

Sistem Monitoring Kualitas Air Limbah Industri Pakan Ternak Berbasis Internet of Things

Fitri Nur Kusumatuti¹, Alma Vita Sophia^{1*}, Ryan Yudha Adhitya²

¹Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia ITS, Sukolilo, Surabaya 60111

²Program Studi Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia ITS, Sukolilo, Surabaya 60111

*E-mail: alma@ppns.ac.id

Abstrak

Pemantauan IPAL di Indonesia seringkali dilakukan oleh operator IPAL secara manual yang membutuhkan waktu lama dalam pelaporan hasil pengujian dan tidak dapat dilakukan setiap saat. Penelitian ini bertujuan untuk meringankan beban operator dan mempercepat pelaporan hasil pengujian parameter air limbah secara terus-menerus. Perancangan alat ini terdiri dari tiga tahap yaitu desain perangkat keras, desain perangkat lunak dan pengumpulan data. Perangkat keras yang digunakan meliputi ESP32 sebagai mikrokontroler, sensor untuk mengukur parameter pH, dan gas amonia, serta LCD ukuran 16x2 karakter untuk menampilkan hasil pengukuran sensor. Perangkat lunak yang digunakan adalah aplikasi Thonny IDE untuk pembuatan program *python* dan *website Thingspeak* untuk menampilkan hasil pemantauan IPAL. Metode pengumpulan data melibatkan pengujian kinerja sistem alat pemantauan dengan membandingkan hasil pengukuran sensor dengan pengukuran pada alat ukur. Keakuratan alat terbagi atas keakuratan masing-masing sensor. Hasil *Root Mean Square Error* (RMSE) Sensor pH menunjukkan nilai 0,446. Sedangkan nilai korelasi antara variabel ppm dan tegangan keluaran sensor gas amonia sebesar 94,86%. Kadar gas amonia yang terukur meningkat seiring dengan meningkatnya nilai pH pada sampel air. *Platform Thingspeak* menampilkan hasil pemantauan alat setiap 20 detik dan dapat diakses dimana saja dengan koneksi internet dan *link website*.

Keywords: Monitoring IPAL, *Internet of Things*, pH, Gas Amonia, *Thingspeak*

1. PENDAHULUAN

Air merupakan komponen penting bagi kelangsungan hidup makhluk hidup. Jika air tercemar maka kelangsungan hidup makhluk hidup akan terganggu. Pencemaran air diakibatkan oleh kontaminasi limbah cair dari kegiatan industri dan domestik. Keadaan ini menimbulkan pencemaran yang menimbulkan banyak kerugian bagi manusia dan lingkungan. Tingginya tingkat pencemaran limbah cair dapat diatasi dengan menggunakan instalasi pengolahan air limbah (IPAL).

Air limbah industri sangat bervariasi tergantung dari jenis industrinya. Besarnya polutan yang terkandung dalam air limbah industri membutuhkan pengukuran secara langsung atau dari perkiraan berdasarkan jenis industri yang sejenis. Industri pakan ternak memiliki karakteristik dan parameter limbah yang berbeda. Parameter industri pakan ternak yaitu COD, BOD, TSS, TDS, suhu, pH (Faidzin, 2020). Sebelum air limbah industri yang diolah di instalasi pengolahan limbah dibuang, biasanya dilakukan pemantauan atau pemeriksaan terhadap air limbah tersebut untuk mengetahui kualitas air limbah tersebut sesuai dengan peraturan yang dikeluarkan oleh pemerintah. Parameter output IPAL yang perlu diukur yaitu parameter pH air limbah dengan batas nilai parameter yaitu 6 – 9 (Apriyanto, 2019). Sedangkan menurut penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Akbar Nugroho berhubungan dengan monitoring kualitas pH dan kadar amonia adalah kebutuhan penting untuk makhluk hidup khususnya ikan di Sungai (Nugroho dan Rivai, 2018).

