



SISTEM MONITORING KUALITAS AIR DAN PREDIKSI SKOR STRES IKAN LELE (Clarias sp.) 24 JAM KE DEPAN BERBASIS INTERNET OF THINGS MENGGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN DENGAN PARAMETER AMONIA DAN SUHU

Mohammad hanif Alghifari
Alghifari_hnf111403@upi.edu
Physics Study Program, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung,
Indonesia

Ahmad Aminudin
aaminudin@upi.edu
Physics Study Program, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung,
Indonesia

Artikel ini telah dipresentasikan pada kegiatan Seminar Nasional
Fisika (Sinafi 12.0)
Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia
08 Agustus 2026

Abstract

Ammonia concentration and water temperature are two critical water-quality parameters in intensive catfish (Clarias sp.) farming, since both can trigger physiological stress and reduce productivity when monitoring is infrequent. Conventional monitoring is generally still performed manually with limited measurement frequency, making it prone to delayed detection of critical conditions. This study designed and built a web-based Internet of Things (IoT) monitoring system that integrates a DFRobot SEN0469 ammonia sensor and a DFRobot DS18B20 temperature sensor with an Arduino Portenta H7 microcontroller, transmitting data through the ThingSpeak IoT platform to a real-time web dashboard. Field testing was conducted over 8 days (20-28 May 2026) on a small-scale circular tarpaulin pond, collecting 20,269 raw data points that were resampled into 194 hourly points. Sensor accuracy verification against calibrated reference instruments (API ammonia test kit and a calibrated thermometer) on five comparison points showed a Mean Absolute Error (MAE) of 0.024 ppm for the ammonia sensor and 0.062°C for the temperature sensor, with the temperature sensor further verified for precision, linearity ($R^2 = 0.999$), sensitivity, and resolution. During the observation period, ammonia concentration generally remained within the safe category (median 0.016 ppm), while temperature showed larger fluctuations relative to the optimal range, and correlation analysis indicated that temperature contributed more dominantly to fluctuations in the fish's water-quality-based condition than ammonia. The results demonstrate that the developed sensor-microcontroller-IoT dashboard pipeline reliably acquires, transmits, and displays real-time water-quality data, providing a practical monitoring and early-warning tool for small-scale catfish farmers.

Kata Kunci: Water Quality · Internet of Things · Ammonia Sensor · Temperature Sensor · Aquaculture Monitoring

PENDAHULUAN

Ikan lele (*Clarias sp.*) menempati posisi penting dalam ketahanan pangan sekaligus roda ekonomi masyarakat Indonesia. Tingginya minat konsumsi, siklus panen yang singkat, dan kemudahan budi daya bahkan pada lahan sempit membuat komoditas ini terus diminati pembudidaya skala kecil maupun besar, didukung oleh sifat fisiologisnya yang tergolong euryterik dengan toleransi lingkungan yang luas (Bruton, 1988, dalam Hecht et al., 1988). Namun keberhasilan budi daya sangat bergantung pada kualitas air, karena seluruh proses hidup ikan lele berlangsung di dalam air sehingga setiap perubahan kondisi lingkungan akuatik berdampak langsung pada kesehatannya (Svobodová et al., 1993).

Salah satu parameter kualitas air paling kritis dalam budi daya lele secara intensif adalah kadar amonia (NH_3), yang terutama berasal dari sisa pakan yang tidak termakan serta hasil ekskresi metabolisme protein oleh ikan (FAO, n.d.-c; Svobodová et al., 1993). Amonia tak terionisasi bersifat

How to Cite: Alghifari, M.H., & Aminudin, A. (2026). Sistem Monitoring Kualitas Air Dan Prediksi Skor Stres Ikan Lele (*Clarias Sp.*) 24 Jam Ke Depan Berbasis Internet Of Things Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Dengan Parameter Amonia Dan Suhu. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, 5(1), 181-186. <http://proceedings.upi.edu/index.php/sinafi>

toksik karena tidak bermuatan dan larut dalam lipid, sehingga dapat berdifusi secara pasif melalui membran insang dan mengganggu sistem respirasi (Ip et al., 2004; Wee et al., 2007). Paparan amonia kronis dilaporkan dapat menurunkan laju pertumbuhan, menekan asupan pakan, hingga menyebabkan kematian massal (El-Shafai et al., 2004; Schram et al., 2010). Selain amonia, suhu air turut berperan besar karena ikan lele bersifat poikilotermik sehingga laju metabolisme, konsumsi oksigen, dan toksisitas amonia itu sendiri sangat dipengaruhi oleh perubahan suhu (Svobodová et al., 1993).

