

Sistem Pengaturan Level pada *Water Treatment Plant* dengan Kontroler PID dan Monitoring Konsumsi Air Menggunakan Tampilan Situs Web

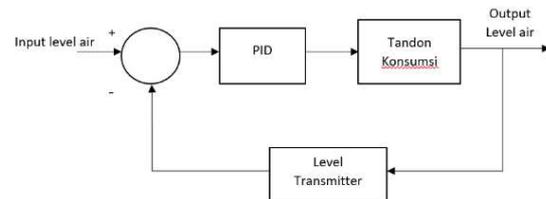
Herrista Ovilia Wijono Putri, Joko Susila, dan Berlian Al Kindhi
Departemen Teknik Elektro Otomasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS)
e-mail: jokosus@ee.its.ac.id

Abstrak—Terdapat kendala perihal penggunaan konsumsi air yang melebihi batas Surat Izin Pengusahaan Air tanah (SIPA), diakibatkan dari luapan air pada tandon konsumsi yang menyebabkan kerugian pada perusahaan. Selain itu, tidak adanya sistem komunikasi secara *realtime* dan dapat memantau *plant* dalam jarak yang jauh akan data konsumsi air yang digunakan pada tandon konsumsi untuk menghindari terjadinya pemakaian di luar batas konsumsi air. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem konsumsi air yang dapat mengurangi luapan air pada tandon konsumsi dan *alarm* jarak jauh dengan menggunakan situs web dan surat elektronik. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dirancanglah sistem konsumsi air dengan membentuk model bagian sumur dan tandon konsumsi pada *Water Treatment Plant* (miniatur) yang menggunakan kontroler PID dan *monitoring* dengan menggunakan situs web. Perancangan dan pembuatan sistem pengaturan *level* pada tandon konsumsi pada penelitian ini berhasil dilakukan dengan menggunakan metode PID, didapatkan nilai parameter K_p yang sesuai untuk sistem yaitu $K_p=3$, $K_i=1$, dan $K_d=0.5$. Sistem pengaturan *level* pada tandon konsumsi dapat mencapai set point 10 cm dan settling time (T_s) 236 s dengan nilai K_p tersebut. Perancangan perangkat lunak untuk sistem pengaturan *level* air pada tandon konsumsi menggunakan *ladder diagram* pada PLC *Outseal* dapat bekerja dengan baik karena dapat menjaga ketinggian air sesuai dengan *set point*. Dan sistem *monitoring* parameter pada tandon konsumsi dapat bekerja secara *realtime*.

Kata kunci— PID, SIPA Air, WTP, *Monitoring Realtime*.

I. PENDAHULUAN

PERMASALAHAN pada *Water Treatment Plant* (WTP) pada perusahaan tersebut tidak memiliki sistem komunikasi secara *realtime* dan dapat memantau dalam jarak yang jauh akan data konsumsi air yang digunakan pada tandon konsumsi untuk menghindari terjadinya pemakaian di luar batas konsumsi air. Sehingga, hal ini dapat menyebabkan komunikasi antara pekerja di lapangan dengan pekerja di dalam kantor maupun dalam keadaan di luar kota harus menggunakan alat komunikasi lainnya untuk mengetahui konsumsi air setiap harinya, serta belum terdapat sistem peringatan secara *realtime* dari *kontroller* yang terhubung pada telepon genggam pribadi masing-masing *user* agar lebih efisien. Serta penambahan pengaturan *level* dengan pengendali PID. PID merupakan pengendali konvensional yang terdiri dari tipe pengendali P (proportional), I (integral), dan D (derivative). Pengendali PID ini dipilih untuk digunakan pada pengendalian sistem *level* air pada WTP karena jenis pengendali ini sudah sering dipakai dalam suatu kendali proses. Pengendali PID memiliki kelebihan yaitu dapat diterapkan dalam kondisi operasi yang bervariasi dengan cara mengatur harga konstanta dari tiap-tiap parameternya sehingga didapatkan tanggapan keluaran sistem



Gambar 1. Blok diagram sistem *closed loop*.

yang diinginkan. Sehingga diharapkan dapat mengontrol konsumsi air pada WTP tersebut dan mengoptimalkan penggunaan *level* tandon

Pada awal penggunaan PID, strategi control PID dengan tujuan control proses industry pada umumnya menggunakan rangkaian elektronika analog, komponen mekanis, dan penumatis murni. Setelah berkembangnya zaman, PID dapat diterapkan pada mikrokontroller atau berbentuk modul dengan penggunaan yang mudah dan praktis yang dapat mengontrol satu jenis variable proses tertentu hingga pengontrolan beragam jenis variable. Kontrol PID juga dikembangkan dengan menggunakan PLC sehingga banyak dijumpai diberbagai industry proses dalam penggunaan control PID.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Untuk mengurangi penggunaan air berlebih digunakanlah kontrol PID dengan pengaturan *level* air pada WTP dengan *monitoring* konsumsi air melalui situs web.

