

Pengaturan Kontrol PID pada Proses *Reverse Osmosis* Pengolahan Air Laut dengan Sistem SCADA

Tiara Ardiana Dewi, Tarmukan, Muhamad Rifa'i

Abstrak— *Reverse osmosis* merupakan teknologi pemurnian air yang menggunakan membran *semipermeable*. Dengan tujuan untuk mengurangi kadar garam yang terkandung dalam air laut. Untuk melewati membran tersebut dibutuhkan tekanan sesuai membran yang dikontrol oleh motor. Air yang akan masuk ke membran *reverse osmosis* berada pada tangki yang akan dipertahankan ketinggiannya. Sehingga terdapat kontrol pada proses ini yaitu kontrol ketinggian air dan kontrol tekanan air.

Proses *reverse osmosis* ini menggunakan sistem SCADA untuk mengendalikan ketinggian air dan tekanan air yang dapat dimonitor dan dikontrol dari jarak jauh dengan PLC S7-400. Untuk pengendalian kecepatan motor akan digunakan metode PID Ziegler-Nichols dengan diberikan nilai *set point* tertentu. Sensor ketinggian air menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 dan sensor tekanan air menggunakan *pressure transmitter*.

Hasil perancangan menggunakan metode PID Ziegler-Nichols pada kontrol ketinggian air didapatkan nilai $K_p=6.4667$, $T_i=0$ dan $T_d=4.99$ dengan performa respon *Delay time*=79s, *Rise time*=154s, *Settling time*=190s, Osilasi *output* hampir tidak ada, *Error steady state*=1.68% tanpa gangguan. Pada kontrol tekanan air $K_p=3$, $T_i=0$ dan $T_d=1.375$ dengan performa respon *Delay time*=8s, *Rise time*=7s, *Settling time*=25s, Osilasi *output* PID rendah, *Error steady state* = 1.03% tanpa gangguan. Hasil tes kadar garam menggunakan TDS meter yang terlarut dalam air laut murni berkisar 393PPM, sedangkan hasil dari proses *reverse osmosis* selama 3kali penyaringan kadar garamnya menjadi 292PPM, sedangkan kadar garam pada air PDAM yaitu 256PPM.

Kata Kunci—*Reverse osmosis*, SCADA, PLC S7-400PID, PID Ziegler-Nichols, HC-SR04, *Pressure Transmitter*, TDS meter

Tiara Ardiana Dewi adalah mahasiswa D4 Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, e-mail: tad280413@gmail.com

Ir. Tarmukan MT., adalah Dosen Pembimbing I Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, Malang.

Muhamad Rifa'i ST.,MT., adalah Dosen Pembimbing II Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, Malang

I. PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya alam yang mutlak diperlukan bagi kehidupan manusia. Kebutuhan manusia akan kebutuhan air bersih

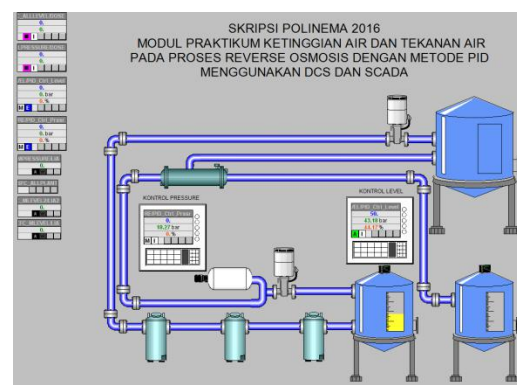
selalu meningkat dari waktu ke waktu, bukan karena meningkatnya jumlah manusia yang memerlukan air tersebut, melainkan juga karena meningkatnya intensitas dan ragam dari kebutuhan akan air. Untuk mengatasi permasalahan dibutuhkan sebuah penerapan teknologi pengolahan air bersih yang sesuai, yaitu dengan menggunakan teknologi *reverse osmosis*. Dimana *reverse osmosis* merupakan teknologi pemurnian air yang menggunakan membran *semipermeable*[1]. Dalam proses *reverse osmosis* ini sendiri dibutuhkan metode kontrol yang mampu memberikan respon baik dan memudahkan untuk diimplementasikan yaitu berupa metode PID.

Metode PID ini digunakan untuk metode kontrol agar bisa menjaga kestabilan ketinggian air dan tekanan pada motor pompa DC yang nantinya akan masuk ke dalam membran *reverse osmosis*.

Metode PID ini digunakan untuk metode kontrol agar bisa menjaga kestabilan ketinggian air dan tekanan pada motor pompa DC yang nantinya akan masuk ke dalam membran *reverse osmosis*. SCADA digunakan sebagai solusi untuk mengontrol ketinggian air dan tekanan serta mengawasi secara jarak jauh.

II. SCADA

SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) merupakan sebuah sistem pengawasan dan pengontrolan, dengan cara melakukan pengumpulan dan analisa data secara *real time*.