Industri pakan ternak yang menjadi tempat penelitian diketahui hanya melakukan pemantauan kualitas air limbah satu kali sehari sehingga penelitian ini akan membantu industri dalam meningkatkan efektivitas pemantauan kualitas air limbah. Pemantauan kualitas air secara *real time* membantu industri pakan ternak untuk memastikan bahwa limbah industri tidak mencemari lingkungan secara berlebihan. Pemantauan yang dilakukan dengan akurat dan *realtime* dapat menentukan tindakan korektif lebih cepat jika ada perubahan dalam kualitas air limbah yang dapat membahayakan ekosistem air, lingkungan dan masyarakat sekitar. Hal ini memungkinkan dikembangkannya teknologi *modern* yang dapat membantu operator dalam memelihara dan mengembangkan sistem tanpa perlu terus-menerus berada di lokasi IPAL.

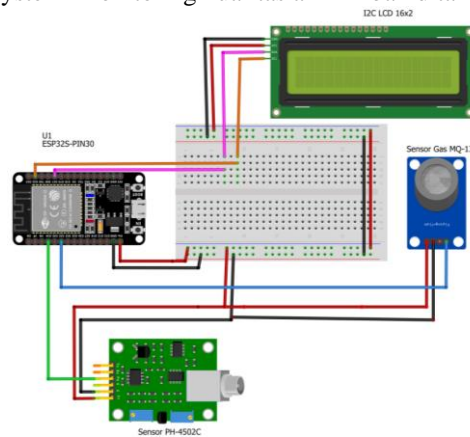
Perkembangan teknologi yang sangat pesat mendukung sistem baru yang disebut *Internet of Things* (IoT). Modul wifi ESP32 merupakan salah satu perangkat yang dapat digunakan sebagai *web server*. Kemudian,

sistem operasi *Thingspeak* yang digunakan pada modul wifi ESP32 memiliki beberapa manfaat, antara lain mengurangi kebutuhan secara fisik berada di suatu lokasi untuk mengaktifkan atau menonaktifkan perangkat elektronik yang ditunjuk (Wahyu, 2018). *Thingspeak* adalah *platform* berbasis internet yang dirancang untuk menampilkan data dari modul *Arduino*, *Raspberry Pi*, *ESP8266*, *ESP32*, *WEMOS D1*, dan modul sejenisnya.

2. METODE

2.1. Perancangan Hardware

Perancangan sistem monitoring kualitas air limbah menggunakan sensor pH dan sensor gas amonia berbasis IoT ini, memerlukan perangkat keras berupa mikrokontroler dan komponen pendukungnya. Perangkat keras yang digunakan dapat mempengaruhi kinerja sistem sehingga dipilih dengan spesifikasi yang sesuai. ESP32 berperan sebagai otak utama dari sistem monitoring ini, terdapat beberapa sensor seperti sensor pH dan sensor gas amonia. Terdapat juga komponen I2C LCD 16x2 karakter yang berfungsi menampilkan nilai keluaran yang dibaca sistem. Skema rangkaian system monitoring kualitas air limbah ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Skema Rangkaian Keseluruhan Sistem

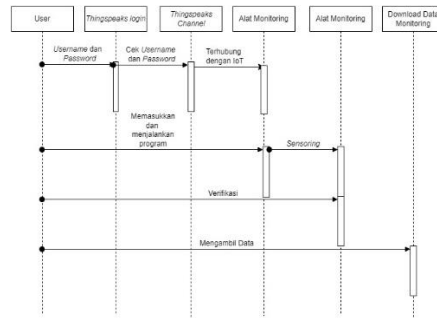
Konfigurasi pin dari komponen-komponen pada sistem monitoring dirincikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Konfigurasi Pin Keseluruhan Sistem

Nama Komponen	Asal	Tujuan
Sensor PH-4502c	Data	D34 ESP32
	VCC	VIN ESP32
	GND	GND
Sensor Gas MQ-135	Data	D32 ESP32
	VCC	VIN ESP32
	GND	GND
I2C LCD 16x2	SDA	D21 ESP32
	SCL	D22 ESP32
	VCC	VIN ESP32
	GND	GND

