

SISTEM KONTROL DAN MONITORING KUALITAS AIR PADA PARAMETER pH

David Kevin Barus^{*)}, Budi Setiyono dan Hadha Afrisal

Program Studi Sarjana Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail: davidbarus0208@gmail.com

Abstrak

Pada era teknologi, hampir seluruh bidang pekerjaan menggunakan mesin untuk melakukan tugasnya agar mendapatkan hasil yang optimal, terutama dalam bidang budidaya perikanan. Maka dari itu, penulis melakukan penelitian tugas akhir dengan merancang sistem kontrol dan monitoring kualitas air parameter pH air pada budidaya ikan koi dengan menggunakan pengontrolan PID-Gain Scheduling (PID-GS) dan thingspeak untuk pemantauannya. Dalam kasus ini, kontrol PID-GS digunakan untuk mengatur kecepatan motor pompa DC 12V yang akan mengalirkan isi cairan buffer pH asam dan pH basa. Penjadwalan yang digunakan untuk mengganti nilai parameter PID berupa nilai error yang mana penjadwalan tersebut akan dibagi menjadi 3 jenis, yaitu $e > 3$; $1,5 < e \leq 3$ dan $0 < e \leq 1,5$. Metode tuning parameter PID menggunakan Ziegler-Nichols 1. Pemantauan pada nilai pH dilakukan dengan menggunakan web server thingspeak. Dari hasil pengujian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa metode kontrol PID-GS memiliki hasil yang optimal dibandingkan dengan metode kontrol PID-Conventional (PID-C).

Kata kunci: Ikan koi, pH, Kontrol PID-GS, Monitoring, Internet of Things (IoT).

Abstract

Within the time of technology, almost all fields of work use machines to perform their duties in order to obtain optimal results, especially in the field of aquaculture. Therefore, the author conducted a final project research by designing a water quality control and monitoring system for water pH parameters in koi fish farming using PID-Gain Scheduling (PID-GS) and thingspeak control for monitoring. In this case, the PID-GS control is used to adjust the speed of the 12V DC pump motor which will drain the contents of the acidic pH and alkaline pH buffer fluids. The scheduler used to change the PID parameter value is an error value in which the scheduling will be divided into 3 types, namely $e > 3$; $1,5 < e \leq 3$ and $0 < e \leq 1,5$. The PID parameter tuning method uses Ziegler-Nichols 1. Monitoring of the pH value is carried out using the Thingspeak web server. From the results of the tests carried out, it can be concluded that the PID-GS control method has optimal results compared to the PID-Conventional control method (PID-C).

Keywords: Koi fish, pH, PID-GS Control, Monitoring, Internet of Things (IoT).

1. Pendahuluan

Pada budidaya ikan koi, salah satu yang harus dipertimbangkan untuk menghasilkan ikan hias koi yang baik adalah kualitas air. Parameter kualitas air utama yang memengaruhi perkembangan ikan hias koi diantaranya tingkat derajat keasamaan air, suhu air, serta tingkat kelarutan oksigen (DO) pada air [1]. Akan tetapi, pemilik budidaya ikan koi sangat kesulitan untuk mengukur parameter kualitas air serta memantaunya jika ada perubahan kondisi ketidaksesuaian suhu, pH, dan DO air [2].

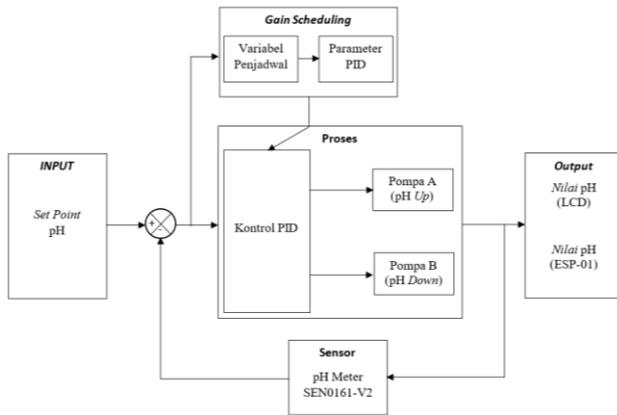
Penulis berniat membuat suatu alat atau sistem yang akan menjaga kestabilan pH air, yaitu "Sistem kontrol dan monitoring kualitas air pada parameter pH". Untuk

