

# Telemetry dan Kendali Hibrida pada Tanki Fluida

## Telemetry and Hybrid Control of Fluid Tank

Tito Naufal Ghifary<sup>1\*</sup>, Agung Surya Wibowo<sup>2</sup>, M. Zakiyullah Romdlony<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>Universitas Telkom

Jl. Telekomunikasi No. 1, (022) 7566456

ifalghifary@student.telkomuniversity.ac.id<sup>1\*</sup>, agungsw@telkomuniversity.ac.id<sup>2</sup>,  
zakiyullah@telkomuniversity.ac.id<sup>3</sup>

**Abstrak** – *Fluid Level Control* adalah sebuah sistem kendali yang berfungsi mengatur ketinggian fluida pada sebuah tanki. Dalam realisasinya, *Fluid Level Control* diterapkan sebagai alat peraga sistem kendali dalam praktikum sistem kendali digital. Saat ini, alat peraga yang banyak dijual oleh pabrik harganya cukup mahal, dan sistem kendalinya masih bersifat komunikasi serial. Oleh karenanya *Fluid Level Control* ini hadir sebagai alternatif dengan menggunakan konsep kendali berbasis *Internet Of Things (IoT)*, sehingga mekanisme kendali fluida dapat dilakukan secara jarak jauh. Sistem berjalan menggunakan kendali *PID* ganda untuk mengatur gerak pompa fluida. Dalam implementasinya, proses kendali ini menggunakan sistem kerja loop tertutup. Berbeda dengan *PID* konvensional, pengendali *PID* ganda bekerja dalam dua kondisi. Pertama saat nilai error kurang dari 1cm, dan kedua saat error lebih dari 1cm. Sedangkan untuk telemetrinya, menggunakan modul *ESP8266*. Sehingga, nilai aktual ketinggian fluida dapat ditampilkan pada smartphone maupun PC melalui web. Hasil penelitian menggunakan metode *PID* ganda dengan parameter Nilai Konstanta *PID*  $K_{p1}=300, K_{p2}=150, K_i=40,$  dan  $K_d=20,$  serta menggunakan filter *Moving Average*, performa sistem berjalan dengan baik pada saat setpoint 10cm dan dapat digunakan sebagai alternatif alat peraga sistem kendali digital dengan harga yang lebih murah. Dan juga sistem ini dapat lebih user friendly, karena nilai setpoint ketinggian fluida, serta konstanta *PID* dapat diatur dari web.

**Kata Kunci:** Telemetry, *PID*, Level Control, Kendali Hibrida.

**Abstract** - *Fluid Level Control* is a control system that regulate the fluid level in a tank. In practically, *Fluid Level Control* is applied as a control system experimenter in the digital control system practicum. Currently, devices that produced by factories are quite expensive, and the control system use serial communication. Therefore this *Fluid Level Control* comes as an alternative by using the concept *Internet of Things (IoT)*, so that the fluid control mechanism can be done remotely. The system runs using dual *PID* controls to regulate fluid pump speed. The implementation of this control process uses a closed loop system. In contrast to conventional *PID*, dual *PID* controllers work in two conditions. First when the error value is less than 1 cm, and second when the error is more than 1cm. As for the telemetry, the *ESP8266* is used. Thus, the actual value of fluid heights can be displayed on smartphones and PCs via the web. The results of the research used the double *PID* method with the *PID* Constant Value specifications  $K_{p1} = 300, K_{p2} = 150, K_i = 40,$  and  $K_d = 20,$  as well as using the *Moving Average* filter, the system performance is running well at the 10cm setpoint and can be used as an alternative device for digital control system with a cheaper price. And also this system can be more user friendly, because the setpoint value, and the *PID* constant can be set from the web.

