

SISTEM RESIRKULASI AIR OTOMATIS UNTUK PENGHEMATAN AIR BERSIH DAN ENERGI PADA BUDIDAYA IKAN NILA

The Automatic Water Recirculation System for Clean Water and Energy Saving in Tilapia Farming

Ragil Sukarno^{1*}, Muhammad Fajar Ramadhan¹, Farezi Andriansyah¹, Yudha Adigutama¹, Syamsuir¹, Hari Sampurno²

¹ Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka, Jakarta Timur 13220, Indonesia.

² Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Pati, Jl. Sudirman No.12, Pati, Jawa Tengah 59113, Indonesia.

* Email Korespondensi: ragil-sukarno@unj.ac.id

Artikel Info - : Diterima : 28-05-2023; Direvisi : 06-11-2023; Disetujui : 10-11-2023

ABSTRAK

Kondisi keasaman dan tingkat kekeruhan air merupakan faktor penting dalam budidaya ikan nila, sehingga diperlukan pengontrolan tingkat keasaman (pH) dan tingkat kekeruhan (NTU) air. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem resirkulasi air otomatis untuk penghematan penggunaan air bersih dan konsumsi energi pada budidaya ikan nila menggunakan mikrokontroler berdasarkan nilai pH dan kekeruhan (NTU). Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental, diawali dengan merancang dan membuat peralatan eksperimen berupa kolam ikan dari terpal berbentuk kotak, sistem filter, sistem sirkulasi air yang terdiri dari pipa dan pompa yang memiliki daya hisap 25 lpm, alat pengontrol kualitas air mikrokontroler berbasis Arduino. Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai pH dan NTU air sebelum dan sesudah dilakukan penyaringan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan sistem resirkulasi air pada kolam ikan yang dilengkapi dengan sistem filter dan sistem mikrokontroler berbasis Arduino dapat menjaga nilai pH dan menurunkan tingkat kekeruhan (NTU) secara signifikan. Penggunaan sistem resirkulasi memberikan penghematan energi untuk konsumsi pompa sebesar 51,4 % pada laju aliran air 15 lpm dan 32,3 % pada laju aliran air 25 lpm bila dibandingkan dengan sistem konvensional. Secara keseluruhan sistem resirkulasi ini memberikan keuntungan penghematan energi pada pengoperasian pompa, penghematan penggunaan air bersih, dan kualitas air yang selalu terkontrol.

Kata Kunci: Tingkat Kekeruhan (NTU), Tingkat Keasaman (pH), Mikrokontroler, Penghematan Energi

ABSTRACT

The acidity and turbidity of water are essential factors in tilapia farming, so it is necessary to control the acidity (pH) and turbidity (NTU) of water. This research aims to develop an automatic water recirculation system to save the use of clean water and energy consumption in tilapia fish farming using a microcontroller based on pH and turbidity (NTU) values. The research method used is experimental, starting with design and manufacture an Experimental apparatus in the form of a fish pond from a box-shaped tarpaulin, a filter system, a water circulation system consisting of pipes and a pump that has a suction power of 25 lpm, an Arduino-based microcontroller water quality controller. Tests were carried out by comparing water's pH and NTU values before and after filtering. The results showed that using a water recirculation system in a fish pond equipped with a filter system and an Arduino-based microcontroller system can significantly maintain the pH value and reduce the turbidity level (NTU). Using a recirculation system provides energy savings for pump consumption of 51.4% at a water flow rate of 15 lpm and 32.3% at a water flow rate of 25 lpm compared to conventional systems. Overall, the recirculation system provides the benefits of energy savings in pump operation, savings in water usage, and controlled water quality.

Keywords: Turbidity Level (NTU), Acidity Level (pH), Microcontroller, Energy Saving

1. Pendahuluan

Pemerintah melalui Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) terus melakukan berbagai upaya untuk meningkatkan konsumsi ikan di masyarakat [1]. Untuk meningkatkan produksi ikan dilakukan melalui penangkapan maupun budidaya perikanan sehingga secara tidak langsung akan membangkitkan sektor kelautan dan perikanan yang akan meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Dalam budidaya perikanan biasanya dilakukan dalam tambak, kolam-kolam ikan baik skala besar maupun yang kecil. Seiring dengan keterbatasan lahan untuk budidaya ikan, maka saat ini banyak dikembangkan budidaya ikan melalui kolam-kolam ikan kecil. Salah satu jenis ikan yang banyak dibudidayakan dalam jumlah besar adalah ikan nila [2]. Kebutuhan nila pada pasar global sangat besar, dimana saat ini Indonesia masuk dalam 5 besar negara penghasil ikan nila (*tilapia fish*) di dunia [2, 3].

