

# APLIKASI KONTROL *PID* PADA PROSES PENGOLAHAN AIR LAUT MENGGUNAKAN METODE *REVERSE OSMOSIS* BERBASIS DCS

Hariyadi Singgih<sup>1)</sup>, Subiyantoro<sup>2)</sup>, dan Siswoko<sup>3)</sup>

Politeknik Negeri Malang

<sup>1)</sup> [hariyadi.singgih@yahoo.com](mailto:hariyadi.singgih@yahoo.com)

<sup>2)</sup> [biayantoro@polinema.co.id](mailto:biayantoro@polinema.co.id)

<sup>3)</sup> [siswako@gmail.com](mailto:siswako@gmail.com)

## Abstrak

Metode pemurnian air laut menggunakan pengaturan kecepatan motor dalam proses *reverse osmosis* sangat dibutuhkan, dikarenakan proses penyaringan dalam membran *reverse osmosis* membutuhkan tekanan yang sesuai dengan kemampuan membran. Selain itu juga dibutuhkan kontrol ketinggian air untuk mengotomatisasi tangki yang telah penuh dan mempertahankan ketinggian air.

Solusi untuk mengurangi permasalahan ini digunakan DCS yang berfungsi untuk memonitor dan mengontrol *plant* dari jarak jauh, Metode kontrol yang digunakan pada DCS untuk menstabilkan *set point* menggunakan metode kontrol *PID* Ziegler-Nichols. Dalam penelitian ini dirancang *mini plant* kontrol ketinggian air dan tekanan menggunakan metode *PID* Ziegler-Nichols yang diimplementasikan pada DCS-PCS7. Sensor yang digunakan untuk ketinggian air adalah HC-SR04, dan untuk sensor tekanan menggunakan pressure transmitter.

Dengan aplikasi kontrol *PID* diperoleh kestabilan *set point* dengan parameter kontrol ketinggian air :  $K_p=134.4$ ,  $T_i=0$  dan  $T_d=1$ . Waktu untuk mencapai *set point* 120 detik dan *error steady state* sebesar 0.94% tanpa gangguan. Untuk parameter Kontrol tekanan air sebesar:  $K_p=3$ ,  $T_i=0$  dan  $T_d=1.375$  dan *Delay time* = 4s, *Rise time* = 7s, *Settling time* = 25s, Osilasi *output PID* rendah, *Error steady state* = 1.03% tanpa gangguan.

**Kata-kata Kunci :** DCS, *PID* Ziegler-Nichols, *Reverse Osmosis*, Sensor HC-SR04, Pressure Transmitter

### **Abstract**

*Sea water purification method using motor speed regulation in the reverse osmosis process is needed, because the filtering process in the reverse osmosis membrane requires pressure in accordance with the membrane's ability. It also requires water level control to automate a full tank and maintain water level.*

*The solution to reduce this problem is using DCS which functions to monitor and control the plant remotely. The control method used in DCS to stabilize the set point using the Ziegler-Nichols PID control method. In this study a mini plant designed to control water level and pressure using the PID Ziegler-Nichols method implemented on DCS-PCS7. The sensor used for water level is HC-SR04, and for the pressure sensor using a pressure transmitter.*

*With the PID control application, set point stability with water level control parameters is obtained:  $P = 134.4$ ,  $T_i = 0$  and  $T_d = 1$ . The time to reach the set point is 120 seconds and the steady state error is 0.94% without interruption. For water pressure control parameters of:  $K_p = 3$ ,  $T_i = 0$  and  $T_d = 1.375$  and Delay time = 4s, Rise time = 7s, settling time = 25s, PID output oscillation low, Error steady state = 1.03% without interference.*

**Keywords :** DCS, PID Ziegler-Nichols, Reverse Osmosis, Sensor HC-SR04, Pressure Transmitter

## **1. PENDAHULUAN**

Kekurangan air bersih merupakan hal yang sangat serius untuk dicarikan solusi yaitu dengan memanfaatkan air laut yang tersedia cukup banyak agar dapat diolah menjadi air bersih. Indonesia yang terletak ditengah kepungan air laut, namun kekurangan air bersih banyak menimpa masyarakat yang tinggal di pesisir pantai. Untuk mendapatkan air bersih, masyarakat pesisir pantai harus membeli air bersih untuk dikonsumsi setiap harinya [7].