Gambar 1 Sistem SCADA

Dalam sistem SCADA ini digunakan PLC S7-400 sebagai kontrol proses yang dapat dilakukan secara cepat. Sistem pada PLC S7-400 disusun dari berbagai ragam komponen modular. Adapun komponen-komponen tersebut meliputi[2]:

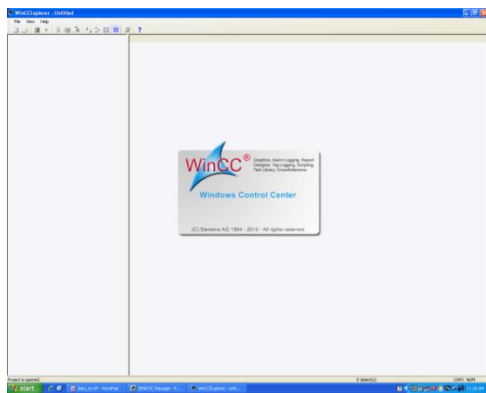
- PS

- CPU
- Analog / Digital *Input*
- Analog / Digital *Output*



Gambar 2 PLC S7-400

Untuk merancang, mendesain atau memprogram HMI/OP (*Human Machine Interface/Operator Control*) pada sistem SCADA ini diperlukan software yaitu WinCC.

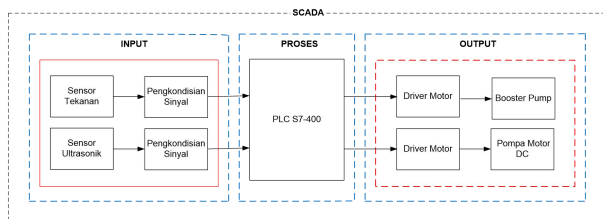


Gambar 3 Tampilan WinCC

III. METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Blok

Berikut merupakan diagram blok dari perancangan sistem kontrol ketinggian air dan tekanan.



Gambar 4. Diagram Blok

Dari diagram blok diatas dapat dijelaskan sebagai berikut:

Sensor tekanan yaitu *pressure transmitter* dan sensor ketinggian yaitu HC-SR04 sebagai *input* pada PLC S7-400. Karena masukan PLC S7-400 membutuhkan tegangan sebesar 1-5VDC maka digunakan pengkondisi sinyal. Pengkondisi sinyal ini menggunakan program dari Arduino Uno, sehingga keluaran dari Arduino Uno ini nanti akan masuk pada *input* PLC S7-400. PLC S7-400 ini sebagai kontroler yang didalamnya terdapat

pogram PID. Selanjutnya untuk *output* dari PLC S7-400 berupa motor pompa DC yaitu Motor Pompa DC Diafragma, yang sebelumnya masuk ke dalam *driver* untuk diatur kecepatan motornya.

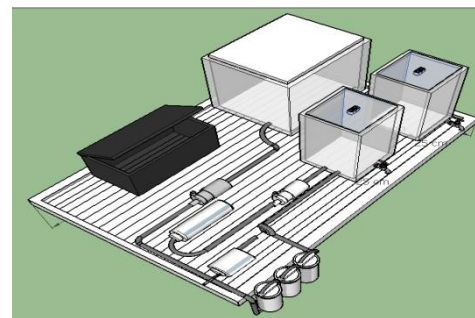


Gambar 4 Sensor HC-SR04[3] dan Sensor Tekanan[4]



Gambar 5 Motor Pompa DC Diafragma[5]

3.2 Perancangan Mekanik



Gambar 6 Perancangan Mekanik 3 Dimensi



Gambar 7 Perancangan Kontrol ketinggian Air

Dalam perancangan *mini plan* tersebut terdapat beberapa komponen pendukung yaitu tangki 1, tangki 2, tangki 3, motor pompa DC 1, motor pompa DC 2, filter-filter, *reverse osmosis*, *presssure transmitter*, HC-SR04, kotak elektrik dan selang

3.3 Perancangan Sensor Ultrasonik HC-SR04

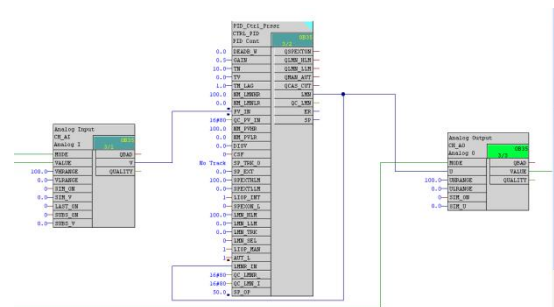
Tinggi tangki yang digunakan dalam perancangan kontrol ketinggian air ini yaitu 40cm dengan maksimal ketinggian air yang digunakan yaitu 36cm. Sehingga digunakanlah sensor ultrasonik HC-SR04, karena dalam pengukuran ketinggian air dengan cara memantulkan gelombang ultrasoniknya dari *transmitter*-nya yang nantinya akan diterima oleh *receiver*-nya. *Range* dari sensor Ultrasonik HC-SR04 ini berkisar 2cm-400cm. Walaupun sudah memiliki *output* sebesar 5VDC, agar lebih optimal maka masih digunakan sebuah pengkondisi sinyal agar *output* tegangan sensor ultrasonik HC-SR04 ini sesuai dengan *input* dari PLC S7-400. Pengkondisi sinyal yang digunakan yaitu program dari arduino UNO, dikarenakan *output* arduino UNO ini sesuai dengan kebutuhan *input* PLC S7-400. Dalam perancangannya sensor ultrasonik HC-SR04 ini akan membaca ketinggian air mulai dari 2cm sampai dengan 36cm. Sehingga pada pembuatan program di arduino UNO, saat sensor membaca 2cm maka akan keluar sinyal tegangan 1VDC. Sedangkan saat sensor membaca 36cm maka akan keluar sinyal tegangan 5VDC. Apabila hal tersebut sudah terpenuhi, maka *output* sensor ultrasonik HC-SR04 sudah sesuai dengan kebutuhan pada *input* PLC S7-400.