Dalam budidaya ikan nila, kondisi air kolam memegang peranan yang sangat penting terhadap tumbuh kembang ikan. Standar kondisi air yang optimal untuk tumbuh kembang ikan nila adalah Suhu antara 25-30 °C, tingkat keasaman (pH) air kolam diantara 7-8 [4, 5], tingkat kekeruhan air atau *turbidity* diantara 0-50 NTU, dan Kadar oksigen terlarut adalah minimal 5 mg/l [5]. Sehingga pengontrolan kondisi air menjadi faktor penting dalam budidaya ikan nila. Salah satu faktor yang menyebabkan penurunan nilai pH pada air adalah pengendapan kotoran pada ikan nila yang disebabkan oleh sisa makanan dan kotoran. Penggantian air secara berkala adalah langkah yang mudah untuk mengatasi penurunan pH [6] dan peningkatan kekeruhan air. Namun seiring menurunnya kuantitas maupun kualitas air bersih maka diperlukan sebuah terobosan teknologi untuk mengatasi permasalahan ini.

Penghematan energi saat ini menjadi perhatian yang sangat serius dan mendesak untuk dilakukan [7-9]. Ketergantungan sumber energi pada bahan bakar fosil menjadi ancaman serius dikarenakan cadangan bahan bakar fosil yang semakin menipis [10]. Di sisi lain, cadangan air bersih di bumi semakin lama semakin menipis dan krisis air bersih pun terjadi di berbagai belahan dunia, termasuk Indonesia.

Pada budidaya ikan nilai kepadatan jumlah ikan per m³ volume air sangat tinggi, sehingga membutuhkan konsumsi makanan yang sangat banyak. Hal ini menyebabkan kolam akan cepat kotor karena adanya endapan sisa pakan dan kotoran ikan. Salah satu solusi yang efektif dalam budidaya ikan adalah melalui sistem sirkulasi ulang atau *recirculating aquaculture systems* (RAS). *Recirculating aquaculture systems* (RAS) merupakan sistem budidaya ikan di mana air Sebagian digunakan kembali untuk mengurangi konsumsi air dan energi dan mengurangi pelepasan nutrisi ke lingkungan [11-13].

Kebersihan kolam sangatlah penting dan berpengaruh terhadap kondisi kesehatan ikan nila sehingga diperlukan penggantian air secara berkala. Pada umumnya cara petani ikan nila dalam membersihkan kolam masih secara manual sehingga tidak efektif terhadap waktu.

Dade Jubaedah dkk. [14] melakukan penelitian untuk menerapkan sistem resirkulasi untuk mengontrol kualitas air dalam budidaya ikan lele dengan membandingkan penggunaan filter dan tanpa filter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan sistem resirkulasi menggunakan filter dapat memperbaiki kualitas air yaitu penurunan kandungan amonia yaitu dari 2,6 menjadi 0,1 mg/l. Safira Rahma Fauzia [15] melakukan eksperimen untuk menganalisis pemanfaatan sistem resirkulasi untuk menjaga kualitas air dalam budidaya ikan nila. Hasil menunjukkan bahwa penggunaan filter dapat mengoptimalkan sistem resirkulasi dan mengatasi permasalahan kualitas dan kuantitas air untuk budidaya ikan. Merucahyo dkk. [16] mengembangkan sebuah alat pengendali otomatis kualitas air kolam ikan berbasis *wireless* dengan RFM-433S [3]. Kemudian Fitri Norjanna dkk. [17] juga melakukan penelitian untuk mengetahui laju pengurangan amonia dan menguji jenis filter lengkap dengan empat perlakuan dan tiga ulangan (kontrol, zeolit, arang, dan pecahan karang) yang efektif dalam penurunan amonia pada sistem resirkulasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan filter berupa pecahan karang memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penurunan kadar amonia air resirkulasi.

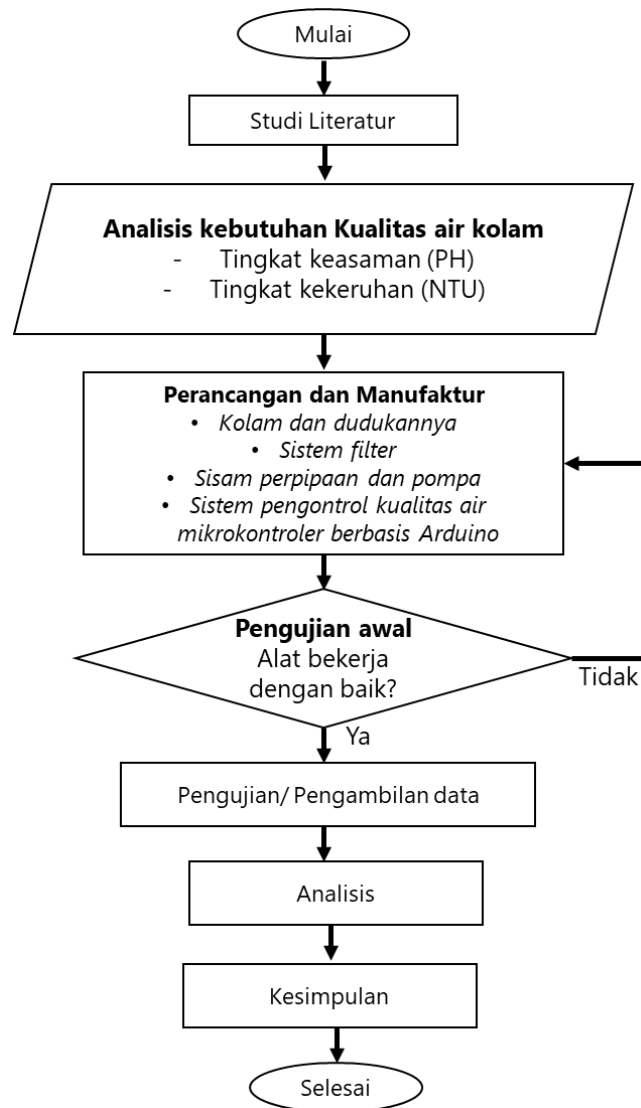
Dari kajian literatur menunjukkan bahwa penggunaan filter dalam sirkulasi memberikan dampak positif terhadap penurunan kadar kekeruhan, pH, dan kadar amonia air sehingga akan memberikan dampak positif terhadap perkembangbiakan ikan. Namun dalam penerapan resirkulasi yang melibatkan konsumsi energi karena penggunaan pompa belum banyak dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah untuk

