

PENERAPAN SISTEM KONTROL OTOMATIS PADA PERANGKAT MEKANIK PAKAN IKAN BERBANTUAN SURYA DAN IOT MENGGUNAKAN METODE FUZZY LOGIC DAN PID CONTROLLER UNTUK MENDUKUNG PETERNAK IKAN PATIN

M. Fadil¹, Deni Kurniawan², Ir. Ridwan, S.ST., [M.Tr.T](#)³, Abdullah Sani, S.ST, M.Sc.⁴, Illa Aryeni, S.T, M.T.⁵

^{1,2,3,4} Program Studi Teknologi Rekayasa Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Batam, Batam, Indonesia

Email penulis pertama: m.fadil.bt@gmail.com, Email penulis kedua: dkurnians12@gmail.com

Abstrak

Budidaya ikan patin (*Pangasius sp.*) memerlukan efisiensi pakan yang presisi untuk menjaga laju pertumbuhan dan kualitas air. Kendala utama di lapangan adalah pemberian pakan secara manual, ketidakpenyesuaian dosis terhadap perubahan suhu air, serta keterbatasan daya listrik di daerah off-grid. Penelitian ini bertujuan merancang dan menguji sistem feeder pakan otomatis berbasis Internet of Things (IoT) dengan sumber energi mandiri dari panel surya. Sistem ini mengimplementasikan dua metode kendali, yaitu PID Controller dan Fuzzy Logic, untuk mengarahkan bukaan servo penakar secara adaptif berdasarkan pembacaan suhu air secara real-time. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kedua metode mampu bekerja sesuai rancangan, namun terdapat perbedaan performa signifikan pada kecepatan respon (rise time) dan akurasi. Metode PID Controller mencatatkan rata-rata respon sebesar 11,64 detik, sedangkan Fuzzy Logic mencatatkan rata-rata respon 16,87 detik, yang mengindikasikan bahwa PID 5,23 detik lebih cepat. Kendati demikian, Fuzzy Logic unggul pada akurasi penakaran hingga 99,56% serta memberikan tingkat stabilitas yang lebih tinggi tanpa mengalami overshoot berlebih.

Kata kunci: Fuzzy Logic, Ikan Patin, IoT, Pakan Ikan Otomatis, Panel Surya, PID Controller.

1. PENDAHULUAN

Budidaya ikan patin merupakan salah satu sektor perikanan darat yang memiliki potensi ekonomi tinggi di Indonesia. Namun, efisiensi operasional pembudidaya sering kali terkendala oleh tata kelola pemberian pakan yang masih bersifat manual dan tidak terukur. Pemberian pakan secara berlebihan (*overfeeding*) tidak hanya meningkatkan biaya operasional hingga 60-70% dari total biaya produksi, tetapi juga memperburuk kualitas air akibat akumulasi sisa pakan yang membusuk. Sebaliknya, pemberian pakan yang kurang (*underfeeding*) mengganggu laju pertumbuhan ikan.

Metabolisme dan nafsu makan ikan patin sangat dipengaruhi oleh fluktuasi suhu air kolam. Pada kondisi suhu suboptimal (<25°C atau >35°C), aktivitas pencernaan ikan menurun secara signifikan sehingga dosis pakan harus disesuaikan secara adaptif. Di sisi lain, lokasi kolam budidaya yang berada di area terpencil kerap tidak memiliki akses terhadap jaringan listrik PLN (off-grid), sehingga menyulitkan otomatisasi perangkat mekanik.

Untuk mengatasi kendala tersebut, penelitian ini merancang sistem *smart feeder* berbasis *Internet of Things* (IoT) yang memanfaatkan panel surya sebagai sumber energi mandiri. Sistem dilengkapi dengan kendali otomatis dosis pakan berbasis suhu air. Penelitian ini difokuskan untuk membandingkan performa dua algoritma kontrol, yaitu *PID Controller* dan *Fuzzy Logic Controller*, dalam mengendalikan pembukaan katup servo penakar pakan berdasarkan respon waktu, akurasi berat, dan stabilitas kendali.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 System Monitoring dan IoT Berbasis Energi Surya

Penerapan IoT pada sektor akuakultur memungkinkan pemantauan dan pengontrolan perangkat secara jarak jauh. Penggunaan mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan *Firestore Realtime Database* memfasilitasi komunikasi data dua arah (duplex) secara cepat. Untuk mengatasi masalah pasokan energi di area tambak *off-grid*, sistem memanfaatkan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) independen yang terdiri dari panel surya, *Solar Charge Controller* (SCC), aki, dan inverter.

