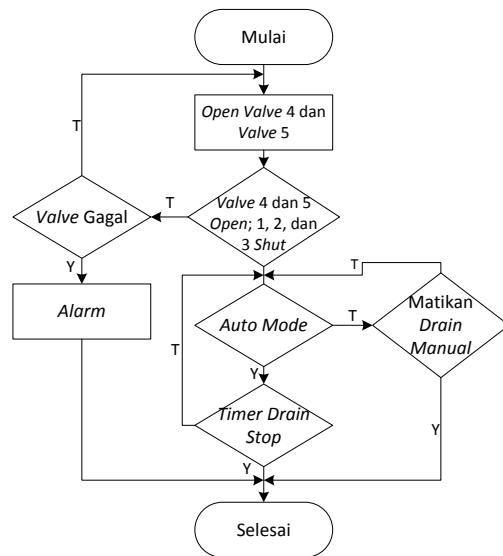


Gambar 10. Flowchart proses Air Scour

2.6.6 Drain

Drain adalah kelanjutan dari proses *Air Scour*. Proses ini dilakukan untuk menggugurkan kotoran yang melekat pada membran dalam modul *Ultrafiltration* setelah dialiri

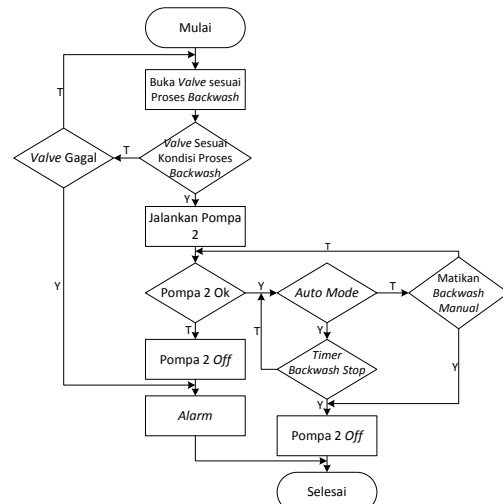
oleh udara dari proses *Air Scour*. *Flowchart* proses *Drain* dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Flowchart proses Drain

2.6.7 Backwash

Backwash merupakan proses utama dalam pencucian modul *Ultrafiltration*. Proses ini akan membalikkan aliran air dari arah *product* ke pembuangan atau *waste*. Air yang digunakan adalah air bersih yang disimpan dalam *Backwash Tank*. Kedua proses *Backwash* tersebut memiliki *flowchart* yang sama dan ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Flowchart proses Backwash

3. Hasil dan Analisa

3.1 Pengujian Pressure Transmitter

Pressure transmitter digunakan untuk mentransmisikan data tekanan air menuju PLC. *Pressure transmitter* akan membaca tekanan air dari 0 bar hingga 7 bar serta mengirimkan sinyal berupa arus dengan *range* 4 mA

hingga 20 mA ke dalam *input* analog PLC. Sinyal tersebut akan dikonversi oleh ADC dalam PLC dan dibaca sebagai nilai biner dengan *range* 0 hingga 6000 desimal. Sinyal hasil konversi ADC tersebut kemudian akan disekala menjadi 0 hingga 7000 desimal dan ditampilkan ke HMI. Hasil pengujian *pressure transmitter* tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian *pressure transmitter*

Prssure Indikator (bar)	Arus Pressure Transmitter (mA)	ADC PLC (desimal)	Tekanan di HMI (mbar)
0.2	4,37	140	210
0.4	4,8	312	417
0.6	5,33	485	616
0.8	5,8	680	812
1	6,23	850	1015

Hasil pengujian pada Tabel 3 menunjukkan terdapat selisih antara *pressure transmitter* dan data yang ditampilkan oleh HMI. Dapat disimpuka bahwa *pressure transmitter* telah dapat mentransmisikan data *pressure* namun masih terdapat selisih eror data yang ditampilkan.

3.2 Pengujian Level Switch

Level switch dirangkai dengan *power supply* + 24 VDC dan dua buah *input* PLC sekaligus. Masing-masing *input* PLC tersebut didedikasikan bagi setiap pompa yaitu pompa 1 dan pompa 2 yang dirancang untuk memompa air dari wadah yang berbeda. Hasil pengujian *level switch* tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengujian *level switch*

Ketinggian Air	Kondisi Level Switch	Tegangan (V)	Kondisi Input PLC
Penuh	Mati	23,6	Mati
Sedang	Mati	23,6	Mati
Kosong	Nyala	0,05	Nyala

Berdasarkan Tabel 4 terlihat kondisi *level switch* yang nyala ketika air dalam wadah kosong. Dalam kondisi penuh maupun sedang, *level switch* tetap mati. Pengaturan nyala dan matinya *level switch* tersebut dapat diatur berdasarkan ketinggian pelampung yang digunakan dalam *level switch*. Semakin tinggi pelampung, maka semakin cepat *level switch* mati bila tinggi permukaan air menurun.