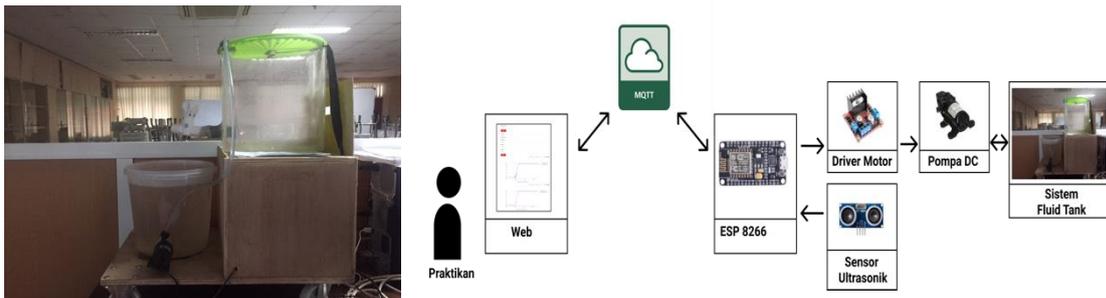
**Keywords:** Telemetry, *PID*, Level Control, Hybrid Control.

**1. Pendahuluan**

Kendali proses adalah sistem yang menangani kendali dan pemantauan proses untuk fasilitas atau peralatan. 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[1]. Dalam prosesnya, dibutuhkan input dari sensor dan instrumentasi proses untuk memberikan output berdasarkan desain kendali yang dibuat. Salahsatu contoh kendali proses adalah dalam hal pengendalian ketinggian fluida.

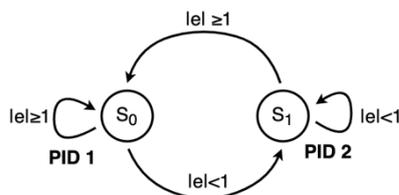
Metode kendali yang baik sangat dibutuhkan untuk dapat menunjang proses berjalannya industri tersebut serta untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi dalam proses produksi. Dalam sistem kendali, metode PID termasuk paling populer yang digunakan. Berdasarkan survei, 97% industri yang bergerak dalam bidang proses (seperti industri kimia, pulp, makanan, minyak dan gas) menggunakan PID sebagai komponen utama dalam pengontrolannya[2].

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan desain sebuah kendali level ketinggian fluida yang digunakan untuk keperluan alat peraga dalam praktikum sistem kendali digital Universitas Telkom. Harapannya, dengan adanya sistem kendali *fluid level* pada tanki fluida, maka persediaan fluida agar tetap stabil serta tidak melebihi tinggi dari setpoint yang telah ditentukan.



Gambar 1. Gambaran Umum Sistem *Fluid Level Control*.

Beberapa penelitian sebelumnya tentang *Fluid Level Control* ini sudah dilakukan seperti pada [1], [5], [10], [11] . Fokus penelitian sebelumnya, hanya tertuju pada metode kendalinya, dan terkadang memerlukan analisis matematik yang kompleks. Sedangkan pada penelitian ini, alih-alih menggunakan pendekatan model matematis, disusunlah sistem dengan menggunakan kendali hibrida. Metode ini menawarkan sistem pengendali yang dapat berubah (*Switching*) tergantung dari kondisi nilai error. Perubahan ini didefinisikan sebagai *discrete-event* dengan model seperti Gambar 2. Selain itu, penambahan yang dilakukan pada penelitian ini dibandingkan dengan sebelumnya adalah adanya sistem telemetri berbasis Web.



Gambar 2. Diagram state Kendali PID Hibrida.

Catatan:

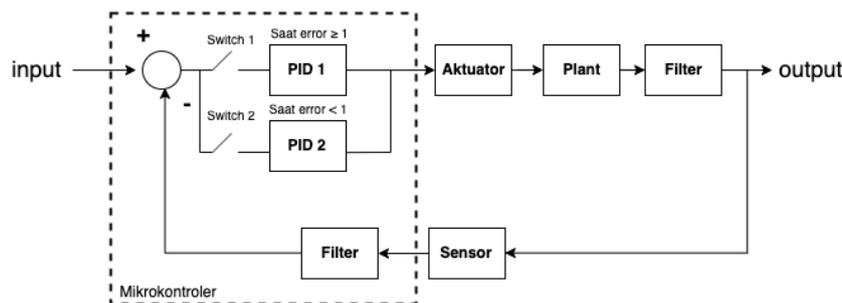
- S<sub>0</sub>=State saat error < 1
- S<sub>1</sub>=State saat error >=1

