

FUZZY LOGIC UNTUK KONTROL MODUL PROSES KONTROL DAN TRANSDUSER TIPE DL2314 BERBASIS PLC

Afriadi Rahman^{#1}, Agus Indra G, ST, M.Sc,^{#2}-Dr. Rusminto Tjatur W, ST,^{#3}, Legowo S, S.ST, M.Sc^{#4}

[#]Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
Kampus PENS-ITS Sukolilo, Surabaya

¹afriadirahman63@gmail.com

²agus_ig@eepis-its.edu

³widodo@eepis-its.edu

⁴legowo@eepis-its.edu

Abstrak - Modul Proses Kontrol dan Transduser Tipe DL2314 merupakan sebuah modul pabrikan de lorenzo yang dibuat untuk pelatihan proses kontrol yang terdiri dari satu set sensor dan aktuator untuk *level* (ketinggian), *pressure* (tekanan), *temperature* (suhu), dan *flow* (aliran). Pada modul ini juga sudah disertai modul kontroler yang berfungsi untuk mengontrol aktuator berdasarkan pembacaan dari sensor. Modul kontroler ini mempunyai kontroler PID yang dapat digunakan untuk melakukan beberapa percobaan menggunakan sensor-sensor yang ada pada modul DL2314 ini.

Pada proyek akhir ini akan digunakan PLC untuk menggantikan fungsi kontroller pada modul DL2314 khususnya pada sensor level. PLC yang digunakan pada proyek akhir ini adalah PLC Omron CS1H sementara itu metode kontrol yang digunakan adalah fuzzy logic dan PID.

Kata kunci : PLC, Omron CS1H, PID, Fuzzy logic.

I. PENDAHULUAN

Modul Proses Kontrol dan Transduser Tipe DL2314 merupakan sebuah modul pabrikan de lorenzo yang dibuat untuk pelatihan proses kontrol yang terdiri dari satu set sensor dan aktuator untuk *level* (ketinggian), *pressure* (tekanan), *temperature* (suhu), dan *flow* (aliran). Pada modul ini juga sudah disertai modul kontroler yang berfungsi untuk mengontrol aktuator berdasarkan pembacaan dari sensor. Modul kontroler ini mempunyai kontroler PID yang dapat digunakan untuk melakukan beberapa percobaan menggunakan sensor-sensor yang ada pada modul DL2314 ini. Selain itu kontroler ini juga dapat digunakan berpariasi seperti menggunakan kontroler P (*Proportional*) saja, kontroler PI (*Proportional Integral*), kontroler PD (*Proportional Derivative*), atau secara keseluruhan menggunakan PID (*Proportional Integral Derivative*). Modul DL2314 ini juga sudah digunakan pada praktikum matakuliah elektronika industri jurusan elektronika.

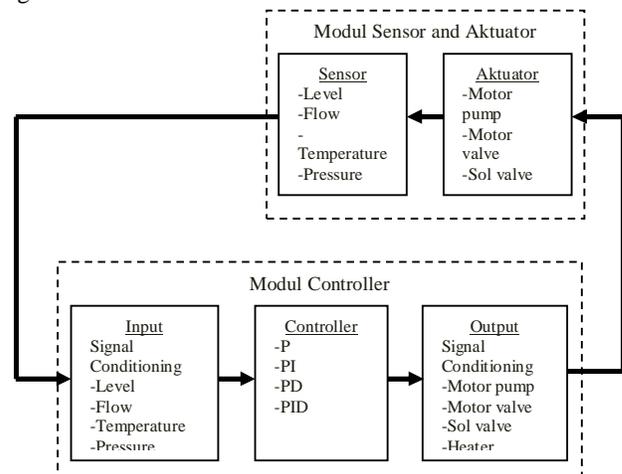
Dengan semakin berkembangnya PLC pada saat ini, maka pada proyek akhir ini akan digunakan PLC untuk menggantikan fungsi kontroller pada modul DL2314 khususnya pada sensor level. PLC yang digunakan pada proyek akhir ini adalah PLC Omron CS1H sementara itu metode kontrol yang digunakan adalah fuzzy logic dan PID.

Nantinya diharapkan proyek akhir ini dapat dipergunakan sebagai alat bantu dalam pembelajaran PLC, Fuzzy, dan PID pada matakuliah elektronika industri jurusan elektronika.

