

Pengendalian Volume Tangki Menggunakan LabVIEW dan Arduino UNO

Tank Volume Control Using LabVIEW and Arduino UNO

Ardilessi, Jaka Giwang Kara

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer
Universitas Komputer Indonesia Jl. Dipati ukur No 112, Bandung
Email : Rakkikun5@mahasiswa.ac.id

Abstrak - Perkembangan teknologi yang pesat pada zaman sekarang berimbas pula terhadap perkembangan alat di sebuah industri. Peralatan di sebuah industri yang dulunya digerakkan manual oleh manusia kini mulai dikendalikan secara otomatis. Salah satu sistem kontroler otomatis yang banyak digunakan di sebuah industri adalah sistem kontroler *proportional integral derivative* (PID). kontroler PID terdiri dari tiga macam metode kontroler yaitu kontroler proporsional (*proportional controller*), kontroler integral (*integral controller*), dan kontroler turunan (*controller derivative*). Pengontrolan sistem ketinggian dilakukan melalui LabView 2013. Boards Arduino UNO digunakan untuk mengolah data pada sensor *flow* dan sensor ketinggian. Data yang diperoleh dari sensor ketinggian dan sensor *flow* digunakan untuk mengatur masukan dan keluaran tangki air agar ketinggian air sesuai dengan ketinggian yang diinginkan. Dari hasil pengujian dengan menggunakan parameter T_i sebagai input aksi integral dalam metode zigler-nichols. Kondisi osilasi stabil dan konstan pada keluaran level ketinggian akan diperoleh bila kondisi parameter nilai T_i yang diberikan semakin besar dan nilai parameter K_p yang diberikan semakin kecil dengan menggunakan parameter yang didapat dari perhitungan menggunakan metode zigler-Nichols, diperoleh hasil keluaran lebih cepat stabil bila menggunakan kontroler P_i .

Kata kunci : Kontrol, *Proportional Integral Derivative* (PID), Ziegler-Nichols, LabView.

Abstract - Rapid technological developments in contemporary times also affected the development of the tools in an industry. Equipment in an industry that was once driven manually by humans are now beginning to be controlled automatically. One of the automatic controller system that is widely used in an industrial controller system is *proportional integral derivative* (PID). PID controller consists of three kinds of methods that the controller proportional controller, the integral controller, and derivative controller. Controlling the height levels of the system is done through LabView 2013. Arduino UNO board is used to process the data on the flow sensor and height sensor. Data obtained from the height sensor and flow sensor is used to set the input and output water tank so that the water level in accordance with the desired height. From the test results, using T_i as an input parameter in the integral action zigler – Nichols method. Condition stable and constant oscillation at the output level elevation will be obtained, when the conditions given parameter value T_i is getting bigger and parameter values K_p given increasingly smaller. By using the parameters obtained from the calculation using the method zigler – Nichols, obtained results faster output stable when using a PI controller.

Keyword : Controller, *Proportional Integral Derivative*, Ziegler-Nichols, LabView

I. PENDAHULUAN

Dalam proses industri banyak yang menggunakan tangki horizontal untuk penampung minyak atau cairan kimia. Kontrol level digunakan untuk menjaga titik set level terhadap nilai yang diberikan sehingga mampu menerima nilai-nilai set point secara dinamis. Pada proses industri fluida salah satu permasalahan yang sering terjadi adalah kontrol *Level Coupled Tank*.

Perangkat teknologi otomasi untuk membantu meringankan kinerja bagi petugas untuk pengontrolan volume air dan kejernihan air dalam tangki jarak jauh menggunakan sambungan wireless agar mempermudah operasional pabrik industri dengan menggunakan perancangan alat simulasi sistem monitoring air dan kejernihan air dalam tangki menggunakan sensor ultrasonik dan sensor turbidity melalui software LabVIEW dengan modul kontrol NI MyRio-1900 merupakan

solusi dari permasalahan diatas. Alat ini bekerja dengan memanfaatkan sensor ultrasonik SRF04 sebagai alat untuk memonitoring ketinggian air dan sensor turbidity alat ukur kejernihan air yang berada di dalam tangki sehingga didapatlah besaran-besaran parameter tersebut secara real.