A. Metode PID Kontroller

Pada Proyek Akhir ini menggunakan pengontrolan *valve* dengan metode PID berdasarkan sensor *level* agar tandon tidak mengalami kebocoran (Gambar 1). Dengan metode tersebut diharapkan dapat mengurangi permasalahan tersebut. Akan dilakukan dua cara tuning untuk menentukan nilai PID pada system yakni sebagai berikut:

1) *Tuning Manual*

Perancangan tuning manual pada PID akan dilakukan dengan cara menentukan nilai K_p , K_i , dan K_d secara bergantian dengan memulai pada nilai terkecil hingga mendapatkan grafik yang sesuai atau *steady state* dengan *set point*. Setelah melakukan beberapa kali percobaan, maka akan dilakukan analisa perbandingan nilai error dan t_s (*settling time*) yaitu waktu yang diperlukan sistem untuk mencapai nilai akhir ketika *steady state* [1].

2) *Tuning dengan Metode Ziegler Nichols 1*

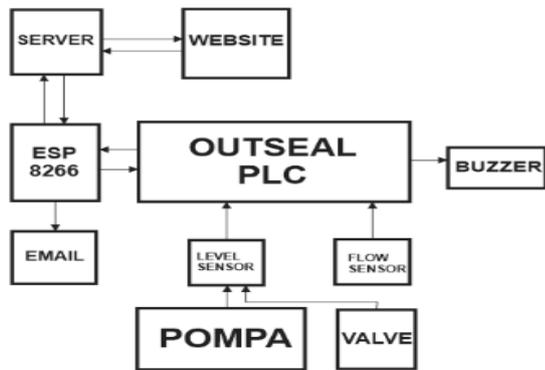
Metode ke-1 didasarkan pada respon *plant* terhadap masukan tangga dalam kalang terbuka. *Plant* yang tidak

Tabel 1.
Penalaan metode ziegler nichols 1

Pengendali	Kp	Ki	Kd
P	1/a	-	-
I	0.9/a	3L	-
D	1.2/a	2L	L/2

Tabel 2.
Penguujian sensor flow

No	Data Volume Perhitungan (cm)	Data Volume terdeteksi (L)	Data Volume Sebenarnya(L)	Error (%)
1	0.4	1	1	0 %
2	0.8	2	2	0 %
3	1.2	3	3	0 %
4	1.6	4	4	0 %
5	2.09	5	5	0 %
6	2.46	6	6	0 %
7	2.8	7	7	0 %
8	3.29	8	8	0 %
9	3.7	9	9	0 %
10	4.1	10	10	0 %
11	4.56	11	11	0 %
12	4.9	12	12	0 %
13	5.3	13	13	0 %
14	5.7	14	14	0 %
15	6.1	14	15	6,6 %
16	6.5	15	16	6,2 %
17	6.9	16	17	5,8 %
18	7.4	17	18	5,5 %
19	7.8	18	19	5,2 %
20	8.23	19	20	5 %
21	8.6	20	21	4,7 %
22	9.05	21	22	4,5 %
23	9.4	22	23	4,3 %
24	9.6	22	24	8,3 %
25	10.2	23	25	8 %



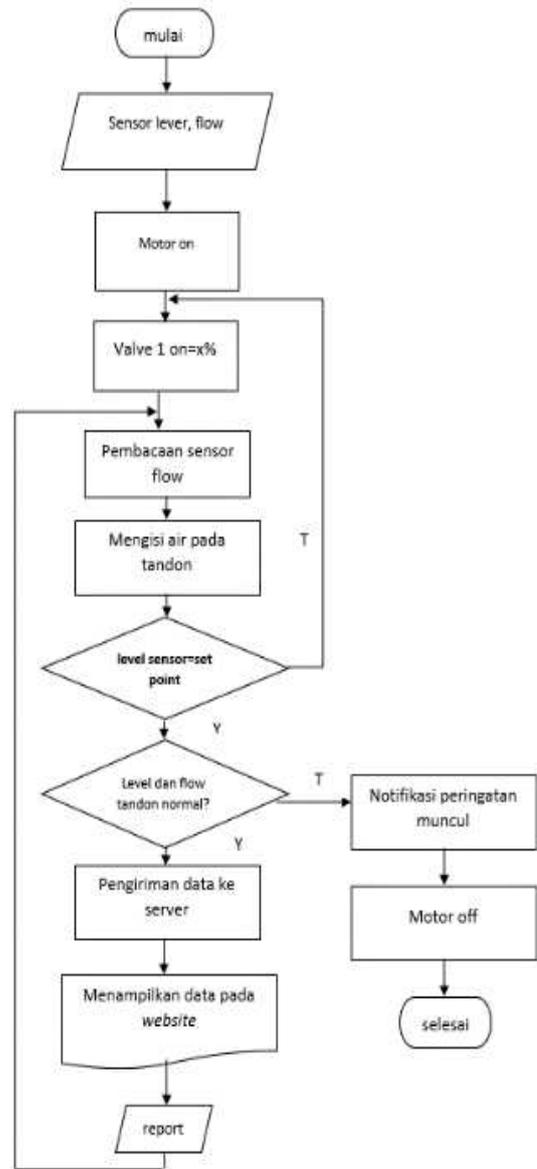
Gambar 2. Blok diagram komunikasi antara sensor, aktuator, dan kontroler.

mempunyai integrator, menghasilkan kurva tanggapan terhadap masukan tangga seperti kurva huruf. Kurva tanggapan plant digunakan untuk mencari waktu tunda L dan konstanta waktu (T) [1].

