

Implementasi Sensor Gas Elektrokimia sebagai Penetralisir Kadar Klorin pada Kolam Ikan Air Tawar

Shobarina Rachim, Muhammad Rivai, dan Fajar Budiman
Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: muhammad_rivai@ee.its.ac.id

Abstrak—Klorin merupakan bahan kimia yang bersifat racun terhadap ikan. Hasil reaksi klorin jika di dalam air akan berubah menjadi asam hipoklorit yang dapat merusak sel protein dan sistem enzim pada ikan. Pada proses penetralan yang sering digunakan para pembudidaya yaitu melakukan pengendapan air semalaman untuk menguapkan klorin yang bersifat tidak stabil dan tidak efisien dalam waktu. Maka dari itu, pada penelitian ini dilakukan rancang bangun sistem alat penetralan kadar klorin menggunakan filter karbon aktif dibantu dengan bio ring filter, busa filter biru padat, busa filter putih, dan kerikil hitam. Sensor gas *electrochemical chlorine* memiliki pengulangan yang sangat baik, stabilitas jangka panjang, dan selektif yang berguna untuk mengontrol konsentrasi klorin pada sterilisasi air, yang mana akan diproses pada mikrokontroler Arduino Uno. Sistem ini melibatkan sebuah kontrol *Proportional Integral Derivative* (PID) dengan menggunakan pendekatan *Recursive Least Squares* (RLS) yang digunakan sebagai identifikasi respons sensor dan aktuatur untuk membentuk model matematis data observasi secara *online* dari alat. Dari hasil percobaan maupun pengujian dari metode PID yang diimplementasikan pada alat didapatkan *steady state error* kontrol sebesar 0,2 ppm. Hasil realisasi metode pada alat dapat berjalan dengan stabil mengikuti nilai *setpoint*. Waktu yang dibutuhkan alat dalam menetralkan 570 ml larutan kadar klorin yang dicampurkan ke dalam air akuarium yaitu 75 detik, sedangkan waktu yang dibutuhkan pada kolam ikan nila yaitu 2 jam 56 menit.

Kata Kunci—Budidaya Ikan, Kadar Klorin, Kendali PID, Sensor Gas.

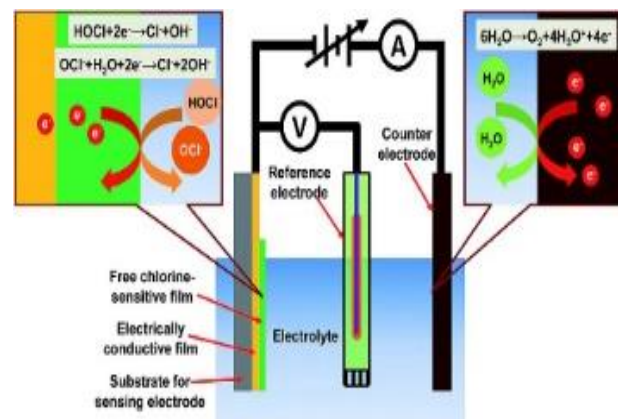
I. PENDAHULUAN

PERUBAHAN kondisi media budidaya dapat menjadi indikator adanya serangan penyakit pada ikan. Hal ini berkaitan dengan kondisi fisik, kimiawi, dan biologis dalam air. Perubahan fisik media budidaya dapat terjadi karena perubahan suhu, derajat keasaman, kesadahan, kandungan oksigen, dan kekeruhan air. Meningkatnya kandungan amonia, gas beracun, dan limbah kimiawi merupakan komponen yang dapat menyebabkan perubahan kimiawi. Perubahan warna media budidaya merupakan indikator perubahan biologis [1-2].

Gerakan ikan adalah salah satu indikator utama adanya serangan penyakit pada ikan, baik tingkahnya menjadi agresif atau sebaliknya [1]. Ketika air belum melalui proses deklorinasi, ikan akan cepat menunjukkan tanda-tanda tidak nyaman terhadap habitatnya seperti bergerak secara agresif dengan tujuan menghindari dari air yang mengandung racun, serta sering berenang ke arah dasar air untuk mengambil oksigen secara langsung [3]. Klorin merupakan disinfektan pada pengolahan air bersih yang berfungsi untuk memusnahkan mikroorganisme yang terdapat dalam air.



Gambar 1. Sensor klorin ME3-Cl₂

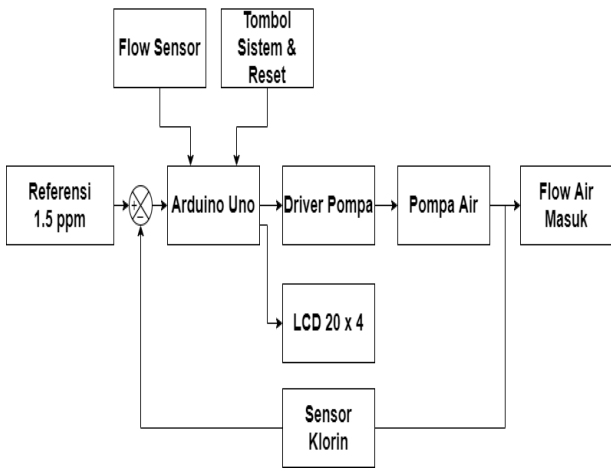


Gambar 2. Mekanisme elektrokimia dari sensor klorin amperometrik.