Eksperimen pengendalian ketinggian air dengan metode kendali logika fuzzy. Logika fuzzy merupakan salah satu bentuk soft computing yaitu sistem komputasi yang lebih mendasarkan pada kemampuan melakukan pemetaan vektor (tidak linear), optimasi, identifikasi dan kemampuan lainnya. Berbagai penerapan telah menunjukkan bahwa pengendali berbasis logika fuzzy dapat mengatasi sifat ketidakpastian yang selalu muncul pada sistem kendali. Ketidakpastian utama yang ditemukan dalam sistem ini adalah ketidaklinearan elemen-elemen sistem kendali. Ketidaklinearan ini berupa gesekan pada komponen-komponen sistem, dead zone dan saturasi yang terdapat pada aktuator yang digunakan, mekanisme gerak sistem, proses pemasangan alat dan lain-lain.

A. Latar Belakang

Sektor industri memegang peranan yang sangat penting dalam roda kehidupan. Industri-industri ini meliputi manufaktur, proses, fabrikasi dan sebagainya. Di dalam Industri proses, secara umum ada empat macam pengendalian variabel proses dasar yaitu: kecepatan aliran, ketinggian cairan, tekanan dan temperatur. Seluruh variabel proses ini dapat ditemukan di hampir semua industri proses. Untuk itu sangat dibutuhkan metode kendali yang baik untuk dapat menunjang proses berjalannya industri tersebut dan untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi dalam proses produksi. Karena itu dalam makalah ini dipaparkan suatu eksperimen teknik kendali yang diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam dunia industri.

Perkembangan teknologi yang pesat pada zaman sekarang menyebabkan peralatan di sebuah industri yang dulunya digerakan manual oleh manusia kini mulai dikendalikan secara otomatis. Salah satu sistem kontroler otomatis yang banyak digunakan di sebuah industry adalah sistem kontroler *propotional integral derivate* (PID). Kontroler PID terdiri dari tiga macam metode

kontroler yaitu kontroler proposional, kontrol integral, dan kontrol turunan.

Pengukuran level zat cair dalam sebuah tanki merupakan teknik penting pada aplikasi di industri, sebagai contoh sistem pemantauan level air, pemantauan cairan proses tambang, deteksi level pendidih (boiler) dan pemantauan cairan anti korosi pipa. Pemantauan level memiliki dua tujuan, yang pertama adalah untuk memastikan tanki tidak kering atau tumpah selama proses dan kedua adalah memastikan bahwa cairan yang dikeluarkan sesuai dengan nilai yang ditentukan.

B. Tinjauan *State of Art*

Dari penelitian yang dibuat ini sebelumnya sudah ada yang melakukan diantaranya Yazid, Edwar. Penerapan kendali cerdas pada sistem tangka air menggunakan logika fuzzy dan Sadli, Muhammad. Desain Kontroler PI dengan Decoupling pada Sistem Kendali Level Coupled Tank.

C. Tujuan

Salah satu tujuan dibuatnya penelitian ini adalah dapat memenuhi metode *Proportional Integral Derivative* (PID) pada kontrol volume tangki dan dapat memahami cara kerja kontrol volume tangka. Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan kontrol volume tangka dapat diimplementasikan pada keadaan sesungguhnya, contoh implementasi nya digunakan untuk mengukur ketinggian air pada sungai.

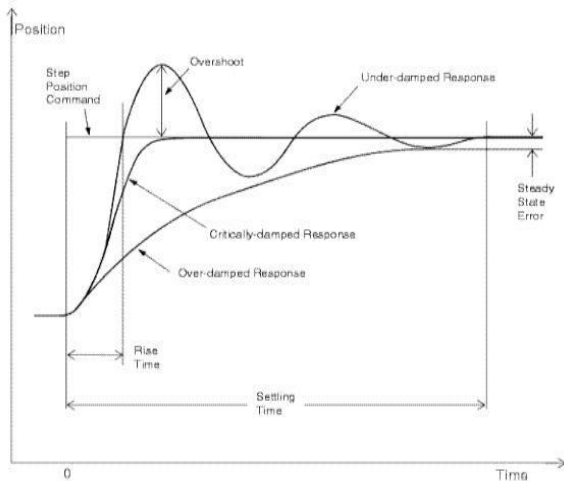
D. Sistematika Pembahasan

Paper ini diorganisasikan sebagai berikut. Bagian 2 akan menjelaskan mengenai pengaturan motor servo dengan kontrol PID. Bagian 3 akan menyajikan hasil pengujian dan analisis. Adapun kesimpulan akan disajikan pada Bagian 4.