2.2 Komponen Sensor dan Aktuator

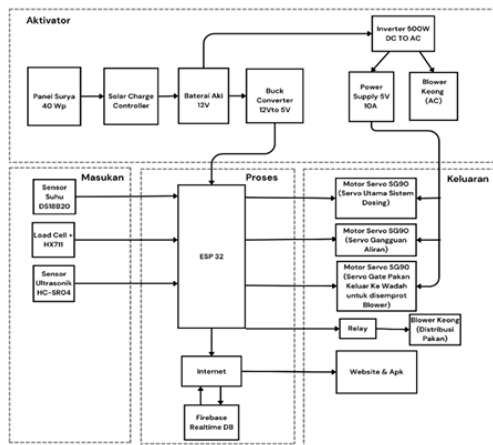
Sistem ini menggunakan sensor suhu DS18B20 *waterproof* untuk mengukur suhu air kolam. Sensor *Load Cell* yang dihubungkan dengan modul ADC HX711 berfungsi mendeteksi berat pakan pada wadah penampung sementara secara *real-time*. Aktuator utama terdiri dari motor servo SG-90 untuk mengatur derajat pembukaan katup pengeluaran pakan dan blower keong AC untuk melontarkan pakan ke permukaan kolam.

3. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian mengacu pada pendekatan pengembangan sistem berbasis IoT. Perancangan dibagi menjadi perancangan sistem, perangkat keras dan antarmuka web.

3.1 Arsitektur Sistem dan Perangkat Keras

Sistem penakar pakan otomatis terdiri dari empat blok utama:



Gambar 3.1 Desain Sistem

Manajemen Daya (*Off-Grid*) Panel Surya 40 Wp, *Solar Charge Controller* (SCC), Baterai Aki 12V, Modul *Step-Down/Buck Converter* LM2596 (12V ke 5V), serta Inverter 500W untuk menyuplai Blower Keong AC. Pengendali Utama & IoT Mikrokontroler ESP32 terhubung dengan *Firebase Realtime Database* untuk pemantauan dan kendali melalui *dashboard* aplikasi. Sensor (Masukan) yaitu Sensor suhu DS18B20 (suhu air), *Load Cell* + HX711 (timbangan berat pakan), dan Sensor Ultrasonik HC-SR04 (stok pakan). Aktuator (Keluaran): Motor Servo SG90 (mengatur sudut bukaan penakar) dan Relay yang menyalakan Blower Keong (pelontar pakan).

3.2 Penentuan Setpoint Adaptif Berbasis Suhu

Sebelum masuk ke algoritma kendali *closed-loop*, target berat pakan (*setpoint*) ditentukan secara dinamis berdasarkan parameter suhu air dari sensor DS18B20.

Rentan Suhu (°C)	Kategori	Penjelasan	Setpoint
< 26	Dingin	Jika suhu air di bawah 26°C, pakan dikur menjadi 65% dari jumlah normal. Ini untuk nafsu makan ikan.	Setpoint pakan = Total Berat x Persentase pakan
26 - 30	Optimal	Jika suhu air berada dalam rentang optimal hingga 30°C, pemberian pakan dilakukan normal (100%). Kondisi ideal untuk pertumbuhan.	Setpoint pakan = Total Berat x Persentase pakan
> 30	Panas	Jika suhu air di atas 30°C, pakan dikur menjadi 50% dari jumlah normal. Suhu tinggi dapat menyebabkan stres pada ikan.	Setpoint pakan = Total Berat x Persentase pakan

Sistem menentukan dosis pakan (*setpoint*) secara otomatis berdasarkan kategori suhu air yang terukur:

- Suhu Rendah / Dingin (<26°C): Setpoint pakan diatur pada 20 gram (kebutuhan pakan 1%).
- Suhu Optimal (26°C - 30°C): Setpoint pakan diatur pada 45 gram (kebutuhan pakan 3%).
- Suhu Tinggi / Panas (>30°C): Setpoint pakan diatur pada 30 gram (kebutuhan pakan 1,5%).

3.3 Perancangan Algoritma Kendali

PID Controller menghitung nilai kesalahan (*error*) antara berat pakan terukur dan target *setpoint*. Nilai konstanta Proportional (P), Integral (I), dan Derivative (D) dituning menggunakan metode eksperimental Ziegler-Nichols.