pengontrolan, sistem ini menggunakan kontroler PID-Gain Scheduling (PID-GS) untuk mengontrol tingkat pH air. Dengan menggunakan sensor pH Meter SEN0161-V2 untuk membaca nilai pH air, sensor ultrasonik HC-SR04 untuk memantau isi dari wadah cairan *buffer* [3]. Aktuator yang digunakan berupa motor pompa DC 12V untuk memberikan cairan *buffer* serta *buzzer* yang berfungsi sebagai alarm jika isi botol cairan *buffer* habis [4]. Untuk mencari nilai parameter Kp, Ki, dan Kd menggunakan metode Ziegler Nichols 1, sedangkan penjadwalan yang digunakan berupa nilai *error* dari pembacaan sensor [5]. Untuk sistem *monitoring*, dibagi menjadi 2 jenis, yaitu *monitoring offline* dan *online*. Untuk *monitoring offline*, menggunakan LCD yang akan menampilkan data pada pembacaan sensor pH. Sedangkan untuk *monitoring online*, menggunakan *web server thingspeak*. Data pembacaan sensor pH akan dikirimkan ke *cloud server*

melalui modul Wi-Fi ESP8266 dan data tersebut akan ditampilkan melalui *web thingspeak*.

2. Metode

2.1. Perancangan Sistem



Gambar 1. Blok diagram sistem kontrol dan monitoring pH air

Keterangan blok diagram pada Gambar 1 di atas adalah:

a. Bagian Input

Sistem kontrol dan monitoring pH air ikan koi akan diberikan data masukan berupa nilai *setpoint* pH. Nilai *setpoint* ini yang akan dibandingkan oleh pembacaan sensor pH Meter SEN0161-V2 hingga nilai pH pembacaan sensor sama dengan nilai *setpoint* [6].

b. Bagian Proses

Arduino UNO berfungsi sebagai mikrokontroler yang akan mengolah data masukan yang sudah didapatkan [7]. Bagian proses sistem kontrol akan mengendalikan derajat keasamaan pada kolam ikan koi hingga mencapai target *setpoint* yang sudah ditentukan. Cara sistem mengatur tingkat pH air dengan menggunakan motor pompa DC 12V

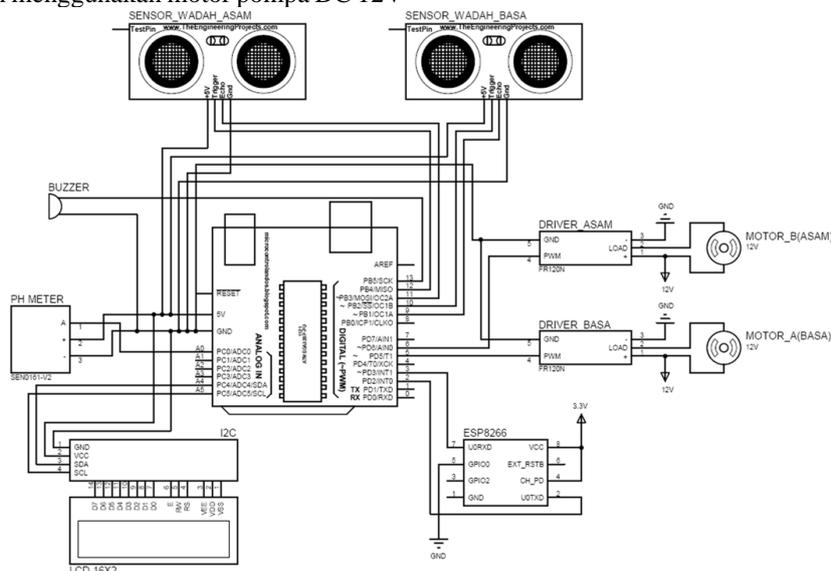
yang berperan sebagai aktuator [8]. Sensor yang digunakan adalah pH Meter SEN0161-V2 yang akan membaca perubahan nilai pH pada kolam. LCD digunakan untuk menampilkan data pH air secara *offline* dan *web server thingspeak* yang akan menampilkan data pH air secara *online*. Metode kontrol yang digunakan adalah kontrol PID berfungsi untuk mengontrol kecepatan motor pompa DC 12V melalui *driver motor* FR120N. Sedangkan *gain scheduling* berfungsi untuk mengubah atau menajadwal beberapa parameter kontrol PID berdasarkan variabel penjadwal yang sudah ditentukan. Variabel penjadwal yang akan digunakan adalah nilai *error* dari sistem kontrol pH.

c. Bagian output

Pada bagian ini, ada 2 komponen yang akan menampilkan data pembacaan sensor. Pertama adalah LCD yang akan menampilkan keluaran digital data mikrokontroler dari hasil pembacaan sensor pH meter yang sudah dikendalikan secara *offline*. Kedua adalah menggunakan modul ESP8266 yang akan mengirimkan data pembacaan sensor ke *web server thingspeak* secara *online* [9].