II. METODOLOGI

A. Respon System

Respon sistem adalah perubahan perilaku keluaran terhadap perubahan sinyal masukan menjadi dasar untuk meng-analisa karakteristik sistem selain menggunakan persamaan atau model matematika.



Gambar 1. Bentuk sinyal tanggapan system

B. Proportional Integral Derivative (PID)

Proportional Integral Derivative (PID) merupakan salah satu metode dalam sistem kontrol. PID terdiri dari 3 kontroler yaitu kontroler proporsional, kontroler integral, dan kontroler turunan. Masing-masing aksi kontrol mempunyai keunggulan-keunggulan tertentu, dimana aksi kontrol proporsional mempunyai keunggulan *rise time* yang cepat, aksi kontrol integral mempunyai keunggulan untuk memperkecil *error* dan aksi kontrol turunan mempunyai keunggulan untuk meredam *overshoot* atau *undershoot*. Untuk itu agar kita dapat menghasilkan keluaran dengan *rise time* yang cepat dan *error* yang kecil didapat dengan menggabungkan ketiga aksi kontrol ini menjadi aksi kontrol PID. Model matematikanya seerti dilihat pada persamaan berikut.

$$CO = K_p \cdot E + K_i \int E \cdot dt + K_d \frac{dE}{dt} \quad (1)$$

Kontroler proporsional pada dasarnya merupakan penguatan dengan penguatan yang dapat diatur. Hubungan antara keluaran kontroler $y(t)$ dan sinyal kesalahan penggerak $e(t)$ diperlihatkan pada persamaan 2.

$$y(t) = K_p \cdot e(t) \quad (2)$$

Kontroler integral berfungsi menghasilkan respon sistem yang memiliki kesalahan keadaan mantap nol. Kalau sebuah plant tidak memiliki unsur *integrator* (1/s), kontroler *proporsional* tidak akan

mampu menjamin keluaran sistem dengan kesalahan keadaan mantapnya nol. Pada kontroler integral, harga keluaran kontroler $y(t)$ diubah dengan laju yang sebanding dengan sinyal kesalahan penggerak $e(t)$. Modelnya dapat dilihat pada persamaan 3. Konstanta integral K_i yang akan mempercepat hilangnya *offset*. Tetapi semakin besar nilai konstanta K_i akan mengakibatkan peningkatan osilasi dari sinyal keluaran kontroler.

$$y(t) = K_i \int_0^t e(t) \quad (3)$$

Kontroler turunan memiliki sifat seperti halnya suatu operasi differensial. Perubahan yang mendadak pada masukan kontroler, akan mengakibatkan perubahan yang sangat besar dan cepat. Kontroler turunan umumnya dipakai untuk mempercepat respon awal suatu sistem, tetapi tidak memperkecil kesalahan pada keadaan tunaknya. Kerja kontroler turunan hanyalah efektif pada lingkup yang sempit, yaitu pada periode peralihan. Oleh sebab itu kontroler diferensial tidak pernah digunakan tanpa ada kontroler lain sebuah sistem

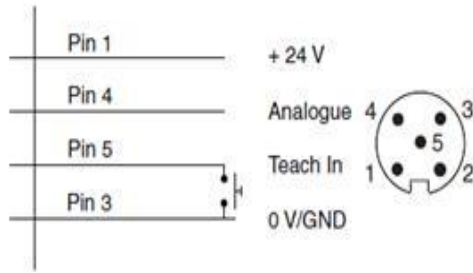
$$y(t) = K_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (4)$$

C. Sensor

Level sensor yang digunakan dalam percobaan ini adalah sensor ultrasonik. Sensor ultrasonik merupakan sensor yang memanfaatkan pancaran gelombang ultrasonik. Sensor ultrasonik terdiri dari rangkaian pemancar ultrasonik yang disebut *transmitter* dan rangkaian penerima ultrasonik yang disebut *receiver*. Sinyal ultrasonik yang dibangkitkan akan dipancarkan dari *transmitter* ultrasonik. Ketika sinyal mengenai benda penghalang, maka sinyal ini dipantulkan, dan diterima oleh *receiver* ultrasonik. Sinyal yang diterima oleh rangkaian *receiver* dikirimkan ke rangkaian mikrokontroler untuk selanjutnya diolah untuk menghitung jarak terhadap benda di depannya (bidang pantul).