Dalam merealisasikan desain kendali ketinggian fluida tersebut, penulis akan merancang suatu desain kendali dengan algoritma PID dalam bahasa pemrograman C untuk proses kendali ketinggian fluida pada tanki tersebut. Sistem kerja *Fluid Level Control* ini menggunakan pompa fluida sebagai aktuator, sensor berupa sensor ultrasonik serta dua tanki yang salah satunya ada kran untuk mengatur debit fluida pada salah satu tanki. Sedangkan untuk sistem telemetrinya, menggunakan modul ESP8266 dengan tujuan nilai aktual ketinggian fluida dapat ditampilkan pada web secara *realtime* sehingga dapat diakses pada PC maupun smartphone.

**2. Metode Penelitian**

Rumusan masalah dari penelitian ini yaitu bagaimana merancang prototipe tanki fluida, mekanisme pengendalian dengan menggunakan metode PID, serta *monitoring* sistem menggunakan web. Implementasi dan kinerja dari perancangan sistem *Fluid Level Control* menggunakan Node-MCU (ESP 8266). Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu merancang sebuah pengendali yang dapat digunakan untuk kendali level ketinggian fluida pada tanki sehingga nilai *error*nya mendekati 0cm dan mampu di *monitoring* secara *realtime* dari web.

**2.1. Diagram Blok Sistem dengan PID Hibrida**



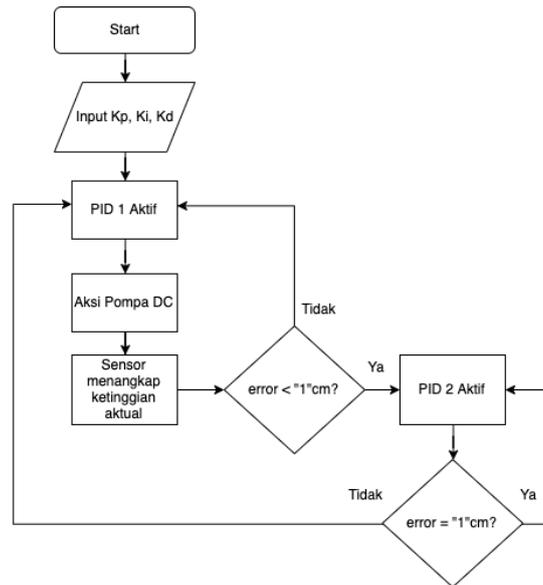
Gambar 3. Diagram Blok Sistem dengan Model Kendali PID Hibrida.

Agar level fluida dapat stabil pada *setpoint* tertentu, perlu dibangun sebuah sistem kendali. Sistem kendali adalah susunan beberapa komponen yang terangkai membentuk aksi pengendalian[2]. Implementasi kendali yang digunakan pada penelitian kali ini adalah dengan menggunakan metode PID. Pengendali PID (*Proportional plus Integral plus Dervevative*) adalah pengendali yang sering digunakan dalam sistem kendali industri(sistem teknik kendali).

Kendali PID ini dapat dipakai secara bersamaan maupun masing-masing, penggunaannya tergantung dari respon yang diinginkan terhadap suatu plant. Adapun persamaan untuk kendali PID waktu kontinyu yaitu:

$$m(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt} \tag{1}$$

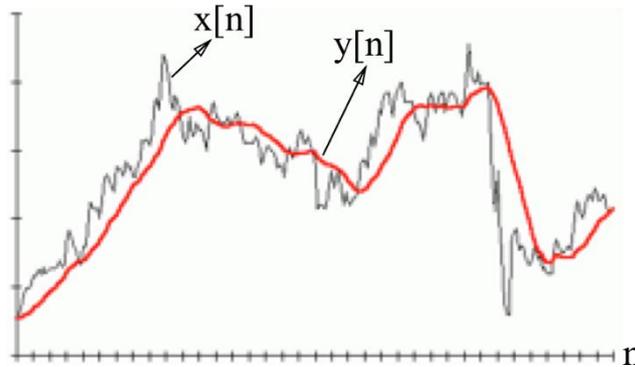
Dalam penelitian ini, model kendali yang digunakan yaitu dengan metode kendali PID ganda. Dimana pada saat kondisi respon sistem mendekati *setpoint* dengan jarak interval sebesar 1 cm, maka secara otomatis akan berpindah dari kendali PID 1 menuju kendali PID 2. Diagram alir penerapan PID ganda dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Alir Sistem dengan Kendali PID Hibrida (Ganda).

**2.2. Filter Moving Average**

Pada sistem *Fluid Level Control* ini, penulis menggunakan metode *moving average* sebagai filter dari output ketinggian fluida. Hal ini dilakukan dengan harapan hasil respon sistem ketinggian fluida dapat lebih halus. Ilustrasi perbandingan hasil grafik antara menggunakan *filter moving average* dan tidak dapat dilihat pada Gambar 5. Terlihat bahwa hasil respon sistem menggunakan *filter moving average* lebih halus.



Gambar 5. Perbandingan Respon Sistem Menggunakan *Filter Moving Average*[3].

Adapun persamaan umum filter *moving average* adalah sebagai berikut.

$$y[n] = \frac{x[n] + x[n - 1] + x[n - 2] \dots \dots x[n - 9]}{10} \tag{2}$$

Sedangkan untuk persamaan *update moving average* adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} x[n - 9] &= x[n - 8] \\ x[n - 8] &= x[n - 7] \\ &\vdots \\ &\vdots \\ &\vdots \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}x[n - 2] &= x[n - 1] \\x[n - 1] &= x[n]\end{aligned}\quad (3)$$

Catatan:

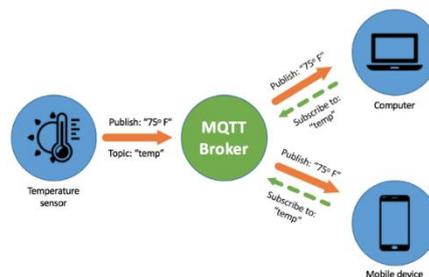
x= Input yang di filter

y= Output filter

**2.3. MQTT**

Untuk mengendalikan ketinggian fluida pada tanki secara telemetri, dibutuhkan sebuah protokol sebagai penghubung antara mikrokontroler dengan kondisi sensor pada plant. Pada penelitian kali ini, penulis menggunakan MQTT sebagai penghubung antara keduanya.

MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) adalah protokol konektivitas mesin-ke-mesin (M2M) / "*Internet of Things*". Protokol ini dirancang sebagai transportasi pengiriman mempublikasikan / berlangganan pesan yang sangat ringan. MQTT dapat digunakan untuk koneksi dengan lokasi-lokasi terpencil di mana jejak kode kecil diperlukan dan atau *bandwidth* jaringan sangat mahal. Protokol ini juga ideal untuk digunakan dalam aplikasi seluler karena ukurannya yang kecil, penggunaan daya yang rendah, dan distribusi informasi yang efisien ke satu atau banyak penerima.



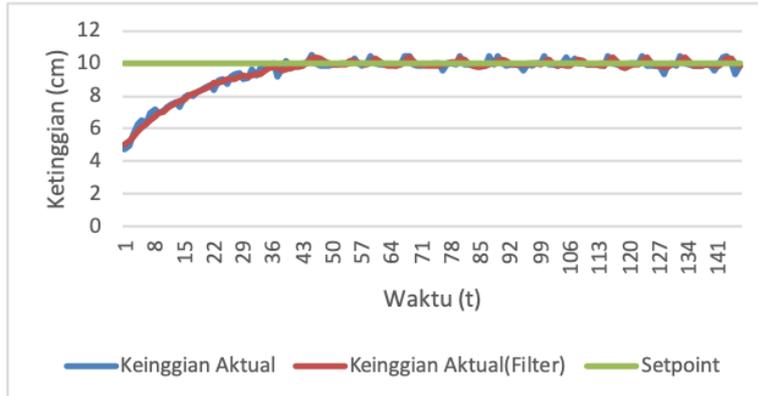
Gambar 6. Ilustrasi Fungsi Kerja MQTT.