Pemantauan kualitas air pada praktik budi daya konvensional pada umumnya masih dilakukan secara manual dengan frekuensi pengukuran yang terbatas (FAO, n.d.-b), sehingga rentan terhadap keterlambatan deteksi kondisi kritis dan berpotensi menimbulkan kesalahan pengukuran akibat faktor manusia. Kondisi ini mendorong perlunya sistem pemantauan yang mampu melakukan akuisisi data secara kontinu, real-time, dan dapat diakses dari jarak jauh, sebagaimana yang dimungkinkan oleh penerapan teknologi Internet of Things (IoT) sebuah paradigma yang menghubungkan objek fisik dengan sensor, konektivitas jaringan, dan kemampuan pertukaran data tanpa memerlukan interaksi manusia secara langsung (Ashton, 2009; Gubbi et al., 2013).

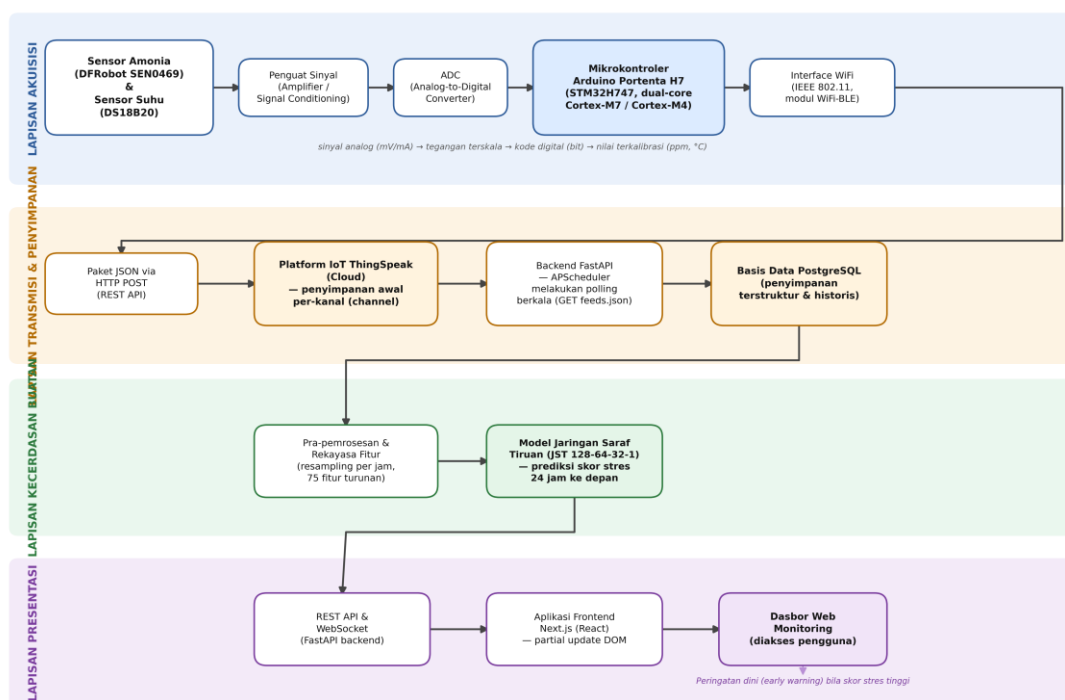
Berdasarkan pertimbangan tersebut, penelitian ini merancang dan membangun sebuah sistem monitoring kualitas air berbasis IoT yang mengintegrasikan sensor amonia dan suhu, mikrokontroler sebagai unit akuisisi data, platform IoT sebagai perantara transmisi data, serta dasbor web sebagai antarmuka pemantauan real-time bagi pembudidaya. Dari sudut pandang keilmuan fisika, penelitian ini relevan karena mencakup prinsip kerja sensor elektrokimia dan termal, teknik akuisisi dan transmisi data digital, serta karakterisasi kinerja instrumen pengukuran (akurasi, presisi, linearitas, sensitivitas, dan resolusi).