3.3 Pengujian Proses

Dalam tugas akhir ini, tidak semua komponen dalam *plant* filtrasi terpasang. *Plant* yang belum terpasang disimulasikan menggunakan lampu indikator untuk *output* PLC dan *switch* untuk *input* PLC. Hasil pengujian proses *forward flush* ditunjukkan pada Tabel 5. Hasil

pengujian proses filtrasi ditunjukkan pada Tabel 6. Hasil pengujian proses *air scour* ditunjukkan pada Tabel 7. Hasil pengujian proses *drain* ditunjukkan pada Tabel 8. Hasil pengujian proses *backwash* atas ditunjukkan pada Tabel 9. Hasil pengujian proses *backwash* bawah ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 5. Hasil pengujian *forward flush*

Komponen Pengujian	Hasil
Waktu Pembukaan Valve	13,5 Detik (Valve 1)
Waktu Proses <i>Forward Flush</i>	1 Menit
Tekanan di HMI	100 - 115 MiliBar
Tekanan di <i>Pressure</i> Indikator	0 Bar

Berdasarkan Tabel 5 terlihat bahwa proses *forward flush* membutuhkan persiapan sekitar 13,5 detik untuk membuka *valve* 1. Jika durasi proses dibandingkan dengan stopwatch, maka durasinya sudah berjalan sesuai dengan pengaturan waktu yaitu 1 menit atau 60 detik. Tekanan air yang dihasilkan proses *forward flush* adalah 0 Bar. Namun demikian, data dari *pressure transmitter* menunjukkan angka 100 – 115 milibar. Hal ini disebabkan terlalu sensitifnya *pressure transmitter* sehingga dapat membaca tekanan aliran yang cukup kecil.

Tabel 6. Hasil pengujian filtrasi

Komponen Pengujian	Hasil
Waktu Pembukaan Valve 1 dan 2	14 Detik
Waktu Proses <i>Forward Flush</i>	5 Menit
Frekuensi Akhir <i>Inverter</i>	28,9 Hz
Tekanan minimum di HMI	40 MiliBar
Tekanan maksimum di HMI	462 MiliBar
Tekanan maksimum di <i>Pressure Indicator</i>	500 Milibar

Proses filtrasi merupakan proses yang paling utama. Proses filtrasi ini setidaknya membutuhkan persiapan 14 detik untuk membuka kedua buah *valve*. Setelah seluruh *valve* dapat dibuka, kemudian proses dilanjutkan menjalankan pompa 1 dengan mekanisme *starting inverter*. *Inverter* diatur dengan frekuensi di akhir *starting* 28,9 Hz. Tekanan yang dihasilkan dari proses filtrasi yang terbaca oleh *pressure transmitter* adalah 40 milibar hingga 462 milibar. Proses filtrasi dalam pengujian mode otomatis dijalankan dalam kurun waktu 300 detik atau 5 menit tanpa perulangan. Hasil pengujian dengan membandingkan waktu menggunakan stopwatch menunjukkan tidak terdapat selisih antara proses dan perhitungan waktu manual.

Tabel 7. Hasil pengujian *air scour*

Komponen Pengujian	Hasil
Waktu Pembukaan Valve 4	Ditentukan berdasar <i>switch</i> simulator
Indikator Valve 4 <i>Open</i> Simulator	On
Indikator Kompresor <i>On</i> Simulator	On
Waktu Proses <i>Air Scour</i>	30 detik

Berdasarkan Tabel 7 terlihat bahwa ununtuk mempersiapkan proses *air scour* ditentukan sepenuhnya

oleh switch dalam simulator. Dalam proses *air scour*, komponen yang diuji adalah lampu indikator *valve* dan lampu indikator kompresor. Terlihat pada tabel bahwa saat proses *air scour* berlangsung, lampu indikator dalam simulator *valve 4 open* dan kompresor telah *On*. Hal ini menunjukkan PLC sudah memberikan *output* ke komponen. Hasil pengujian dengan membandingkan waktu menggunakan *stopwatch* menunjukkan tidak terdapat selisih antara proses dan perhitungan waktu manual yaitu 30 detik.