Fuzzy Logic Controller (Mamdani/Fuzzy PD) mengolah dua parameter masukan, yaitu *Error* (e) dan

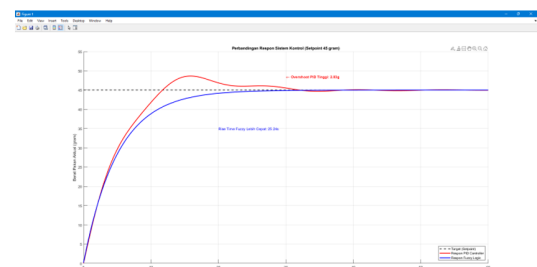
Change of Error (Δe). Proses fuzzifikasi membagi variabel ke dalam 5 himpunan keanggotaan (NB, NS, Z, PS, PB) yang diproses melalui 25 aturan kendali (*rule base*) dan didefuzzifikasi menggunakan metode *Discrete Singleton/Weighted Average*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

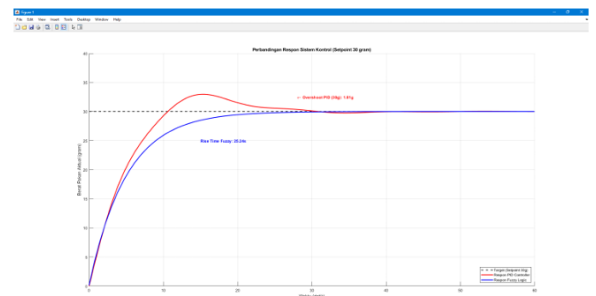
4.1 Analisis Komparatif Performa Kendali (PID Fuzzy Logic)

Pengujian ini merupakan inti penelitian untuk membandingkan performa dua metode kendali. Perbandingan kinerja didasarkan pada tiga aspek utama yaitu kestabilan error, tingkat presisi, dan respon dinamis sistem terhadap perubahan setpoint.

- Respon dinamis sistem pada perubahan setpoint.



Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Respon Sistem Kontrol Pada Setpoint (45gram)

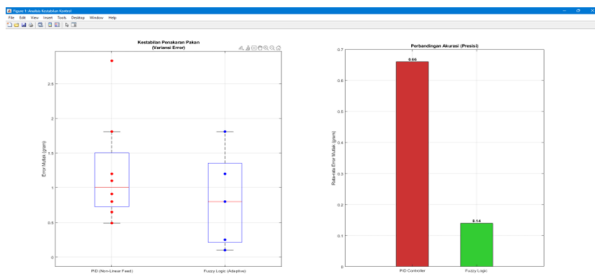


Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Respon Sistem Kontrol Pada Setpoint (30gram)

Pengujian respon sistem dilakukan pada dua setpoint, yaitu 45 gram dan 30 gram, pada setpoint 45 gram metode PID mengalami overshoot sebesar 2.8 gram, sedangkan pada setpoint 30 gram overshoot terjadi sebesar 1,4 gram. Dari kondisi tersebut menunjukkan bahwa PID cenderung menghasilkan keluaran yang melebihi target sebelum mencapai kondisi stabil. Dimana itu berpotensi menyebabkan pemberian pakan berlebihan. Namun pada metode Fuzzy Logic menghasilkan respon lebih halus, stabil, dan minim overshoot sehingga aman digunakan untuk sistem pemberian pakan ikan otomatis yang membutuhkan ketelitian dan kestabilan tinggi.

- Kestabilan dan tingkat presisi

Hasil Pengujian presisi dan kestabilan sistem dapat ditampilkan pada gambar grafik dibawah ini.