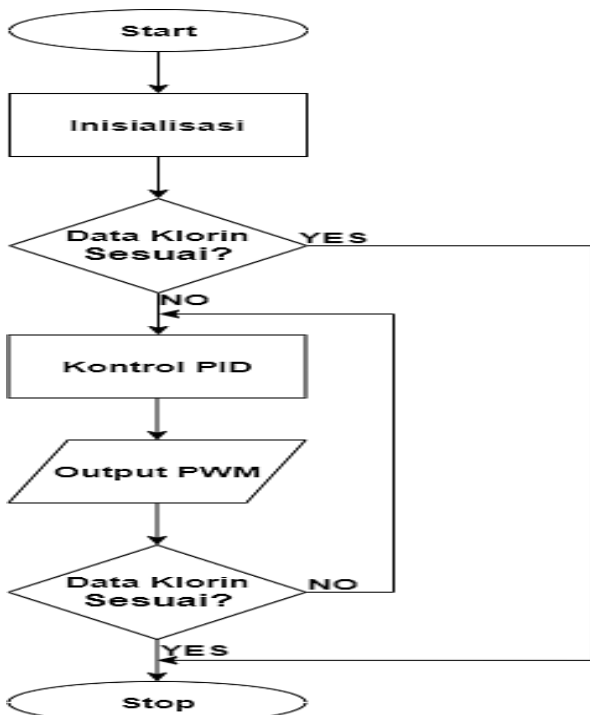
Klorin bertindak sebagai pengoksidasi yang kuat, dan beracun bagi ikan pada konsentrasi kurang dari 0,05 mg/L. Residu klorin dalam persediaan air daerah biasanya antara 0,5 dan 2,0 mg/L [4].

Terdapat tiga metode dalam penetralan kadar klorin yang direkomendasikan. Pada proses penetralan yang pertama, yaitu melakukan pengendapan air semalaman untuk menguapkan kandungan klorin di dalam air. Akan tetapi metode ini sangat tidak efektif untuk menetralkan kadar klorin karena penggunaan waktu yang terlalu lama [4]. Untuk proses penetralan yang kedua yaitu menggunakan Vitamin C sebagai metode kimia yang baru. Dua kandungan dari Vitamin C seperti asam askorbat dan natrium askorbat yang akan menetralkan kadar klorin. Metode ini mempunyai kelebihan seperti halnya tidak menurunkan kandungan oksigen, tidak beracun bagi biota yang ada dalam air [5]. Untuk proses penetralan yang ketiga yaitu dengan menggunakan bahan karbon aktif atau arang aktif yang biasanya digunakan sebagai penyaring pada suatu sistem sirkulasi air. Karbon aktif ini memiliki kapasitas adsorpsi yang sangat baik [6].

Pada penelitian ini menggunakan karbon aktif sebagai proses penetralan air, karena harga yang terjangkau, mudah ditemukan, cukup untuk menghilangkan kandungan pestisida

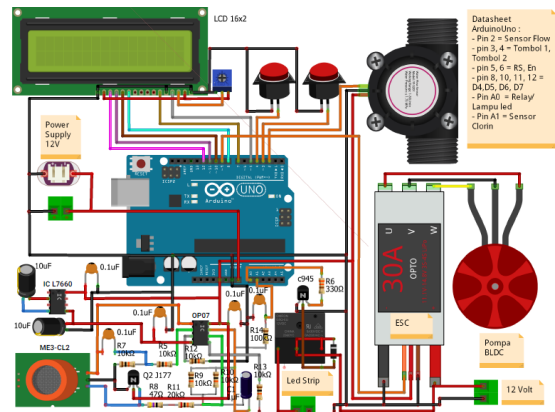


Gambar 3. Diagram blok alur kerja system.

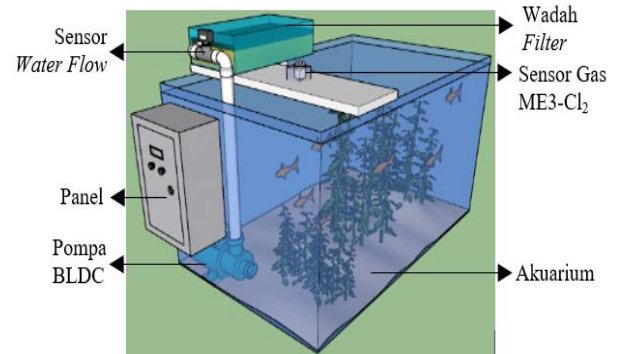


Gambar 4. Flow chart sistem kerja alat.