Tabel 8. Hasil pengujian *drain*

Komponen Pengujian	Hasil
Waktu Pembukaan Valve 4 dan Valve 5	Ditentukan berdasar <i>switch</i> simulator
Indikator Valve 4 Open Simulator	On
Indikator Valve 5 Open Simulator	On
Waktu Proses <i>drain</i>	30 detik

Berdasarkan Tabel 8 terlihat bahwa waktu persiapan proses *drain* ditentukan sepenuhnya oleh *switch* dalam simulator. Dalam proses *drain*, komponen yang diuji adalah lampu indikator *valve 4* dan *5*. Terlihat pada tabel bahwa saat proses *drain* berlangsung, lampu indikator dalam simulator *valve 4 open* dan *valve 5 open* telah *On*. Hal ini menunjukkan PLC sudah memberikan *output* ke komponen. Waktu untuk menjalankan proses *drain* sudah sama dengan *setting* yaitu 30 detik.

Tabel 9. Hasil pengujian *backwash* atas

Komponen Pengujian	Hasil
Waktu Pembukaan Valve 3 dan Valve 4	Ditentukan berdasar <i>switch</i> simulator
Indikator Valve 3 Open Simulator	On
Indikator Valve 4 Open Simulator	On
Kondisi <i>Pressure Switch</i> Simulator	High
Pompa 2 On Simulator	On
Pompa 2 On Plant	On
Waktu Proses <i>backwash</i> atas	60 detik

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 9 diketahui bahwa untuk menjalankan proses *backwash* atas terdapat komponen yang dijalankan menggunakan simulator dan *plant*. Komponen yang dijalankan menggunakan simulator antara lain *valve 3*, *valve 4*, dan *pressure switch*. Data pada tabel menunjukkan bahwa *valve 3* dan *4* sudah terbuka ditandai dengan lampu indikator dalam simulator *On*. *Pressure switch* dalam simulator di-*set High* untuk menjalankan pompa 2. Pompa 2 telah berjaan baik ditinjau dari lampu indikator dalam simulator maupun dari aktuator dalam *plant*. Waktu untuk menjalankan proses *backwash* atas sudah sama dengan *setting* yaitu 60 detik.

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 10 diketahui bahwa untuk menjalankan proses *backwash* atas terdapat komponen yang dijalankan menggunakan simulator dan *plant*. Komponen yang dijalankan menggunakan simulator antara lain *valve 3*, *valve 5*, dan *pressure*

switch. Data pada tabel menunjukkan bahwa *valve 3* dan *5* sudah terbuka ditandai dengan lampu indikator dalam simulator *On*. *Pressure switch* dalam simulator di-*set High* untuk menjalankan pompa 2. Pompa 2 telah berjaan baik ditinjau dari lampu indikator dalam simulator maupun dari aktuator dalam *plant*. Waktu untuk menjalankan proses *backwash* bawah sudah sama dengan *setting* yaitu 60 detik.

Tabel 10. Hasil pengujian *backwash* bawah

Komponen Pengujian	Hasil
Waktu Pembukaan Valve 3 dan Valve 5	Ditentukan berdasar <i>switch</i> simulator
Indikator Valve 3 Open Simulator	On
Indikator Valve 5 Open Simulator	On
Pengaturan <i>Pressure Switch</i> Simulator	High
Pompa 2 On Simulator	On
Pompa 2 On Plant	On
Waktu Proses <i>backwash</i> bawah	60 detik

4. Kesimpulan

Dari hasil analisa dan pengujian yang telah dilakukan pada tugas akhir desain otomatisasi *plant* filtrasi menggunakan PLC OMRON CP1E-NA20DR-A, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

Seluruh komponen yang terpasang pada *plant* baik sensor maupun aktuator dapat berjalan sesuai dengan kegunaannya. Seluruh lampu indikator dalam simulator telah dapat mengindikasikan sinyal keluaran dari PLC untuk *plant* filtrasi. Seluruh *switch* telah dapat mensimulasikan masukan PLC dari sensor yang terdapat di *plant* filtrasi. Seluruh siklus maupun proses otomatisasi dapat bekerja dengan sesuai dengan algoritma dan program yang diberikan. HMI telah dapat bekerja sebagai *input* dan *output* pada PLC. Durasi *timer* dalam PLC telah menunjukkan waktu yang sama dengan perhitungan waktu menggunakan *stopwatch*.