3.4 Perancangan Pressure Transmitter

Proses *reverse osmosis* membutuhkan daya tekan dari motor dengan tekanan yang besar. Sebelum masuk ke dalam membran, air yang ditekan oleh pompa perlu diketahui besar tekannya. Sehingga diperlukan sebuah sensor tekanan yang memiliki parameter pembacaan tekanan yang besar. Maka dalam pembacaan sensor tekanan air ini menggunakan *pressure transmitter* G1-1/4-12B-DC5V. Digunakan sensor ini dikarenakan pembacaan sensor ini yang dapat membaca tekanan sampai 12bar. Kemudian, tidak mudah untuk mencari sensor tekanan yang dapat digunakan pada air asin. Tegangan *output*-nya berkisar 0.5-4.5VDC, sehingga perlu adanya sebuah pengkondisi sinyal yang digunakan untuk merubah tegangan *output pressure transmitter* ini sesuai dengan *input* dari PLC S7-400. Pada *pressure transmitter* ini pengkondisi sinyal yang digunakan juga program dari arduino UNO, dikarenakan *output* arduino UNO ini sesuai dengan kebutuhan *input* PLC S7-400. Dalam perancangannya *pressure transmitter* ini akan membaca tekanan air mulai dari 0Psi sampai dengan 100Psi. Sehingga pada pembuatan program di arduino UNO, saat sensor membaca 0Psi maka akan keluar sinyal tegangan 1VDC. Sedangkan saat sensor membaca 100Psi maka akan keluar sinyal tegangan 5VDC. Apabila hal tersebut sudah terpenuhi, maka *output* sensor ultrasonik HC-SR04 sudah sesuai dengan kebutuhan pada *input* PLC S7-400.

3.5 Perancangan Program PLC S7-400

Pembuatan program pada PLC S7-400 ini dimulai dengan membuat CFC (*Continuous Function Chart*) untuk mengendalikan proses pada *mini plan* ketinggian air dan tekana air yaitu pada kontro PID-nya.



Gambar 9 CFC PID Tekanan Air

Selanjutnya dengan pembuatan SFC (*Sequence Function Chart*) yang difungsikan untuk menggabungkan proses secara keseluruhan.



Gambar 10 SFC Keseluruhan Proses

3.6 Perancangan Motor Pompa DC 1 dan Driver

Untuk mengalirkan air dari tangki 1 ke tangki 2 diperlukan sebuah motor dengan daya alir dan daya tekan yang besar. Sebelum masuk ke tangki 2, air akan melewati 3 buah filter. Sehingga motor pompa DC 1 yang digunakan dalam perancangan ini menggunakan motor pompa DC diafragma tipe FLO-2202. Digunakannya motor pompa DC 1 ini dikarenakan kebutuhan akan besar daya hisap airnya sebesar 3.8L/min. Akan tetapi tegangan *output*-nya sebesar 12VDC. Karena kebutuhan dari *output* PLC S7-400 maka koneksi *driver* dan motor pompa DC 1 yang dikoneksikan ke arduino UNO yang didalamnya sudah diatur dengan *range* tegangan kerja sebesar 1-5VDC. Di arduino Uno ini juga berfungsi untuk mengkonversi sinyal PWM yang masuk ke *driver* untuk mengontrol kecepatan putar motor pompa DC tanpa perlu tambahan rangkaian.

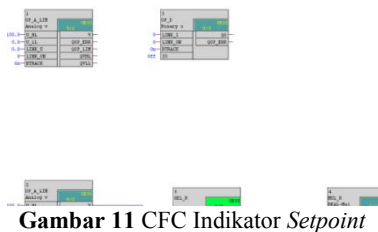
3.7 Perancangan Motor Pompa DC 2 dan Driver

Dari tangki 2 air akan mengalir ke membran *reverse osmosis*. Supaya air air dapat menembus membran *reverse osmosis*, maka diperlukan sebuah motor dengan daya tekan yang besar. Membran *reverse osmosis* ini memiliki daya tekan yang tinggi sekitar 40-50Psi. Sehingga motor pompa DC 2 yang digunakan dalam perancangan ini menggunakan motor pompa DC diafragma tipe FL-3203. Digunakannya motor pompa

DC 2 ini dikarenakan kebutuhan akan besar daya hisap airnya sebesar 5L/min, selain itu juga besar tekanan yang dimiliki motor pompa ini yaitu 100Psi. Akan tetapi tegangan *output*-nya sebesar 12VDC. Karena kebutuhan dari *output* PLC S7-400 maka koneksi *driver* dan motor pompa DC 2 yang dikoneksikan ke arduino UNO yang didalamnya sudah diatur dengan *range* tegangan sebesar 1-5VDC. Di arduino Uno ini juga berfungsi untuk mengkonversi sinyal PWM yang masuk ke *driver* untuk mengontrol kecepatan putar motor pompa DC tanpa perlu tambahan rangkaian. Hal ini hampir sama dengan perancangan pada motor pompa DC 1.

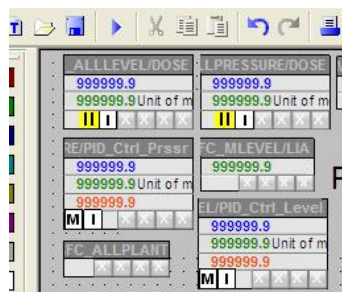
3.8 Perancangan SCADA

Dalam perancangan SCADA diperlukan pula pembuatan CFC sebagai indikator-indikator yang nantinya bisa langsung diawasi dan dikontrol dari SCADA itu sendiri.