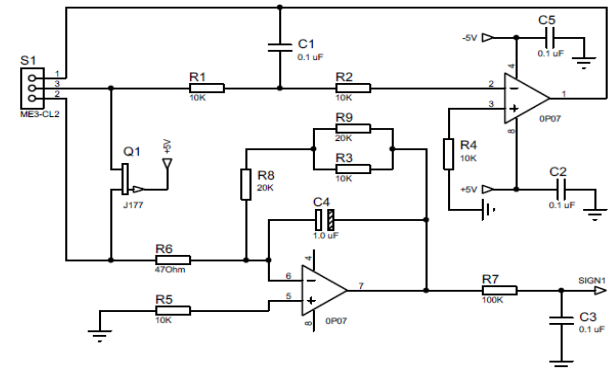
dan zat kimia yang beracun, dan membuat aroma air menjadi tidak menyengat akibat kandungan zat di dalam air. Sensor gas *electrochemical* digunakan untuk mengukur luapan gas yang dihasilkan dari klorin. Sensor gas *electrochemical chlorine* memiliki pengulangan yang sangat baik, stabilitas jangka panjang, dan selektif yang berguna untuk mengontrol konsentrasi klorin pada sterilisasi air yang mana akan diterapkan pada mikrokontroler Arduino Uno [7-8]. Sensor gas *electrochemical chlorine* dibuat dengan katalis logam berpori, bahan bukan logam, elektrolit cair, sensor elektroda *counter*, elektroda *working* dan elektroda *reference*. Pada penelitian ini menerapkan metode PID sebagai pengontrol kecepatan motor *Brushless DC* (BLDC) pada sirkulasi airnya. Pompa BLDC ini memiliki efisiensi yang baik dibandingkan dengan induksi [9]. Pengontrolan ini dilakukan secara *closed-loop*, dimana *setpoint* dimasukkan dalam program dan ditampilkan pada LCD. Pembuatan alat ini diharapkan dapat mengurangi kadar klorin yang berlebih untuk budidaya ikan agar dapat meminimalkan angka sakit dan kematian bagi ikan.



Gambar 5. Rangkaian elektronik.



Gambar 6. Desain 3D mekanik.



Gambar 7. Rangkaian driver konversi sensor klorin.

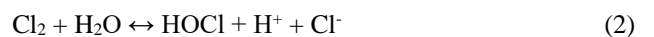
II. TEORI

A. Klorin

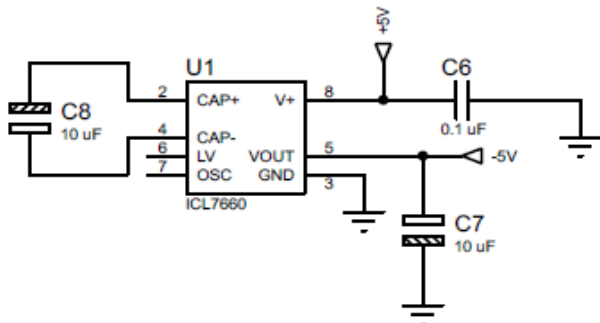
Klorin yang digunakan sebagai disinfektan pada pengolahan air bersih untuk memusnahkan mikro-organisme yang terdapat dalam air, ternyata juga bereaksi dengan senyawa-senyawa organik yang terdapat dalam air dan membentuk kloroamina tersubstitusi. Reaksi kimianya ditunjukkan seperti persamaan (1).



Klorin ketika dilarutkan dalam air membentuk Asam *Underchloric*, reaksi yang dihasilkan ditunjukkan pada persamaan (2).



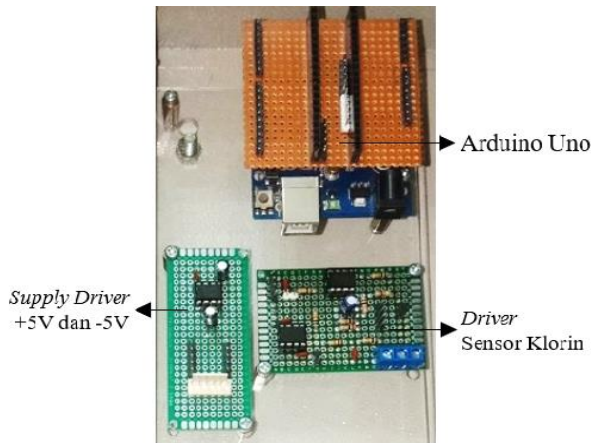
Asam *Underchloric* berubah menjadi ion hipoklorit, reaksi



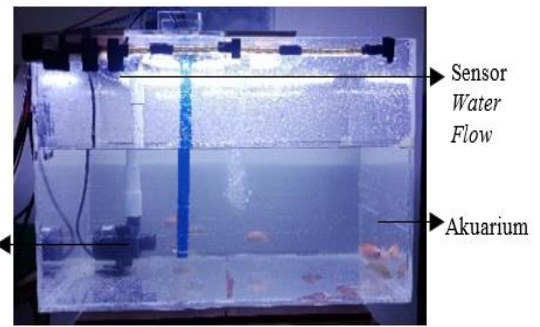
Gambar 8. Rangkaian supply driver sensor klorin.