Referensi

- [1]. N. Doge, *Technology of Bottled Water*, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, England: Wiley, 2011
- [2]. Kemenkes, *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum*
- [3]. K. J. Howe, *dkk.*, *Principles of Water Treatment* Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc, 2012
- [4]. R. W. Baker, *Membrane Technology and Applications Second Edition*, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, England: Wiley, 2004
- [5]. S. Ramaswamy, *dkk.*, *Separation and Purification Technologies in Biorefineries*, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, England: Wiley, 2013
- [6]. K. Kamel dan E. Kamel, *Programmable Logic Controllers Industrial Control*, USA: McGraw-Hill Education, 2014
- [7]. *DOW Ultrafiltration Product Manual*, Ver. 3, The Dow Chemical Company, Midland, MI, 2011

- [8]. Form No. 795-00030-0413, *DOW™ Ultrafiltration Modules - Product Data Sheet*, The Dow Chemical Company, Midland, MI
- [9]. K. J. Howe, *dkk., Principles of Water Treatment* Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc, 2012
- [10]. S. L. Herman, *Electric Motor Control, 9th Edition*, Clifton Park, NY, USA: Delmar, Cengage Learning, 2010
- [11]. Catalog No. CSM-MY-DS-J-7-1, *Miniature Power Relay MY*, OMRON Corporation, Tokyo, Japan
- [12]. I. Setiawan, *Programmable Logic Controller (PLC) dan Teknik Perancangan Sistem Kontrol, Edisi 1*, Yogyakarta, Indonesia: Penerbit ANDI, 2005
- [13]. *Sysmac CP Series CP1E CPU Unit Hardware User's Manual*, OMRON Corporation, Tokyo, Japan, 2009
- [14]. *Sysmac CX-Programmer Ver. 9.2 Operation Manual*, OMRON Corporation, Tokyo, Japan, 2012
- [15]. *Sysmac CP Series CPIH CPU Unit Operation Manual*, OMRON Corporation, Tokyo, Japan, 2005
- [16]. -----, *Spesifikasi Sistem Otomasi Gardu Induk (SOGI)*, PT. PLN (Persero) Penyaluran Dan Pusat Pengaturan Beban Jawa Bali, 2010.
- [17]. *HMI Standard*, tersedia: <https://ics-web.sns.ornl.gov/hmi/hmiStandard.pdf>, diakses: 5 April 2015
- [18]. -----, *NB PROGRAMMABLE TERMINAL SERIES*, OMRON, Tokyo, Japan
- [19]. -----, *Altivar 312 Installation Manual*, www.schneider-electric.com, 2009
- [20]. -----, *MIT-UNID-CNS Ectric Actuator Catalog*, MIT-UNID-CNS. Taiwan
- [21]. I. Muchsin, *Elektronika dan Motor Listrik*, Pusat Pengembangan Bahan Ajar: Universitas Mercu Buana, 2010
- [22]. W. C. Dunn, *Fundamentals of Industrial Instrumentation and Process Control*, USA: The McGraw-Hill Companies, Inc., 2005
- [23]. B. Nesbitt, *Handbook of Valves and Actuators*, Elsavier, Great Britain: Elsavier dan Roles & Associates Ltd. All rights reserved, 2007
- [24]. J. Fraden, *Handbook of Modern Sensors Physics, Designs, and Applications, Third Edition*, San Diego, CA, USA: Springer, 2004
- [25]. *Saginomiya Single Function Pressure Controls Type SNS & HNS Datasheet*, Supertron, Singapura
- [26]. Catalog No. 12-05.00SPT100, *SPT Series Pressure Transmitter Industrial Version Datasheet*, SCHUH, Jerman
- [27]. *Pushbutton Switches*, tersedia: <https://www.ia.omron.com/products/family/3443/feature.html>, diakses: 11 September 2015
- [28]. *Knob-type Selector Switch*, tersedia: <https://www.ia.omron.com/products/family/1109/feature.html>, diakses: 11 September 2015
- [29]. *Indicators*, tersedia: <https://www.ia.omron.com/products/family/3451/feature.html> diakses: 11 September 2015
- [30]. *BareBoard Adjustable Step Down CV (QSKJ) Led Driver IN:DC.7-35V OUT:DC.2-30V MAX 10W*, tersedia: http://www.pusatled.com/index.php?route=product/product&path=159&product_id=577, diakses: 9 September 2015
- [31]. K. Ogata, *Modern Control Engineering 5th Ed.*, One Lake Street, Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 2010