Gambar 11 CFC Indikator Setpoint

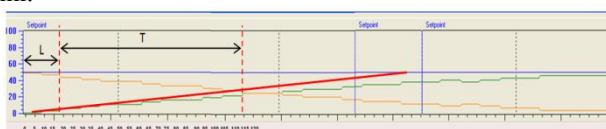
Sehingga pada SCADA akan muncul indikator nilai yang bisa langsung ditur dan dikontrol secara langsung. Seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 12 Indikator pada SCADA

3.9 Perancangan Kontrol PID pada Ketinggian Air

Untuk mendapatkan grafik kurva respon pada kontrol ketinggian air tersebut, nilai pada *set point* harus diberikan terlebih dahulu. Pada kontrol ketinggian air ini diberikan nilai *set point* sebesar 40, artinya motor pompa DC 1 akan berputar stabil apabila air yang masuk ke tangki 2 sebanyak 40% besar tangki 2 tersebut. Berikut hasil pengujian respon dari kontrol ketinggian air terhadap waktu dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 13 Kurva Respon Ketinggian Air

Berdasarkan kurva respon diatas pula maka dapat ditentukan nilai L dan T, sehingga diperoleh nilai:

$$L = 18 \text{ detik}$$

$$T = 115 - 18 = 97 \text{ detik}$$

$$Kp = 1.2 \times \frac{T}{L} = 1.2 \times \frac{97}{18} = 6.4667$$

$$Ti = 2 \times L = 2 \times 18 = 36$$

$$Td = 0.5 \times L = 0.5 \times 18 = 9$$

$$Ki = \frac{Kp}{Ti} = \frac{6.4667}{36} = 0.1769$$

$$Kd = Kp \times Td = 6.4667 \times 9 = 58.20$$

Nilai parameter Ti dan Td memiliki persamaan sebagai berikut:

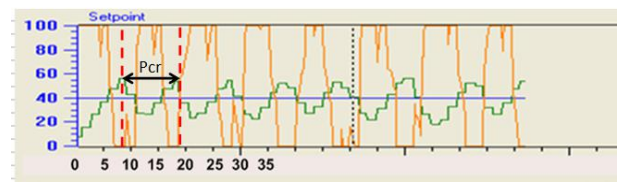
$$Ti = \frac{Kp}{Ki} = \frac{6.4667}{0.1796} = 36.01$$

$$Td = \frac{Kd}{Kp} = \frac{58.20}{6.4667} = 8.99$$

Sehingga dari persamaan diatas untuk parameter PID yang akan digunakan adalah $Kp=6.4667$, $Ti=36.01$ dan $Td=8.99$.

3.10 Perancangan Kontrol PID pada Tekanan Air

Untuk mendapatkan grafik kurva respon pada kontrol tekanan air tersebut, nilai pada *set point* harus diberikan terlebih dahulu. Pada kontrol tekanan air ini diberikan nilai *set point* sebesar 50, artinya motor pompa DC 2 akan berputar stabil apabila air yang masuk ke tangki 3 maupun tangki 1. Berikut hasil pengujian respon dari kontrol tekanan air terhadap waktu dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 14 Kurva Respon Tekanan Air

Berdasarkan kurva respon diatas pula maka dapat ditentukan nilai K_{cr} dan P_{cr} , sehingga diperoleh nilai:

$$K_{cr} = 1.2 \text{ detik}$$

$$P_{cr} = 19 - 8 = 11 \text{ detik}$$

$$Kp = 0.6 \times K_{cr} = 0.6 \times 1.2 = 0.72$$

$$Ti = 0.5 \times P_{cr} = 0.5 \times 11 = 5.5$$

$$Td = 0.125 \times P_{cr} = 0.125 \times 11 = 1.375$$

$$Ki = \frac{Kp}{Ti} = \frac{0.72}{5.5} = 0.13$$

$$Kd = Kp \times Td = 0.72 \times 1.375 = 0.99$$

Nilai parameter Ti dan Td memiliki persamaan sebagai berikut:

$$Ti = \frac{Kp}{Ki} = \frac{0.72}{0.13} = 5.53$$

$$Td = \frac{Kd}{Kp} = \frac{0.99}{0.72} = 1.375$$

Sehingga dari persamaan diatas untuk parameter PID yang akan digunakan adalah $Kp=0.72$, $Ti=5.53$ dan $Td=1.375$.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian dan Analisa Sensor Ketinggian Air

Pengujian pada sensor ketinggian air ini untuk mengetahui *output* sinyal dari sensor HC-SR04 sudah sesuai dengan kebutuhan *input* pada PLC S7-400 yaitu mengeluarkan sinyal *output* berupa tegangan 1-5VDC. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur *output* sensor HC-SR04 yang telah diberi pengkondisi sinyal yaitu Arduino Uno menggunakan multimeter digital yang dimulai dari 2 cm sampai 36 cm.