Gambar 2. menunjukkan susunan kaki sensor ketinggian yang digunakan Untuk menghitung jarak yang terukur dari waktu terima sensor dapat menggunakan Persamaan 5.

$$S = \frac{v \cdot t}{2} \quad (1)$$



Gambar 2. Susunan kaki sensor ketinggian tipe PK104141

Sensor *Flow* adalah sensor yang berfungsi mengukur laju/kecepatan aliran dari suatu cairan. Laju aliran adalah kecepatan *fluida* yang mengalir dalam suatu penampang tertentu. Laju aliran dapat dicari dengan Persamaan 6,

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \tag{6}$$

Keterangan ;

A1 = Luas Penampang 1(m²)

V1 = Laju Aliran 1(m/s)

A2 = Luas Penampang 2 (m²)

V2 = Laju aliran 2 (m/s)

Dengan mengetahui laju aliran, dapat menghitung debit air dengan menggunakan Persamaan 8.

$$Q = vA \tag{7}$$

$$Q = V/t \tag{8}$$

Keterangan:

Q = Debit air (m³/s)

A = Luas penampang pipa (m²)

v = Laju aliran air (m/s)

V = Volume air (m³)

t = Waktu (s)

D. MG995 Servo Motor

Servo motor adalah sebuah motor yang dirancang dengan sistem control umpan balik *loop* tertutup, sehingga dapat diatur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros keluaran motor dan digunakan sebagai pengendali buka atau tutup keran (valve).

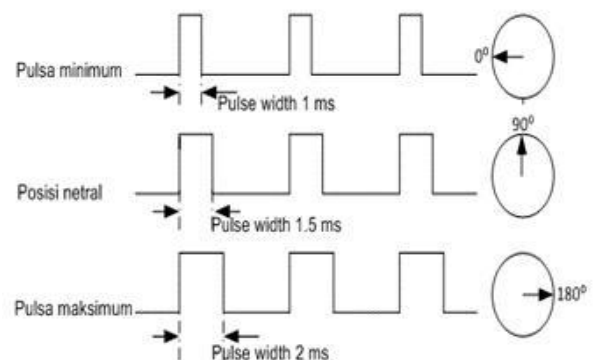
MG995 merupakan servo yang bias berputar 120°(60° disetiap arah). MG995 memiliki tiga keluaran yaitu, PWM, Vcc dan Ground. **Gambar 3** menunjukkan rangkaian servo motor MG995.



Gambar 3. Rangkaian servo motor MG995

Motor servo dikendalikan dengan memberikan sinyal modulasi lebar pulsa (*Pulse Width Modulation* (PWM)) melalui kabel kontrol. Lebar pulsa sinyal kontrol yang diberikan akan menentukan posisi sudut putaran dari poros motor servo. Sebagai contoh, lebar pulsa dengan waktu 1,5 ms (mili detik) akan memutar poros motor servo ke posisi sudut 90°. Bila pulsa lebih pendek dari 1,5 ms maka akan berputar ke arah posisi 0° atau ke kiri (berlawanan dengan arah jarum jam), sedangkan bila pulsa yang diberikan lebih lama dari 1,5 ms maka poros motor servo akan berputar ke arah posisi 180° atau ke kanan (searah jarum jam). Lebih jelasnya perhatikan Gambar 4.

Ketika lebar pulsa kendali telah diberikan, maka poros motor servo akan bergerak atau berputar ke posisi yang telah diperintahkan, dan berhenti pada posisi tersebut dan akan tetap bertahan pada posisi tersebut. Jika ada kekuatan eksternal yang mencoba memutar atau mengubah posisi tersebut, maka motor servo akan mencoba menahan atau melawan dengan besarnya kekuatan torsi yang dimilikinya (rating torsi servo). Namun motor servo tidak akan mempertahankan posisinya untuk selamanya, sinyal lebar pulsa kendali harus diulang setiap 20 ms (mili detik) untuk menginstruksikan agar posisi poros motor servo tetap bertahan pada posisinya.