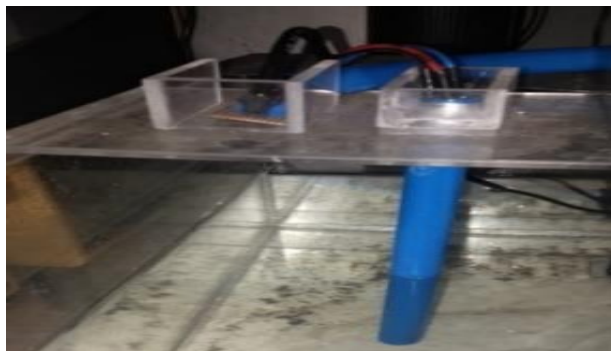
Gambar 11.1 Implementasi alat tampak atas.



Gambar 9. Driver dan supply sensor klorin.



Gambar 12. Implementasi alat tampak depan.

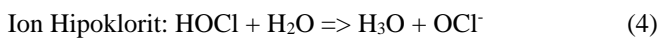
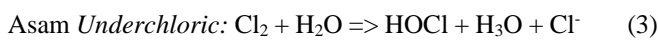


Gambar 10. Penempatan Sensor klorin.



Gambar 13. Panel listrik.

ditunjukkan pada persamaan (3) dan (4).



Ion hipoklorit terpecah menjadi ion klorin dan atom oksigen, reaksi yang dihasilkan yaitu seperti pada persamaan (5).



Asam Underchloric bersifat lebih reaktif dan terpecah menjadi asam hidroklorit (HCl) dan atom oksigen (O) yang bersifat disinfektan kuat.

B. Budidaya Ikan Air Tawar

Ukuran kolam ikan air tawar secara ideal yang digunakan yaitu kisaran 100 m², kedalaman yaitu 120 cm dengan jumlah ikan sebanyak 1000 ekor. Benih yang akan ditebar sebaiknya diaklimatisasi terlebih dahulu guna menentukan keberhasilan pada kegiatan pembesaran ikan nila. Aklimatisasi bertujuan

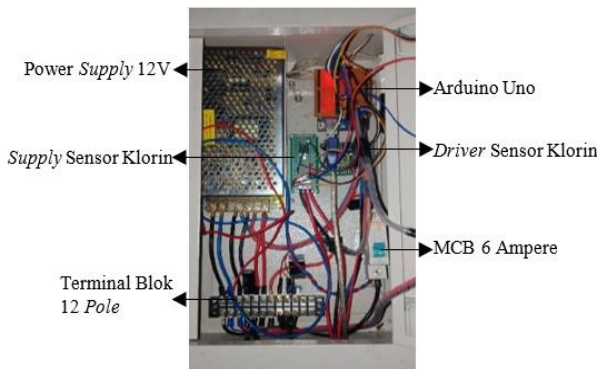
untuk menyesuaikan kondisi lingkungan yang baru dengan lingkungan sebelumnya. Dengan kata lain suhu air dalam kantong plastik disetarakan dengan suhu air di dalam kolam pembesaran [1]. Sebelum dilakukan penebaran benih, sebaiknya dilakukan seleksi benih guna menjaga keseragaman ukuran benih. Ukuran benih ikan nila yang ditebar di kolam pembesaran berkisar 3-5 cm dengan usia 2 minggu.

C. Filter Air

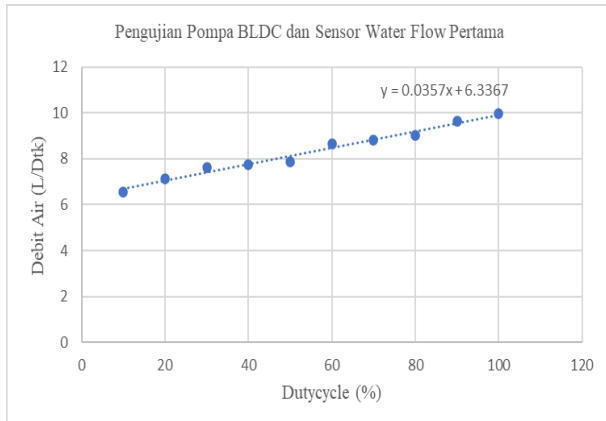
Filter air merupakan suatu alat yang berfungsi untuk memisahkan padatan koloid dari air dengan menggunakan alat penyaring, baik secara proses mekanik, kimia, maupun biologi. Mekanik berfungsi sebagai menyaring kotoran, sisa makanan ikan, debu yang berada di dalam air budidaya. Kimia digunakan dalam kondisi tertentu yang membutuhkan reaksi cepat atau memineralisasi substansi organik dengan cepat. Biologi berfungsi pengurai senyawa nitrogen yang beracun menjadi tidak beracun melalui proses nitratasi.