Ada beberapa cara mendapatkan air yang layak konsumsi pada daerah pesisir pantai salah satunya dengan proses *Reverse Osmosis* Proses *Reverse Osmosis* atau osmosis balik merupakan proses yang dilakukan dengan memberikan tekanan atau dorongan, menahan semua ion, melepaskan air murni dan membuang air kotor. Membran *Reverse Osmosis* memiliki ukuran pori persepuluh ribu mikron dan dapat menghilangkan zat organik, bakteri, pirogen, juga koloid yang tertahan oleh struktur pori yang

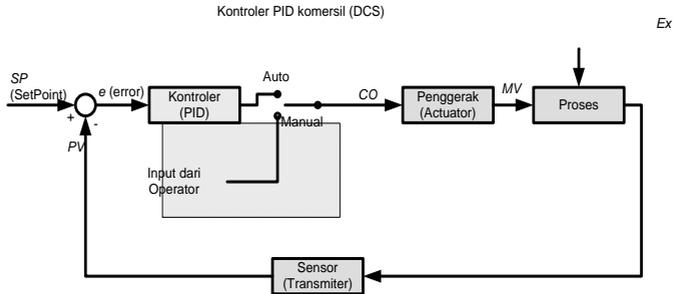
berfungsi sebagai penyaring [6]. Pada proses Reverse Osmosis (RO) tidak ditemukan bakteri *E. coli* yang ditunjukkan dengan nilai MPN 0/100ml, artinya air RO ini sesuai dengan ketentuan persyaratan bakteriologis yang tercantum dalam Keputusan Menteri Kesehatan Nomor: 492/MenKes/SK/IV/2010 khususnya kandungan bakteri *E. coli*. Sedangkan pada air laut yang belum tersaring terdapat bakteri ditemukan bakteri *E. coli* yang ditunjukkan dengan nilai MPN 2/100ml, artinya air Non Reverse Osmosis (Non RO) tidak sesuai dengan ketentuan persyaratan bakteriologis yang tercantum dalam Keputusan Menteri Kesehatan Nomor: 492/MenKes/SK/IV/2010 khususnya kandungan bakteri *E. coli* [5]. Dari kajian tersebut dapat disimpulkan bahwa proses *Reverse Osmosis* lebih unggul dalam hal produktivitas, tingkat kesehatan, waktu yang dibutuhkan, dan tingkat higienitas yang lebih tinggi.

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat kajian terhadap penerapan kontrol PID pada metode pemurnian air laut menggunakan metode *Reverse Osmosis* dengan sistem HMI (*Human Machine interface*) dalam proses DCS Sebagai media penunjang pembelajaran di laboratorium Praktikum DCS Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Elektronika Politeknik Negeri Malang.

## **2. KAJIAN PUSTAKA**

### **2.1 DCS (*Distributed Control System*)**

DCS (*Distributed Control System*) digunakan untuk berbagai keperluan di industri terutama dalam melakukan monitoring dan pengendalian peralatan yang terdistribusi. DCS (digunakan untuk pengendalian proses produksi yang mempunyai karakteristik dimana proses produksi berlangsung secara kontinyu dan terdapat banyak proses yang tersebar secara geografis. Gambar 1, merupakan model kontrol menggunakan DCS.



**GAMBAR 1** BLOK DIAGRAM KONTROL PID PADA DCS

### 2.1.1 DCS-PCS7

DCS-PCS7 salah satu kontroler buatan Siemens Jerman yang didesain berbentuk modular, sehingga pengguna dapat membangun suatu sistem dengan mengkombinasikan komponen-komponen atau susunan modul-modul yang akan digunakan. (Gambar 2) Konfigurasi distribusi I/O dari DCS-PCS7 dapat dimodifikasi selama sistem sedang beroperasi, selain itu sinyal pengendali proses dapat dihapus dan dimasukkan (*hot swapping*). Hal ini dapat mempermudah dalam memperluas sistem atau mengganti ketika terdapat kesalahan.

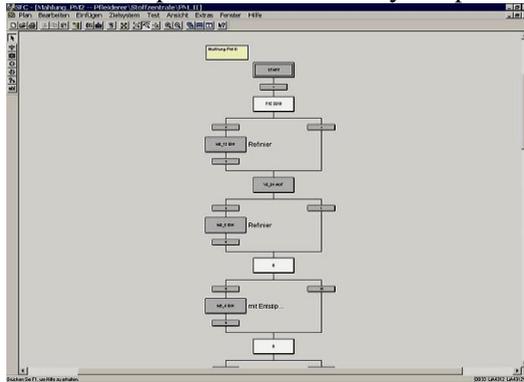


**GAMBAR 2** DCS-PCS7 [9]

Pemrograman pada DCS-PCS7 menggunakan *software* SIMATIC MANAGER dan dilakukan dengan dua cara pemrograman yang



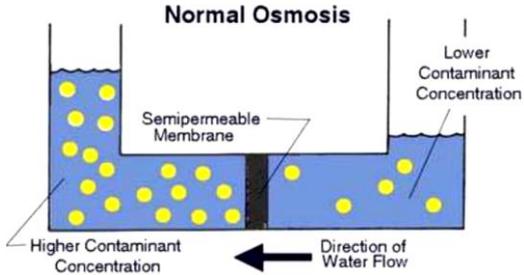
- b. *The Step* merupakan pemrosesan aksi yang ditunjuk pada DCS dan akan dieksekusi sampai transisi berikutnya terpenuhi.