mengembangkan sistem resirkulasi air otomatis yang terdiri dari sistem perpipaan dan pompa, sistem filter dengan menggunakan bahan-bahan lokal Indonesia, dan alat pengontrol kualitas air kolam menggunakan mikrokontroler berbasis Arduino. Selain itu dalam penelitian ini juga dilakukan analisis pengaruh penggunaan sistem resirkulasi air otomatis terhadap tingkat keasaman (pH) dan tingkat kekeruhan atau *turbidity* (NTU), serta pengaruhnya terhadap penghematan air bersih dan konsumsi energi untuk penyediaan air bersih. Dalam penelitian ini akan dirancang sebuah sistem yang memenuhi kondisi ideal untuk budidaya ikan nila, sehingga ikan nila dapat bertumbuh kembang secara maksimal dan dilengkapi sistem pengontrol kualitas air otomatis yang diharapkan dapat menghemat penggunaan air bersih dan konsumsi energi yang rendah untuk penyediaannya.

2. Metodologi Penelitian

2.1. Sistem kolam resirkulasi

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Seperti ditunjukkan pada Gambar 1, penelitian diawali dengan studi literatur untuk mengetahui penelitian sebelumnya terkait sistem resirkulasi dan standar kualitas air untuk budidaya ikan nila. Selanjutnya dilakukan analisis kebutuhan tingkat keasaman (pH) dan tingkat kekeruhan atau *turbidity* (NTU) dari air untuk kolam ikan nila. Setelah dilakukan studi literatur dan analisis kebutuhan maka dilakukan perancangan dan proses manufaktur peralatan eksperimen kolam ikan nila yang dilengkapi dengan sistem resirkulasi otomatis. Sebelum dilakukan pengambilan data, maka dilakukan pengujian awal terlebih dahulu untuk mengetahui apakah peralatan telah dapat beroperasi dengan baik, dan alat ukur atau sensor telah terkalibrasi dengan baik. Setelah semua peralatan eksperimen dan alat ukur bekerja dengan baik maka dilakukan pengambilan data dan analisis.

Dalam penelitian ini dibangun sebuah prototipe kolam dari terpal yang berbentuk kotak berukuran 190 cm x 190 cm x 50 cm yang diisi dengan air tawar. Untuk memastikan air kolam memenuhi standar untuk budidaya ikan nila, pada kolam dilengkapi dengan 6 titik pipa penghisap berdiameter 1/2 inch yang dikoneksikan dengan satu pipa penghubung menuju pompa untuk mengalirkan air dari dalam kolam menuju filter. Masing-masing pipa penghisap berjarak 70 cm untuk memastikan kotoran air dalam kolam dapat terserap secara merata.

Sistem filter atau penyaring terdiri dari tiga tabung untuk menyaring air dalam tiga tahapan penyaringan. Tabung filter berfungsi sebagai tempat media filter yang digunakan untuk penyaringan kotoran pada air kolam. Tabung filter dibuat dari plastik dengan diameter dan tinggi tabung berturut-turut 38 cm dan 63 cm. Material filter yang digunakan dalam penyaringan air terdiri dari busa dakron, japmat, ijuk, batu zeolid, bioball, biokristal, dan bioring. Rancangan kolam ikan dengan sistem resirkulasi air selengkapnya ditunjukkan seperti pada Gambar 2.