2.2 Sequence Diagram

Modul ESP32 digunakan sebagai media komunikasi antara modul *micropython* dengan perangkat IoT. Data akan dikirim ke data *logger* sebelum ditampilkan dalam *website*. Data monitoring sensor pH, gas amonia akan dikelola data *logger* menggunakan *platform thingspeaks*. Data yang akan ditampilkan dalam *platform thingspeak* berupa grafik pengukuran dan data harian yang dapat di *download* dalam format CSV. Diagram sekuensial proses menampilkan data hasil pengukuran melalui perangkat antarmuka dijelaskan Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Sekuensial Platform Thingspeak

2.3. Perancangan Tampilan Platform Thingspeak

Perancangan tampilan web Thingspeak dilakukan dengan mengkonfigurasi field yang berisikan data sensor dan yang akan ditampilkan berupa angka dan grafik. Kemudian dilakukan pengujian untuk mengetahui apakah data yang dikirim ke website thingspeak oleh ESP32 sudah sesuai atau belum. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan data yang keluar pada serial monitor dengan data yang ditampilkan oleh thingspeak.

2.4. Kalibrasi Sensor pH

Sampel Setiap sensor analog harus melakukan kalibrasi terlebih dahulu sebelum digunakan. Sensor analog akan membaca nilai ADC (Analog to Digital Converter) 0-4095 ESP32 dikonversikan ke data tegangan 0V-5V. 5V merupakan tegangan referensi ADC pada arduino, karena menggunakan ESP32 maka $A_{reff} = 3.3V$. Sensor ini dapat membaca nilai tegangan dengan 0V menampilkan pH 14 dan 5V menampilkan pH 0. Kalibrasi sensor menggunakan larutan buffer pH 4 dan pH 7 sebagai kalibrator. dari hasil pengujian kalibrasi diperoleh nilai tegangan 2,357 V pada sampel buffer pH 4,01 dan tegangan 1,3 V pada sampel buffer pH 6,86. Berdasarkan hasil pengukuran tersebut maka nilai pH step dapat diketahui nilainya menggunakan rumus berikut.

$$pH\ step = \frac{(V\ pH4 - V\ pH7)}{7 - 4}$$

$$pH\ step = \frac{(2.357 - 1.3)}{3}$$

$$pH\ step = 0.35$$

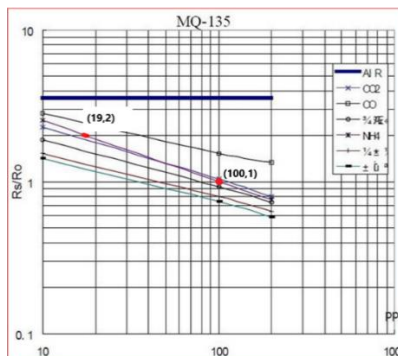
Nilai pH step dari hasil perhitungan kemudian dimasukkan ke dalam listing program Thonny IDE dan di upload ke board ESP32. Nilai tegangan yang telah didapatkan kemudian dikonversikan ke nilai pH dengan Persamaan berikut.

$$Nilai\ pH = 7.00 + \frac{(VpH7 - V\ sensor)}{pH\ step}$$

Perhitungan nilai pH kemudian ditambahkan ke dalam pemrograman ESP32.

2.5. Kalibrasi Sensor Gas Amonia

Kalibrasi untuk sensor MQ-135 dimulai dengan penentuan titik perpotongan logaritma pada grafik datasheet pada Gambar 3.



Gambar 3. Titik Perpotongan Logaritma Grafik MQ-135
Sumber: Datasheet Sensor MQ135

Untuk menghubungkan nilai rasio dan nilai ppm, menggunakan rumus berikut.

$$\log(y) = m \times \log(x) + b$$

Nilai b dan m dapat diketahui dengan menggunakan nilai dari perpotongan algoritma dua titik (x_1, y_1) dan (x_2, y_2) pada grafik fungsi NH_3 . Kedua titik perpotongan ditentukan pada $(19, 2)$ dan $(100, 1)$ (Murad, dkk. 2022). Perhitungan mencari m dan b adalah sebagai berikut.