II. TINJAUAN PUSTAKA

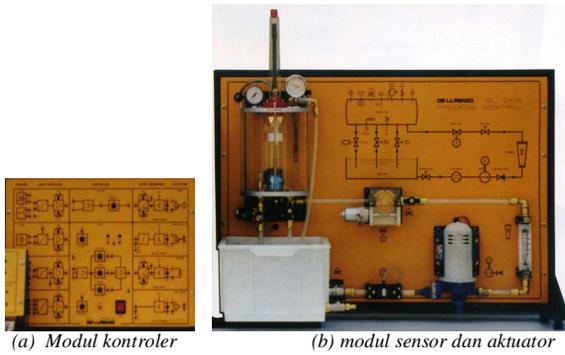
2.1 Modul Proses kontrol dan transduser DL2314

L2314 merupakan sebuah modul pabrikan de lorenzo yang dibuat untuk pelatihan proses kontrol yang terdiri dari satu set sensor dan aktuator untuk *level* (ketinggian), *pressure* (tekanan), *temperature* (suhu) dan *flow* (aliran). Pada modul ini juga sudah disertai modul kontroler yang berfungsi untuk mengontrol aktuator berdasarkan pembacaan dari sensor. Modul kontroler ini mempunyai kontroler PID yang dapat digunakan untuk melakukan beberapa percobaan menggunakan sensor-sensor yang ada pada modul DL2314 ini. Selain itu kontroler ini juga dapat digunakan berpariasi seperti menggunakan kontroler P (*Proportional*) saja, kontroler PI (*Proportional Integral*), kontroler PD (*Proportional Derivative*), atau secara keseluruhan menggunakan PID (*Proportional Integral Derivative*). Modul DL2314 ini juga sudah digunakan pada praktikum matakuliah elektro industri jurusan elektronika. Berikut adalah gambar diagram blok untuk modul DL2314 :



Gambar 2.1 Blok diagram modul DL2314

Berikut adalah gambar satu set modul proses kontrol dan transduser DL2314 :



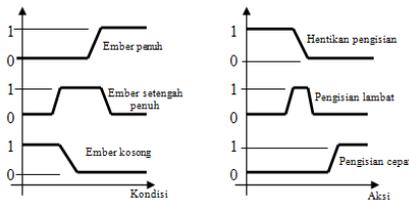
Gambar 2.2 Satu set modul DL2314

2.2 Fuzzy Logic pada PLC

Logika fuzzy adalah sistem yang tidak dapat dimodelkan dengan persamaan diferensial linear. Aturan dan set keanggotaan digunakan untuk membuat keputusan. Berikut ini contoh aturan untuk seberapa cepat mengisi ember dengan air, berdasarkan seberapa penuh itu :

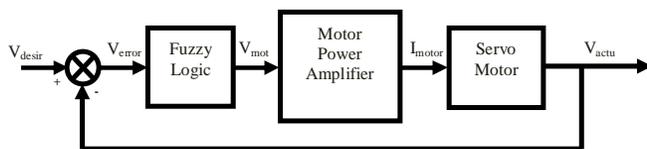
- Jika (ember penuh) maka (berhenti mengisi)
- Jika (ember yang setengah penuh) kemudian (mengisi perlahan)
- Jika (ember kosong) maka (mengisi cepat)

Dari aturan diatas ada beberapa pertanyaan diantaranya "apa artinya bila ember kosong, setengah penuh atau penuh" Kita bisa mendefinisikan jika sesuatu itu benar (1), salah (0) atau sedikit? Baik (1 - 0). Lihat gambar di bawah:



Gambar 2.3 Pendefinisian aturan sederhana untuk proses pengisian ember air

Berikut ini sebuah contoh dari kontroler logika fuzzy untuk mengendalikan servomotor seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini. Aturan controller memeriksa kesalahan sistem dan laju perubahan kesalahan untuk memilih tegangan motor. Dalam contoh ini mengatur keanggotaan didefinisikan dengan garis lurus.