Tabel 1 Hasil Pengujian Sensor HC-SR04

Jarak (cm)	Tegangan Sensor (V)	Jarak Monitor (cm)	Error (%)
3	1.241	1.26	1.82
6	1.559	1.58	1.45
9	1.769	1.79	1.28
12	2.196	2.22	1.04
15	2.514	2.54	0.91
18	2.831	2.85	0.81
21	3.055	3.08	0.75
24	3.372	3.40	0.68
27	3.69	3.71	0.62
30	4.12	4.14	0.56
33	4.44	4.46	0.52
36	4.49	4.49	0.51
Error rata-rata			0.91

Dari hasil tabel pengujian tersebut merupakan hasil dari sensor ultrasonik HC-SR04 1 dan 2, dikarenakan memakai sensor yang sama jadi hanya dilakukan pada salah satu sensor saja. Hasil tersebut merupakan pembacaan langsung dari tangki mulai pembacaan 2cm sampai dengan 36cm yang dibandingkan dengan pembacaan pada serial monitor arduino UNO yang berperan sebagai pengkondisi sinyal. Pengujian ini dilakukan untuk melihat tegangan yang dihasilkan oleh sensor ultrasonik HC-SR04 ini apakah sudah sesuai dengan *input* pada PLC S7-400 yang memerlukan *range* tegangan sebesar 1-5 VDC. Dari pengujian tersebut *error* yang paling besar yaitu 1.82% dan dengan *error* rata-rata sebesar 0.91% sehingga kinerja dari sensor ultrasonik HC-SR04 ini tidak terganggu.

4.2 Pengujian dan Analisa Sensor Tekanan Air

Pengujian pada sensor ketinggian air ini sama halnya dengan sensor ketinggian air yaitu untuk mengetahui *output* dari sensor *pressure transmitter* sudah sesuai dengan *input* pada PLC S7-400 yaitu mengeluarkan sinyal *output* berupa tegangan 1-5VDC. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur *output* sensor *pressure transmitter* yang telah diberi pengkondisi sinyal yaitu Arduino Uno menggunakan

multimeter digital. Parameter pada sensor *pressure transmitter* berkisar dari 0-100 psi.

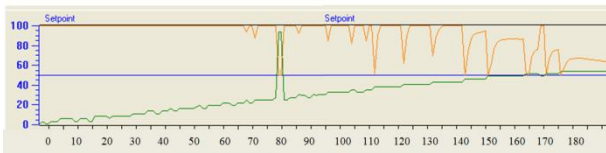
Tabel 2 Hasil Pengujian Sensor *Pressure Transmitter*

Tegangan (V)	Tekanan (Psi)	Tegangan AVO(V)	Error (%)
1.00	0	1.04	3.85
1.20	3	1.24	3.23
1.40	14	1.45	3.45
1.60	20	1.67	4.19
1.80	24	1.84	2.17
2.00	31	2.08	3.85
2.20	39	2.26	2.65
2.40	44	2.46	2.44
2.60	42	2.66	2.26
2.80	32	2.86	2.10
3.00	58	3.06	1.96
3.20	43	3.26	1.84
3.40	51	3.46	1.73
3.60	56	3.63	0.83
3.80	63	3.83	0.78
4.00	78	4.03	0.74
4.20	65	4.23	0.71
4.40	77	4.48	1.79
4.60	85	4.64	0.86
4.80	93	4.89	1.84
5.00	100	-	-
Error Rata-Rata			2.06

Dari hasil pengujian *pressure transmitter* tersebut dilakukan dengan cara memberikan tegangan masukan dari *power supply* pada motor pompa DC 2 dengan *range* seperti tabel diatas. Lalu dibaca pada *output* sensor yang sudah masuk pada pengkondisi sinyal menggunakan multimeter. Hal ini bertujuan untuk melihat apakah *output pressure transmitter* tersebut sudah sesuai dengan kebutuhan PLC S7-400. Sedangkan untuk hasil besar tekanan yang dibaca oleh *pressure transmitter* dibaca melalui tampilan yang ada pada LCD. Perbandingan dari hasil tegangan masukan dengan tegangan yang terbaca oleh multimeter tidak terlalu besar. Walaupun masih ditemui nilai *error* yang mencapai 4.19% dan dengan *error* rata-rata sebesar 2.06% sehingga tidak mengganggu pengoneksiannya dengan PLC S7-400. Dan kinerjanya masih dalam lingkup yang bisa dikatakan baik.

4.3 Pengujian dan Analisa Kontrol PID pada Ketinggian Air

Pengujian kontrol PID pada ketinggian air ini menggunakan perancangan pada metode Ziegler-Nichols dengan kurva respon berbentuk "S". Pada perhitungan menggunakan metode Ziegler-Nichols tersebut diperoleh besar nilai $K_p=6.4667$, $T_i=36.01$ dan $T_d 8.99$. Dalam perancang tersebut diberikan nilai *set point* sebesar 50. Berikut kurva respon dengan nilai K_p , T_i dan T_d tersebut:



Gambar 15 Kurva Respon dengan $K_p=6.4667$, $T_i=36.01$, $T_d=8.99$

Dari hasil kurva respon di atas dapat dilihat apabila PID ketinggian air ini dengan nilai $K_p=6.4667$, $K_i=36.01$, $T_d=8.99$ pada *setpoint* 50 menghasilkan *delay time* sebesar 78 detik, *rise time* 79 detik, *settling time* 81 detik dan *error steady state* sebesar 4.03 %. Untuk itu perlu dilakukan beberapa perubahan nilai K_p , T_i , T_d untuk mendapatkan respon yang lebih baik lagi. Sehingga didapatkan nilai yang lebih sesuai yaitu dengan parameter $K_p=6.4667$, $T_i=0$, dan $T_d=4.99$. Berikut hasil respon dengan perubahan nilai:

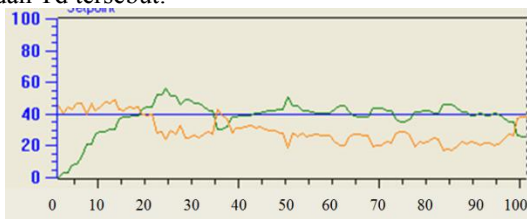


Gambar 16 Kurva Respon dengan $K_p=6.4667$, $T_i=0$, $T_d=4.99$

Nilai K_p dibiarkan tetap yaitu 6.4667 sama karena dikhawatirkan akan menambah *overshoot* apabila nilainya dipertinggi. Sedangkan nilai T_i pada perhitungan awal dengan nilai 36.01 kemudian dirubah menjadi 0 hal ini dilakukan agar bisa mengurangi *error steady state* dan hal tersebut berhasil, awalnya *error steady state* mencapai 4.03% dan berubah menjadi 1.68%. Namun hal ini mengakibatkan nilai pada *settling time* menjadi bertambah naik dari 81 detik berubah menjadi 190 detik. Sedangkan nilai pada T_d yang awalnya 8.99 dirubah menjadi 4.99, hal ini dilakukan untuk menurunkan *overshoot* dan pada kurva respon yang kedua tidak begitu besar.

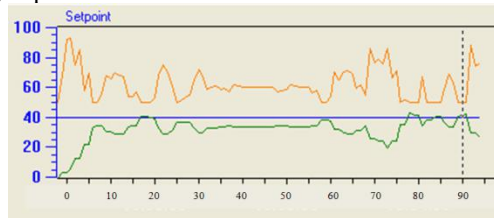
4.4 Pengujian dan Analisa Kontrol PID pada Tekanan Air

Pengujian kontrol PID pada tekanan air ini menggunakan perancangan pada metode Ziegler-Nichols dengan respon kurva yang berhasil. Pada perhitungan menggunakan metode Ziegler-Nichols tersebut diperoleh besar nilai $K_p=0.72$, $T_i=5.53$ dan $T_d=1.375$. Dalam perancang tersebut diberikan nilai *set point* sebesar 40. Berikut kurva respon dengan nilai K_p , T_i dan T_d tersebut:



Gambar 17 Kurva Respon dengan $K_p=0.72$, $T_i=5.53$, $T_d=1.375$

Dari kurva respon di atas dapat dilihat apabila PID tekanan air ini dengan nilai $K_p=0.72$, $T_i=5.53$, $T_d=1.375$ pada *setpoint* 40 menghasilkan *delay time* sebesar 8 detik, *rise time* 14 detik dan *error steady state* sebesar 14.2 %. Untuk itu perlu dilakukan beberapa perubahan nilai K_p , T_i , T_d untuk mendapatkan respon yang lebih baik lagi. Sehingga didapatkan nilai yang lebih sesuai yaitu $K_p=3$, $T_i=0$, dan $T_d=1.6$. Berikut hasil respon dengan perubahan nilai:

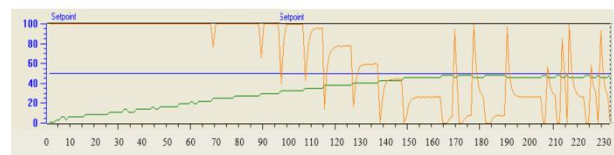


Gambar 18 Kurva Respon dengan $K_p=3$, $T_i=0$, $T_d=1.6$

Nilai K_p yang sebelumnya bernilai 0.72 dirubah menjadi 3 hal ini dilakukan supaya nilai *error steady state* dan *rise time* turun. Nilai pada *error steady state* sudah turun begitu pula dengan nilai *rise time* yang ikut turun. Sedangkan nilai T_i pada perhitungan awal dengan nilai 5.53 kemudian dirubah menjadi 0 hal ini dilakukan agar bisa mengurangi *error steady state* dan hal tersebut berhasil, awalnya *error steady state* mencapai 3.05% dan berubah menjadi 1.03%. Sedangkan nilai pada T_d yang awalnya 1.9 dirubah menjadi 1.6, hal ini dilakukan untuk menurunkan *overshoot* dan pada kurva respon yang kedua tidak begitu besar.

4.5 Pengujian dengan Gangguan pada Kontrol Ketinggian Air

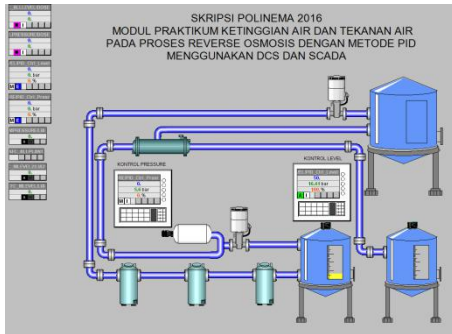
Pengujian kontrol PID dengan gangguan pada ketinggian air ini dilakukan dengan cara membuka kran saat tangki 2 telah mencapai nilai *set point* yang ditentukan. Nilai K_p , T_i , dan T_d diberikan sesuai dengan nilai hasil pengujian kontrol PID pada ketinggian air sebelumnya, yaitu $K_p=6.4667$, $T_i=0$ dan $T_d=4.99$.