METODE

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimental kuantitatif, yang dilakukan dengan mengamati variasi kondisi amonia dan suhu air secara alami sepanjang waktu, sekaligus menguji performa sistem instrumentasi berbasis sensor dan IoT yang dibangun. Penelitian dilaksanakan selama satu minggu, yaitu pada tanggal 20-28 Mei 2026, bertempat di kolam budi daya ikan lele skala rumahan berupa kolam terpal bundar (diameter ± 90 cm, tinggi air ± 100 cm, volume ± 636 liter) tanpa aerator maupun sirkulasi/pergantian air selama periode pengamatan, yang berlokasi di Kota Cimahi, Provinsi Jawa Barat.

Rancang Bangun Sistem

Sistem monitoring dirancang melalui empat lapisan (layer) yang saling terhubung: (1) lapisan akuisisi berupa sensor amonia elektrokimia DFRobot Gravity Ammonia Sensor (SEN0469) dan sensor suhu tahan air DFRobot DS18B20 yang dihubungkan ke mikrokontroler Arduino Portenta H7; (2) lapisan transmisi dan penyimpanan menggunakan platform IoT ThingSpeak melalui jaringan WiFi dengan protokol HTTP, dilengkapi backend berbasis FastAPI dan basis data PostgreSQL; (3) lapisan pengolahan data historis; dan (4) lapisan presentasi berupa dasbor web berbasis Next.js yang menampilkan data terkini maupun riwayat pengukuran secara real-time kepada pengguna melalui internet. Sensor suhu diwiring melalui antarmuka 1-Wire, sedangkan sensor amonia berkomunikasi dengan mikrokontroler melalui antarmuka I2C pada alamat 0x74. Arsitektur dan alur kerja sistem secara lengkap disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Arsitektur dan alur kerja sistem monitoring kualitas air, dari akuisisi sensor hingga hasil ditampilkan pada dashboard web

Verifikasi Kinerja Sensor

Verifikasi akurasi sensor dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap alat ukur standar pada lima titik pengukuran: sensor amonia dibandingkan dengan API Test Kit amonia manual, sedangkan sensor suhu dibandingkan dengan termometer terkalibrasi. Khusus sensor suhu, dilakukan pula verifikasi presisi (10 kali pengukuran berulang pada suhu referensi tetap 30°C), linearitas (delapan titik referensi 24-38°C), sensitivitas, dan resolusi (konfigurasi 12-bit). Metrik evaluasi yang digunakan adalah Mean Absolute Error (MAE), Root Mean Square Error (RMSE), dan Mean Absolute Percentage Error (MAPE).

Prosedur Pengambilan dan Pengolahan Data

Sistem melakukan akuisisi data amonia dan suhu secara periodik mengikuti standar minimum pengiriman platform ThingSpeak. Data mentah kemudian diproses melalui tahap pembersihan (parsing stempel waktu, konversi tipe numerik, penanganan derau sensor) dan resampling ke resolusi per jam menggunakan nilai rata-rata dengan interpolasi linear berbasis waktu untuk mengisi jam yang kosong akibat gangguan konektivitas. Data historis amonia dan suhu selanjutnya dianalisis secara deskriptif dan diuji korelasinya menggunakan uji korelasi Pearson untuk melihat keterkaitan antara kedua parameter kualitas air dengan indikator kondisi lingkungan kolam. Data historis yang terkumpul pada sistem ini juga berpotensi dimanfaatkan lebih lanjut untuk mendukung analisis prediktif kondisi kolam, namun pembahasan mengenai metode analisis prediktif tersebut berada di luar cakupan artikel ini yang berfokus pada rancang bangun dan kinerja sistem monitoring.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kinerja Dasbor dan Transmisi Data

Sistem yang dibangun berhasil menampilkan data amonia dan suhu secara real-time pada dasbor web, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2, sekaligus menyimpan riwayat data historis yang dapat

divisualisasikan dalam bentuk grafik pada platform IoT (Gambar 3). Kedua antarmuka ini memungkinkan pembudidaya memantau kondisi air kolam kapan saja dari jarak jauh menggunakan komputer maupun perangkat seluler, tanpa perlu melakukan pengukuran manual secara berkala.