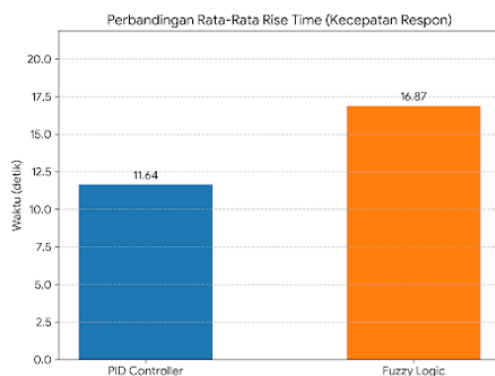


Gambar 4.3 Grafik Kestabilan Sistem dan Tingkat Presisi

Dari Grafik kestabilan penakaran pakan, metode PID memiliki sebaran error besar dibandingkan metode Fuzzy Logic. Nilai error pada PID memberikan fluktuasi lebih tinggi dan terdapat beberapa data menyimpang yang dimana itu menandakan bahwa sistem masih kurang stabil dalam mempertahankan keluaran mendekati nilai target. Berbeda dengan metode fuzzy menampilkan sebaran error yang lebih kecil dan nilai median yang lebih kecil. Sehingga metode Fuzzy Logic memiliki kestabilan sistem yang lebih baik. Selain itu pada grafik perbandingan presisi, didapatkan nilai rata-rata error PID sebesar 0.66 gram, sedangkan Fuzzy Logic hanya 0.14gram, nilai error lebih kecil ini memberikan hasil penakaran pakan mendekati setpoint. Dengan adanya hasil ini metode Fuzzy Logic memiliki tingkat presisi yang lebih tinggi.

c. Analisis kecepatan respon sistem (rise time)

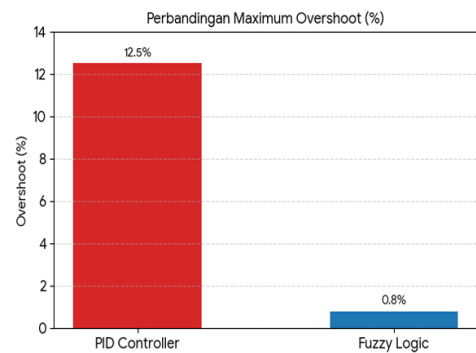
Grafik dibawah ini melakukan perbandingan rise-time antara PID dan Fuzzy Logic.



Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Rise Time Respon Antara PID dan Fuzzy.

Rise time diukur sebagai waktu yang dibutuhkan respon sistem untuk naik dari 10% hingga ke 90% nilai steady-state. Dari grafik tersebut menunjukkan bahwa PID memiliki rise time lebih cepat dibandingkan dengan Fuzzy, respon sistem yang lebih cepat terhadap perubahan input. Yang dimana perbedaan sekitar 0.05detik yang menandakan lebih unggul PID. Fuzzy menunjukkan rise time lebih lambat namun tetap stabil, sesuai untuk sistem dengan gangguan minim.

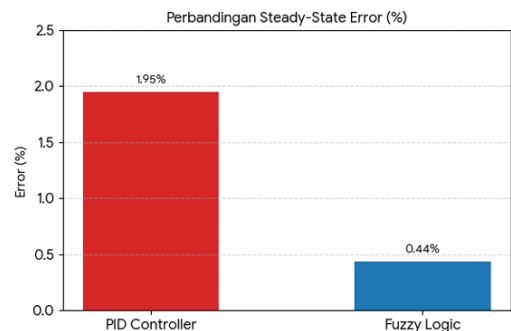
d. Perbandingan Overshoot



Gambar 4.4 Perbandingan Overshoot

Pada grafik ini, terlihat jelas keunggulan metode Fuzzy Logic dibandingkan PID Controller. Penggunaan PID Controller menghasilkan lonjakan respon (overshoot) yang cukup tinggi mencapai 12.5%. Sebaliknya, penerapan Fuzzy Logic berhasil meredam lonjakan tersebut secara drastis hingga hanya tersisa 0.8%. Rendahnya nilai overshoot pada Fuzzy Logic menunjukkan bahwa sistem berjalan lebih stabil dan aman dari risiko lonjakan sinyal yang berlebihan saat fase awal respon (transien).

e. Perbandingan Steady-State Error



Gambar 4.12 Perbandingan Steady-State Error

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Gambar 4.12 , terdapat perbedaan kinerja yang signifikan antara penggunaan PID Controller dan Fuzzy Logic ditinjau dari parameter Steady-State Error. Grafik batang tersebut menunjukkan bahwa PID Controller menghasilkan nilai Steady-State Error sebesar 1.95%. Sementara itu, metode Fuzzy Logic mampu menekan nilai error menjadi jauh lebih kecil, yaitu sebesar 0.44%. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem dengan kendali Fuzzy Logic memiliki akurasi yang lebih tinggi dan kemampuan yang lebih baik dalam mencapai nilai set-point yang diinginkan dibandingkan dengan kontroler PID konvensional pada sistem yang diuji.