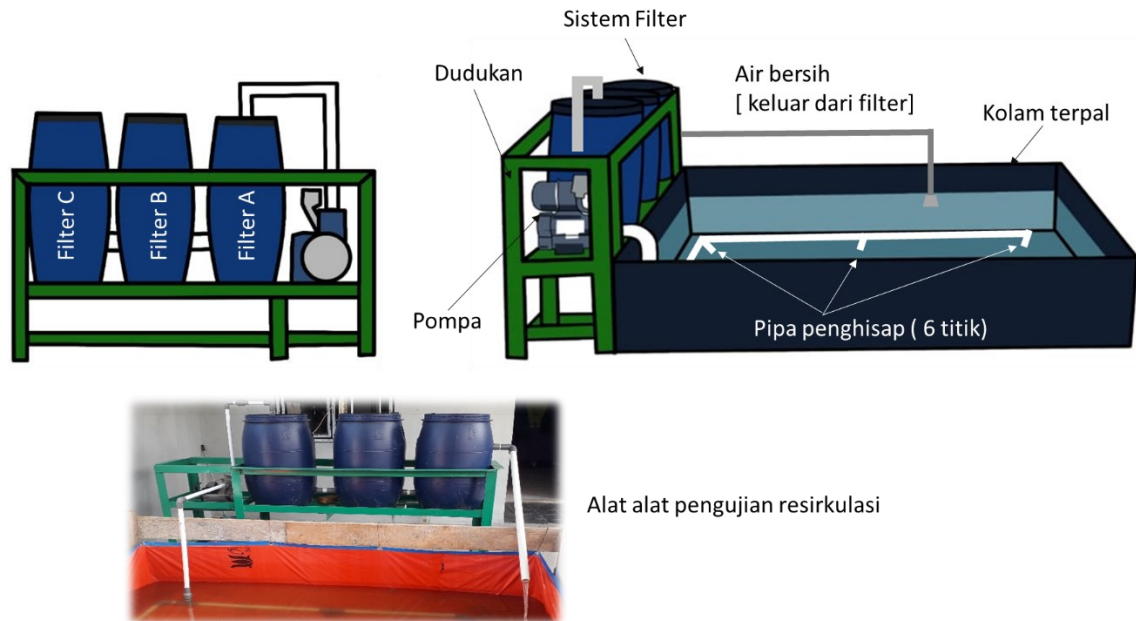
Kolam ikan dengan sistem resirkulasi air terdiri dari sebuah kolam ikan yang berbentuk persegi dilengkapi dengan 6 pipa penghisap air kotor, pompa air, dan sistem filter tiga tingkat. Dalam perancangan sistem pengontrol air bersirkulasi ini pH di batasi pada rentang 7-8 dan tingkat kekeruhan atau *turbidity* minimal 25. Ikan nila dapat dibudidayakan pada rentang 0 – 50 NTU, namun dalam penelitian ini, nilai *turbidity* dikontrol pada nilai 25 sebagai nilai optimal untuk menjaga kualitas air selalu terjaga. Apabila nilai pH dan *turbidity* berada pada rentang tersebut maka pompa akan mati (OFF) sedangkan jika nilai pH dan *turbidity* berada diluar rentang yang ditentukan maka pompa akan bekerja (ON) untuk menyirkulasikan dan menyaring air. Saat pompa bekerja, air di dalam kolam akan dihisap melalui 6 titik pipa penghisap untuk kemudian dialirkan melalui sistem filter A. Selanjutnya akan dialirkan secara gravitasi dari filter A ke B, dan dari filter B ke C. Air akan bersirkulasi terus menerus sampai kemudian kualitas air sudah memenuhi pH 7-8 dan *turbidity* pada rentang lebih kurang 25, maka pompa akan berhenti bekerja.

Untuk mengontrol kualitas air agar sesuai dengan kondisi optimal untuk tumbuh kembang ikan nila, maka pada kolam air resirkulasi ini dilengkapi maka dalam alat eksperimen ini dilengkapi dengan mikrokontroler menggunakan Arduino. Kolam dikondisikan agar air selalu pada suhu diantara 25 – 30°C dan pada pengujian ini suhu air dipantau menggunakan 2 buah termokopel tipe K yang dikoneksikan termometer digital HTI HT9815.

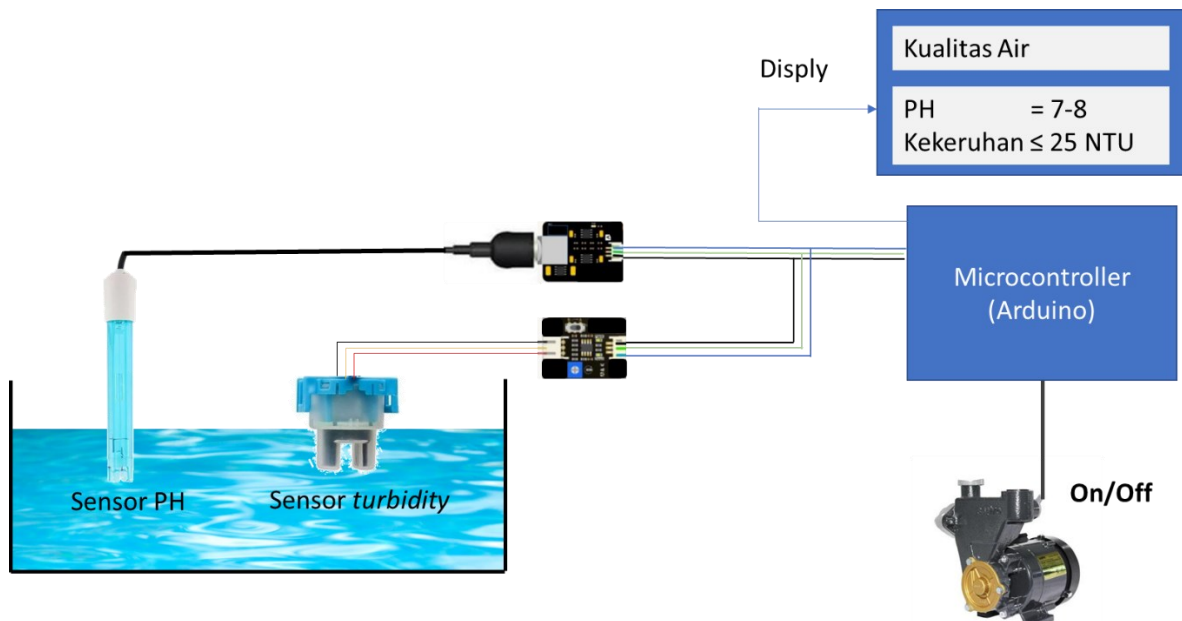
Oksigen terlarut juga merupakan faktor penting yang harus diperhatikan pada sebuah kolam ikan nila, dimana kadar oksigen terlarut yang optimal untuk pertumbuhan ikan nila adalah minimal 5 mg/l. Untuk memastikan oksigen terlarut dalam air kolam terpenuhi, maka dalam kolam ikan dilengkapi dengan 2 buah aerator AMARA AA 9904 dan 2 buah aerator mini 1,5 W. Suhu udara merupakan faktor tetap yang tidak banyak bervariasi dimana kolam ikan diposisikan pada tempat yang tidak terpapar matahari langsung sehingga suhunya cukup stabil diantara 25-30 °C. Oksigen terlarut juga diasumsikan tidak banyak berubah dan cukup dengan memasang 4 buah aerator yang ditempatkan pada 4 posisi di dasar kolam. Sehingga dalam sistem kontrol yang dirancang pada kolam ini dibatasi pada pengontrolan tingkat keasaman (pH) dan tingkat kekeruhan atau *turbidity* (NTU).