Parameter-parameter yang didapat dari kurva reaksi digunakan untuk menentukan parameterparameter pengendali PID berdasarkan tetapan empiris Zielger-Nichols. Rumus-rumus untuk parameter pengendali menggunakan metode kurva reaksi ditabelkan pada Tabel 1 [2].

B. Blok Diagram Komunikasi antara Sensor, Aktuator, dan Kontroler

Perancangan sistem alat ini terdiri dari beberapa komponen yang saling terhubung, dimana dimulai pada *power suply* sebagai mengalirkan tegangan (Gambar 2). Setelah itu

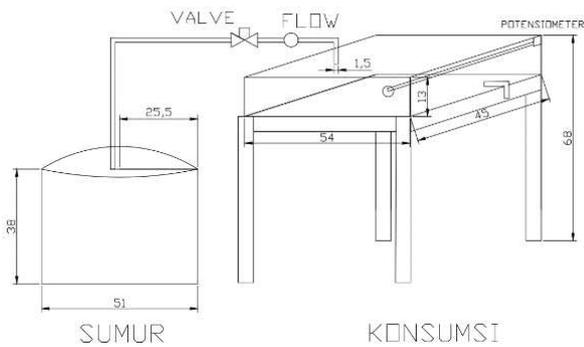


Gambar 3. Flowchart Sistem.

dialirkan menuju MCB, Outseal sebagai *main controller*, sensor *flow* dan potensiometer. Selain mengalirkan kesensor, juga mengalirkan menuju RS-485, ESP, *buzzer* dan *valve*. Setelah dari ESP maka akan dihubungkan ke *relay* untuk diteruskanke lampu indikator.

C. Flowchart Sistem

Pada Gambar 3, merupakan *flowchart* pada keseluruhan sistem. Saat sistem dimulai akan menyalakan pompa air terlebih dahulu, *valve* akan membuka sesuai dengan besaran *set point* yang diinginkan dan terhubung dengan *level sensor*, jika sesuai dengan *set point*, maka akan mengisi air pada tandon sebesar bukaan *valve* yang dibutuhkan, tetapi jika tidak maka akan kembali untuk pembukaan *valve* hingga sesuai dengan *level* tandon hingga sesuai dengan *set point*, jika tidak sesuai dengan *set pointset point* maka *valve* 1 dan 2 bekerja secara otomatis sesuai dengan bukaan *valve* yang dibutuhkan. Setelah mengisi air mengisi tandon, maka akan mengaktifkan sensor *level* agar tidak melebihi kapasitas tandon [3]. Apabila *level* pada tandon melebihi batasan maka akan memunculkan notifikasi peringatan dan mematikan



Gambar 4. Desain mekanik keseluruhan.



Gambar 5. Hasil mekanik sistem.

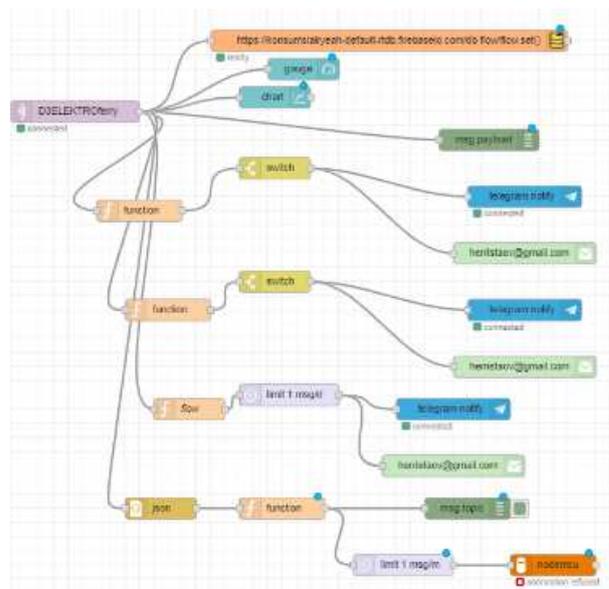
pompa, dan apabila *level* pada tandon normal maka akan mengirimkan pembacaan data dari *level* dan debit yang telah diakuisisi data dari sensor *level* dan *flow*, setelah data *flow* dan *level* didapatkan, akan dilakukan pengiriman menuju server untuk penyimpanan sebagai *database*. Lalu, data yang tersimpan pada server akan dikirimkan dan ditampilkan pada *website*. Disisi lain, terdapat program yang berjalan untuk memastikan bahwa tidak ada data *level* dan debit yang nilainya melebihi dari batasan yang telah ditentukan, dan apabila melebihi dari batasan yang telah ditentukan, maka akan ada notifikasi peringatan yang akan dikirimkan ke *user*.