**3. Hasil dan Pembahasan**

Realisasi prototipe *Fluid Level Control* adalah dalam bentuk tanki dengan ukuran 10 x 25 x 25 cm berbahan akrilik dengan fungsi tanki pertama sebagai *plant* yang terkontrol, sedangkan tanki kedua berfungsi sebagai *reservoir*. Pada bagian tanki pertama terdapat kran untuk jalur air mengalir, dan pada tanki kedua terpasang pompa dc yang dapat dikendalikan dengan mikrokontroler.

**3.1. Pengaruh Filter Moving Average Terhadap Respon Sistem**

Percobaan ini dilakukan dengan cara membaca sensor ultrasonik beberapa data, kemudian dilakukan perhitungan rata-rata secara kontinyu. Tujuannya adalah untuk memperhalus respon sistem saat bekerja. Hasil Perbandingan respon sistem saat menggunakan filter moving average dapat dilihat pada Gambar 7.

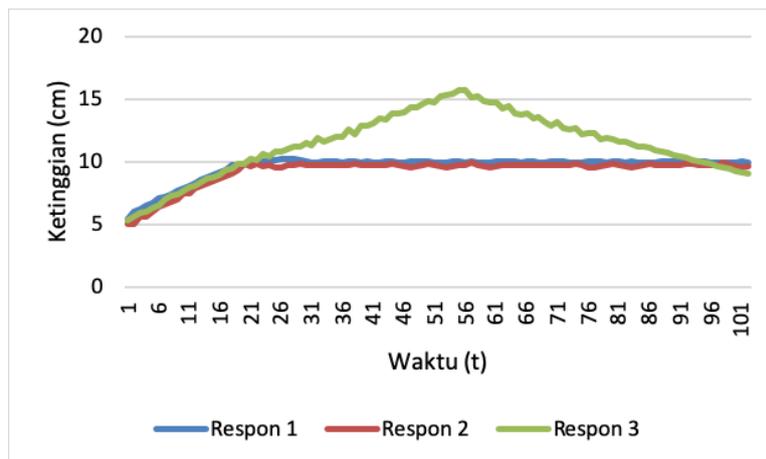


Gambar 7. Perbandingan Respon Sistem Saat Menggunakan *Filter Moving Average*.

Hasil menunjukkan bahwa respon sistem saat menggunakan *filter moving average* terlihat lebih halus, sehingga pembacaan ketinggian oleh sensor ultrasonik dapat diminimalisir *error*nya.

**3.2. Pengaruh Sistem Saat Menggunakan PID Tunggal dan Hibrida**

Pengujian ini dilakukan untuk membuat kendali PID yang tidak agresif saat mendekati setpoint ketinggian fluida. Hasil perbandingan respon saat menggunakan PID tunggal dan PID ganda dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Respon Sistem Antara Menggunakan PID Tunggal dan PID Hibrida.

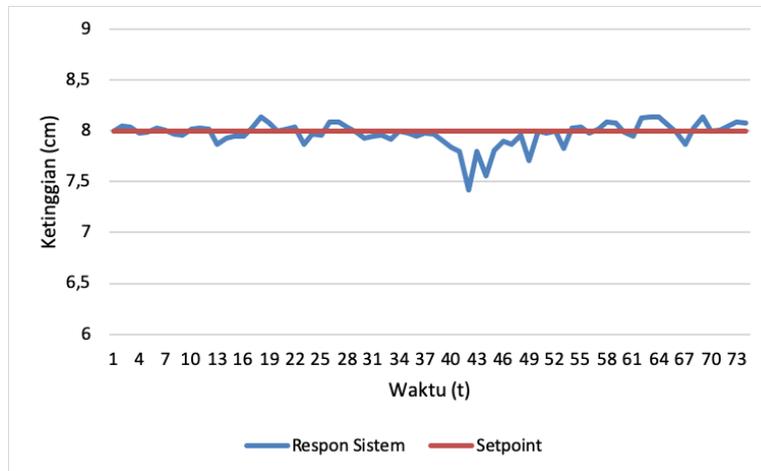
Dari Gambar 8 dapat disimpulkan bahwa sistem dengan PID tunggal respon sistem lebih agresif dibandingkan dengan saat menggunakan PID ganda. Nilai *Overshoot* menunjukkan jauh lebih besar ketika menggunakan PID tunggal.