Sistem pengontrol kualitas air dikembangkan menggunakan sistem mikrokontroler seperti diperlihatkan pada Gambar 3. Sistem pengontrol ini terdiri dari mikrokontroler Arduino Nano R3, sensor

turbidity dan sensor PH-4502C. Sistem pengontrol ini dilengkapi dengan *display* atau monitor yang memungkinkan pengguna untuk memantau nilai pH dan nilai *turbidity* (NTU). Luaran dari mikrokontroler ini akan dikoneksikan ke pompa sehingga akan mengontrol kerja pompa dalam menyirkulasikan air kolam. Pompa akan bekerja secara otomatis untuk menjaga kualitas air kolam berada pada rentang pH 7-8 dan nilai *turbidity* ≤ 25 NTU.



Gambar 2. Kolam Ikan dengan Sistem Resirkulasi Air

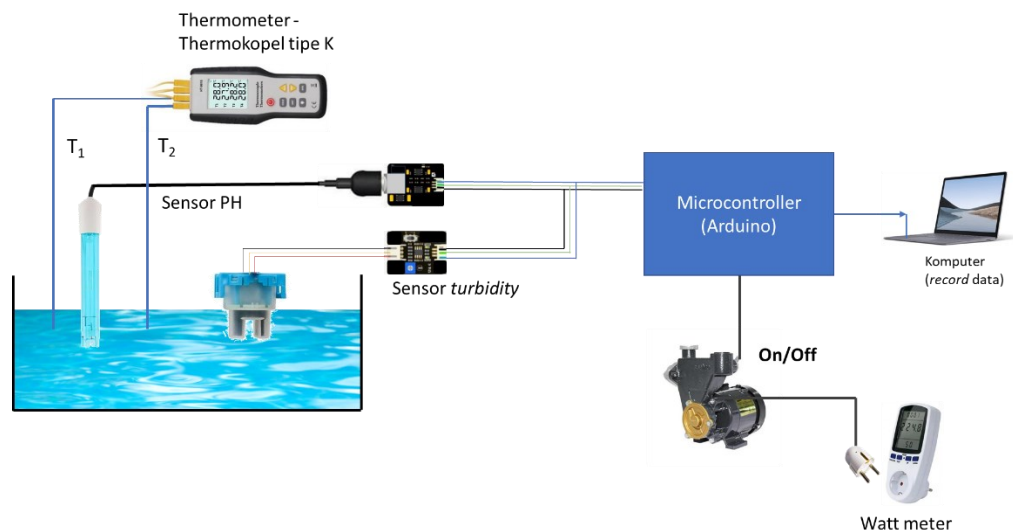


Gambar 3. Pengontrolan pH dan *Turbidity* Berbasis *Microcontroller*

2.2. Pengambilan data

Untuk mengetahui kinerja dari sistem resirkulasi dalam menjaga kualitas air, maka dilakukan pengambilan data pengujian. Pengambilan data dilakukan terhadap suhu air kolam, pH dan tingkat *turbidity* air, dan konsumsi listrik dari pengoperasian pompa. Pada penelitian ini alat data akuisisi dikembangkan menggunakan sistem Arduino yang dibuat terpisah dari alat kontrol. Hal ini disebabkan pada aplikasinya nanti hanya alat kontrol yang akan digunakan pada kolam ikan sebenarnya, sedangkan data akuisisi hanya dipakai pada tahapan eksperimen atau pengambilan data pengujian. Data akuisisi ini menggunakan mikrokontroler Arduino Uno R3, Sensor PH-4502C, dan sensor *turbidity*. Skematis pengambilan data pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.