2.2. Perancangan Mikrokontroler

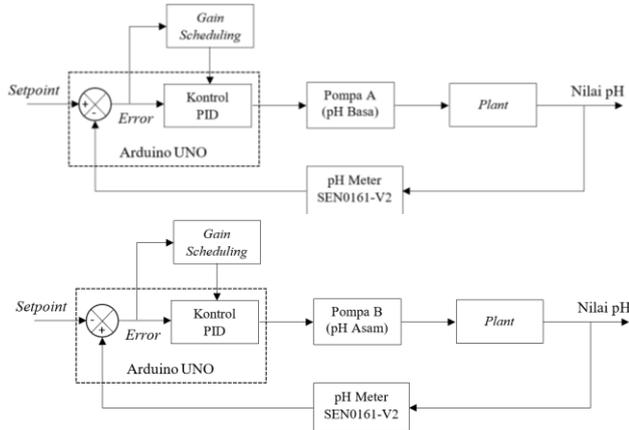
Mikrokontroler berperan sebagai pengendali utama pada perangkat prototipe alat yang digunakan pada penelitian ini. Arduino UNO merupakan mikrokontroler yang akan digunakan untuk alat yang diteliti ini. Sensor yang digunakan ada 1 sensor pH meter dan 2 sensor ultrasonik. Aktuator yang digunakan ada 2 buah motor pompa DC dan 1 *buzzer*. LCD 16 x 2 digunakan untuk *monitoring* secara *offline* dan ESP8266 digunakan untuk mengirimkan data pembacaan ke *web server thingspeak*. Perancangan mikrokontroler pada sistem kontrol dan monitoring pH air dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Schematic diagram sistem kontrol dan monitoring pH air

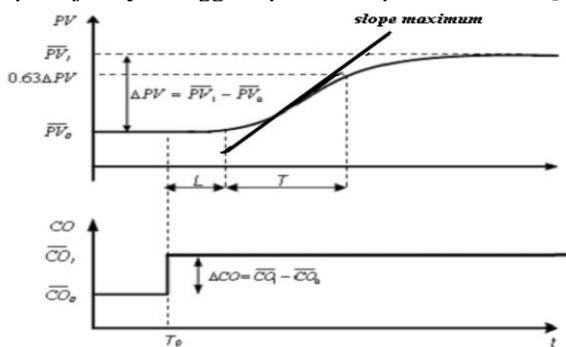
2.3. Perancangan Kontroler PID-Gain Scheduling

Sistem kontrol pH air menggunakan metode kontrol PID-Gain scheduling (PID-GS), yang mana kontrol PID-GS digunakan untuk mengontrol motor pompa DC 12V agar nilai pH dalam air tetap terjaga sesuai dengan *setpoint*. Gambar 3. menunjukkan diagram blok sistem kontrol pH basa dan asam.



Gambar 3. Diagram blok sistem kontrol pH basa dan asam

Sistem kontrol pH air baik itu sistem kontrol pH asam maupun sistem kontrol pH basa menggunakan nilai *error* sebagai variabel penjadwal (SV). Variabel penjadwal inilah yang dapat menentukan kapan parameter PID tersebut digunakan. Untuk sistem ini, *range* nilai *error* yang digunakan adalah 0 sampai dengan 3, dengan pembagian jadwalnya adalah : $e < 3$; $1,5 < e \leq 3$; $0 < e \leq 1,5$. Penelitian ini menggunakan metode tuning parameter kontrol PID dengan Ziegler-Nichols 1. Metode tuning ZN-1 menggunakan masukan sinyal tangga dalam sistem *open loop*, yang mana hasil respon sistem tersebut berbentuk S. Respon uji sinyal tangga dapat dilihat pada Gambar 4 [10].



Gambar 4. Grafik respon sinyal tangga [10]

Pada Gambar 4, parameter-parameter yang akan didapatkan pada respon sinyal tangga adalah sebagai berikut:

- a. Keterlambatan transportasi proses (L) – waktu yang terjadi dalam proses yang dihitung dari saat perubahan sinyal tangga pada keluaran kontroler (CO) hingga keluaran variable proses terkontrol (PV) mulai merespon perubahan CO.

- b. Konstanta waktu (T) – waktu yang dibutuhkan sampai nilai PV mencapai 63,2 % dari keadaan *steady* akhir setelah waktu tunda.

Dengan parameter L dan T yang telah didapat, maka nilai parameter kontrol PID dapat dicari. Rumus untuk parameter PID terdapat pada Tabel 1 [11].