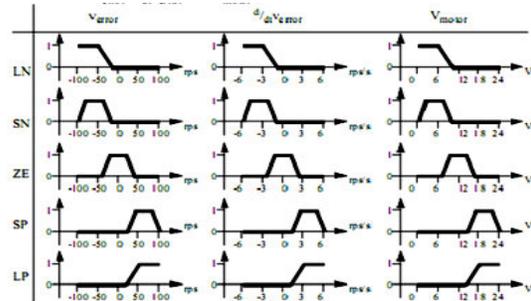


Gambar 2.4 Blok diagram kontroler logika fuzzy untuk mengendalikan servomotor

Dengan aturan (*rule*) sebagai berikut :

1. Jika $V_{error} = LP$ dan $\frac{d}{dt} V_{error} = any$, maka $V_{motor} = LP$
2. Jika $V_{error} = SP$ dan $\frac{d}{dt} V_{error} = SP/ZE$, maka $V_{motor} = SP$
3. Jika $V_{error} = ZE$ dan $\frac{d}{dt} V_{error} = SP$, maka $V_{motor} = ZE$
4. Jika $V_{error} = ZE$ dan $\frac{d}{dt} V_{error} = SN$, maka $V_{motor} = SN$
5. Jika $V_{error} = SN$ dan $\frac{d}{dt} V_{error} = SN$, maka $V_{motor} = SN$
6. Jika $V_{error} = LN$ dan $\frac{d}{dt} V_{error} = any$, maka $V_{motor} = LN$

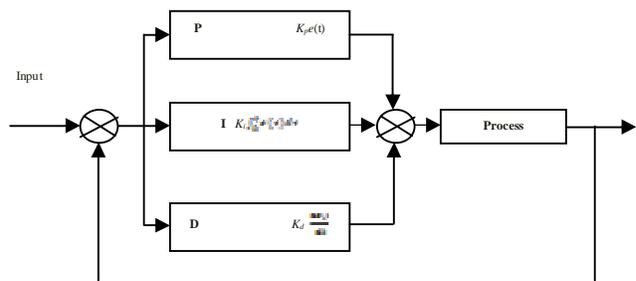
Berikut adalah gambar diagram pendefinisian aturan pada PLC :



Gambar 2.5 Diagram pendefinisian aturan pada PLC

2.3 Kontrol PID

Sesuai dengan namanya, kontroler ini merupakan kombinasi dari tiga system control yaitu Proportional, Integral dan Derivative. Jika masing-masing dari ketiga kontroler tersebut berdiri sendiri, hasil yang dicapai kurang bagus sebab masing-masing memiliki kelemahan dan kelebihan tersendiri. Karena itu kombinasi dari ketiga sistem kontrol tersebut diharapkan dapat mengeliminasi kelemahan masing-masing dan mampu memberikan kontribusi dari kelebihan masing-masing. Blok diagram secara umum dari kontroler PID ditunjukkan pada gambar 4.1 Tiap elemen menerima sinyal error yang sama dan output dari semua elemen tersebut dijumlahkan melalui *summing amplifier*.



Gambar 2.6 Blok diagram secara umum kontrol PID

Blok Diagram Kontroler PID Secara umum fungsi dari masing-masing kontroler dalam kontroler PID adalah sebagai berikut:

→Proportional

- Berfungsi untuk mempercepat terjadinya respons terhadap sinyal error.
- Bekerja efektif pada daerah sebelum sistem mencapai daerah setpoint / kondisi start.

→Integral

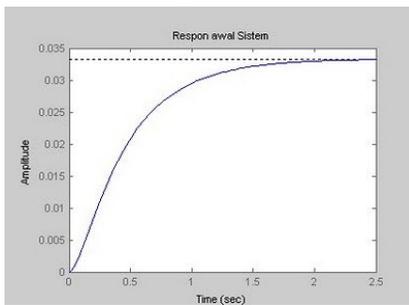
- Berfungsi memlihara sinyal kontrol konstan.
- Bekerja efektif pada daerah di mana sistem mencapai set point.

→Derivative

- Berfungsi mendapatkan sinyal kontrol dari perubahan errornya.
- Bekerja efektif pada daerah transien.

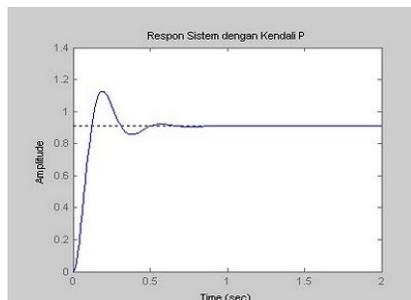
Berikut ini adalah gambar respon sistem dengan kombinasi dari kontroler P, I, dan D dengan gambar respon awal sistem ditunjukkan pada gambar 2.11:

1) Gambar respon awal sistem



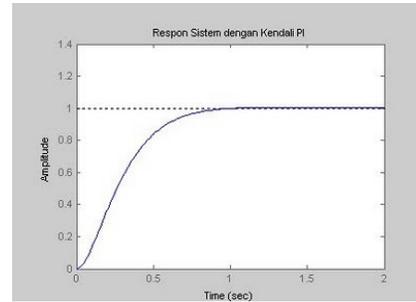
Gambar 2.7 Respon awal sistem

2) Gambar respon sistem dengan kontroler P



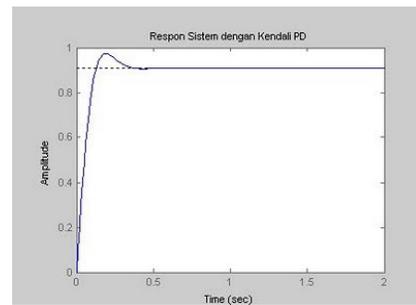
Gambar 2.8 Respon sistem dengan kontroler P

3) Gambar respon sistem dengan kontroler PI



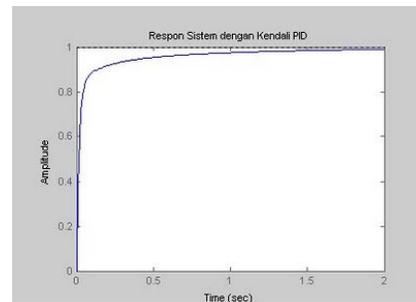
Gambar 2.9 Respon sistem dengan kontroler PI

4) Gambar respon sistem dengan kontroler PD



Gambar 2.10 Respon sistem dengan kontroler PD

5) Gambar respon sistem dengan kontroler PID

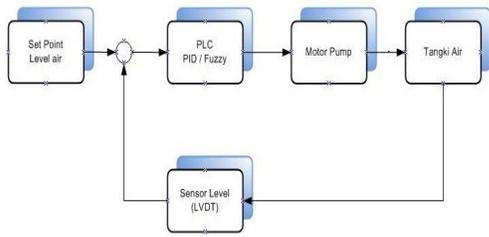


Gambar 2.11 Respon sistem dengan kontroler PID

III. PERANCANGAN SISTEM

3.1 Deskripsi

Pada sistem ini menggunakan PLC sebagai pemroses data. PLC akan menggantikan fungsi modul kontroler pada modul DL2314. PLC yang digunakan adalah PLC Omron CS1H. PLC bekerja untuk memproses data input dari sensor dan data output untuk aktuator dalam sebuah proses kontrol. Berikut adalah blok diagram perancangan sistem secara umum :

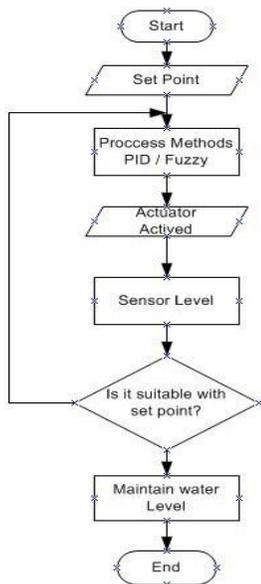


Gambar 3.1 Blok diagram perancangan sistem secara umum

Sistem pengoperasian pada proses kontrol modul DL2314 ini yaitu dengan mengatur kecepatan motor pump dan kondisi motor valve yang nantinya akan dilakukan proses kontrol fuzzy yang outputnya akan dibaca oleh sensor, kemudian data dari sensor akan dibandingkan dengan data set point yang diberikan. Jika data sudah sama atau mendekati set point proses selesai, jika nilai dari sensor masih tidak sesuai maka akan dilakukan lagi proses sebelumnya hingga mendapatkan hasil yang sama dengan atau mendekati set point.

Untuk mengetahui secara lengkap dari cara kerja dari sistem kontrol modul ini dapat dilihat pada gambar 3.2.

Berikut ini Flowchart untuk perancangan system



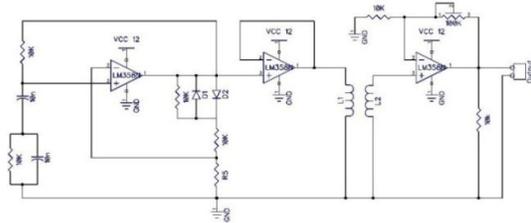
Gambar 3.2 Flowchart perancangan sistem secara umum

3.2 Perancangan hardware

Pada perancangan hardware ini akan dibahas hardware yang akan dibuat pada tugas akhir ini, diantaranya adalah rangkaian pengkondisi sinyal sensor level dan suhu, rangkaian, driver pwm untuk pump dan heater, driver motor untuk motor valve, dan driver on-off untuk sol valve. Berikut akan dijelaskan masing-masing rangkaiannya.