GAMBAR 4 CONTOH PROGRAM SFC [9]

## 2.2 Proses Reverse Osmosis

*Reverse Osmosis System* adalah suatu metode pemurnian air melalui membran semi permeabel dimana suatu tekanan tinggi diberikan melampaui tarikan osmosis sehingga air melewati proses reverse osmosis dari bagian yang memiliki kepekatan yang tinggi ke bagian yang memiliki kepekatan rendah. Proses *Reverse Osmosis* menggunakan tekanan tinggi agar air bisa melewati membran semipermeabel, di mana kerapatan membran tersebut adalah 0,0001 mikron (satu helai rambut dibagi 500.000 bagian). Jika air mampu melewati membran *Reverse Osmosis*, maka air inilah yang akan kita pakai, tapi jika air tidak bisa melewati membran semipermeable maka akan terbuang pada saluran khusus. Air dinetralsir hingga 30 %. Prinsip dasar dari proses *Normal Osmosis* dapat dilihat pada Gambar 5

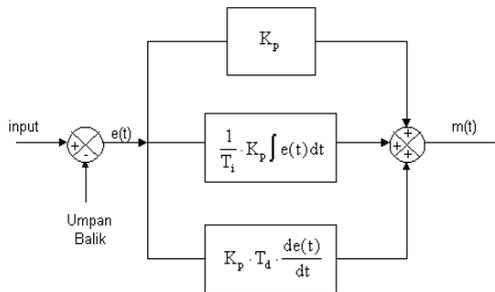


GAMBAR 5 SKEMA PROSES OSMOSIS NORMAL [11]

### 2.3 Kontrol Proporsional Integral Diferensial (PID)

Tipe kontroler yang paling populer adalah kontroler PID. Elemen - elemen kontroler P, I dan D masing - masing keseluruhan bertujuan untuk mempercepat reaksi sebuah sistem, menghilangkan *offset* dan menghasilkan perubahan awal yang besar [3].

Kontroler PID (*Proportional - Integral - Differential*) merupakan kontroler untuk menentukan sistem kerja suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem tersebut. Komponen kontrol PID ini terdiri dari tiga jenis yaitu Proporsional, Integral, dan Diferensial. Ketiganya dapat dipakai secara bersamaan maupun sendiri - sendiri tergantung dari respon yang diinginkan terhadap suatu *plant* [2]. Gambar 6, menunjukkan diagram blok kontroler PID.



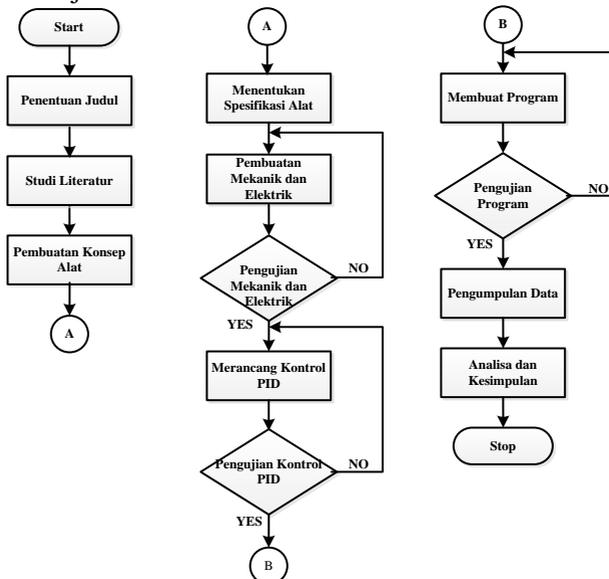
GAMBAR 6 DIAGRAM BLOK KONTROLER PID [8]

Keterangan dari persamaan Gambar 6 adalah sebagai berikut ini:

- $e(t)$ = Error set point (Nilai Set Point – Nilai Sensor)
- $T_i$ = Waktu Integral
- $T_d$  = Waktu Derifatif
- $m(t)$ = Keluaran Kontroller
- $K_p$  = Konstanta Proposional
- $K_d$  = Konstanta Derifatif ( $K_p.T_d$ )
- $K_i$  = Konstanta Integral ( $K_p/T_i$ )

### 3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini didasarkan pada pengembangan laboratorium yang bersifat aplikatif, yaitu perencanaan dan pembuatan alat agar dapat bekerja sesuai dengan yang telah direncana. Perancangan sistem meliputi penentuan judul, studi literature, pembuatan konsep alat, menentukan spesifikasi alat, pembuatan mekanik dan elektrik, pengujian mekanik dan elektrik, merancang kontrol PID, pengujian kontrol PID, membuat program, pengujian program, pengumpulan data, analisa dan kesimpulan seperti ditunjukkan dalam Gambar 7.