D. Desain Mekanik

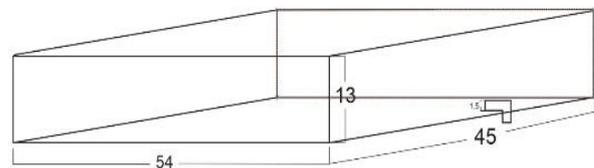
Pada penelitian ini dibuat desain untuk mekanik yang digunakan sebagai *prototype* dari WTP dengan menggunakan skala untuk ukuran tandon konsumsi dan sumur.

Pada *prototype* Gambar 4 yang dibuat menggunakan ember plastik dan akrilik dengan ukuran skala dari desain sumur dan tandon konsumsi yang sebenarnya. Untuk control *valve* menggunakan motor servo DC tipe MG955 untuk menggerakkan *valve*. Dan untuk mengukur ketinggian tangga menggunakan potensiometer, serta untuk mendeteksi volume air menggunakan sensor *flow* YF-S201.

Setelah membuat rancangan desain mekanik, selanjutnya mengimplementasikan desain tersebut dan hasilnya seperti pada Gambar 5.



Gambar 6. Flow pada node red.



Gambar 7. Tangki konsumsi.

E. Monitoring Konsumsi Air dengan Situs Web

Node red digunakan untuk mengirimkan data sensor dari MQTT menuju ke database. Selain itu, Node Red dapat difungsikan sebagai penghubung antara data sensor dari MQTT, menuju ke aplikasi telegram ataupun surat elektronik (email). Penggunaan Node Red sebagai perangkat lunak *Internet of Things* sangat direkomendasikan.

Pada Gambar 6 merupakan *flow* yang digunakan sistem alat dengan Node Red. Data sensor diolah menggunakan MQTT, lalu akan di bagikan ke dalam beberapa jalur. Pertama yakni disalurkan menuju database *firebase*, penggunaan *firebase* dilakukan untuk memperbarui data sensor yang masuk menuju ke situs web tanpa perlu memperbarui halaman situs web. Kedua yakni disalurkan menuju ke aplikasi Telegram dan Email. Penggunaan fungsi *function* sebagai perantara dari MQTT menuju ke aplikasi Telegram dan Email dengan menggunakan *javascript*. Fungsi *switch* digunakan untuk memberikan batasan nilai data sensor untuk dikirimkan menuju aplikasi, atau sebagai alarm penanda nilai data sensor kurang atau melebihi batas. Aplikasi Telegram yang dipakai yakni menggunakan *bot* agar dapat memperbarui data sensor kepada penerima dengan otomatis. Untuk email yang dipakai, dapat menggunakan email pribadi maupun kantor dan sebagai penerima pesan data konsumsi air perhari yang akan dikirimkan satu hari sekali. Yang terakhir yakni fungsi dari database MySQL, sama halnya dengan *firebase*, pada *flow* ini digunakan untuk menyalurkan data sensor dari MQTT menuju ke MySQL sebagai perekam data sensor yang diterima.

Tabel 3.
Pengambilan data adc potensiometer

ADC Potensiometer	Level Terukur (cm)
428	1
432	2
438	3
446	4
452	5
458	6
464	7
471	8
478	9
485	10

Tabel 4.
Pengujian potensiometer

Level Terdeteksi PLC	Level Sebenarnya	Error (%)
1	1	0
2	2	0
3	3	0
4	4	0
5	5	0
6	6	0
7	7	0
8	8	0
9	9	0
10	10	0

Tabel 5.
Pengujian putaran motor servo

No	Putaran Motor (derajat)	Hasil pada Busur (derajat)	Error (%)
1.	0	0	0
2.	10	10	0
3.	20	20	0
4.	30	30	0
5.	40	40	0
6.	50	50	0
7.	60	60	0
8.	70	70	0
9.	80	80	0
10.	90	90	0

III. HASIL DAN DISKUSI

Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian hardware, software dan keseluruhan sistem.

A. Pengujian Flow Sensor

Pengujian yang dilakukan pada flow sensor ini yakni dengan menyesuaikan hasil yang terbaca pada sensor flow dengan volume air pada tangki konsumsi. Cara yang digunakan untuk kalibrasi yakni dengan menggunakan metode gelas ukur. Dengan menghitung volume pada tangki konsumsi dengan mencari nilai volume perliter dengan persamaan. Berikut persamaan yang digunakan untuk mendapatkan volume tangki konsumsi (Gambar 7):

$$Volume_{Balok} = p \times l \times t$$

Diketahui:

P = Panjang (cm)

L = Lebar (cm)

T = Tinggi (cm).

Dari persamaan (1), didapatkan volume (L) dalam tiap satu cm nya. Tabel 2 merupakan perhitungan volume (L).