3.2.1 Pengkondisi sinyal sensor level

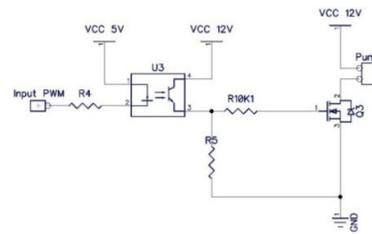
Sensor yang digunakan untuk mendeteksi level pada tangki air ini adalah LVDT (*Liner Variable Differential Transformer*). Karena output dari LVDT adalah tegangan AC dan nilainya pun sangat kecil oleh karena itu dibutuhkan pengkondisi sinyal sebelum dimasukkan ke PLC. Berikut gambar rangkaian dari pengkondisi sinyal untuk sensor level ini.



Gambar 3.3 Pengkondisi sinyal sensor level (LVDT)

3.2.2 Linier driver

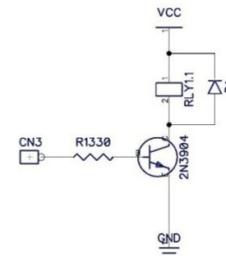
Pada rangkaian linier driver ini digunakan untuk mengatur kecepatan pompa berupa rangkaian driver motor dc dengan PWM. Berikut ini adalah gambar rangkaian dari linier driver (pompa) :



Gambar 3.4 Rangkaian linier driver (pompa)

3.2.3 On-off driver

Rangkaian on-off driver ini adalah rangkaian yang digunakan untuk mengatur sol valve yaitu dengan kondisi on/off. Rangkaian ini hanya terdiri dari sebuah rangkaian driver menggunakan transistor dan relay. Berikut gambar rangkaian dari on-off driver (sol valve) :

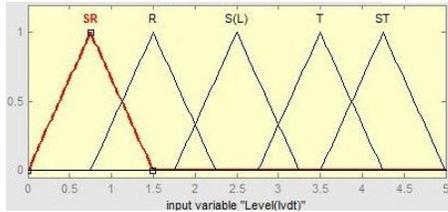


Gambar 3.5 Rangkaian on-off driver (sol valve)

3.3 Perancangan software

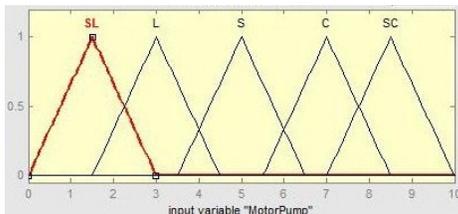
3.3.1 Perancangan fuzzy logic

Hal pertama yang dilakukan pada perancangan fuzzy ini adalah membuat fuzzyfikasi dari input berupa motor sebagai pompa dan sensor level serta output pada motor pompa sehingga diperoleh fungsi keanggotaan masing-masing variable. Berikut gambar dari masing-masing variable dan fungsi keanggotaannya yang dibuat pada program matlab :



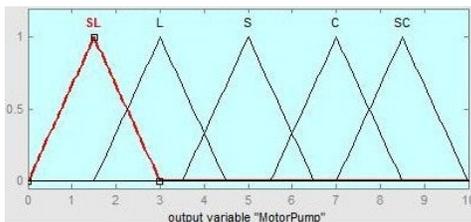
Gambar 3.6 Fuzzyfikasi input variable level(lvdt)

- SR : Sangat Rendah = {0 0.75 1.5}
- R : Rendah = {0.75 1.5 2.25}
- S(L) : Sedang = {1.75 2.5 3.25}
- T : Tinggi = {2.75 3.5 4.25}
- ST : Sangat Tinggi = {3.5 4.25 5}



Gambar 3.7 Fuzzyfikasi input variable motor pompa

- SL : Sangat Lambat = {0 1.5 3}
- L : Lambat = {1.5 3 4.5}
- S : Sedang = {3.5 5 6.5}
- C : Cepat = {5.5 7 8.5}
- SC : Sangat Cepat = {7 8.5 10}



Gambar 3.8 Fuzzyfikasi output variable motor pompa

- SL : Sangat Lambat = {0 1.5 3}
- L : Lambat = {1.5 3 4.5}
- S : Sedang = {3.5 5 6.5}
- C : Cepat = {5.5 7 8.5}
- SC : Sangat Cepat = {7 8.5 10}