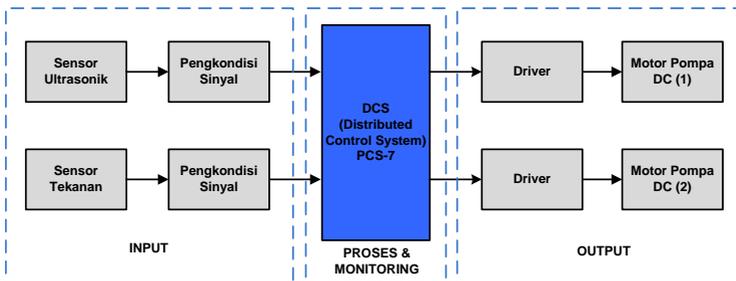


GAMBAR 7 FLOWCHART KONSEP PENELITIAN

### 3.2 Sistem Blok Diagram

Perancangan sistem diagram ditunjukkan dalam Gambar: 8. dengan penjelasan masing-masing blok sebagai berikut:

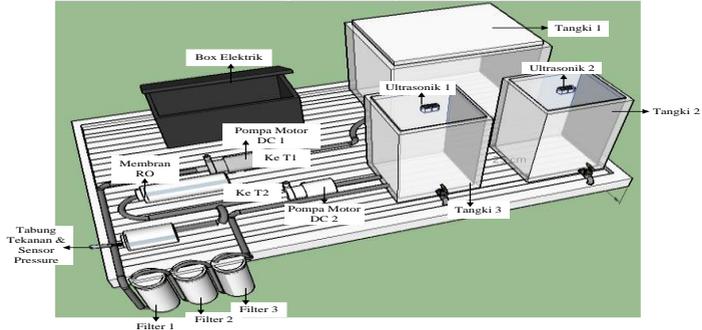
1. Sensor Ultrasonik digunakan sebagai pendeteksi tinggi air yang ada pada tangki2.
2. Pengkondisian sinyal digunakan untuk mengubah luaran DCS menjadi luaran tegangan yang dapat diterima motor pompa-1, setelah itu pengkondisian sinyal akan mengirimkan data-data pada DCS.
3. DCS PCS-7 sebagai kontroler utama tempat pengolahan data dengan metode PID.
4. *Driver* motor digunakan sebagai pengontrol putaran motor pompa DC.
5. Motor pompa-1 digunakan untuk mendorong air dari tangki-1 menuju tangki-2.
6. Sensor Tekanan digunakan untuk mengukur besar tekanan.
7. DCS digunakan untuk mengontrol dan memberikan nilai *set point* serta memonitoring keadaan sistem *mini plant*. Dan sebagai kontroler utama tempat pengolahan data dengan metode PID
8. *Driver* motor digunakan sebagai pengontrol putaran pompa air.
9. Motor pompa-2 digunakan untuk memberikan tekanan pada air sesuai dengan kebutuhan tekan membran *reverse osmosis*.



GAMBAR 8 SISTEM DIAGRAM BLOK

### 3.3 Perancangan dan Pembuatan Sistem

Perancangan dan pembuatan *mini plant* ini dibagi menjadi empat bagian, yaitu perancangan dan pembuatan mekanik, *hardware*, *software*, dan sistem kontrol ditunjukkan dalam Gambar 9. dan Gambar 10 realisasi perancangan miniplant.



GAMBAR 9 PERANCANGAN SISTEM 3D



GAMBAR 10 PERANCANGAN SISTEM MINI-PLANT

Selanjutnya melakukan koneksi masing-masing blok ke DCS-PCS7, dimana DCS-PCS7 ini memiliki peranan penting dalam melakukan kontrol terhadap *plant*. Kontroler DCS-PCS7 akan menerima data berupa tegangan dari sensor ultrasonik 1, sensor ultrasonik2, sensor tekanan, motor 1, dan motor 2 dengan *range* 1~5VDC, data tersebut akan diproses kemudian hasil dari