Tabel 1. Perbandingan Konstanta PID Terhadap Respon Sistem.

Grafik	Kontroler	$K_{p1}$	$K_{p2}$	$K_i$	$K_d$	Overshoot (cm)	Settling Time(s)
Respon 1	PID Ganda	300	150	40	20	0.24	33
Respon 2	PID Tunggal(Agresif)	300	0	0	0	0	34
Respon 3	PID Tunggal	150	0	40	20	5.7	>100

**3.3. Pengaruh *Disturbance* Terhadap Respon Sistem**

Pengujian ini dilakukan untuk melihat seberapa cepat respon sistem saat dilakukan gangguan dengan cara memperbesar/memperkecil bukaan *valve*. Dari Gambar 9 dapat disimpulkan bahwa pada saat diberikan *disturbance* pada *setpoint* bernilai 8cm, respon sistem kembali stabil setelah 8 detik.



Gambar 9. Grafik Respon Sistem Saat Diberi Gangguan.

Adapun pada pengujian di *setpoint* lainnya, dapat dilihat pada Tabel 2.

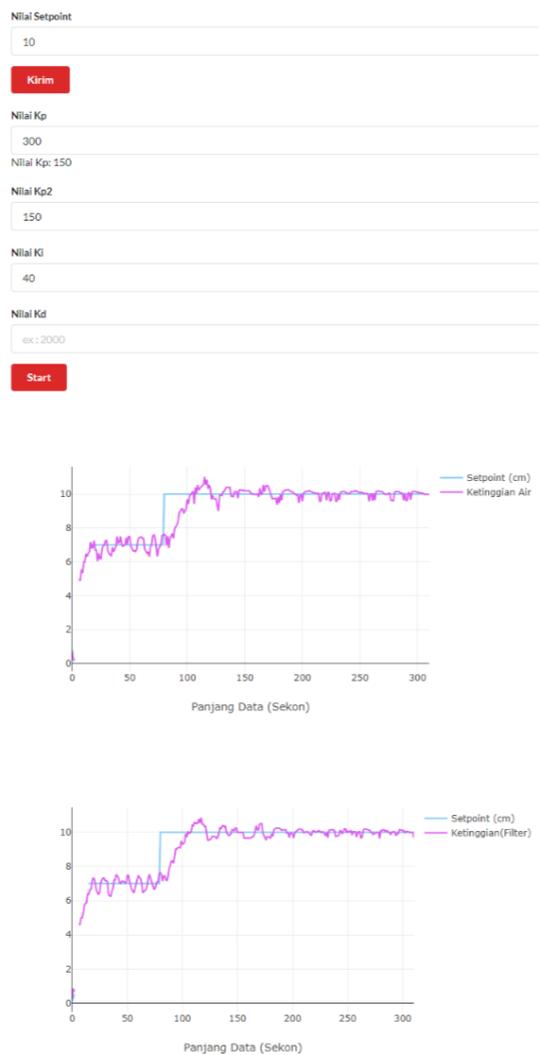
Tabel 2. Pengujian Gangguan Terhadap Sistem.

<i>Setpoint</i> (cm)	Waktu Untuk Mencapai <i>Setpoint</i> Setelah diberi gangguan (detik)
8	8
10	16
11	24
12	44
13	29

Berdasarkan Tabel 2 hasil menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai *setpoint* pada system *Fluid Level Control*, maka tren waktu untuk kembali kepada *setpoint* semakin lama (kecuali pada *setpoint* 13cm).