Setelah itu dilakukan pembuatan aturan-aturan (*rules*)

L / M	SL	L	S	C	SC
SR	SC	SC	C	C	S
R	SC	C	C	S	L
S	C	C	S	L	L
T	C	S	L	L	SL
ST	S	L	L	SL	SL

IV. PENGUJIAN

4.1 Pengujian menggunakan kontrol PID pada modul controller (DL2314)

Pada pengujian menggunakan kontrol PID dilakukan pada sensor level menggerakkan motor pompa untuk menjaga kestabilan tinggi air pada tangki penampungan. Data diambil tiap 5 detik dengan set point 9cm³ atau sekitar 3,36 volt. Berikut tabel data hasil pengujian menggunakan PID pada modul controller DL2314

Tabel 4.9 Data hasil pengujian PID menggunakan modul controller (DL2314)

No	Time /sec	Output Level	Setpoint
1	5	0.75	3.36
2	10	1.05	3.36
3	15	1.35	3.36
4	20	1.58	3.36
5	25	1.76	3.36
6	30	1.96	3.36
7	35	2.04	3.36
8	40	2.30	3.36
9	45	2.40	3.36
10	50	2.67	3.36
11	55	2.77	3.36
12	60	2.89	3.36
13	65	2.94	3.36
14	70	2.99	3.36
15	75	3.02	3.36
16	80	3.05	3.36
17	85	3.09	3.36
18	90	3.13	3.36
19	95	3.19	3.36
20	100	3.21	3.36
21	105	3.24	3.36
22	110	3.28	3.36
23	115	3.30	3.36
24	120	3.31	3.36
25	125	3.32	3.36
26	130	3.33	3.36
27	135	3.36	3.36
28	140	3.36	3.36
29	145	3.36	3.36
30	150	3.36	3.36
31	155	3.37	3.36
32	160	3.36	3.36
33	165	3.37	3.36
34	170	3.36	3.36

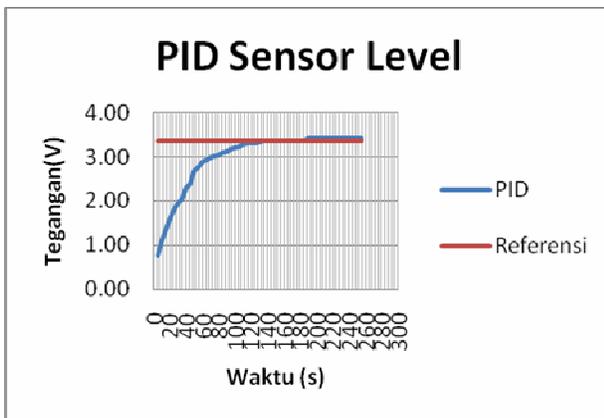
35	175	3.36	3.36
36	180	3.36	3.36
37	185	3.38	3.36
38	190	3.42	3.36
39	195	3.42	3.36
40	200	3.42	3.36
41	205	3.42	3.36
42	210	3.42	3.36
43	215	3.42	3.36
44	220	3.42	3.36
45	225	3.42	3.36
46	230	3.42	3.36
47	235	3.42	3.36
48	240	3.42	3.36
49	245	3.42	3.36
50	250	3.42	3.36
51	255	3.42	3.36

4.2 Pengujian menggunakan kontrol PID (190)

Pada pengujian menggunakan kontrol PID dilakukan pada sensor level menggerakkan motor pompa untuk menjaga kestabilan tinggi air pada tangki penampungan. Data diambil tiap 10 detik dengan set point 10cm³ atau sekitar 5,05 volt. Berikut tabel inisialisasi PID dan data hasil pengujian menggunakan PID(190) :

Tabel 4.5 Data hasil pengujian menggunakan PID(190)

No	Time /sec	Output Level	Setpoint
1	10	0.2	5.05
2	20	0.93	5.05
3	30	1.98	5.05
4	40	2.63	5.05
5	50	3.58	5.05
6	60	4.71	5.05
7	70	5.07	5.05
8	80	5.07	5.05
9	90	5.08	5.05
10	100	5.19	5.05
11	110	5.11	5.05
12	120	5.1	5.05
13	130	5.13	5.05
14	140	5	5.05
15	150	5.12	5.05
16	160	5.1	5.05
17	170	5.08	5.05
18	180	5.01	5.05
19	190	5.07	5.05
20	200	5.07	5.05
21	210	5.05	5.05
22	220	5.04	5.05
23	230	5.06	5.05
24	240	5	5.05
25	250	5.07	5.05
26	260	5.04	5.05
27	270	5	5.05
28	280	5.07	5.05
29	290	5.06	5.05
30	300	5.06	5.05
31	310	5.04	5.05
32	320	5.04	5.05
33	330	5.1	5.05
34	340	5.04	5.05