Gambar 19 Kurva Respon Kontrol PID Ketinggian Air dengan Gangguan

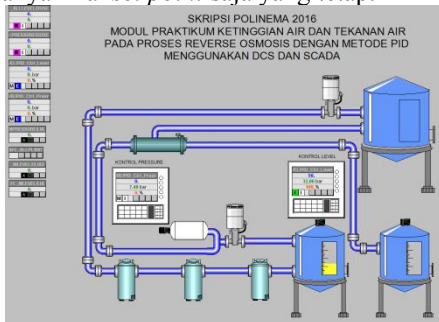
4.6 Pengujian Keseluruhan Sistem dengan Sistem SCADA

Pengujian keseluruhan sistem dilakukan dengan melihat pada tampilan SCADA. Semua proses yang akan dijalankan, sebelumnya telah dilakukan *compile and download* pada CFC dan SFC. Selanjutnya saat dilakukan *run* pada SFC, maka pada tampilan SCADA juga akan dilakukan perintah *runtime*. Dengan begitu saat *mini plant* telah berjalan dapat dimonitor dan dikontrol oleh SCADA. Berikut tampilan SCADA saat melakukan *runtime*.



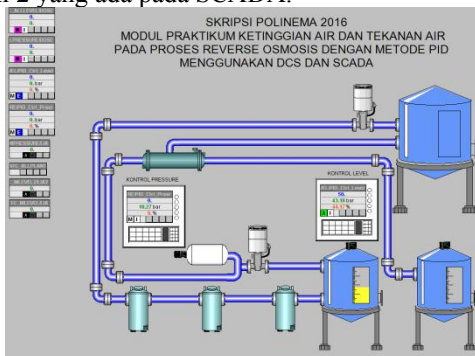
Gambar 20 SCADA saat Runtime (1)

Dari gambar diatas dapat dilihat, pada tangki 2 mulai terisi air (bewarna kuning), dikatakan bahwa SCADA telah berjalan sesuai dengan kenyataan pada *mini plant*. Tepat di atas tangki 2 terdapat kotak monitor yang akan menampilkan parameter *set point* yang digunakan pada tangki 2, parameter tekanan dan persentase dari ini tangki 2. Nilai parameter tersebut akan berubah-ubah sesuai dengan kenyataan pada *mini plant*, hanya nilai *set point* saja yang tetap.



Gambar 21 SCADA saat Runtime (2)

Dapat dilihat perubahan yang terjadi saat tangki 2 bertambah banyak airnya. Saat itu juga banyak air yang berada pada tangki 2 *mini plant* setara dengan tangki 2 yang ada pada SCADA.



Gambar 22 SCADA saat Runtime (3)

Setelah tinggi air mencapai *set point* yaitu 50, maka pada tangki 2 juga akan terlihat banyaknya air setengah dari isi tangki. Kemudian proses berganti pada kontrol tekanan air, pada tampilan tersebut untuk indikator tekanan dapat dilihat dari kotak monitor diatas sensor tekanan, monitor tersebut akan menampilkan parameter nilai *set point* yang diberikan, serta parameter nilai tekanan yang pada saat itu juga ditampilkan

4.7 Hasil Air dari Proses Reverse Osmosis

Proses *reverse osmosis* ini dilakukan dengan menampung air laut pada tangki 1. Kemudian air laut dari tangki 1 ini akan mengalir ke tangki 2 dengan bantuan motor pompa DC 1. Sebelum masuk ke tangki 2, air laut ini akan melewati 3 buah filter yang memiliki fungsi yang berbeda-beda. Pada filter pertama yaitu *sediment 5 micron* yang mempunyai fungsi membuang partikel-partikel debu yang terbawa oleh air laut. Pada filter kedua yaitu *sediment 1 micron* yang mempunyai fungsi myaring kotoran-kotoran yang lebih kecil yang mungkin sebelumnya telah lolos dari filter yang pertama. Pada filter ketiga yaitu GAC (*Granular Active Carbon*) mempunyai fungsi menyerap zat-zat berbahaya seperti kaporit. Sehingga air laut yang masuk pada tangki 2 sudah lebih bersih. Dari tangki 2 air laut akan masuk ke dalam membran *reverse osmosis*. Membran inilah yang menjadi intinya. Air laut akan melewati membran tersebut dengan bantuan motor pompa DC 2 yang bertekanan tinggi. Sehingga air yang dapat menembus membran tersebut kadar garamnya sudah berkurang dari yang sebelumnya, walau rasanya memang sedikit masih terasa asin ini akan masuk ke tangki 3. Untuk air yang tidak dapat menembus membran akan masuk kembali pada tangki 1 dan akan melalui tahapan proses seperti sebelumnya.