**3.4. Telemetri Menggunakan Web**

Pada tahap ini dilakukan pembuatan GUI agar user (*praktikan*) dapat memberikan masukkan berupa *setpoint*, Konstanta PID ( $K_p, K_i, K_d$ ), serta dapat memantau kondisi *realtime* respon sistem dari internet. Dalam hal ini, web dibuat menggunakan *framework* “semantic”, serta “javascript” untuk tampilan respon grafik sistem. Adapun kecepatan kirim data dari mikrokontroler ke *web server* adalah 1data/detik.



Gambar 10. Tampilan GUI pada Web.

#### 4. Kesimpulan

Sistem *Fluid Level Control* dengan menggunakan kendali PID Ganda dan filter *Moving Average* dapat berjalan lebih baik jika dibandingkan dengan hanya menggunakan PID Tunggal tanpa filter *Moving Average*. Hasil respon sistem juga dapat di pantau pada *web*, dan user dapat melakukan proses *tunning* secara *realtime*. *Disturbance* yang diberikan dapat diredam dalam dengan baik. Dari sisi harga, tentu sistem *Fluid Level Control* ini lebih murah dibandingkan dengan buatan pabrik. Sehingga, dapat dijadikan alternatif sebagai alat peraga dalam menunjang proses berjalannya praktikum Sistem Kendali Digital di Universitas Telkom.

**Referensi**

- [1] E. Yazid, "Penerapan Kendali Cerdas Pada Sistem Tangki Air Menggunakan Logika Fuzzy," *Himpun. Fis. Indones.*, vol. 9, no. 2, pp. 11–23, 2009.
- [2] I. Setiawan, *Kontrol PID untuk Proses Industri*, no. March. Surabaya: PT. Elex Media Komputindo, 2008.
- [3] S. van Drunen, "BRIGHTNESS, ANALOG > DIGITAL", Septmber 2015. [Online]. Tersedia: <https://www.lightsaga.com/brightness-analog-digital/> Diakses pada [Okt. 21, 2019]."
- [4] K. Ogata, *Modern Control Engineering* K Ogata 5Th Edition, vol. 4, no. 3. 1970.
- [5] L. Y. Km, R. D. Kadek, and A. W. Nyoman, "Rancang Bangun Mesin Pompa Air Dengan Sistem Recharging," *J. Jur. Pendidik. Tek. Mesin*, vol. 8, p. 10, 2017.
- [6] P. Evan, "Berkenalan Dengan Teknologi MQTT", November 2015. [Online]. Tersedia: <https://medium.com/pujanggateknologi/berkenalan-dengan-teknologi-mqtt-7e63cab9d00d> Diakses pada [Nov. 11, 2019].
- [7] A. Kadir, *Arduino Dan Sensor*. Yogyakarta: ANDI, 2018.
- [8] Hari, "Cara Kerja Sensor Ultrasonik, Rangkaian, & Aplikasinya", 2014. [Online]. Tersedia: <https://www.elangsakti.com/p/here-we-are.html> Diakses pada [Nov. 11, 2019].
- [9] K. Ogata, *Teknik Kontrol Otomatik Jilid 1*, 1st ed. Jakarta: Penerbit Erlanga, 1995.
- [10] Pratama, Sony Cahya, Erwin Susanto, and Agung Surya Wibowo. "Design and implementation of water level control using gain scheduling PID back calculation integrator Anti Windup." *2016 International Conference on Control, Electronics, Renewable Energy and Communications (ICCEREC)*. IEEE, 2016.
- [11] Almanda, Singgih Prabowo, Erwin Susanto, and Agung Surya Wibowo. "Desain Dan Implementasi Kontrol Ketinggian Air Menggunakan Kontrol Pid Adaptif." *eProceedings of Engineering* 3.3 (2016).
- [12] Bolton, William. *"Sistem Instrumentasi dan Sistem Kontrol."* Erlangga, Jakarta (2006).
- [13] Ogata, Katsuhiko. *"Teknik Kontrol Otomatik"*. Penerbit Erlangga, 1985.