Berdasarkan hasil Analisis dan pembahasan yang telah dilakukan sebelumnya:

1. Rancang bangun sistem pakan ikan otomatis berbasis IoT berhasil diimplementasikan dengan fitur kendali adaptif suhu. Sistem mampu mendeteksi perubahan suhu air secara real-time dan menyesuaikan target pakan (20 gram saat suhu dingin, 45 gram saat suhu optimal, dan 30 gram saat suhu panas) guna menjaga metabolisme ikan patin.
2. Berdasarkan hasil perbandingan kinerja kendali, metode Fuzzy Logic Control terbukti lebih efektif diterapkan dibandingkan PID Controller untuk mekanisme pakan butiran. Fuzzy Logic menghasilkan tingkat akurasi rata-rata sebesar 99,56% dengan error mutlak yang sangat rendah (0,14 gram) namun respon sistem rata-rata yang lebih lambat (16.87 detik) dibandingkan PID.
3. Meskipun Fuzzy Logic memiliki keunggulan dalam stabilitas dan akurasi (meminimalisir overshoot) , namun secara performa kecepatan, PID Controller jauh lebih unggul karena memiliki respon rata-rata yang lebih agresif (11,64 detik) terhadap perubahan input pakan.
4. Penerapan panel surya 40 WP (Watt Peak) sebagai sumber energi utama berhasil mendukung operasional alat secara mandiri tanpa bergantung pada jala-jala listrik PLN, sehingga alat dapat ditempatkan di lokasi tambak yang jauh dari sumber listrik.
5. Sistem monitoring jarak jauh berbasis Web dan database Firebase berfungsi dengan baik, memungkinkan peternak memantau suhu air, status pakan, dan sisa stok pakan melalui smartphone dengan latensi pengiriman data yang rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Gea et al., "Analisis Kinerja Pertumbuhan Ikan Patin (Pangasius Sp .) pada Sistem Budidaya dengan Kolam Terpal," Zool. J. Ilmu Peternakan, Ilmu Perikanan, Ilmu Kedokt. Hewan, vol. 3, no. 1, pp. 63–72, 2025. .
- [2] R. Hanif et al., "Rancang bangun aplikasi pakan ikan otomatis berbasis arduino uno dan android," 2022.
- [3] N. Sari, D. Sofarini, and F. Arifin, "Analisis Kualitas Air Di Kolam Pembesaran Ikan Patin Siam (Pangasius hypophthalmus Bleeker) DI UPTD PBAPL Karang Intan ANalysis Of Water Quality In Siamese Catfish (Pangasius hypophthalmus Bleeker) Rearingg Ponds At UPTD PBAPL Karang Intan," Aquatic, vol. 3, no. 2, pp. 128–137, 2020. .
- [4] Arjun, Umar, and Ridwang, "Arus Jurnal Sains dan Teknologi (AJST) Pengembangan Sistem Cerdas Pemberian Pakan Ikan Otomatis Berbasis Iot," Arus J. Sains dan Teknol., vol. 2, no. 2, 2024, [Online]. Available: <http://jurnal.ardenjaya.com/index.php/ajsthttp://jurnal.ardenjaya.com/index.php/ajst>
- [5] R. F. Kurniawan, A. Ashari, and R. M. Hujja, "Sistem Pakan Ikan Otomatis Berdasarkan Kualitas Air Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani," IJEIS (Indonesian J. Electron. Instrum. Syst., vol. 15, no. 1, p. 73, 2025, doi: 10.22146/ijeis.94202.
- [6] A. O. Silalahi, A. Sinambela, H. M. Panggabean, and J. T. N. Pardosi, "Smart Automated Fish Feeding Based on Iot System Using Lora Ttgo Sx1276 and Cayenne Platform," EUREKA, Phys. Eng., vol. 2023, no. 3, pp. 66–79, 2023, doi: 10.21303/2461-4262.2023.002745.
- [7] R. Venantius, H. Ginardi, M. Husni, R. Wakhidatus, and S. Annisaa, "Integrasi Teknologi Internet of Things dalam Pengembangan Sistem Pemantauan Kualitas Air dan Kesehatan Udang Air Tawar untuk Optimalisasi Produk Perikanan," vol. 9, no. 1, 2025.
- [8] R. Venantius, H. Ginardi, M. Husni, R. Wakhidatus, and S. Annisaa, "Integrasi Teknologi Internet of Things dalam Pengembangan Sistem Pemantauan Kualitas Air dan Kesehatan Udang Air Tawar untuk Optimalisasi Produk Perikanan," vol. 9, no. 1, 2025.