Gambar 2. Tampilan dashboard web monitoring kualitas air secara real-time



Gambar 3. Visualisasi data historis amonia dan suhu pada platform IoT

Verifikasi Akurasi dan Presisi Sensor

Hasil verifikasi kelima titik pengukuran menunjukkan sensor amonia Gravity NH3 menghasilkan MAE sebesar 0,024 ppm, RMSE sebesar 0,028 ppm, dan MAPE sebesar 3,87% terhadap API Test Kit, sedangkan sensor suhu DS18B20 menghasilkan MAE sebesar 0,062°C, RMSE sebesar 0,065°C, dan MAPE sebesar 0,20% terhadap termometer standar (Tabel 1). Galat kedua sensor tergolong kecil dibandingkan ambang batas kategori kualitas air yang digunakan, sehingga data yang dikumpulkan sistem dapat dinyatakan cukup andal untuk keperluan pemantauan.

Tabel 1. Ringkasan hasil verifikasi akurasi sensor terhadap alat ukur standar

Sensor	MAE	RMSE	MAPE
Amonia (NH3)	0,024 ppm	0,028 ppm	3,87%
Suhu (DS18B20)	0,062 °C	0,065 °C	0,20%

Verifikasi presisi sensor suhu pada sepuluh kali pengukuran berulang di suhu referensi 30°C menghasilkan rata-rata 30,04°C dengan standar deviasi 0,05°C, menunjukkan tingkat keterulangan yang baik. Verifikasi linearitas pada delapan titik referensi 24-38°C menghasilkan persamaan regresi $y = 0,997x + 0,08$ dengan R^2 sebesar 0,999, sedangkan verifikasi resolusi pada konfigurasi 12-bit menunjukkan perubahan terkecil yang dapat dibaca sensor adalah 0,0625°C, sesuai spesifikasi datasheet.

Hasil Akuisisi Data Lapangan

Pengambilan data dilaksanakan selama 8 hari (20-28 Mei 2026) dan menghasilkan 20.269 titik data mentah dengan interval median antarpembacaan sekitar 20 detik. Setelah diresampling ke resolusi per jam, diperoleh 194 titik data dengan statistik deskriptif sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Statistik deskriptif data amonia dan suhu (resolusi per jam, $n = 194$)

Statistik	Amonia (ppm)	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)
Minimum	0,000	19,15
Maksimum	0,206	31,33
Rata-rata	0,035	26,05
Median	0,016	26,47
Std. deviasi	0,054	2,39

Selama periode pengamatan, konsentrasi amonia secara umum berada pada kategori aman (median 0,016 ppm, jauh di bawah ambang 0,10 ppm), meskipun sempat tercatat nilai puncak 0,206 ppm. Suhu air menunjukkan variasi yang lebih signifikan terhadap rentang optimal $25\text{--}30^{\circ}\text{C}$, termasuk beberapa periode suhu turun hingga $19,15^{\circ}\text{C}$. Hasil uji korelasi Pearson menunjukkan bahwa suhu memiliki korelasi yang lebih kuat terhadap indikator kondisi lingkungan kolam ($r = -0,663$; $p < 0,001$) dibandingkan amonia ($r = 0,308$; $p < 0,001$), sementara korelasi antara amonia dan suhu itu sendiri relatif lemah ($r = 0,177$; $p = 0,014$). Temuan ini mengindikasikan bahwa pada periode pengamatan ini, fluktuasi suhu air memberikan kontribusi lebih dominan terhadap kondisi lingkungan kolam dibandingkan fluktuasi amonia, sejalan dengan kondisi amonia yang secara umum berada pada kategori aman sepanjang penelitian.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem monitoring berbasis sensor amonia, suhu, mikrokontroler, dan platform IoT yang dikembangkan mampu melakukan akuisisi, transmisi, penyimpanan, dan penyajian data kualitas air secara kontinu dan real-time dengan tingkat akurasi yang baik. Sistem sempat mengalami satu kali gangguan konektivitas selama hampir 3 hari selama periode pengamatan, yang menjadi catatan penting untuk perbaikan keandalan jaringan pada pengembangan selanjutnya, misalnya melalui penambahan mekanisme penyimpanan data lokal (buffer) pada mikrokontroler saat koneksi terputus.