Kalibrasi terhadap alat ukur yang digunakan dalam pengambilan data dilakukan untuk menjamin keakuratan data pengujian. Kalibrasi terhadap sensor suhu termokopel dilakukan pada kondisi suhu *ambient* dengan menggunakan 4 termokopel tipe K yang dikoneksikan ke termometer digital HTI HT9815. Hasil kalibrasi menunjukkan bahwa rata-rata eror pada termokopel adalah sebesar $\pm 0,1$ °C.



Gambar 4. Skematis Pengambilan Data

Kalibrasi terhadap sensor pH dilakukan dengan mencocokkan hasil pengukuran menggunakan pH meter *Mediatech* PH-2011 dan hasil pengukuran menggunakan Arduino terhadap 4 sampel cairan. Hasil kalibrasi menunjukkan bahwa eror rata-rata pengukuran menggunakan Arduino adalah sebesar 1,9 %. Kalibrasi sensor *turbidity* dilakukan dengan membandingkan *turbidity* atau NTU yang terbaca pada sensor Arduino dengan nilai NTU pada fluida standar. Pada kalibrasi *turbidity* ini digunakan 2 sampel fluida yaitu fluida 0 NTU dan fluida 100 NTU. Hasil menunjukkan bahwa nilai eror maksimal pada sensor Arduino adalah sebesar 2,1%. Hasil kalibrasi menunjukkan bahwa alat ukur memiliki keakuratan yang baik dan valid digunakan untuk pengambilan data pengujian.

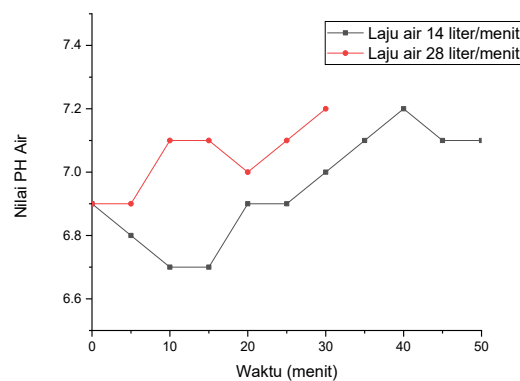
3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Sistem resirkulasi air pada kolam ikan nila yang dihasilkan telah dapat bekerja dengan baik. Prinsip kerja dari sistem resirkulasi otomatis ini adalah sistem mikrokontroler berbasis Arduino akan memberikan perintah kepada sensor pH dan *turbidity* (NTU) untuk membaca nilai dari kualitas air yang diuji. Setelah mendapatkan nilai pH dan NTU maka sensor akan mengirimkan data pengukuran tersebut ke Arduino kembali dan selanjutnya diolah sesuai standar yang telah ditetapkan untuk mengatur kualitas air pada rentang pH 7-8 dan nilai *turbidity* ≤ 25 NTU. Air akan bersirkulasi terus-menerus sampai kemudian kualitas air telah mencapai pH 7-8 dan *turbidity* mencapai 25, maka pompa akan berhenti bekerja. Untuk mengambil data pengujian, maka data akuisisi dan sistem kontrol ini dikoneksikan ke

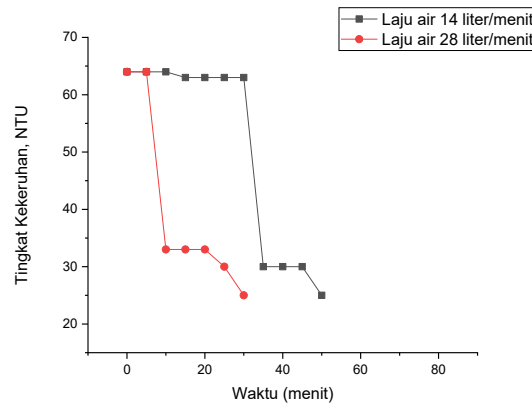
komputer atau laptop, sehingga hasilnya dapat ditampilkan di monitor dan dapat disimpan ke komputer atau laptop.

Pada pengujian air kolam yang telah digunakan telah dikondisikan untuk budidaya ikan dalam waktu 50 hari. Kondisi kualitas air sebelum proses resirkulasi terlihat lebih keruh. Dari hasil pengukuran diketahui bahwa nilai pH awal dari air sebelum proses resirkulasi adalah sebesar 6,7 – 6,8 dan tingkat kekeruhan atau *turbidity* sebesar 64 NTU.

Hasil pengujian nilai pH air ditunjukkan pada Gambar 5. Sedangkan hasil pengujian nilai NTU ditunjukkan pada Gambar 6. Sistem resirkulasi air yang dilengkapi dengan filter dan mikrokontroler dapat mengontrol dan menaikkan nilai pH dari 6,7 menjadi 7,1 pada laju air 14 lpm selama pengujian 50 menit. Dan menaikkan nilai pH dari 6,8 menjadi 7,1 pada laju air 28 lpm selama pengujian 30 menit. Dari hasil pengujian, proses resirkulasi berdampak terhadap kenaikan nilai pH dan dapat menyirkulasikan air secara merata sehingga nilai pH dapat tersebar merata di air kolam para rentang 7-8.