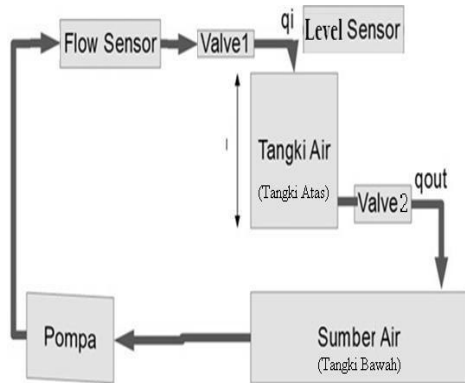


Gambar 4. Pulse Wide Modulation

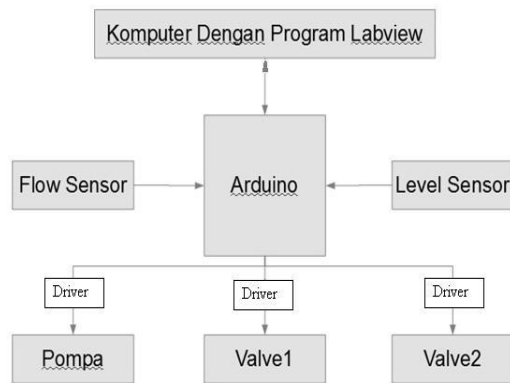
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Blok Diagram Sistem

Simulasi sistem PID akan direalisasikan dengan model seperti pada **Gambar 5** dan **Gambar 6** menunjukkan blok diagram sistem



Gambar 5. Model Sistem



Gambar 6. Blok Diagram Sistem

Sistem terdiri dari 3 masukan dan 3 keluaran. Masukan terdiri dari sensor *flow*, sensor ketinggian dan LabView. Keluaran terdiri dari pompa, valve1, valve2.

Cara kerja sistem:

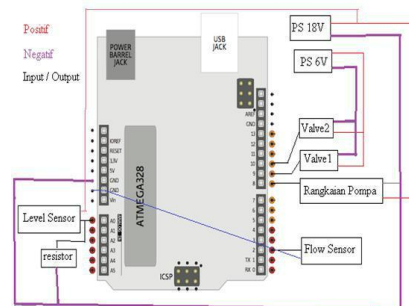
1. Proses akan dijalankan saat tombol start ditekan. Ketika tombol start ditekan, pompa akan dinyalakan
2. Sistem akan melakukan pengecek-kan terhadap set air. Bila set air lebih besar ketinggian air, Valve1 akan terbuka. Bila set air lebih kecil atau sama dengan ketinggian air, Valve1 akan tetap tertutup.
3. Sistem akan mengecek Valve2. Jika Valve2 dalam keadaan terbuka, sistem akan mengecek set air seperti langkah no. 2. Jika Valve2 dalam keadaan tertutup, sistem akan melakukan langkah no. 2 hingga program dimatikan.

B. Rangkaian Pemroses Arduino

Rangkaian Arduino Uno mempunyai fungsi sebagai pengendali dan pengolah data keseluruhan sistem.

Arduino Uno adalah sebuah modul mikrokontroler yang dibuat berdasarkan ATmega328. Modul ini terdiri dari 14 pin digital masukan atau keluaran (yang 6 diantaranya dapat digunakan sebagai keluaran *Pulse Width Modulation* (PWM)), 6 analog masukan. Gambar 7 menunjukkan rangkaian arduino. *Port-port* yang digunakan dalam **Gambar 7** :

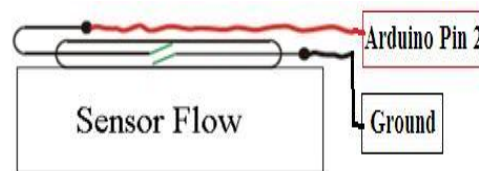
1. *Port2* dihubungkan dengan keluar-an *flow sensor* / sensor aliran .
2. *Port 8* dihubungkan dengan keluar-an dari SSR yang akan mengaktif-kan atau mematikan pompa.
3. *Port 9* dan *port 10* dihubungkan dengan keluaran dari motor servo untuk mengatur posisi *valve*.
4. *Port analog0* dihubungkan dengan keluaran *level sensor* / sensor ketinggian.



Gambar 7. Rangkaian Arduino.

C. Rangkaian Sensor Flow

Sensor *flow* berfungsi untuk memberikan informasi kecepatan aliran air yang masuk kedalam tangki air.