41

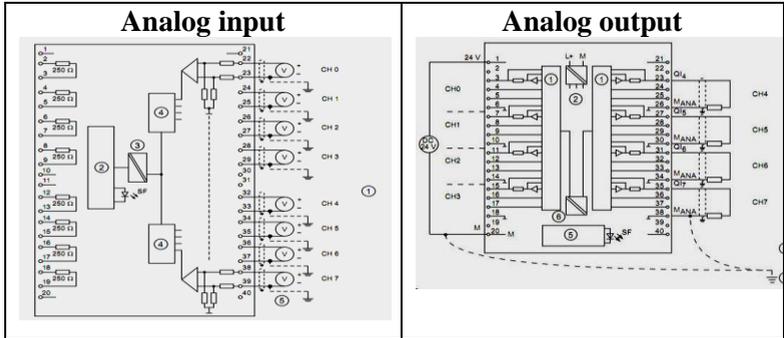
pemrosesan data berupa tegangan 1~5V yang akan dikirim ke arduino UNO. *Range* tegangan 1~5VDC diatur melalui *software* SIMATIC MANAGER agar sesuai dengan kebutuhan dari komponen yang digunakan.

Konfigurasi *hardware* yang dirancang sesuai yang tunjukkan dalam Tabel. 1.

**TABEL 1** *HARDWARE* YANG DIGUNAKAN

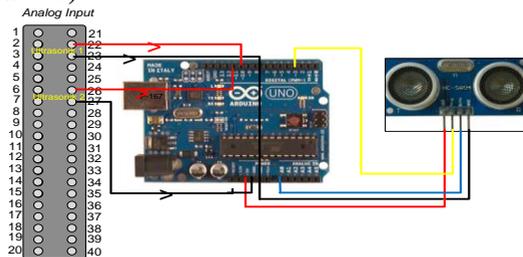
No.	Komponen <i>Hardware</i>	Nomor Serial
1.	<i>Power Supply Module</i> PS 407 10A R	6ES7 407-0KR02-0AA0
2.	CPU 416-2	6ES7 416-2XN05-0AB0
3.	CP 443-1	6ES7 443-1EX20-0XE0
4.	2x Digital Input Module: DI 32 x DC 24V	6ES7 321-1BL00-0AA0
5.	4x Digital Output Module: DO 16 x REL. AC120V/230V	6ES7 322-1HH01-0AA0
6.	2x Analog Input Module: AI 8 x 16 BIT	6ES7 331-7NF00-0AB0
7.	2x Analog Output Module: AO 8 x 12 BIT	6ES7 332-5HF00-0AB0
8.	PN IO	00-1B-1B-12-A6-F1
9.	IE GENERAL	18-03-73-D2-65-C1
10.	Bus Address IM 153-2	153-2BA02-0XB0

Pin yang akan digunakan pada DCS-PCS7 dalam perancangan *mini plant* dirunjukkan dalam Gambar 11.



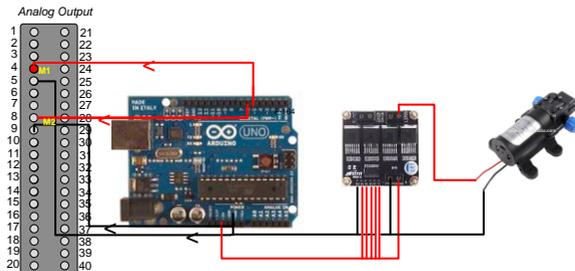
**GAMBAR 11** PIN KONFIGURASI ANALOG INPUT DAN ANALOG OUTPUT

**a. Perancangan DCS-PCS7 Sensor Ultrasonik 1 dan 2 (Gambar 12)**



**GAMBAR 12** KONEKSI SENSOR ULTRASONIK 1 DAN 2 KE DCS-PCS7

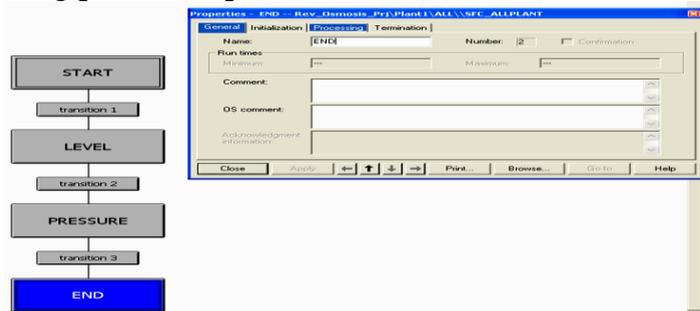
**b. Perancangan DCS-PCS7 Motor Pompa 1 dan 2 (Gambar 13)**