D. Sensor Gas Electrochemical ME3-C12

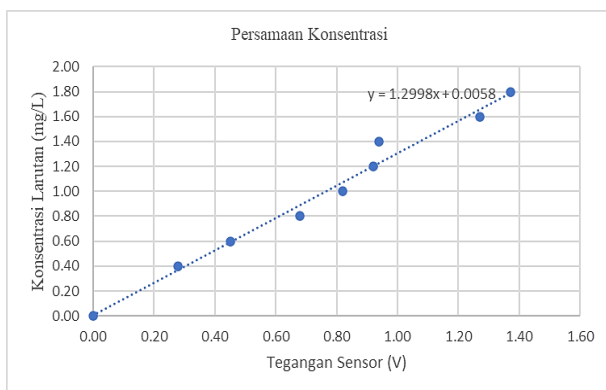
Sensor klorin pada Gambar 1 memerlukan potensial yang tergantung pada waktu yang diterapkan pada elektroda



Gambar 14. Komponen pada panel listrik.



Gambar 15.2 Grafik hasil dari pengujian pompa BLDC dan sensor water flow.

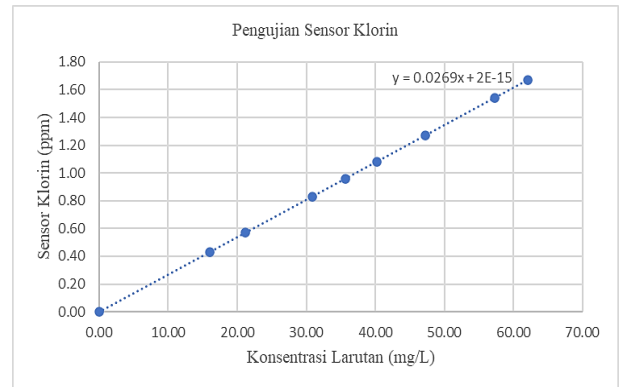


Gambar 16. Grafik persamaan konsentrasi.

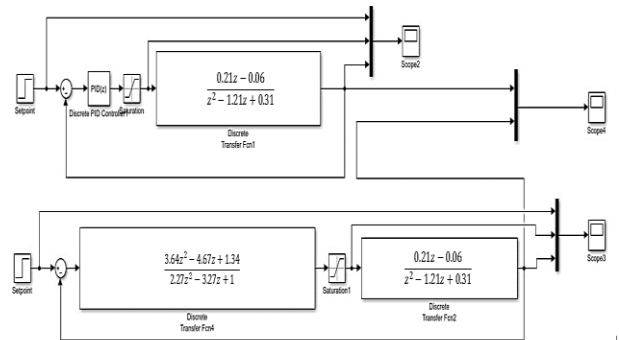
working, sedangkan untuk arus mengalir di antara elektroda working dan counter yang diukur. Elektroda reference digunakan untuk memberikan potensi tetap dari elektrolit ditunjukkan pada Gambar 2 [10]. Dalam sensor klorin amperometrik, elektroda yang bekerja biasanya terbuat dari logam mulia seperti emas (Au) dan platinum (Pt), terkadang juga dilapisi dengan membran selektif untuk ion klorin.

E. Sensor Water Flow

Sensor laju alir yaitu suatu alat yang mendeteksi dan mengukur arus air melalui pipa. Ketika air mengalir melewati rotor, maka rotor akan berputar. Sensor water flow terdiri dari bagian katup plastik (valve body), rotor air dan sebuah sensor half effect. Sensor hall effect merupakan salah satu transduser yang sering digunakan untuk mendeteksi medan magnet. Hall effect dapat digunakan untuk mendeteksi gerakan atau putaran apabila gerakan atau putaran tersebut dipengaruhi oleh medan magnet [11].



Gambar 17. Grafik pengujian sensor klorin.



Gambar 18. Persamaan PID Orde Tiga.



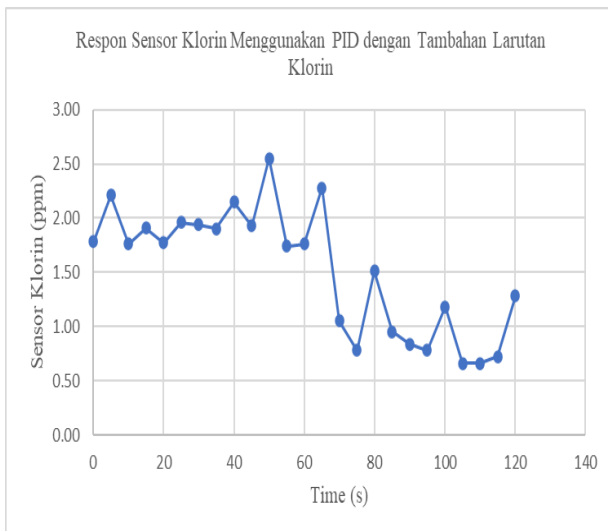
Gambar 19. Grafik kontrol PID orde tiga.