Tabel 1. Rumus tuning PID Ziegler-Nichols 1 [11]

Kontrol	Kp	Ki	Kd
P	T/L	-	-
PI	0,9T/L	3,33L	-
PID	1,2T/L	2L	0,5L

Setelah mendapatkan parameter-parameter kontrol PID, maka dapat dibuat tabel penjadwalan parameter kontroler PID dari tiap masing-masing sistem kontrol pH. Tabel penjadwalan sistem kontrol pH asam dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Penjadwalan parameter kontroler PID pada sistem kontrol pH asam

Kondisi	Kp	Ki	Kd
$e > 3$	7,01205	0,04224	291
$1,5 < e \leq 3$	5,1273	0,02913	225,6
$0 < e \leq 1,5$	13,8581	0,22352	214,8

Tabel penjadwalan untuk sistem kontrol pH basa dapat dilihat pada Tabel 3.

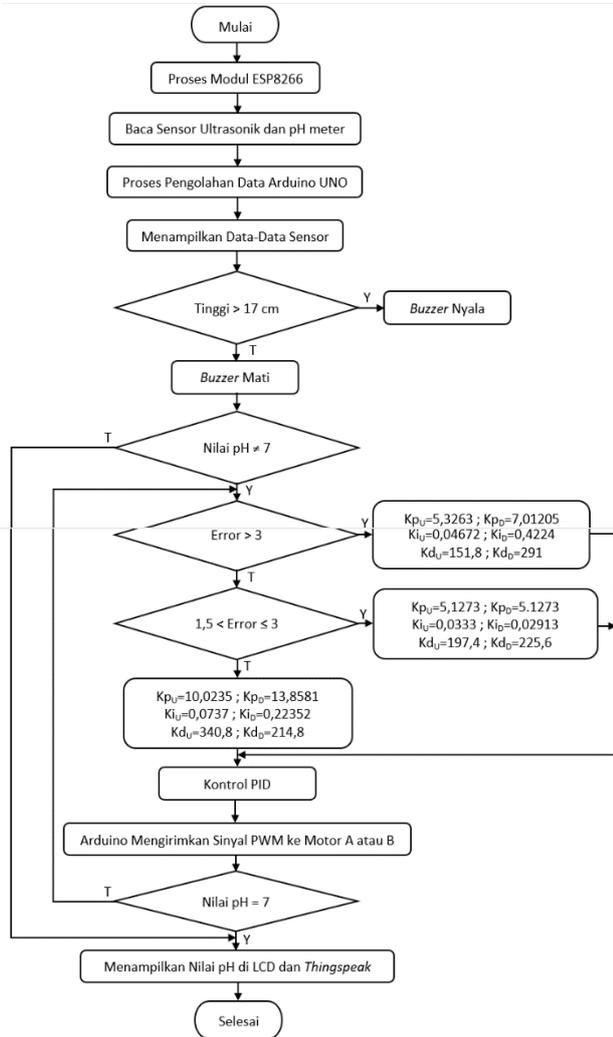
Tabel 3. Penjadwalan parameter kontroler PID pada sistem kontrol pH basa

Kondisi	Kp	Ki	Kd
$e > 3$	5,3263	0,04672	151,8
$1,5 < e \leq 3$	5,1273	0,0333	197,4
$0 < e \leq 1,5$	10,0235	0,0737	340,8

2.4. Perancangan Perangkat Lunak

Proses *flowchart* sistem kontrol dan *monitoring* pH air pada Gambar 5. menjelaskan sistem terlebih dahulu dihidupkan dengan menggunakan *power supply* 12V DC. Setelah sistem menyala, modul ESP8266 akan aktif untuk mengkoneksikan jaringan Wi-Fi ke Arduino UNO agar dapat terhubung ke internet [12]. Sensor ultrasonik HC-SR04 akan membaca ketinggian cairan pada wadah pencampuran *buffer* asam dan basa. Sensor pH Meter SEN0161-V2 membaca nilai derajat keasaman pada air dan data yang terbaca dikirimkan ke Arduino UNO. Arduino UNO menerima data dan mengolahnya ke dalam bentuk *Pulse Width Modulation* (PWM) dan dikirimkan ke *driver motor* FR120N. *Driver motor* yang telah menerima sinyal PWM akan dikonversikan menjadi tegangan untuk menggerakkan pompa air yang digunakan untuk meningkatkan maupun menurunkan pH air. Data nilai *error* terlebih dahulu dibandingkan dengan penjadwalan yang sudah ditentukan. *Range* penjadwalan dibagi menjadi 3 bagian ($e < 3$; $1,5 < e \leq 3$; $0 < e \leq 1,5$) yang masing-

masing memiliki nilai parameter PID yang berbeda-beda [13]. Data pembacaan sensor pH meter ditampilkan ke komponen LCD dan dikirimkan ke *cloud server thingspeak*