**GAMBAR 13** KONEKSI MOTOR POMPA-1 DAN 2 KE DCS-PCS7



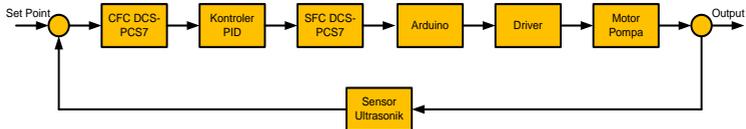
g. **Tag para meter pada END**



**GAMBAR 16 TAG PARAMETER PADA END**

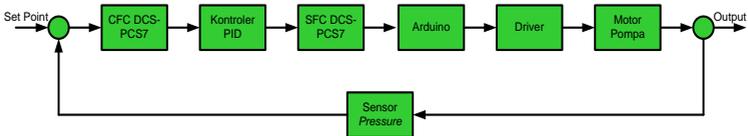
**3.5 Perancangan dan Pembuatan Sistem Kontrol PID**

Perancangan kontrol PID pada *mini plant* dan nantinya akan menjadi sebuah rumus perhitungan osilasi pada sebuah program. Gambar 17 merupakan diagram blok kontrol PID.



**GAMBAR 17 DIAGRAM BLOK SISTEM PID LEVEL**

*Set point* dari sistem ini adalah jarak 2~36cm dan sensor ultrasonik yang akan mengukur ketinggian air dan data dari *output* sensor ultrasonik dikirim ke kontroler DCS-PCS7. (Gambar 18).



**GAMBAR 18 DIAGRAM BLOK SISTEM PID PRESSURE**

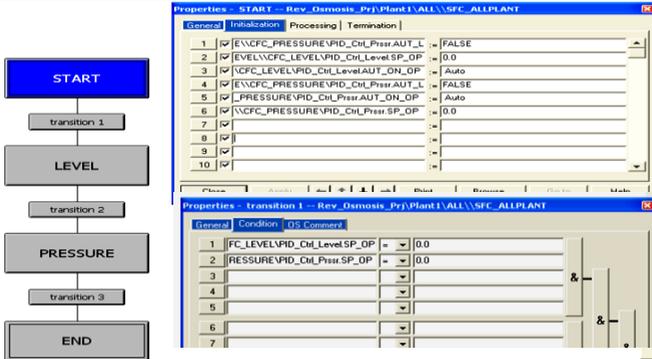
Kontroler PID memiliki tiga parameter yang berpengaruh pada kerja kontroler yaitu konstanta proporsional ( $K_p$ ), konstanta

integral (Ki) dan konstanta diferensial (Kd). Oleh karena itu agar mendapatkan nilai parameter Kp, Ki dan Kd yang tepat maka mencari kurva respon dari sistem tanpa parameter kontroler dan kemudian dicari persamaan parameter PID dari hasil kurva respon pada sistem menggunakan metode Ziegler-Nichols.

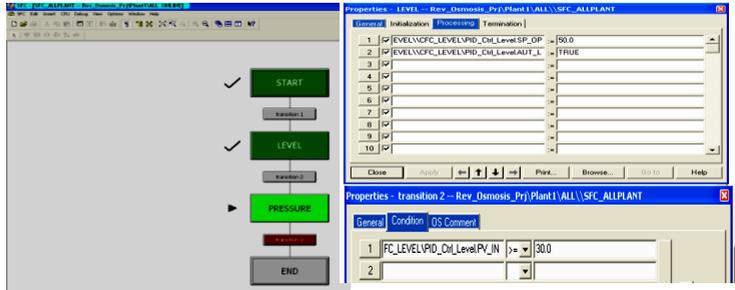
#### 4. DATA HASIL PENGUJIAN SISTEM

##### 4.1 Monitoring pada Program SFC

Kontroler monitoring DCS-PCS7 dilakukan pada bagian SFC. Program SFC ini dibuat untuk menjalankan automasi dari seluruh *plant*. Berikut ini merupakan gambar dari kontrol monitoring seluruh *plant* dengan menggunakan SFC. (Gambar 19) dan Pada Gambar 20 terdapat blok *START*, dimana nilai-nilai *set point* maupun nilai PID pada *level* dan *pressure* masih bernilai 0. Sehingga sebelum proses di *run* tidak ada perintah pada *tag* parameter yang berjalan. Ketika blok *START* sudah berwarna hijau berarti proses sedang dilakukan dengan melewati transisi 1 dan akan masuk ke blok *LEVEL* sehingga blok akan berwarna hijau muda