F. Brushless Motor DC Pump (BLDC)

BLDC atau yang sering disebut dengan motor DC tanpa sikat mempunyai permanen magnet pada bagian rotor dan elektromagnet pada bagian stator. Pada motor BLDC, pembalikan polaritas dilakukan oleh transistor switching untuk mensinkronkan posisi rotor. Kebanyakan motor BLDC menggunakan belitan 3 fase dengan topologi Y (star) yang digerakkan dengan mengaktifkan dua fase secara bersamaan [11].

G. Mikrokontroler Arduino Uno

Arduino memiliki sistem reset yang dapat melindungi komputer untuk menghindari hubung singkat atau arus yang berlebihan. Jika port USB teraliri arus lebih dari 500 mA, maka sistem reset akan memutuskan secara otomatis. Arduino uno memiliki 14 pin digital input/output dimana 6 dapat digunakan sebagai output Pulse Width Modulation (PWM), 6 input analog, resonator keramik 16 MHz, koneksi USB, jack listrik, header ICSP, dan tombol reset [12].



Gambar 20. Respons sensor klorin menggunakan kontrol PID dengan air PDAM.



Gambar 22. Grafik respons sensor menggunakan kontrol PID pada kolam ikan nila.



Gambar 21. Realisasi alat pada kolam ikan nila.

H. Kontrol Proportional Integral Derivative (PID)

PID merupakan kontroler yang digunakan untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan adanya umpan balik (*feedback*) pada sistem tersebut [13]. Kontroler proporsional memiliki dua parameter, *proportional band* dan konstanta proporsional. Unit pengendalian ini memberikan keluaran yang sebanding dengan besarnya error. Kontroler integral merupakan jumlahan yang terus menerus dari perubahan masukannya. Kontroler derivatif yaitu perubahan yang mendadak pada masukan kontroler yang akan mengakibatkan perubahan yang sangat besar dan cepat [13].

I. Metode Recursive Least Squares (RLS)

RLS adalah salah satu metode yang digunakan untuk mengestimasi parameter dari fungsi transfer. Beberapa kelebihan yang dimiliki dari metode ini yaitu memiliki kapasitas simpan yang lebih kecil, tanpa diperlukan *invers* matriks. Penghitungan dilakukan secara *recursive* (berulang).

III. PERANCANGAN SISTEM

A. Diagram Blok Sistem

Perancangan sistem ini terdiri dari dua jenis perangkat yang digunakan, yaitu perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang digunakan merupakan seluruh komponen yang dibutuhkan untuk menyusun sistem ini, seperti komputer, mikrokontroler Arduino uno, power supply, sensor *water flow*, sensor klorin dan pompa BLDC. Sementara perangkat lunak yang digunakan adalah algoritma dari sistem kontrol PID. Blok diagram dari sistem serta *flow chart* ditunjukkan pada Gambar 3 dan 4.

B. Perancangan Elektronik

Komponen elektronik yang digunakan pada penelitian ini beserta dengan rangkaiannya dapat dilihat pada Gambar 5. Pada tahap ini menjelaskan perancangan komponen serta konfigurasi pin yang diperlukan, mulai dari catu daya, mikrokontroler Arduino uno, sensor klorin, pompa BLDC, sensor *water flow*, dan LCD.

C. Perancangan Mekanik

Akuarium didesain menggunakan bahan dasar akrilik bening dengan tebal 5 mm. Dimensi yang digunakan adalah 65cm x 32,5cm x 32,5cm yang dapat dilihat pada Gambar 6, sedangkan untuk panel listrik terbuat dari plat dengan ukuran 25cm x 35cm x 15cm. *Filter* yang digunakan yaitu karbon aktif dibantu dengan *bio ring filter*, busa *filter* biru padat, busa *filter* putih, dan kerikil hitam.

D. Penerapan Metode Recursive Least Squares (RLS)

Metode RLS digunakan sebagai pendekatan eksperimen dengan mengidentifikasi *plant* respons sensor dan aktuator untuk membentuk model matematis data observasi dari alat. Hasil metode ini yaitu berupa nilai PID yang akan digunakan sebagai parameter untuk pengontrolan pada alat.