$m = \frac{[\log(y_2) - \log(y_1)]}{[\log(x_2) - \log(x_1)]}$
$m = \frac{[\log(1) - \log(2)]}{[\log(100) - \log(19)]}$
$m = -0,417$
$b = \frac{\log(y) - m \times \log(x)}{2}$
$b = \frac{\log(1,55) - m \times \log(40)}{2}$
$b = 0,430$

Maka nilai ppm dapat diperoleh dengan menggunakan rumus berikut

$$ppm = 10^{\frac{[\log(\text{ratio}) - b]}{m}}$$

$$ppm = 10^{\frac{[\log 10(\text{ratio}) - -4,430]}{0,417}}$$

Nilai ratio merupakan RS/R_0

Karena nilai R_s belum diketahui maka dapat menggunakan rumus berikut.

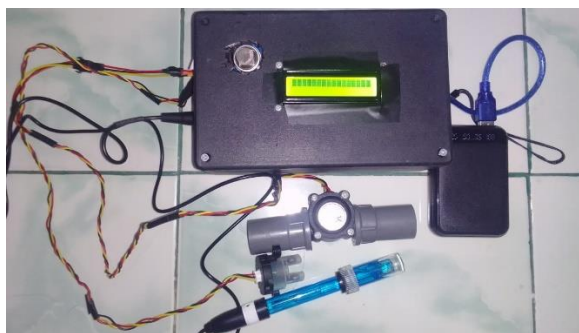
$$R_s = \frac{3,3 \times RL}{Tegangan\ RL} R$$

Nilai tegangan RL didapatkan dari hasil pembacaan pin D32 pada ESP32.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Perancangan

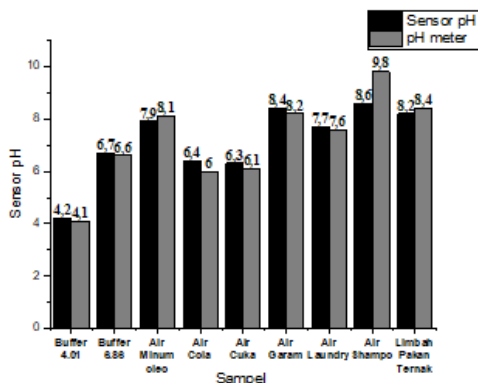
Pengujian ini menghasilkan sebuah prototipe alat monitoring air limbah yang berfungsi dengan baik. Seluruh sensor telah dikalibrasi dengan menggunakan coding untuk memprogram kerja sensor dan membandingkan hasil pengukuran sensor dengan alat ukur parameter. Gambar hasil perancangan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Alat Sistem Monitoring

3.2 Pengujian Sensor pH

Hasil Pengujian sensor dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sensor pH dengan pH meter. Pengujian ini dilakukan untuk melihat nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) pada alat. Nilai RMSE menentukan apakah sensor layak digunakan sebagai alat pengukuran parameter atau tidak. Hasil pengujian sensor pH dapat dilihat pada grafik perbandingan sensor pH dapat dilihat pada Gambar 5.