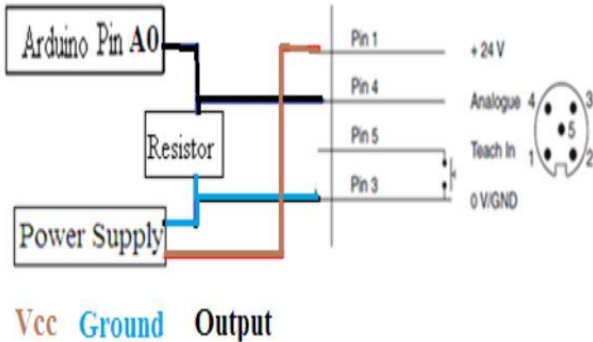
Gambar 8. Rangkaian sensor flow tipe WTM multi jet water meter.

Rangkaian sensor terdiri dari 2 keluaran, yaitu:

1. Kabel merah sebagai *pulse*. Kabel merah dihubungkan pada Arduino Pin 2.
2. Kabel hitam sebagai *ground*. Kabel hitam dihubungkan pada Arduino Pin ground.

D. Rangkaian Sensor Level

Sensor ketinggian berfungsi untuk memberikan informasi ketinggian air yang ada didalam tangki air. **Gambar 9** menunjukkan rangkaian sensor ketinggian.



Gambar 9. Rangkaian sensor ketinggian

Rangkaian sensor terdiri dari 4 keluaran, yaitu:

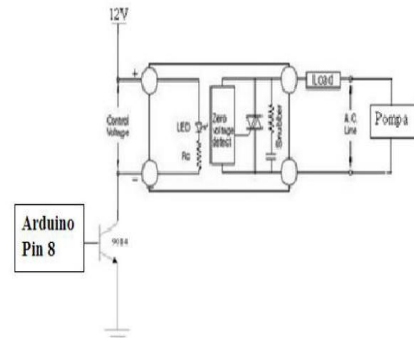
1. Kabel merah sebagai Vcc (+24V). Kabel hitam dihubungkan pada power supply
2. Kabel hitam sebagai pulse. Kabel hitam dihubungkan pada Arduino Pin analog 0.
3. Kabel merah muda sebagai Teach in.
4. Kabel biru sebagai ground. Kabel biru dihubungkan pada *power supply*.

E. Rangkaian Pompa

Solid state relay (SSR) adalah sebuah saklar elektronik yang tidak memiliki bagian yang bergerak. *SSR* dapat didiskripsikan sebagai berikut:

1. Mempunyai empat buah terminal,
2. masukan terminal dan 2 buah keluaran terminal
3. Tegangan masukan dapat berupa tegangan AC atau DC
4. Antara keluaran dan masukan diisolasi dengan sistem optikal
5. Keluaran menggunakan keluarga thyristor, SCR untuk beban DC dan TRIAC untuk beban AC

Rangkaian pompa terdiri dari *SSR*. *SSR* digunakan untuk meng-hidupkan atau mematikan pompa. *SSR* akan mendapat masukan dari Arduino Pin 8. **Gambar 10** menunjukkan rangkaian pompa.



Gambar 10. Rangkaian pompa

F. Rangkaian Valve

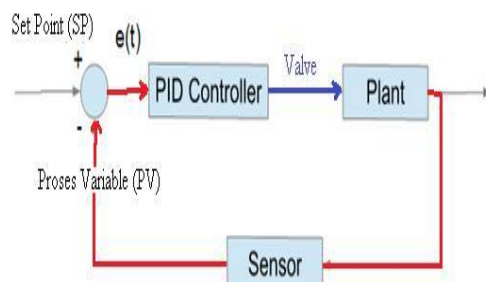
Rangkaian valve1 menggunakan motor servo MG995 untuk meng-gerakkan valve1. Motor servo untuk valve1 mendapat masukan dari Arduino Pin 9. **Gambar 11** menunjukkan rangkaian valve1.



Gambar 11. Rangkaian valve1

G. Metode PID

Metode PID dapat bekerja dengan baik ditentukan oleh nilai-nilai parameter K_p , K_i , K_d yang sesuai. Untuk mendapatkan parameter yang sesuai perlu digunakan metode *tuning*. Metode *tuning* PID yang paling umum digunakan adalah metode Ziegler-Nichols metode 1 dan metode 2. Ziegler-Nichols metode 1 digunakan untuk sistem siklus terbuka dan Ziegler-Nichols metode 2 digunakan untuk sistem siklus tertutup. Blok diagram PID siklus tertutup dapat dilihat pada **Gambar 12**.