Gambar 5. Flowchart sistem kontrol dan monitoring pH air

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Implementasi Sistem

Sistem ini terdapat sensor pH Meter SEN0161-V2 untuk mengukur nilai derajat keasaman pada air. Sistem ini juga menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 yang digunakan untuk mengukur tinggi cairan pada wadah pencampuran *buffer*. Sistem ini menggunakan motor pompa DC 12V sebagai aktuator. Kecepatan pada motor DC diatur oleh *driver motor* FR120N dengan menggunakan sinyal PWM. *Buzzer* berfungsi sebagai indikator *alarm*. Metode kontrol PID-GS digunakan sebagai sistem kontrol pada motor pompa DC 12V. Sistem *monitoring* pada parameter pH air menggunakan *web server thingspeak* yang terhubung dengan modul ESP8266 untuk mengirim data ke *cloud server*. Gambar 6. menunjukkan implementasi sistem kontrol dan *monitoring* pH air.

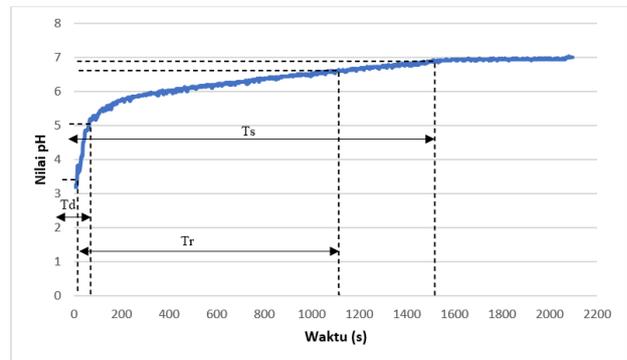


Gambar 6. Implementasi sistem kontrol dan monitoring pH air

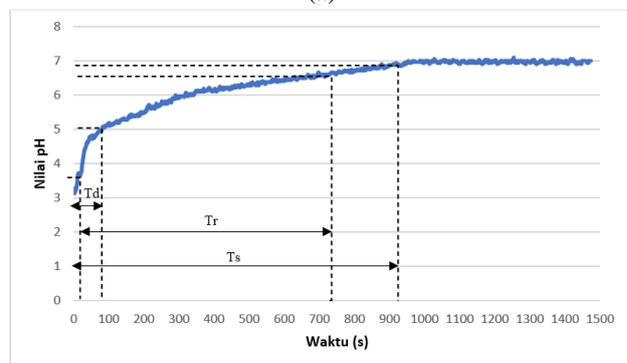
3.2. Pengujian Metode Kontroler Pada Sistem Kontrol pH Air

Pengujian sistem pengontrolan nilai pH air akan membandingkan metode kontrol PID-*Conventional* (PID-C) dengan PID-GS. Kondisi pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah kondisi nilai pH berada di bawah *setpoint*, kondisi nilai pH berada di atas *setpoint*, kondisi diberi gangguan asam dan kondisi diberi gangguan basa [14].

3.2.1. Pengujian Metode Kontrol Kondisi Di Bawah *Setpoint*



(a)



(b)

Gambar 7. Respon kontrol pH kondisi di bawah *setpoint* pada: (a) PID-C, (b) PID-GS

Pengujian ini menggunakan sensor pH Meter SEN0161-V2 untuk mengukur nilai perubahan pH air, yang mana *setpoint* yang diinginkan adalah 7,00. Nilai *error* ini akan masuk ke kontroler dan mengatur kecepatan motor pompa DC 12V hingga mencapai nilai *setpoint*. Hasil pengujian respon kontrol pada kondisi di bawah *setpoint* dapat dilihat pada Gambar 7.

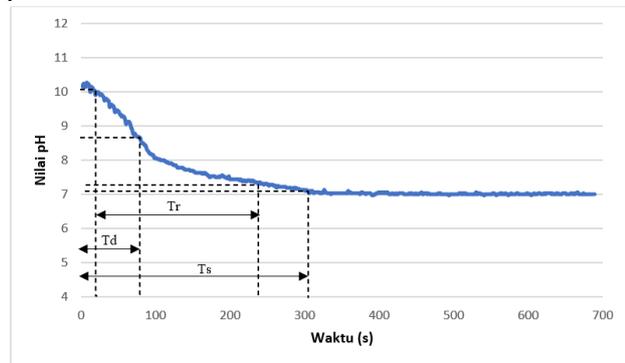
Hasil perbandingan analisis antara kontroler PID-C dengan PID-GS dengan kondisi di bawah *setpoint* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil perbandingan analisis respon kondisi di bawah *setpoint*