E. Perancangan Sensor Klorin

Rangkaian *driver* sensor klorin ditunjukkan pada Gambar 7, dimana *amplifier* yang digunakan yaitu OP07. Komponen ini memiliki kemampuan untuk mengolah sinyal yang sangat kecil dengan proteksi *noise* yang baik. Gambar 8 merupakan

supply yang digunakan untuk memberikan tegangan -5V dan +5V pada rangkaian *driver* sensor klorin. Komponen yang digunakan yaitu L7660, dimana komponen *voltage converter* ini berfungsi sebagai pengubah tegangan positif menjadi tegangan negatif. Ketika diberikan sumber tegangan DC sebagai masukan, maka komponen ini akan mengeluarkan tegangan negatif dengan besar tegangan yang sama dengan masukan. Jadi, jika diberikan tegangan masukan +5V, maka tegangan keluarannya adalah -5V. Setelah pembuatan *driver* dan *supply* selesai maka implementasinya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9. Tahap perancangan sensor klorin dapat dilihat pada Gambar 10 dengan menambahkan pipa pada bagian bawah elektroda sensor klorin yang berfungsi untuk memfokuskan gas klorin yang dihasilkan dari air akuarium.

IV. HASIL DAN ANALISA DATA

A. Implementasi Alat

Implementasi alat dalam bentuk prototipe yang digunakan pada penelitian ini seperti ditunjukkan pada Gambar 11, 12, 13, 14. Pada pengujian ini ikan nila yang ada di dalam akuarium sebanyak 10 ekor dengan panjang 5 sampai 10 cm.

B. Pengujian Pompa Motor BLDC dan Sensor Water Flow

Hasil dari pengujian diambil datanya setiap 15 detik. Pada pengujian ini dilakukan pengambilan data dengan memberikan masukan PWM sebesar 0% sampai 100%. Dari hasil percobaan didapatkan bahwa semakin besar PWM yang diberikan maka semakin besar juga tegangan dan debit air, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 15.

Tinggi air didapatkan dengan cara mengaktifkan pompa BLDC untuk memenuhi wadah *filter* selama 15 detik. Alasan mengambil waktu selama 15 detik yaitu menyesuaikan wadah *filter* yang telah dibuat. Wadah *filter* memiliki dimensi 25cm x 15cm x 14cm, sehingga didapatkan volume yaitu 10,2 dm³ atau liter. Cara mengkalibrasi sensor *water flow* yaitu membandingkan nilai perhitungan frekuensi seperti pada persamaan (6) dengan frekuensi yang terbaca oleh *interrupt* Arduino. Pengali yang didapatkan sebagai kalibrasi yaitu 5,3.

$$\text{flowrate} = \frac{F \times K}{60} \quad (6)$$

C. Pengujian Sensor Klorin

Pengujian sensor klorin bertujuan untuk mengetahui sensitivitas sensor dan kadar klorin di dalam air. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan sensor klorin, dan alat ukur klorin KCP01. Kadar klorin yang dijual di pasaran kurang lebih sebesar 5,25% dengan pembelian ukuran jeriken 5 liter. Jadi klorin yang dicampurkan atau dilarutkan ke dalam air yaitu 262,5 mg/L atau sama dengan 52,5 ppm. Proses perhitungan kandungan klorin yang digunakan dalam pengujian sensor klorin yaitu 2 ppm atau sama dengan 190 ml. Rumus yang digunakan dalam menghitung konsentrasi larutan klorin ditunjukkan pada persamaan (7), dimana PPM menunjukkan kadar klorin setiap sirkulasi dalam alat. Sedangkan jumlah larutan menunjukkan volume wadah dari akuarium yang digunakan.

$$\text{Konsentrasi Larutan} = \text{PPM} \times \text{Jumlah Larutan} \quad (7)$$

Kalibrasi yang dilakukan dalam pengujian alat ini yaitu dengan dua cara, yang pertama yaitu *trial and error*, dimana cara ini didapatkan dari hasil percobaan penyesuaian nilai sensor dengan nilai alat ukur KCP01. Untuk cara yang kedua yaitu dengan cara memasukkan persamaan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 16. Perbandingan nilai klorin yang didapatkan dari alat ukur dan sensor memiliki rata-rata *error* sebesar 0,05. Dari hasil pengujian yang didapatkan bahwa sensor sudah layak untuk digunakan dalam pembuatan sistem yang lebih kompleks dengan hasil seperti yang ditunjukkan pada Gambar 17.

D. Penerapan Metode Kontrol pada Alat

Tahap ini menerapkan sistem kontrol pada program mikrokontroler dengan cara memakai metode RLS order tiga, dimana nilai parameter PID yang diperoleh yaitu P = 1,38, I = 0,05, D = -0,17, dan N = 0,25. Persamaan orde tiga merupakan bentuk persamaan dari nilai kontrol PID yang sudah diperoleh yang dapat diterapkan pada sistem dengan cara dikalikan dengan persamaan identifikasi *plant* respons sensor orde dua seperti yang ditunjukkan pada Gambar 18. Grafik yang dihasilkan dari orde tiga dapat dilihat pada Gambar 19. Dapat disimpulkan dari grafik yang didapatkan ialah respons sistem dari proses kontrol PID adalah *underdamped*. Gambar 20 menunjukkan respons sensor klorin pada tahap pengujian di akuarium, dimana mencampurkan larutan klorin dengan berat kurang lebih 570 ml. Alat dapat mencapai ke nilai yang sesuai dengan *setpoint* dibutuhkan waktu sekitar 75 detik.