Untuk memastikan bahwa hasil air laut dengan proses *reverse osmosis* kadar garamnya telah berkurang dapat dibuktikan dengan pengukuran dari TDS-meter. Berikut hasil pembacaan dari TDS-meter:



Gambar 23 Kadar Garam pada Air Laut Murni



Gambar 24 Kadar Garam Hasil Proses Reverse Osmosis



Gambar 25 Kadar Garam pada Air PDAM

Dari gambar diatas dapat dilihat perbedaan dari nilai kadar garam yang terdandung dari 3 jenis air yang berbeda. Pada air laut murni terbaca pada TDS dengan nilai kadar garam sebesar 393PPM. Namun setelah dilakukan proses *reverse osmosis* kadar garam yang terbaca pada TDS telah turun menjadi 292PPM. Sedangkan untuk air yang biasa dikonsumsi terbaca oleh TDS sebesar 256PPM. Sehingga dapat disimpulkan proses *reverse osmosis* ini berhasil. Walaupun air yang dihasilkan masih terasa asin, dan untuk hasil yang lebih memuaskan harus dilakukan berkali-kali. Dan nilai yang terbaca pada TDS tidak menjadi patokan bahwa nilai yang terbaca selalu sama, sebab walaupun sama jenis airnya belum tentu kadar garam yang terkandung sama.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penjelesana bab-bab sebelumnya dan pengujian-pengujian serta analisa yang dilakukan dengan metode PID Ziegler-Nichols pada proses *reverse osmosis* kontrol ketinggian air dan tekanan air, maka dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. *Mini plant* ini menggunakan kontrol oleh PLC S7-400 dengan *software* SIMATIC MANAGER, yang menggunakan metode PID Ziegler-Nichols. Untuk membuat sistem SCADA digunakan aplikasi WinCC. Sensor ketinggian air menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04. Sensor tekanan air menggunakan *pressure transmitter*. Motor pompa yang digunakan yaitu motor pompa air diafragma. Membran *reverse osmosis* dengan kapasitas 50gpd yang akan mengurangi kadar garam pada air laut.
2. Pada pengujian tegangan *output* yang digunakan sebagai *nput* PLC S7-400 dari sensor ultrasonik HC-SR04 menghasilkan *error* maksimal sebesar 1.82% dan pada *pressure transmitter* menghasilkan *error* maksimal sebesar 4.19%. Sedangkan pengujian *driver* dan kecepatan motor pompa menghasilkan *error* maksimal sebesar 1.23%. Dari hasil *error* tersebut masih memberikan kinerja yang baik.
3. Metode PID pada ketinggian air menggunakan Ziegler-Nichols kurva "S" dengan *range* ketinggian 2-36cm yang diberikan nilai *set point* sebesar 50. Pada perhitungan Ziegler-Nichols diperoleh $K_p=6.4667$, $T_i=36.01$ dan $T_d=8.99$. Dengan nilai tersebut mendapatkan performa respon *time* sebesar 78 detik, *rise time* 79 detik, *settling time* 81 detik dan *error steady state* sebesar 4.03% serta ada

osilasi. Kemudian dirubah nilainya yaitu dengan parameter $K_p=6.4667$, $T_i=0$, dan $T_d=4.99$ yang lebih stabil untuk mencapai *set point* dengan *delay time* 79 detik, *rise time* 154 detik, *settling time* 190, *error steady state* 1.68% dan osilasi pada yang lebih rendah.

4. Metode PID pada tekanan air menggunakan Ziegler-Nichols osilasi yang diberikan nilai *set point* sebesar 40. Pada perhitungan Ziegler-Nichols diperoleh $K_p=0.72$, $T_i=5.35$ dan $T_d=1.375$. Dengan nilai tersebut mendapatkan performa respon *delay time* sebesar 8 detik, *rise time* 14 detik, *settling time* 38 detik dan *error steady state* sebesar 3.05% serta ada osilasi. Kemudian dirubah nilainya yaitu dengan parameter $K_p=3$, $T_i=0$, dan $T_d=1.6$ yang lebih stabil untuk mencapai *set point* dengan *delay time* 8 detik, *rise time* 7 detik, *settling time* 25 detik, *error steady state* 1.03% dan osilasi berkurang.
5. Hasil tes kadar garam menggunakan TDS meter yang terlarut dalam air laut murni berkisar 393PPM, sedangkan hasil dari proses *reverse osmosis* selama 6kali penyaringan kadar garamnya menjadi 292PPM. Nilai kadar garam tersebut hampir mendekati kadar garam pada air PDAM yaitu 256PPM.

5.2 Saran

Dari hasil perancangan alat dan analisa yang telah dilakukan maka saran yang dapat diberikan sebagai berikut:

1. Supaya lebih mudah untuk menjadi *input* atau *output* PLC S7-400 sebaiknya menggunakan komponen seperti sensor dan motor yang sudah menghasilkan tegangan 1-5VDC atau arus 4-20mA, sehingga tidak diperlukan lagi pengkondisi sinyal.
2. Desain penempatan sensor ultrasonik HC-SR04 yang lebih baik dan ada pelindung sehingga aman dari air. Desain untuk pembacaan *pressure sensor* yang lebih jauh dari pompa motor DC, sehingga pembacaannya tidak berganti-ganti. Penyambungan selang yang lebih baik lagi agar tidak bocor.
3. Sistem SCADA yang harus diperbaiki lagi agar bisa lebih memonitoring dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]Merdiatin, Peni., dan Setyo Purwoto. 2014. *Penurunan Kandungan Bakteri Excherichia Coli dan Timbal pada Air Bersih Menggunakan Membran Reverse Osmosis*. Jurnal Teknik Universitas PGRI Adi Buana Surabaya
- [2] Sasmito, Asep Nugroho Agung. 2015. *Modul Praktikum Pemanas Air dengan Metode PID Menggunakan Sistem Kendali Terdistribusi*. Skripsi Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang
- [3] Elec Freaks. *Datasheet Ultrasonic Ranging Module HC - SR04*
- [4]Online <http://www.brontoseno.com/produk/hm4100-pressure-sensor/>.
- [5]Online <https://www.indotrading.com/product/pompa-pendorong>.