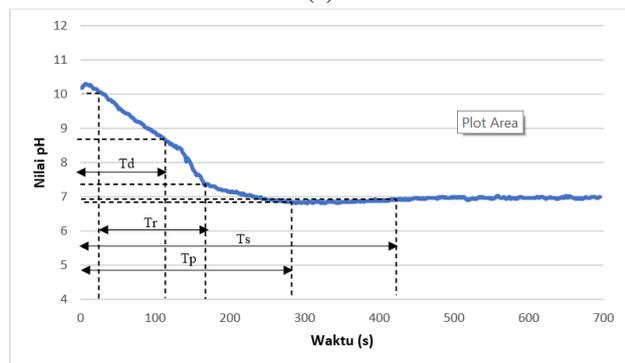
Kontroler	T_D (s)	T_R (s)	T_S (s)	MP(%)	T_P (s)
PID-C	65	1134	1541	-	-
PID-GS	87	719	938	-	-

3.2.2. Pengujian Metode Kontrol Kondisi Di Atas *Setpoint*

Pengujian ini menggunakan sensor pH Meter SEN0161-V2 untuk mengukur nilai perubahan pH air, yang mana *setpoint* yang diinginkan adalah 7,00. Nilai *error* ini akan masuk ke kontroler dan mengatur kecepatan motor pompa DC 12V hingga mencapai nilai *setpoint*. Hasil pengujian respon kontrol pada kondisi di bawah *setpoint* dapat dilihat pada Gambar 8.



(a)



(b)

Gambar 8. Respon kontrol pH kondisi di atas *setpoint* pada: (a) PID-C, (b) PID-GS

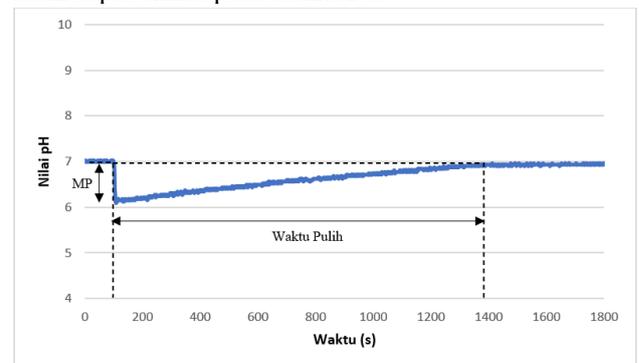
Hasil perbandingan analisis antara kontroler PID-C dengan PID-GS dengan kondisi di atas *setpoint* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil perbandingan analisis respon kondisi di atas *Setpoint*

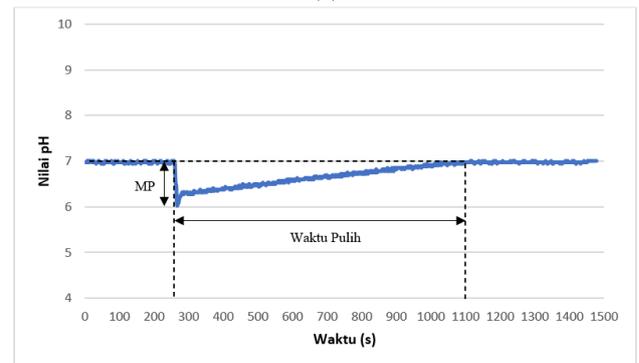
Kontroler	T_D (s)	T_R (s)	T_S (s)	MP(%)	T_P (s)
PID-C	80	211	313	-	-
PID-GS	117	137	426	2,57	286

3.2.3. Pengujian Metode Kontrol Kondisi Diberi Gangguan Asam

Pengujian pemberian gangguan menggunakan jenis gangguan *buffer* pH *down* (asam) sebanyak 40 mL. Kondisi awal pH air adalah 7,00 dan dengan selang beberapa waktu kemudian, cairan *buffer* asam akan diberikan ke air sehingga terjadi perubahan nilai pH. Hasil pengujian respon kontrol pada kondisi diberi gangguan asam dapat dilihat pada Gambar 9.



(a)



(b)

Gambar 9. Respon kontrol pH saat diberi gangguan asam pada: (a) PID-C, (b) PID-GS

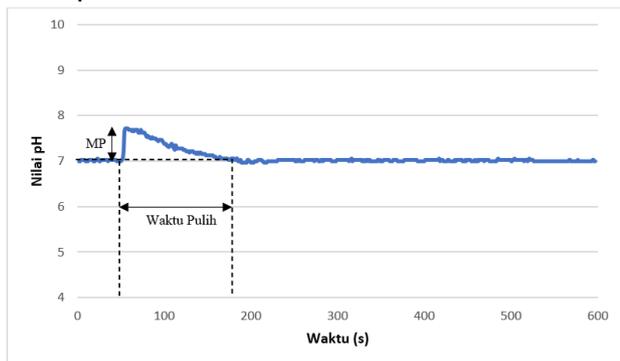
Hasil perbandingan analisis antara kontroler PID-C dengan PID-GS dengan kondisi diberi gangguan asam dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil perbandingan analisis respon kondisi diberi gangguan asam