Gambar 5. Nilai pH Air terhadap Waktu

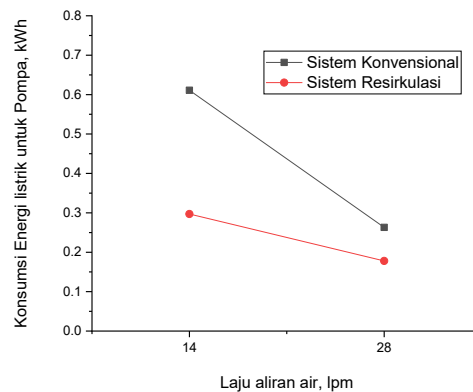


Gambar 6. Nilai NTU Air terhadap Waktu

Gambar 6 menunjukkan bahwa nilai kekeruhan air kolam mengalami penurunan dari 64 NTU menjadi 25 selama 50 menit pada laju air 14 lpm. Dan menurunkan nilai NTU dari 64 NTU menjadi 25 selama 30 menit pada laju air 28 lpm. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan aliran air ke dalam kolam dengan laju yang lebih besar 14 lpm ke 28 lpm memberikan kecepatan penjernihan yang lebih cepat. Pengaturan laju aliran air dikondisikan dengan mengatur katup pompa pada setengah bukaan untuk 14 lpm dan bukaan penuh untuk 28 lpm. Penambahan katup tentu akan menambah *head* pompa, yang secara tidak langsung akan berdampak pada peningkatan konsumsi energi dari pompa [18]. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pengoperasian katup untuk mengatur laju air dari bukaan penuh 28 lpm

menjadi 14 lpm meningkatkan konsumsi energi dari 305 W menjadi 356 W. Penggunaan laju aliran air 28 lpm membutuhkan konsumsi energi listrik sebesar 0,178 kWh, sedangkan penggunaan laju aliran 14 lpm membutuhkan 0,297 kWh.

Dalam sistem konvensional, untuk mempertahankan kualitas air dilakukan dengan melakukan penggantian air setiap 2 minggu dan volume penggantian air setengah dari kapasitas kolam ikan. Dengan volume air kolam ikan sebesar 1444 liter maka penggantian minimum air adalah 722 liter setiap 2 minggu. Artinya ada penghematan air bersih yang signifikan untuk budidaya ikan. Apabila jumlah kolam ikan banyak, dan bahkan dihitung secara nasional, maka penghematan air yang didapatkan akan sangat besar.



Gambar 7. Konsumsi Energi Pompa

Sistem resirkulasi air juga memberikan penghematan energi yang signifikan jika dibandingkan dengan cara membersihkan air secara manual. Karena pompa dibutuhkan pada saat membuang air kolam yang telah kotor, dan kemudian mengisi kembali dengan air yang bersih. Perbandingan konsumsi energi sistem konvensional dan sistem resirkulasi ditunjukkan pada Gambar 7. Penggunaan sistem resirkulasi memberikan penghematan energi sebesar 51,4 % pada laju aliran air 14 lpm dan 32,3 % pada laju aliran air 28 lpm.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan sistem resirkulasi air pada kolam ikan untuk budidaya ikan nila yang dilengkapi dengan filter dan sistem mikrokontroler berbasis Arduino dapat mengontrol nilai pH dan menurunkan tingkat kekeruhan air secara signifikan. Penggunaan sistem resirkulasi ini juga dapat menghemat penggunaan air bersih dan konsumsi energi listrik dari pengoperasian pompa. Nilai pH dan tingkat kekeruhan air akan selalu dikontrol sesuai standar kualitas air untuk budidaya ikan, dan secara otomatis sistem akan bekerja jika ambang batas nilai pH dan tingkat kekeruhan atau NTU berada diluar ambang batas kualitas air. Secara keseluruhan sistem ini memberikan keuntungan penghematan energi pada pengoperasian pompa, penghematan penggunaan air bersih, dan kualitas air yang selalu terkontrol.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan sistem resirkulasi air pada kolam ikan untuk budidaya ikan nila yang dilengkapi dengan sistem filter dan sistem mikrokontroler berbasis Arduino dapat menjaga dan menaikkan nilai pH dan menurunkan tingkat kekeruhan atau *turbidity* (NTU) secara signifikan. Penggunaan sistem resirkulasi memberikan penghematan penggunaan air bersih. Penggunaan sistem resirkulasi juga memberikan penghematan energi untuk konsumsi pompa sebesar 51,4 % pada laju aliran air 14 lpm dan 32,3 % pada laju aliran air 28 lpm bila dibandingkan dengan sistem konvensional. Secara keseluruhan sistem resirkulasi ini memberikan keuntungan penghematan energi pada pengoperasian pompa, penghematan penggunaan air bersih, dan kualitas air yang selalu terkontrol. Pengembangan sistem resirkulasi air otomatis ini sangat dibutuhkan kedepannya terutama

dalam sistem *monitoring* dan pengontrolan yang dapat dipantau dari jauh seperti dengan menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT), sehingga dapat mempermudah pengawasan kualitas air kolam.

5. Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta yang telah mendanai pelaksanaan penelitian ini melalui Program Penelitian Dosen Muda Fakultas Tahun 2021, Nomor: 025a/5.FT/PM/IV/2021, Tanggal: 26 April 2021.