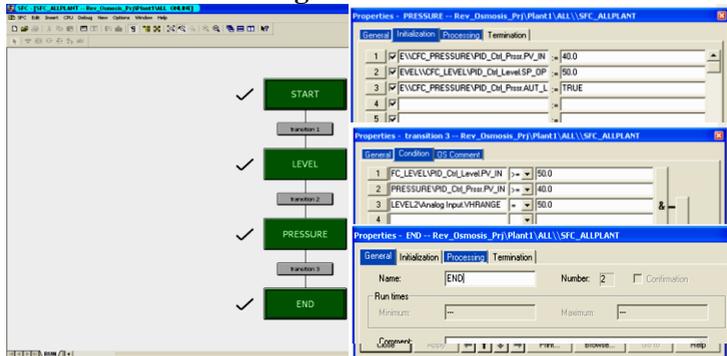
GAMBAR 19 KONTROL DAN MONITORING BLOK START



**GAMBAR 20** KONTROL DAN MONITORING BLOK *LEVEL*

Gambar 21 menunjukkan blok *LEVEL* sudah aktif sehingga berwarna hijau tua. Pada blok *LEVEL* terdapat nilai parameter PID 50.0 dan nilai *LevelAUT\_L TRUE* , maksud dari parameter ini adalah *level* mulai aktif sampai pada nilai *set point* 50.0 (pada ketinggian 50%). *LevelAUT\_L* ini yang akan mempertahankan air pada ketinggian 50.0.

- **Kontrol dan monitoring blok *PRESSURE* dan *END***



**GAMBAR 21** MONITORING DAN KONTROL PADA BLOK *PRESSURE* DAN *END*

Pada blok *PRESSURE* (Gambar 20) terdapat parameter *PrsrPV\_IN=40.0*, *LevelSP\_OP=50*, *PrsrAUT\_L=TRUE*. Yang dimaksud dengan parameter ini yaitu pada saat *PRESSURE* dan *LEVEL* mencapai nilai *set point* maka diijinkan untuk masuk ke blok *TRANSITION 3*.

Pada *tag* parameter *TRANSITION* 3 dimana terdapat 3 parameter, yaitu parameter sensor *level1*, *level2*, dan *pressure*. Parameter *LevelPV\_IN* 50.0, *PrrsrPV\_IN* 40.0, *Level2VHR* 50.0, yang dimaksud dari parameter ini yaitu pada saat *set point level* mencapai 50.0, dan *pressure* 40.0 maka kedua sensor tersebut akan terus berjalan mempertahankan ketinggian dan tekanan di nilai *set point* tersebut sampai *level2* pada tangki 3 menunjukkan nilai *set point* 50.0. Setelah *level2* mencapai *set point* maka akan diijinkan masuk ke blok *END*.

#### **4.2 Hasil Uji Pengolahan Air Laut**

Tahapan-tahapan proses pengolahan air laut yang pertama yaitu dari tangki 1 yang berisi air laut murni yang belum diberikan suatu proses apapun. Selanjutnya air dari tangki 1 akan masuk ke tangki 2 yang akan melewati 3 filter, yaitu filter pertama adalah filter *sediment 5 micron* yang berfungsi untuk membuang partikel-partikel seperti debu dan karat. Filter kedua yaitu *sediment 1 micron* yang berfungsi untuk menyaring kotoran-kotoran yang lebih kecil. Dan filter yang terakhir adalah CAG atau *Granular Active Carbon* yang akan menyerap zat-zat berbahaya seperti kaporit, karsinogen, detergent, dan lain sebagainya. Air yang masuk ke filter-filter dibantu oleh motor pompa DC yang bertekanan tinggi sehingga mampu masuk melalui filter-filter tersebut hingga sampai ke tangki2. (Gambar 21).



**GAMBAR 22** TAHAPAN PROSES *REVERSE OSMOSIS*

Selanjutnya setelah air masuk ke tangki 2, air akan masuk ke tangki 3. Dimana tangki 3 merupakan hasil dari air laut yang sudah berkurang kadar garam dan kekentalannya. Hal ini dikarenakan sebelum masuk ke tangki 2 air akan masuk ke membran *reverse osmosis* dengan daya tekan yang sesuai dapat memilah dan menyaring air, air yang masih dianggap kotor dan perlu penyaringan lagi akan masuk ke tangki 1, sedangkan air yang lolos dari membran akan masuk ke tangki 3. Berikut dari hasil filtrasi yang diukur dengan TDS-meter yang ditunjukkan dalam Gambar 23 merupakan gambar pengukuran air laut murni yang masuk pada tangki 1, dimana air laut memiliki nilai TDS yang cukup tinggi yaitu 393PPM atau 393mg/L. Dan hasil air laut yang sudah melalui berbagai proses memiliki nilai TDS sebesar 292PPM. Nilai hasil ini akan dibandingkan dengan nilai TDS air PDAM sebesar 256PPM dan menurut EPA (*Environmental Standard Agency – US*) nilai TDS dibawah 300PPM aman digunakan.