Tabel 6.
Nilai Kp, Ki, dan Kd yang telah didapatkan

No	Nilai Ki, Kd	Kp, Overshoot (%)	Rise Time (Tr)	Time Settling (Ts)	Error Steady State
1	3, 1, 0.5	1%	188 s	236 s	1%
2	5, 2, 1	1%	193 s	275 s	0.2%
3	4, 1, 0.8	0.8%	258 s	330 s	0.3%
4.	8, 1.5, 0.5	0.5%	371 s	400 s	0.7%

Tabel 7.
Hasil perhitungan dengan penalaan ziegler-nichols metode ke-1

	Kp	Ki	Kd	ti	td	T	L
P	11.0	-	-	-	-		
PI	9.94	14.6	-	0.67	-	0.0204	0.22
PI	13.2	29.3	1.49	0.45	0.11	6	6
D	551	2551	783	2	3		

Tabel 8.
Hasil tuning yang telah didapatkan

No	Nilai Ki, Kd	Kp, Overshoot (%)	Rise Time (Tr)	Time Settling (Ts)	Error Steady State
1	0.090511, 0, 0	5%	244 s	262 s	0.5%
2	0.08146, 0.00146, 0	4%	346 s	275 s	0.2%
3	0.108613, 0.00292, 1.010102	0,7%	356 s	398 s	0.2%

Tabel 9.
Perbandingan waktu data yang masuk antara pemrograman ladder dengan database firebase

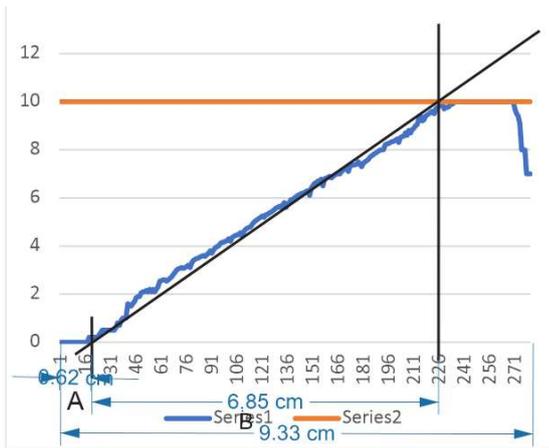
No	Waktu pada Pemograman Ladder	Data pada Pemograman Ladder	Waktu pada Firebase	Data pada Firebase	
		Flow	Level	Flow	Level
1	12:59:48 PM	7	29	12:59:50 PM	7 29
2	12:59:53 PM	8	30	12:59:54 PM	8 30
3	12:59:56 PM	8	31	12:59:58 PM	8 31
4	1:00:01 PM	8	32	1:00:03 PM	8 32
5	1:00:06 PM	9	33	1:00:08 PM	9 33
6	1:00:10 PM	9	34	1:00:12 PM	9 34
7	1:00:14 PM	9	35	1:00:16 PM	9 35
8	1:00:17 PM	9	36	1:00:20 PM	9 36
9	1:00:23 PM	10	37	1:00:25 PM	10 37
10	1:00:25 PM	10	38	1:00:27 PM	10 38

$$error(\%) = \left[\frac{\text{nilai sebenarnya} - \text{nilai pada sensor}}{\text{nilai sebenarnya}} \right] \times 100\%$$

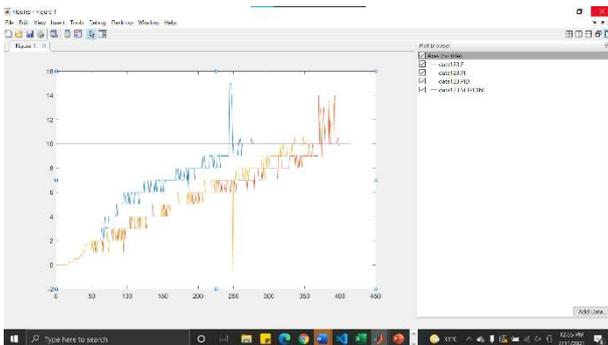
Dari percobaan yang dilakukan pada Tabel 2. didapatkan hasil sesuai dengan perancangan yang dibuat, yaitu sensor flow dapat berjalan dengan baik walaupun terdapat beberapa jumlah error dalam 22 percobaan. Kesalahan ini memiliki besaran kurang dari satu persen, yang di hitung menggunakan persamaan (2).



Gambar 8. Grafik hasil tuning manual.



Gambar 9. Grafik respon sistem.



Gambar 10. Grafik tuning ziegler nichols 1 dengan alat.

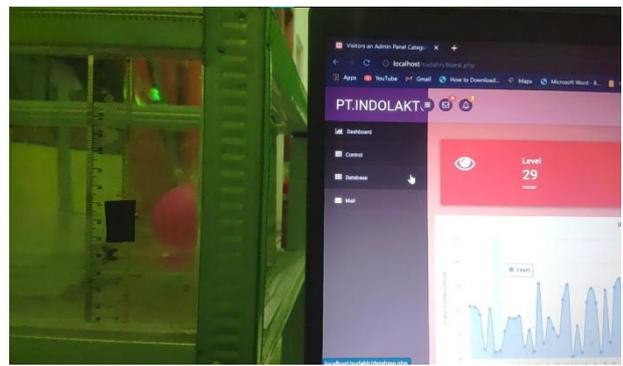
B. Pengujian Potensiometer

Pengujian yang dilakukan pada *potensiometer* yakni dengan menyesuaikan hasil yang terbaca pada penggaris. Nilai keluaran potensiometer dapat berupa tegangan yang dapat dibaca oleh ADC. Potensiometer akan membaca tegangan ADC setiap pergerakan *level* yang diukur. Tabel 3 menunjukkan pengambilan data ADC potensiometer dengan mencocokkan ketinggian air menggunakan penggaris.