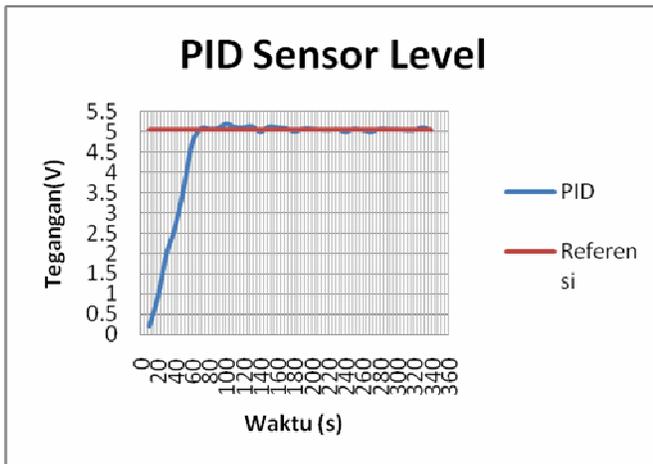
Gambar 4.10 Grafik data hasil pengujian PID menggunakan kontroller modul DL2314

Nilai Kp : 30%
 Ki : 25%
 Kd : 25%

Dari hasil pengujian PID menggunakan modul kontroller DL2314 respon nilai steady state didapatkan sekitar 135 detik atau sekitar 2.15 menit. Hal ini terlihat dari data hasil pengujian pada tabel 4.3 dan nilai Δerror pada saat steady state rata-rata sekitar 0,3. Nilai ini dapat di cari dengan rumus :

$$\Delta error = \frac{\sum Output\ steady\ state}{jumlah\ data} - setpoint$$

Untuk lebih jelasnya perhatikan tabel 4.3 dan gambar 4.14 grafik data hasil pengujian PID menggunakan kontroller modul DL2314.



Gambar 4.11 Grafik data hasil pengujian PID menggunakan fungsi PID(190)

Nilai Kp : 5
 Ki : 350
 Kd : 10

Dari hasil pengujian PID menggunakan fungsi PID(190) pada ladder menggunakan PLC Omron CS1H-H respon nilai steady state didapatkan sekitar 70 detik atau sekitar 1.10 menit. Hal ini terlihat dari data hasil pengujian pada tabel 4.4. Pada pengujian kali ini data yang didapat tidak begitu stabil ini dikarenakan pembacaan pelampung sebagai sensor level pergerakannya tidak linier. Sehingga seringa sesekali terjadi kenaikan atau penurunan data pada saat mencapai setpoint. Meski demikian nilai Δ error yang di dapat pada saat steady state lebih kecil dari nilai rata-rata pada saat pengujian menggunakan PID pada modul kontroller DL2314. Pada pengujian menggunakan PID(190) ini di dapat Δ error rata-rata sekitar 0,016. Nilai ini dapat di cari dengan rumus :

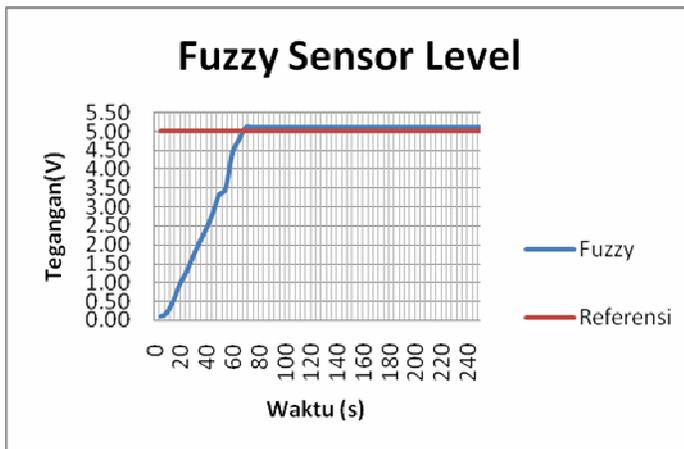
4.3. Pengujian menggunakan fuzzy logic

Pada pengujian menggunakan fuzzy logic dilakukan pada sensor level menggerakkan motor pompa untuk menjaga kestabilan tinggi air pada tangki penampungan. Data diambil tiap 10 detik dengan set point 10cm³ atau sekitar 5,00 volt. Berikut tabel data hasil pengujian menggunakan fuzzy pada PLC :