SIMPULAN

Sistem monitoring kualitas air berbasis sensor amonia dan suhu yang terintegrasi dengan mikrokontroler dan platform IoT berhasil dirancang, dibangun, dan dioperasikan, terbukti mampu mengumpulkan lebih dari 20.000 titik data secara periodik selama 8 hari pengamatan serta menyajikannya secara real-time melalui dasbor web. Pengujian akurasi menunjukkan sensor amonia menghasilkan MAE sebesar 0,024 ppm dan sensor suhu menghasilkan MAE sebesar $0,062^{\circ}\text{C}$ terhadap alat ukur standar, sedangkan sensor suhu juga menunjukkan presisi, linearitas ($R^2 = 0,999$), sensitivitas, dan resolusi yang baik. Hasil analisis korelasi menunjukkan suhu air berkontribusi lebih dominan terhadap variasi kondisi lingkungan kolam dibandingkan amonia pada periode pengamatan. Sistem ini berpotensi menjadi alat bantu pemantauan otomatis dan peringatan dini bagi pembudidaya ikan lele skala kecil untuk menekan risiko kegagalan panen akibat penurunan kualitas air.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing serta seluruh pihak yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan dukungan selama proses penelitian dan penyusunan artikel ini.

DECLARATION

Author Contribution

Penulis Pertama berkontribusi dalam perancangan sistem, pengambilan data, analisis, dan penulisan naskah. Penulis Kedua berkontribusi dalam bimbingan, tinjauan, dan penyempurnaan naskah.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashton, K. (2009). That 'internet of things' thing. *RFID Journal*, 22(7), 97-114.
- Bruton, M. N. (1988). The biology and ecology of *Clarias gariepinus* in southern Africa. In C. W. Hecht, W. Uys, & P. J. Britz (Eds.), *The culture of sharptooth catfish, Clarias gariepinus, in southern Africa*.
- El-Shafai, S. A., El-Gohary, F. A., Nasr, F. A., van der Steen, N. P., & Gijzen, H. J. (2004). Chronic ammonia toxicity to duckweed-fed tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 232(1-4), 117-127.
- FAO. (n.d.-b). Water quality management for pond fish culture. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (n.d.-c). Ammonia in aquaculture systems. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645-1660.
- Ip, Y. K., Chew, S. F., & Randall, D. J. (2004). Five tropical animals utilize different strategies for their ammonia handling during environmental ammonia exposure. *Physiological and Biochemical Zoology*, 77(5), 768-782.
- Schram, E., Roques, J. A., Abbink, W., Spanings, T., de Vries, P., Bierman, S., van de Vis, H., & Flik, G. (2010). The impact of elevated water ammonia concentration on physiology, growth and feed intake of African catfish (*Clarias gariepinus*). *Aquaculture*, 306(1-4), 108-115.
- Svobodová, Z., Lloyd, R., Máchová, J., & Vykusová, B. (1993). Water quality and fish health. EIFAC Technical Paper No. 54. FAO.
- Wee, N. L. J., Fann Chew, S., Kai Wei Wong, W., Kuah, J. H., Kum, C., & Yuen Ip, K. (2007). Both locally and environmental ammonia exposure alter brain function in the African catfish, *Clarias gariepinus*. *Journal of Experimental Biology*, 210, 2478-2489.