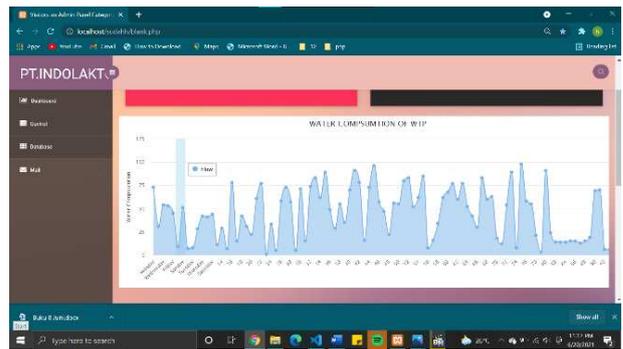
Dari pengujian yang dilakukan pada Tabel 4 didapatkan hasil data *level* telah sesuai dengan *level* sebenarnya yaitu potensiometer dapat berjalan dengan baik terbukti dengan tidak ada kesalahan error dengan menggunakan persamaan 2 untuk mengukur suatu ketinggian air.

C. Pengujian Motor Servo

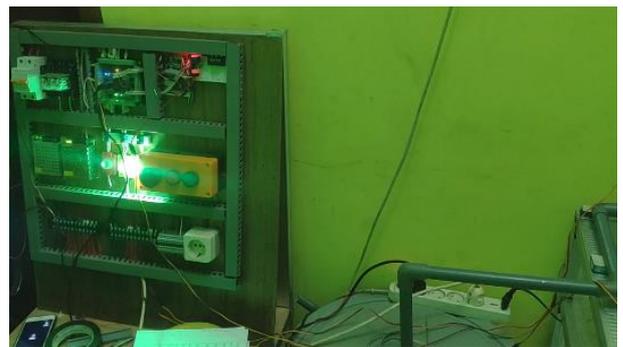
Pada pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan program pada motor servo agar bergerak sesuai dengan sudut yang diperintahkan. Kemudian untuk melihat hasil putaran motor servo, pengukuran dengan alat bantu ukur, seperti



Gambar 11. Monitoring data sensor *level*.



Gambar 12. Grafik data sensor *flow*.



Gambar 13. Menyalakan sistem.

busur. Dari pengujian kalibrasi putaran motor servo ini dilakukan dari sudut 0 derajat hingga 90 derajat (Tabel 5).

Dari pengujian yang dilakukan, didapatkan ketepatan yang sesuai dengan alat ukur busur, memiliki kesalahan error sebesar 0% dengan menggunakan persamaan di atas.

D. Pengujian Kontroller PID

Pengujian PID akan dilakukan dengan melakukan tuning dengan manual dan metode *Ziegler Nichols* 1. Dari hasil tuning tersebut akan didapatkan perbedaan nilai K_p , K_i , dan K_d , serta nilai error. Sehingga dapat dibandingkan nilai *error* pada kedua tuning tersebut.

1) Tuning Manual

Tuning manual yakni dengan Penentuan parameter proporsional dengan metode hand tuning pada dasarnya adalah mencari nilai K_p dengan mencoba berbagai nilai hingga didapatkan respon sistem yang mendekati setpoint, yaitu 10 cm (Gambar 8). Dari Tabel 6, didapatkan masing-masing nilai dari T_s , T_r , *overshoot*, dan *ess*. Karena dibutuhkan waktu yang cepat untuk mencapai nilai *set point* untuk menuju proses selanjutnya. Dari percobaan tuning manual, nilai yang paling cukup untuk sistem ini yakni menggunakan nilai $K_p = 3$, $K_i = 1$, dan $K_d = 0,5$.

Tabel 10.
Perbandingan waktu data yang masuk antara pemograman ladder dengan database mysql

No	Waktu Pada Pemograman Ladder	Data Flow pada Pemograman Ladder	Waktu Pada MySQL	Data Flow pada MySQL
1	12:59:48 PM	7	12:59:50 PM	7
2	12:59:53 PM	8	12:59:55 PM	8
3	12:59:56 PM	8	12:59:59 PM	8
4	1:00:01 PM	8	1:00:03 PM	8
5	1:00:06 PM	9	1:00:10 PM	9
6	1:00:10 PM	9	1:00:15 PM	9
7	1:00:14 PM	9	1:00:17 PM	9
8	1:00:17 PM	9	1:00:18 PM	9
9	1:00:23 PM	10	1:00:27 PM	10
10	1:00:25 PM	10	12:59:29 PM	10