Selanjutnya dilakukan pengambilan data pada kolam ikan nila seperti yang ditunjukkan pada Gambar 21. Curah hujan yang tinggi serta kandungan kaporit atau klorin dari aliran air PDAM yang tinggi dapat mempengaruhi keberlangsungan hidup bagi ikan. Grafik pendeteksian sensor klorin ditunjukkan pada Gambar 22, dimana kandungan klorin pada tahap awal pendeteksian bisa mencapai 3,5 sampai 4,0 ppm. Jangka waktu yang dibutuhkan alat ini untuk bisa menetralkan kadar klorin yang ada di dalam kolam ikan nila yaitu kurang lebih 2 jam 56 menit. Penggunaan respons kontrol PID pada alat menunjukkan respons kontrol yang stabil mengikuti nilai *setpoint* dengan *steady state error* kontrol sebesar 0,2 ppm.

V. KESIMPULAN

Pada penelitian ini dilakukan rancang bangun alat penetralsir kadar klorin pada kolam ikan nila dengan menggunakan sensor klorin sebagai pendeteksi gas. Penyaring air yang digunakan yaitu karbon aktif dibantu dengan *bio ring filter*, busa *filter* biru padat, busa *filter* putih, dan kerikil hitam. Pompa BLDC digunakan untuk melakukan sirkulasi air. Kecepatan motor BLDC diatur menggunakan kontrol PID yang diterapkan pada mikrokontroler Arduino uno dengan pendekatan eksperimen RLS, dimana *setpoint* yang diberikan yaitu 1,5 ppm. Nilai yang keluar dari sensor klorin dijadikan pembanding dengan nilai *setpoint*. Penggunaan kontrol PID pada alat menunjukkan respons kontrol yang stabil mengikuti nilai *setpoint*. Dari hasil pengujian didapatkan *steady state error* kontrol sebesar 0,2 ppm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Afrianto, E. Liviawaty, Z. Jamaris, and Hendi, *Penyakit Ikan*, 1st ed. Jakarta: Penebar Swadaya, 2015.
- [2] M. S. Ramadhan and M. Rivai, "Sistem kontrol tingkat kekeruhan pada aquarium menggunakan arduino uno," *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 1, pp. 87–91, 2018, doi: 10.12962/j23373539.v7i1.28499.
- [3] Z. M. El-Bouhy, G. A. Saleh, G. A. El-Nobi, and R. M. Reda, "Study on the effect of chlorine on health and growth of some ornamental fishes," *Zagazig Vet. J.*, vol. 34, no. 2, pp. 164–172, 2006.
- [4] R. Parke, *Aquaculture Science*, 3rd ed. New York: Delmar Cengage Learn, 2002.
- [5] B. Land, "Using Vitamin C to Neutralize Chlorine in Water Systems," US Department of Agriculture, 2005.
- [6] Y. K. Siong, J. Idris, and M. Atabaki, "Performance of Activated Carbon in Water Filters," Universiti Teknologi Malaysia, 2014.
- [7] Winsensor, "ME3-Cl2 Electrochemical Sensor," in *Winsensor*, China: Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd Tel., 2019, p. 5.
- [8] A. Andrianto and M. Rivai, "Sistem Sensor gas Elektrokimia yang diimplementasikan pada arduino due," *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 2, 2018, doi: 10.12962/j23373539.v7i2.30880.
- [9] M. Rivai, Suwito, M. Ashari, and M. A. Mustaghfirin, "Drip Irrigation System using BLDC Motor-driven Direct Pumping and Soil Moisture Sensor," in *International Conference on Computer Science, Information Technology, and Electrical Engineering, ICOMITEE 2019*, 2019, pp. 221–226, doi: 10.1109/ICOMITEE.2019.8921024.
- [10] M. Rivai, Misbah, M. Attamimi, M. H. Firdaus, Tasripan, and Tukadi, "Fish Quality Recognition using Electrochemical Gas Sensor Array and Neural Network," in *International Conference on Computer Engineering, Network, and Intelligent Multimedia, CENIM 2019*, 2019, vol. 2019-Novem, pp. 1–5, doi: 10.1109/CENIM48368.2019.8973369.
- [11] A. Ainurrohmah, M. Rivai, and T. Tasripan, "Kontrol laju alir pompa air berpengerak brushless DC motor," *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 2, 2019, doi: 10.12962/j23373539.v7i2.31133.
- [12] Arduino Uno, "Datasheet Arduino Uno," vol. 328. Arduino, pp. 2–6, 2018.
- [13] A. E. Wardana, "Pengontrol Derajat Keasaman (pH) Pada Proses Penetralisir Limbah Cair Dengan Metode Proportional Integral Derivative (PID) Menggunakan Motor Dc Pompa Penyemprot Zat Asam," Sekolah Tinggi Teknik Atlas Nusantara, 2017.