(a) Sebelum Proses



(b) Setelah Proses

**GAMBAR 23** PENGUKURAN TINGKAT KEKENTALAN AIR LAUT MURNI

## 5. PENUTUP

Hasil pengujian dan analisa implementasi kontrol PID pada proses *reverse osmosis* pengolahan air laut berbasis DCS, dapat disimpulkan yakni bahwa *software* yang digunakan untuk pemrograman DCS-PCS7 dengan program CFC (*Continuous Function Chart*) dan SFC (*Sequential Function Chart*) adalah SIMATIC MANAGER. SFC digunakan sebagai kontrol dan

monitoring jarak jauh. Arduino UNO yang sudah ditanam program digunakan sebagai *interface* untuk membatasi *range* kerja dari sensor ultrasonik, sensor tekanan, dan *driver* motor pompa DC 0~5VDC dengan *output analog* dari DCS-PCS7 1~5VDC sehingga dapat bekerja sesuai dengan sinyal tegangan dari *analog output* DCS-PCS7. dengan parameter-parameter hasil sebagai berikut:

1. Kontrol ketinggian air mampu bekerja dengan baik pada *range* ketinggian 2~36 cm dan menggunakan metode PID yang telah ditanamkan di DCS-PCS7 dimana hasil perhitungan parameter PID menggunakan metode Ziegler-Nichols diperoleh  $K_p=134.4$ ,  $T_i=0$  dan  $T_d=1$ . Dengan mengimplementasikan parameter tersebut sistem mengalami *error steady state* sebesar 0.94%.
2. Kontrol tekanan air bekerja dengan *range* tekanan 0~100Psi dan menggunakan metode PID yang telah ditanamkan di DCS-PCS7 dimana hasil perhitungan parameter PID menggunakan metode Ziegler-Nichols diperoleh  $K_p=3$ ,  $T_i=0$  dan  $T_d=1.6$ . Dengan mengimplementasikan parameter tersebut sistem mengalami *error steady state* sebesar 1.03%. 3). Hasil air setelah melewati filter dan membran *reverse osmosis* memiliki nilai TDS sebesar 292PPM, yang sebelumnya air laut dengan nilai TDS sebesar 393PPM.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Ali, Muhammad, MT. 2010. *Modul Kuliah Sistem Kendali Terdistribusi "Konsep Dasar Sistem Kendali Terdistribusi"*. Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- [2]. Andrea, Charrel A. D. 2014. *Perancangan dan Pengaturan Kecepatan Putar Motor Dengan Metode PID Pada Mesin Pemecah dan Pencuci Kedelai*. Skripsi Program Studi Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro. Malang: Politeknik Negeri Malang.
- [3]. Andrianto, Moh. 2014. *Kendali Kecepatan Motor Direct Current (DC) Menggunakan Proportional Integral Derivative (PID) Controller Terhadap Beban*. Skripsi

- Program Studi Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro. Malang: Politeknik Negeri Malang.
- [4]. Arifin, Muhammad. 2015. *Modul Pengaturan Motor Pompa Dc Brushless Dengan Metode PID Pada Sistem Kendali Terdistribusi Untuk Kontrol Ketinggian Air*. Skripsi Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang.
- [5]. Denis, Rica. 2013. Identifikasi Bakteri Escherichia coli (E.coli) Pada Air Reverse Osmosis (RO) dan Non Reverse Osmosis (Non RO). *Jurnal Akademi Analisis Kesehatan Harapan Bangsa Bengkulu*.
- [6]. Juliardi, Naniek Ratni. 2005. *Peningkatan Kualitas Air Minum Menggunakan Membran Reverse Osmosis (RO)*. *Jurnal Teknik*
- [7]. Mulyanef, Burmawi dkk. 2014. *Pengolahan Air Laut Menjadi Air Bersih Dan Garam Dengan Destilasi Tenaga Surya*. *Jurnal*
- [8]. Ogata, K. 1997. *Teknik Kontrol Automatik Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- [9]. Rusdian, Sarah Annisaa. 2015. *Modul Praktikum Kontrol Aliran Air Menggunakan Metode PID Pada Sistem Kendali*
- [10]. Sasmito, Asep Nugroho Agung. 2015. *Modul Praktikum Pemanas Air Dengan Metode PID Menggunakan Sistem Kendali Terdistribusi*. Skripsi Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang.
- [11]. Zainuddin, M dkk. 2011. *Otomatisasi Sistem Pengolahan Air Laut Menjadi Air Tawar Dengan Prinsip Reverse Osmosis Berbasis Mikrokontroler*. Skripsi Teknik Elektro Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.