Tabel 11.
Pengujian semua sistem alat

No	Data Level (mm)	Bukaan Valve	Data Volume	Keadaan Pompa	Keterangan
1	1	0	0	on	berhasil
2	10	9	2	on	berhasil
3	20	18	4	on	berhasil
4	30	27	7	on	berhasil
5	40	35	9	on	berhasil
6	50	45	12	on	berhasil
7	60	54	14	on	berhasil
8	70	62	17	on	berhasil
9	80	72	19	on	berhasil
10	90	81	21	on	berhasil
11	100	90	24	on	berhasil

2) Tuning dengan Metode Ziegler Nichols 1

Perancangan dengan Metode Nichols Ziegler 1 yakni dengan melihat respon sistem tanpa adanya kendali atau hanya dengan memberikan nilai SV (Set Value) dengan PV (Present Value). Setelah melakukan beberapa kali pengambilan data, didapatkan respon sistem seperti pada Gambar 9.

Pada Gambar 9, didapatkan beberapa variable yang akan dihitung, yakni variable A dan B.

$$A = 0.62 \text{ cm}, B = 6.85 \text{ cm}$$

$$\text{full } (0 - 280) = 9.33 \text{ cm}$$

$$\text{waktu full} = 280 \text{ detik}$$

$$\text{konversi waktu} = \frac{9.33 \text{ cm}}{280 \text{ detik}} = 0.033$$

$$L = 0.62 \times 0.033 = 0.02046$$

$$T = 6.85 \times 0.0019 = 0.226$$

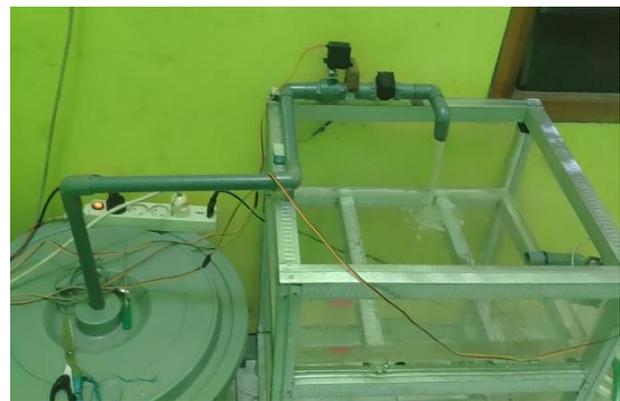
Dari perhitungan tersebut, didapatkan nilai Kp, Ki, Kd, Ti, dan Td, dengan menggunakan rumus seperti pada Tabel 7. Untuk mendapatkan nilai Ki dan Kd menggunakan rumus seperti pada persamaan.

$$K_i = \frac{K_p}{T_i}$$

$$K_d = K_p \cdot T_d$$

Dari hasil pada table VII, didapatkan nilai Kp, Ki, dan Kd sebesar 13.25, 29.32, 1.48. setelah didapatkan nilai parameter tersebut, akan dimasukkan ketika tuning PID.

Gambar 10 menunjukkan hasil tuning dari nilai PID yang didapatkan dengan metode Ziegler Nichols 1, warna biru menggunakan nilai P saja, warna merah dengan menggunakan



Gambar 14. Sistem bekerja.

PI, dan warna oranye dengan menggunakan PID. Untuk analisis grafik, dapat diketahui dari Tabel 8.

Dari perbandingan PI dan PID yang telah didapatkan, menggunakan nilai PID lebih baik digunakan dibandingkan menggunakan nilai PI. Dikarenakan, lebih cepat mencapai nilai *set point*. Hal ini dibutuhkan untuk mengisi air pada tandon konsumsi lebih cepat agar saat menuju proses selanjutnya tidak membutuhkan waktu lama.

E. Pengujian Monitoring Konsumsi Air

1) Pengujian pada Node Red

Pengujian ini dilakukan dengan mengirimkan data sensor dari MQTT menuju ke beberapa alur. Berikut merupakan pengujian dari masing-masing alur:

a) Database Firebase

Untuk pengujian database *firebase*, dikirimkanlah data sensor dari MQTT yakni sensor *flow* dan *level*. Dimana, angka pada *firebase* dan pada program kontroller memiliki angka yang sama dan masuk pada waktu yang bersamaan. Tabel 9 merupakan perbandingan data sensor yang masuk pada *firebase* dan pembacaan sensor pada pemograman *ladder diagram*.

Dari hasil pengujian didapatkan perbedaan waktu *delay* sebesar 2 hingga 3 detik data yang masuk pada *firebase*, hal ini dapat disebabkan karena pengiriman data antara PLC dengan *firebase* membutuhkan waktu.

b) Database MySQL

Untuk pengujian database MySQL, dikirimkanlah data sensor dari MQTT yakni sensor *flow*. Dimana, angka pada MySQL dan pada program kontroller memiliki angka yang sama dan masuk pada waktu yang bersamaan. Tabel 10 merupakan perbandingan data sensor yang masuk pada MySQL dan pembacaan sensor pada pemograman *ladder diagram*.