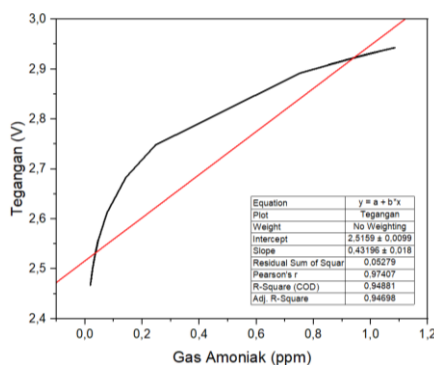


Gambar 5. Grafik Perbandingan Sensor pH

Hasil pengujian keakuratan sensor pada Gambar 5. menunjukkan bahwa sensor telah merespons perubahan pH di dalam cairan yang diukur. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan didapatkan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) sensor pH sebesar 0,446. Penelitian kalibrasi sensor pH dari (Iswanto, 2023) memiliki nilai *error* 0,115. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Faza, dkk. 2021) Sistem monitoring pada air limbah batik yang telah dirancang memiliki rata-rata *error* sebesar 2,10%. Sensor pH pada penelitian ini memiliki nilai persentase *error* yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh (Faza, dkk.2021) dan (Iswanto, 2023). Meskipun demikian, sensor pH dapat dikatakan mampu untuk mendeteksi tingkat pH air karena berdasarkan hasil pengujian nilai rata-rata *error* berada diambang batas baik Perbedaan akurasi sensor dapat disebabkan oleh oleh sensitivitas tipe sensor yang berbeda, suhu larutan, serta kestabilan posisi alat.

3.3 Pengujian Sensor Gas Amonia

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keakuratan dari sensor gas MQ135. Sebelum dilakukan kalibrasi, sensor diprogram terlebih dahulu untuk mengkonversikan nilai tegangan menjadi nilai satuan ppm. Sampel yang digunakan dalam pengujian sensor gas amonia adalah air limbah industri pakan ternak. Pengujian dilakukan untuk melihat hubungan antara tegangan dengan nilai gas amonia yang terukur pada sensor. Grafik korelasi nilai gas amonia dan tegangan disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Korelasi Gas Amonia dengan Tegangan

Gambar 6. menunjukkan hubungan antara konsentrasi gas amonia dengan tegangan keluaran dari sensor. Karena sensor MQ-135 menggunakan pemanas dan elemen sensor resistif, perubahan tegangan keluaran akan mempengaruhi konsentrasi gas yang terukur. Berdasarkan grafik tersebut didapatkan persamaan garis lurus $y = 0,4318x + 2,5159$, sedangkan nilai regresi linier (R^2) persamaan garisnya sebesar 0,9486. Nilai tersebut merupakan koefisien determinasi yang menyatakan bahwa nilai ppm mempengaruhi nilai tegangan (Ashshidiq, dkk. 2023) dengan persentase 94,86%, sedangkan 5,14 % sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Pada penelitian yang dilakukan oleh Ashshidiq, dkk. (2023) menunjukkan koefisien determinasi nilai $R^2 = 0,9799$ yang menyatakan bahwa nilai ppm mempengaruhi nilai V_{out} dengan persentase 97,99%, sedangkan 2,01% dipengaruhi oleh faktor lain. Keluaran tegangan sensor berkurang seiring dengan peningkatan konsentrasi gas amonia. Ini disebabkan oleh fakta bahwa sensor MQ-135 mengubah resistansi elemen sensornya berdasarkan konsentrasi gas yang ada disekitarnya. Gas amonia yang lebih tinggi mengakibatkan perubahan yang lebih besar dalam resistansi, yang pada akhirnya mempengaruhi tegangan *output* sensor.

3.4 Pengujian Thingspeak

Pengujian dilakukan dengan sensor-sensor yang terhubung dengan ESP32 dan telah terhubung dengan internet. Sensor-sensor akan membaca masing-masing parameter air dan data pengujian sistem pemantauan ini

akan ditampilkan pada *website* aplikasi *Thingspeak*. Pada saat dihidupkan, *website* akan memproses dan ketika program telah diunggah maka selanjutnya *website* akan menampilkan nilai keluaran dari sensor pH, dan sensor gas amonia. Hasil pembacaan nilai sensor dibagi menjadi beberapa *field* yang berguna sebagai pemisah dari masing-masing pembacaan nilai sensor. Ada dua *field* yang digunakan pada *website thingspeak* untuk sensor pH dan sensor gas amonia. Tampilan dari *website Thingspeak* secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7. Tampilan Website Thingspeak