Tabel 4.6 Data hasil pengujian fuzzy logic

No	Time /sec	Output Level	Setpoint
1	5	0.10	5.00
2	10	0.20	5.00
3	15	0.56	5.00
4	20	0.95	5.00
5	25	1.31	5.00
6	30	1.68	5.00
7	35	2.03	5.00

8	40	2.41	5.00
9	45	2.81	5.00
10	50	3.32	5.00
11	55	3.47	5.00
12	60	4.43	5.00
13	65	4.77	5.00
14	70	5.11	5.00
15	75	5.11	5.00
16	80	5.11	5.00
17	85	5.11	5.00
18	90	5.11	5.00
19	95	5.11	5.00
20	100	5.11	5.00
21	105	5.11	5.00
22	110	5.11	5.00
23	115	5.11	5.00
24	120	5.11	5.00
25	125	5.11	5.00
26	130	5.11	5.00
27	135	5.11	5.00
28	140	5.11	5.00
29	145	5.11	5.00
30	150	5.11	5.00
31	155	5.11	5.00
32	160	5.11	5.00
33	165	5.11	5.00
34	170	5.11	5.00
35	175	5.11	5.00
36	180	5.11	5.00
37	185	5.11	5.00
38	190	5.11	5.00
39	195	5.11	5.00
40	200	5.11	5.00
41	205	5.11	5.00
42	210	5.11	5.00
43	215	5.11	5.00
44	220	5.11	5.00
45	225	5.11	5.00
46	230	5.11	5.00
47	235	5.11	5.00
48	240	5.11	5.00
49	245	5.11	5.00
50	250	5.11	5.00



Gambar 4.12 Grafik data hasil pengujian fuzzy logic menggunakan PLC

Dari hasil pengujian fuzzy logic respon nilai steady state didapatkan sekitar 70 detik atau sekitar 1.10 menit. Hal ini terlihat dari data hasil pengujian pada tabel 4.5 Pada pengujian menggunakan fuzzy logic pada PLC ini di dapat Δ error rata-rata sekitar 0,11. Nilai ini dapat di cari dengan rumus :

KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari dimulai dari perancangan hingga pengujian pada peralatan serta hasil yang didapat dari kontrol PID menggunakan modul kontroler DL2314, PID menggunakan fungsi ladder pada PLC (PID (190)) dan menggunakan fuzzy logic adalah sebagai berikut:

1. Yang perlu di setting analog input dan output, parameter PID, dan pengkonversi data.
2. Pada pengambilan data PID menggunakan modul kontroler DL2314 dengan set point 9cm^3 atau sekitar 3,36 volt didapatkan error pada saat steady state rata-rata sekitar 0,3(selisih antara rata-rata set point dengan nilai aktual pada saat steady state).
3. Pada pengambilan data PID menggunakan fungsi PID(190) pada PLC dengan set point 10cm^3 atau sekitar 5,05 volt didapatkan error pada saat steady state rata-rata sekitar 0,016 (selisih antara rata-rata set point dengan nilai aktual pada saat steady state).
4. Sedangkan pada pada pengambilan data menggunakan fuzzy logic pada PLC dengan set point 10cm^3 atau sekitar 5,00 volt didapatkan error pada saat steady state rata-rata sekitar 0,11 (selisih antara rata-rata set point dengan nilai aktual pada saat steady state).

Daftar Pustaka

- [1]. De Lorenzo Process Control and Transducers DL2314 for Automation laboratory.
- [2]. Bolton William, “Programmable Logic Controller (PLC) sebuah pengantar edisi ketiga”, Penerbit Erlanga, 2004.
- [3]. Omron, “Communications Command Reference Manual”, Makalah, 2003.
- [4]. Omron, “Sysmac CS/CJ series Analog I/O Units Operation Manual”, Makalah, 1999.
- [5]. <http://program-plc.blogspot.com/fuzzy-logic-controller-in-plc.htm>
- [6]. <http://meriwardana.blogspot.com/2010/06/mengenal-pengendali-pid-pid-controller.html>
- [7]. <http://www.plctalk.net/qanda/forumdisplay.php?f=2>
- [8]. <http://forums.mrplc.com/index.php?>
- [9]. <http://ai.indra-ehm.net/?cat=10>