Dari hasil pengujian didapatkan perbedaan waktu *delay* sebesar 1 hingga 5 detik data yang masuk pada MySQL. Hal ini dapat disebabkan karena pengiriman data dan koneksi antara PLC dengan MySQL membutuhkan waktu lebih lama daripada database *Firebase*.

2) Pengujian Monitoring pada Situs Web

Pengujian ini dilakukan bertujuan memonitoring kondisi sesungguhnya nilai sensor yang masuk pada situs web. Pada monitoring ini platfom yang digunakan adalah localhost dengan bahasa php. Dari situs web ini bisa melihat nilai sensor *flow* dan *level* secara actual, serta mena mpilkan grafik dari sensor *flow* sebagai konsumsi air pada WTP.

Setelah melakukan monitoring maka data akan tersimpan pada database MySQL. Dengan hal ini kita bisa melihat hasil rekapan konsumsi air. Adapun data hasil monitoring pada situs web sebagai berikut.

Pada Gambar 11 merupakan hasil monitoring data sensor *level* pada situs web yang dibandingkan dengan keadaan *level* pada alat yang berukuran 30. Untuk angka pada sensor, dikenakan dua digit angka, dikarenakan pada kontroller tidak dapat membaca koma, sehingga nilai-nilai yang terbaca dimisalkan seperti: 1 cm menjadi 10 pada pembacaan sensor.

Dari penampilan monitoring data sensor *flow* didapatkan tampilan grafik seperti pada Gambar 12. Setiap pembacaan sensor *flow* akan terekam dan membentuk sebuah grafik dalam setiap waktu. Hal ini dilakukan agar konsumsi air pada WTP dapat terpantau secara tepat dan actual.

F. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui keseluruhan sistem yang saling terhubung, diantara sensor, motor servo DC dan komponen lainnya. Dalam pengujian ini produk akan dicoba pengisian air pada tandon konsumsi sesuai dengan set point yakni 10 cm yang akan dideteksi oleh potensiometer dan volume air dideteksi oleh sensor flow, kemudian data sensor tersebut akan dikirimkan melalui laman situs web yang telah dibuat (Gambar 13).

Pada saat menyalakan tombol on, maka akan menyalakan sistem dengan ditandai lampu hijau yang menyala. Setelah itu sistem akan bekerja sesuai dengan pemograman ladder yang telah dibuat, yakni dengan menyalakan pompa pada sumur dan mengaktifkan motor servo untuk membuka *valve* sesuai dengan pengaturan level dan nilai PID yang didapatkan. Lalu, motor servo akan bekerja sesuai dengan parameter PID dan perhitungan PID yang didapatkan (Gambar 14). Ketika telah mencapai set point, akan menutup *valve* dan mematikan pompa secara otomatis, dan ketika air mulai berkurang, akan menyalakan *valve* kembali dan menyalakan pompa. Data-data sensor yang telah di pasang akan dikirimkan melalui ESP8266

menuju datababase dan situs web untuk ditampilkan. Ketika nilai level dan flow kurang atau lebih dari parameter yang ditentukan, maka akan mengirimkan notifikasi melalui aplikasi Telegram dan Email.

Untuk mengukur keberhasilan dari pengujian keseluruhan sistem, didapatkan data seperti pada Tabel 11.

IV. KESIMPULAN

Dari pengujian yang telah dilakukan pada sistem pengaturan *level* dengan kontroller PID dan monitoring konsumsi air dapat disimpulkan beberapa point, yakni: (1) Dengan menggunakan metode *Ziegler Nichols 1* didapatkan nilai *error steady state* 0.2%, *Rise Time* (Ts) 298 detik dan *Settling Time* (Tr) 356 detik. (2) Dengan menggunakan metode tuning manual didapatkan nilai *error steady state* 1%, *Rise Time* (Ts) 236 detik dan *Settling Time* (Tr) 180 detik dengan nilai Kp 3, Ki 1, dan Kd 0.5. (3) Dalam sistem konsumsi air ini penggunaan metode PID lebih sesuai dibandingkan dengan metode *Fuzzy Logic* dengan membandingkan hasil nilai *error steady state*, *rise time*, dan *settling time*. Penggunaan nodered sebagai penghubung database MySQL didapatkan *delay* waktu sebesar satu hingga lima detik, dan *delay* waktu ke firebase dua hingga tiga detik karena membutuhkan waktu untuk pengiriman data dari sensor menuju nodered lalu ke *database*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. W. O. Putri, "Pengendalian suhu pada sistem pasteurisasi telur cair berbasis PLC (Programmable Logic Controller) siemens simatic S7-200 dan HMI (Human Machine Interface) simatic HMI panel," *J. Mhs. TEUB*, vol. 2, no. 3, 2014.
- [2] O. Katsuhiko, *Modern Control Engineering*, 1st ed. University of California: Prentice Hall, 2010.
- [3] H. Setiawan and E. Subiandono, "Konsentrasi logam berat pada air dan sedimen di perairan pesisir Provinsi Sulawesi Selatan," *Indones. For. Rehabil. J.*, vol. 3, no. 1, pp. 67–79, 2015.