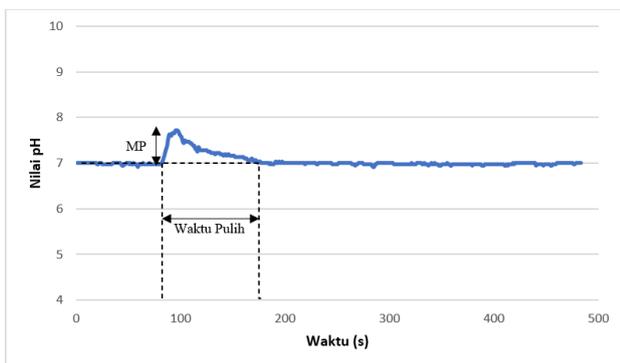
Kontroler	pH Awal	pH Akhir	Error (%)	Overshoot (%)	T_{Pulih} (s)
PID-C	7,00	6,97	0,43	12,86	1390
PID-GS	7,00	7,00	0	13,86	855

3.2.4. Pengujian Metode Kontrol Kondisi Diberi Gangguan Basa

Pengujian pemberian gangguan menggunakan jenis gangguan *buffer pH up* (basa) sebanyak 40 mL. Kondisi awal pH air adalah 7,00 dan dengan selang beberapa waktu kemudian, cairan *buffer* basa akan diberikan ke air sehingga terjadi perubahan nilai pH. Hasil pengujian respon kontrol pada kondisi diberi gangguan basa dapat dilihat pada Gambar 10.



(a)



(b)

Gambar 10. Respon kontrol pH saat diberi gangguan basa pada: (a) PID-C, (b) PID-GS

Hasil perbandingan analisis antara kontroler PID-C dengan PID-GS dengan kondisi diberi gangguan basa dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil perbandingan analisis respon kondisi diberi gangguan asam

Kontroler	pH Awal	pH Akhir	Error (%)	Overshoot (%)	T_{Pulih} (s)
PID-C	7,00	7,00	0	12,29	169
PID-GS	7,00	7,00	0	12,29	95

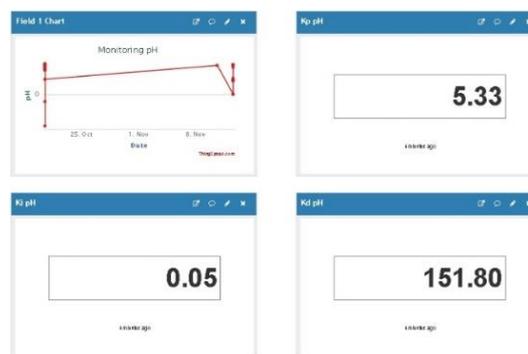
3.3. Pengujian Sistem Monitoring pH Air

Hasil pengujian sistem *monitoring* yang sudah dilakukan, komponen LCD 16x2 serta modul Wi-Fi ESP8266 dapat bekerja dengan baik. Nilai pembacaan sensor pH Meter

SEN0161-V2 akan dikirim ke LCD 16x2 dan ke *cloud server thingspeak* melalui modul Wi-Fi ESP8266, kemudian akan ditampilkan nilai pembacaan sensor pH meter. Hasil *monitoring* yang ditampilkan oleh LCD dan *thingspeak* dapat dilihat pada Gambar 11.



(a)



(b)

Gambar 11. Hasil pengujian sistem *monitoring* pH pada: (a) LCD, (b) *thingspeak*

Nilai pembacaan pH yang telah terkirim oleh mikrokontroler Arduino UNO pada sistem *monitoring* akan ditampilkan secara *update*. *Thingspeak* sangat membutuhkan jaringan internet yang cepat guna untuk *update* pembacaan sensor pH. Jika jaringan internet yang digunakan tidak cepat, maka *thingspeak* tidak mampu untuk *update* pembacaan sensor pH [15].

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan dengan kondisi berada di bawah *setpoint*, di atas *setpoint*, diberi gangguan asam 40 mL, dan diberi gangguan basa 40 mL, maka dapat disimpulkan bahwa metode kontrol PID-GS memiliki hasil yang optimal dibandingkan dengan PID-C. Sistem *monitoring* pH air dapat menampilkan nilai pembacaan pH dan nilai parameter kontrol PID dengan baik. Pada pengembangan penelitian selanjutnya, penulis menyarankan menggunakan metode kontrol pada sistem kontrol pH air (pengendalian nilai kimiawi) lebih optimal lagi dengan menggunakan kontrol *Fuzzy Logic*, *Artificial Neural Network*, atau kontrol prediktif. Pada pengembangan sistem *monitoring* parameter kualitas air kedepannya dapat ditambahkan fitur untuk pengontrolan jarak jauh, seperti menghidupkan atau mematikan sistem.