Gambar 12. Blok Diagram PID Sistem Siklus Tertutup

Pada penelitian ini digunakan metode Ziegler-Nichols metode 2 dan langkah-langkah dalam menggunakan Ziegler-nichols metode 2:

1. Proses dalam keadaan stabil (tidak ada perubahan pada proses variabel)
2. Hentikan osilasi dengan menggunakan mode manual jika proses variabel dalam keadaan osilasi
3. Hilangkan kontroler *integral*
4. Jika menggunakan *integraltime* (Ti), berikan nilai yang sangat besar pada parameter *integral* (contoh: 9999). Jika menggunakan *integralgain* (Ki), berikan nilai nol pada parameter *integral*
5. Hilangkan kontroler *derivative* (Kd=0 atau Td=0)
6. Buat perubahan pada *set point* dan catat hasil keluaran
7. Naikkan nilai Kp/Kc.
8. Jika proses variabel tidak berhasil, perbesar nilai Kp/Kc
9. Jika ketinggian puncak dari proses variabel menurun, perbesar nilai Kp/Kc
10. Jika ketinggian puncak dari proses variabel meningkat, perkecil nilai Kp/Kc
11. Jika proses variabel atau kontroler keluaran menyentuh batas maksimum dan minimum, perkecil nilai Kp/Kc
12. Jika osilasi berhenti, ulangi langkah 6
13. Jika terjadi osilasi tetapi tidak dengan ketinggian konstan, ulangi langkah 8 dan 9
14. Jika terjadi osilasi dengan ketinggian konstan, dan proses variabel dan kontroler keluaran tidak menyentuh batas maksimum dan minimumnya.

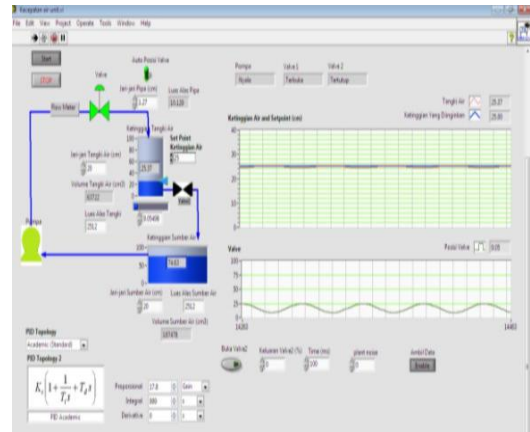
Tabel 1 Ziegler-Nichols Metode 2

Kontrol Tipe	Kp	Ti	Td
P	0.5Ku	∞	0
PI	0.45Ku	0.83Tu	0
PID	0.6Ku	0.5Tu	0.125Tu

H. Pengujian Sistem

Pada percobaan ini nilai Ti yang diberikan adalah 999, 9999, 99999 dan 999999. Perbedaan dari nilai Ti pada percobaan dilakukan untuk melihat pengaruh yang ditimbulkan nilai Ti.

Pada percobaan 1 yang dapat dilihat pada Gambar 3.3.1 dengan Ti = 999s, keluaran mengalami osilasi konstan pada Kc = 17.8 dengan Tu = 4.5s. Data pengujian dimasukkan kedalam tabel Ziegler-Nichols di-dapatkan nilai Kp, Ti dan Td yang dapat dilihat pada **Tabel 2**.