6. Daftar Pustaka

- [1] K. K. d. P. K. R. Indonesia, "2020, KKP Targetkan Konsumsi Ikan 56,39 kg," ed, 2020.
- [2] L. E. Hadie, E. Kusnendar, B. Priono, R. R. S. P. S. Dewi, and W. Hadie, "Strategi dan Kebijakan Produksi pada Budidaya Ikan Nila Berdaya Saing," *Jurnal Kebijakan Perikanan Indonesia*, vol. 10, no. 2, pp. 75-85, 2018.
- [3] F.. a. A. O. o. t. U. Nations, "Globefish Highlights a Quarterly Update on World Seafood Markets: International Demand for Tilapia Steady, though US Market Weak with Discouraging Prices," 2017.
- [4] Terpalindo, "Panduan Lengkap Budidaya Nila di Kolam Terpal Bulat." [Online]. Available: <https://kolamterpal.net/wp-content/uploads/2019/09/Ebook-Premium-Panduan-Budidaya-Nila.pdf>
- [5] H. Efendi, A. G. Permana, and A. Hartaman, "Perancangan dan Implementasi Alat Monitoring Kelayakan Air pada Kolam Ikan Berbasis Internet Of Things (iot) menggunakan Mikrokontroler," *eProceedings of Applied Science*, vol. 6, no. 3, 2020.
- [6] G. Imaduddin and A. Saprizal, "Otomatisasi Monitoring dan Pengaturan Keasaman Larutan dan Suhu Air Kolam Ikan pada Pembenuhan Ikan Lele," *JUST IT: Jurnal Sistem Informasi, Teknologi Informasi dan Komputer*, vol. 7, no. 2, pp. 28-35, 2017.
- [7] R. Sukarno, N. Putra, I. I. Hakim, F. F. Rachman, and T. M. I. Mahlia, "Multi-Stage Heat-Pipe Heat Exchanger for Improving Energy Efficiency of The HVAC System in a Hospital Operating Room 1," *International Journal of Low-Carbon Technologies*, vol. 16, no. 2, pp. 259-267, 2021, doi: 10.1093/ijlct/ctaa048.
- [8] R. Sukarno, "Pengaruh Penggunaan Air Kondesat sebagai Media Precooling Kondensator terhadap Kinerja Sistem Pengkondisian Udara," *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ*, vol. 5, no. 2, pp. 90-95, 2018.
- [9] R. Sukarno, N. Putra, and I. I. Hakim, "Non-Dimensional Analysis for Heat Pipe Characteristics in the Heat Pipe Heat Exchanger as Energy Recovery Device in the HVAC Systems," *Thermal Science and Engineering Progress*, vol. 26, p. 101122, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2021.101122>.
- [10] L. Pérez-Lombard, J. Ortiz, and C. Pout, "A review On Buildings Energy Consumption Information," *Energy and Buildings*, vol. 40, no. 3, pp. 394-398, 2008, doi: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.03.007>.
- [11] N. Ahmed and G. M. Turchini, "Recirculating Aquaculture Systems (RAS): Environmental Solution and Climate Change Adaptation," *Journal of Cleaner Production*, p. 126604, 2021.
- [12] M. Badiola, O. Basurko, R. Piedrahita, P. Hundley, and D. Mendiola, "Energy Use in Recirculating Aquaculture Systems (RAS): a Review," *Aquacultural engineering*, vol. 81, pp. 57-70, 2018.
- [13] S.-Y. Zhang, G. Li, H.-B. Wu, X.-G. Liu, Y.-H. Yao, L. Tao, and H. Liu, "An Integrated Recirculating Aquaculture System (RAS) for Land-Based Fish Farming: The Effects on Water Quality and Fish Production," *Aquacultural Engineering*, vol. 45, no. 3, pp. 93-102, 2011, doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2011.08.001>.
- [14] A. P. Simanjuntak and R. Pramana, "Pengontrolan Suhu Air pada Kolam Pendederan dan Pembenuhan Ikan Nila Berbasis Arduino," *Jurnal Teknik Elektro FT UMRAH*, pp. 1-10, 2013.

- [15] S. R. Fauzia and S. H. Suseno, "Resirkulasi Air Untuk Optimalisasi Kualitas Air Budidaya Ikan Nila Nirwana (*Oreochromis Niloticus*)," *Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat (PIM)*, vol. 2, no. 5, pp. 887–892, 2020.
- [16] P. Y. Merucahyo, A. B. Sadewo, C. Karuru, and A. T. Priantoro, "Pengendali Otomatis Kualitas Air Kolam Ikan Berbasis Wireless dengan RFM12-433S," *Widya Teknik*, vol. 15, no. 2, pp. 88-98, 2016.
- [17] F. Norjanna, E. Efendi, and Q. Hasani, "Reduksi Amonia pada Sistem Resirkulasi dengan Penggunaan Filter yang Berbeda," *e-Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan*, vol. 4, no. 1, pp. 427-432, 2015.
- [18] H. T. Sularso, "Pompa dan Kompresor," *PradnyaParamita, Jakarta*, 2004.