Referensi

- [1]. A. Deriyanti, "Korelasi Kualitas Air Dengan Prevalensi *Myxobolus* Pada Ikan Koi (*Cyprinus carpio*) Di Sentra Budidaya Ikan Koi Kabupaten Blitar, Jawa Timur", Laporan Tugas Akhir, Departemen Budidaya Perairan, Universitas Airlangga, Surabaya, 2016.
- [2]. R. Hasyimi, "Teknik Pembenuhan Ikan Koi (*Cyprinus carpio*) Metose Semi Alami Di Unit Pengelola Budidaya Air Tawar (UPBAT) Punten, Kota Batu, Provinsi Jawa Timur", Laporan Praktek Kerja Lapang, Departemen Budidaya Perairan, Universitas Airlangga, Surabaya, 2014.
- [3]. M. A. Basith, "Penerapan Sensor Ultrasonik HC-SR04 Pada Sistem Pengukur Volume Pada Mobil Tangki Air Bersih", Laporan Akhir, Departemen Teknik Elektro, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, 2017.
- [4]. H. Al Fani, Sumarno, Jalaluddin, D. Hartama, dan I. Gunawan, "Perancangan Alat Monitoring Pendeteksi Suara di Ruangan Bayi RS Vita Insani Berbasis Arduino Menggunakan Buzzer", *Jurnal Media Informatika Budidarma*, vol. 4, no. 1, hal. 144-149, Jan. 2020.
- [5]. A. S. Wicaksana, dan B. Suprianto, "Rancang Bangun Sistem Pengendalian pH Air Pada Tambak Ikan Bandeng Menggunakan Kontroller PID Berbasis Labview", Laporan Tugas Akhir, Departemen Teknik Elektro, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, 2020.
- [6]. J. Karangan, B. Sugeng, dan Sulardi, "Uji Keasaman Air Dengan Alat Sensor pH Di STT Migas Balikpapan", *Jurnal Kacapuri*, vol. 2, no. 1, hal. 65-72, Jun. 2019.
- [7]. P. E. S. Dita, A. Al Fahrezi, P. Prasetyawan, dan Amarudin, "Sistem Keamanan Pintu Menggunakan Sensor Jari Berbasis Mikrokontroler Arduino UNO R3", *Jurnal Teknik dan Sistem Komputer (JTIKOM)*, vol. 2, no. 1, hal. 121-135, Jun. 2020.
- [8]. Z. Iqtilal, I. D. Sara, dan Syahrizal, "Aplikasi Sistem Tenaga Surya Sebagai Sumber Tenaga Listrik Pompa Air", *Jurnal Karya Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 3, no. 1, hal. 1-8, 2018.
- [9]. A. Roihan, A. Permana, dan D. Mila, "Monitoring Kebocoran Gas Menggunakan Mikrokontroler Arduino UNO dan ESP8266 Berbasis *Internet of Things*", *ICIT Journal*, vol. 2, no. 2, hal. 170-183, Ags. 2016.
- [10]. T. M. P. Dyka, "Pengendalian pH Dan EC Pada Larutan Nutrisi Hidroponik Tomat Ceri", Laporan Tugas Akhir, Departemen Teknik Komputer, Institut Bisnis Dan Informatika Stikom Surabaya, Surabaya, 2018.
- [11]. A. Kristianto, "Pengendalian pH Air Dengan Metode PID Pada Model Tambak Udang", Laporan Tugas Akhir, Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2012.
- [12]. U. J. Shobrina, R. Primananda, dan R. Maulana, "Analisis Kinerja Pengiriman Data Modul *Transceiver* NRF24L01, Xbeedan Wifi ESP8266 Pada *Wireless Sensor Network*", *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 4, hal. 1510-1517, Apr. 2018.
- [13]. H. Manurung, "Simulasi Kendali *Integral-Gain Scheduling* Untuk Temperatur dan *PID-Gain Scheduling* Untuk Kelembaban Pada Model Inkubator Bayi Manusia", Laporan Tugas Akhir, Departemen Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten, 2015.
- [14]. W. Wibowo, "Aplikasi Teknik Kendali *Gain Scheduling* Pada Sistem Kontrol *Valve* Untuk Pengendalian Tinggi Muka Cairan Pada Limas Terpancung", Laporan Tugas Akhir, Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2011.
- [15]. Y. Efendi, "Internet Of Things (IoT) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile", *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, vol. 4, no. 1, hal. 19-26, Apr. 2018.