Gambar 8. Tampilan Hasil Pembacaan Alat

Setelah alat monitoring dapat terhubung dengan *thingspeak*, dilakukan pengujian sistem monitoring secara *real-time*. Pengujian menggunakan sampel air limbah pakan ternak yang telah diproses oleh IPAL. Data hasil pengukuran alat disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Alat Sistem Monitoring

Tanggal	Waktu	pH	Gas Amonia (ppm)
18/07/2024	05:42:16	8,1	0,0118
18/07/2024	05:42:37	7,8	0,0065
18/07/2024	05:42:58	7,8	0,0060
18/07/2024	05:43:19	7,7	0,0056
18/07/2024	05:43:41	8,1	0,0071
18/07/2024	05:44:01	7,8	0,0048
18/07/2024	05:44:22	7,7	0,0050
18/07/2024	05:44:44	8,1	0,0072
18/07/2024	05:45:05	8	0,0095
18/07/2024	05:45:26	7,7	0,0094

Berdasarkan Tabel 2. Pengiriman data pengukuran alat terkirim dengan baik ke *platform thingspeak* dengan pembaruan data selama 20 detik. Persentase amonia meningkat seiring dengan meningkatnya nilai pH dan suhu perairan (Bayu dan Slamet Sugito, 2018) dalam percobaan yang dilakukan, nilai gas amonia yang terukur meningkat seiring dengan meningkatnya nilai pH pada sampel air tersebut.

4. KESIMPULAN

Nilai akurasi dari alat sistem monitoring kualitas air limbah industri pakan ternak berbasis IoT terbagi menjadi akurasi tiap sensornya. Hasil *Root Mean Square Error* (RMSE) Sensor pH menunjukkan nilai 0,446. Nilai korelasi antara variabel ppm dan tegangan keluaran sensor sebesar 94,86%. Kadar gas amonia yang terukur meningkat seiring dengan meningkatnya nilai pH pada sampel air. *Website thingspeak* dapat menampilkan hasil pembacaan alat sistem monitoring dengan jeda 20 detik.

5. DAFTAR PUSTAKA

Apriyanto, Sandy Tyas Wahyu, “Rancang Bangun Pemantauan Dan Pengendalian pH Limbah Cair Dengan Metode Fuzzy Secara Wireless,” *Conference on Innovation and Application of Science and Technology* (CIASTECH 2019), Universitas Widyagama Malang, Oktober 2019.

Ashshidiqi, Rizqi Muh. Muqoffi, dkk. 2023. Rancang Bangun Alat Sortir Keju Mozarella Menggunakan Metode Klasifikasi Naïve Bayes, *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, Vol. 7, No. 5, 2526-2533.

Bayu dan Slamet Sugito. 2018. Analisis Kadar Derajat Keasaman (pH) dan Amonia Terhadap Pengaruh pH Awal Pada Populasi *Kladoseira (moina sp.,* *Buletin Teknik Litkayasa Akuakultur*, 16(1), 33-37

- Finanda, W. (2020). Penerapan IoT Pada Monitoring Budidaya Udang Hias Dalam Aquarium. Malang: JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika).
- Hafiidhudin. 2018. “Prototipe Sistem Otomatisasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Dan Monitoring Secara Realtime Berbasis Mikrokontroler,” Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik-Universitas Pakuan.
- Hutabarat, Benedika Ferdian, dkk. 2023. Sistem Basis Data Pemantauan Parameter Air Berbasis *Internet of Things* (IoT) Dengan *Platform Thingspeak*, *Journal Online of Physics*, Vol.8, No. 2, hal. 42 – 50
- Iswanto, Fachruding Hunaini dan Dedi Usman Effendy. 2023. *Prototype Monitoring and Controlling of Wastewater Treatment Plant (WWTP) on IoT-Free Output Channels*, *Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA*, Vol. 7, No. 1, 40-63
- Nugroho, Muhammad Akbar dan Muhammad Rivai. 2018. “Sistem Kontrol dan Monitoring Kadar Amonia untuk Budidaya Ikan yang Diimplementasi pada Raspberry Pi 3B,” *Jurnal Teknik ITS*, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, vol. 7, No 2,