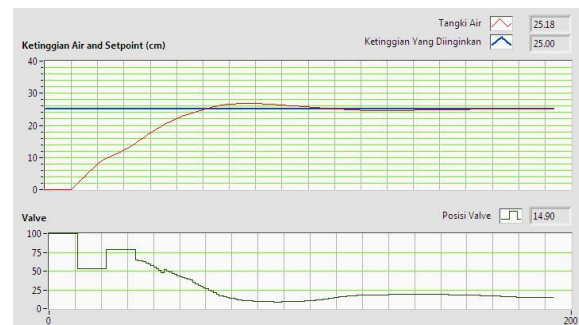


Gambar 13. Front panel dari pengontrolan level air

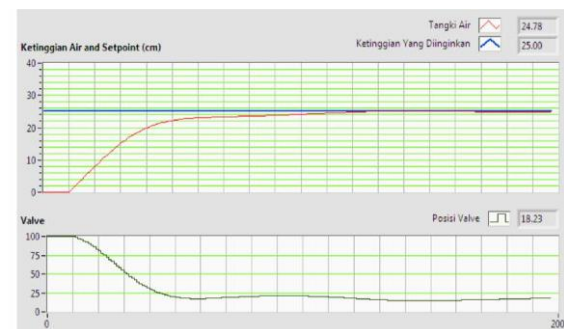
Tabel 2 Kp, Ti, Td percobaan 1

ID Tipe	Kp	Ti	Td
P	8.9	∞	0
PI	8.01	3.735	0
PID	10.68	2.25	0.5625

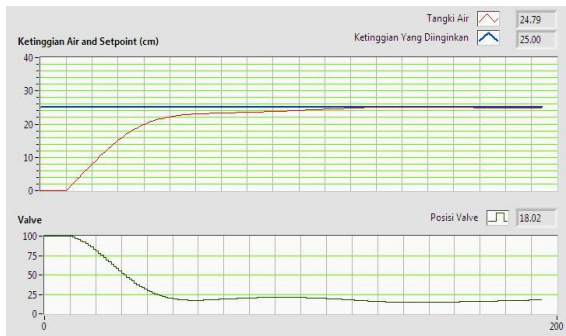
Pengambilan data baru dengan data dari Tabel 2. Data hasil PID *ideal* dapat dilihat pada **Gambar 14** dan **15** Data hasil PID *series* dapat dilihat pada **Gambar 16** dan **Gambar 17**.



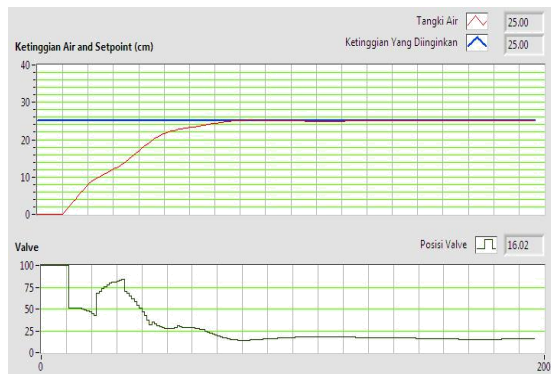
Gambar 14. Hasil pengujian PID tipe Ideal



Gambar 15. Hasil percobaan PID ideal tipe PI



Gambar 16. Hasil Percobaan PID series tipe PID



Gambar 17. Hasil percobaan PID series tipe PI

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pada hasil pengujian maka diperoleh simpulan sebagai berikut:

1. Bila menggunakan T_i sebagai aksi integral dalam metode zigler-nichols, semakin besar nilai T_i , semakin kecil nilai K_p yang

dibutuhkan agar proses variableberosilasi dengan ketinggian konstan.

2. Keluaran lebih cepat stabil dengan menggunakan kontroler PI.
3. Algoritma PID ideal dan PID series tidak berbeda saat tidak menggunakan kontroler derivative.
4. Dengan adanya kontroler derivative, PID ideal dan series memiliki keluaran yang berbeda. PID ideal menghasilkan rise time yang lebih cepat daripada PID series dan PID ideal menghasilkan overshoot sedangkan PID series tidak menghasilkan overshoot.

Sistem pengendalian volume tangki dapat dilakukan dengan mekanisme sederhana seperti pada simulasi ini. Hal ini dapat dikembangkan menjadi sistem yang lebih baik lagi seperti menggunakan pengendali otomatis baik PID, fuzzy logic dan sebagainya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yazid, Edwar. "Penerapan kendali cerdas pada sistem tangki air menggunakan logika fuzzy." *Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia* 9.2 (2009): 11-23.
- [2] Sadli, Muhammad. "Disain Kontroler PI dengan Decoupling pada Sistem Kendali Level Coupled Tank." *Jurnal ECOTIPE* 1.2 (2014): 29-35.
- [3] Martani, Maylita, and Endarko Endarko. "Perancangan dan Pembuatan Sensor Level Untuk Sistem Kontrol pada Proses Pengendapan CaCO_3 dalam Air dengan Metode Medan Magnet." *Jurnal Sains dan Seni ITS* 3.2 (2014): B64-B68.
- [4] Syahreza, Saumi. "Rancang Bangun Pengendali Otomatik Ketinggian Fluida dan Temperatur Menggunakan Programmable Logic Controller (PLC)." *Jurnal Rekayasa ElektriKa* 9.1 (2010): 36-42.