



PERANCANGAN DAN PENGUJIAN ALAT SENSOR PH SERTA SUHU BERBASIS *INTERNET OF THINGS* UNTUK MONITORING LIMBAH INDUSTRI TAHU

Aqli Supremadi Naufal Pinandhita¹⁾, Rizky Arief Shobirin^{*2,4)}, Yanu Shalahuddin¹⁾, Srikalimah³⁾

¹⁾Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik,

²⁾Program Studi Kimia, Fakultas Pertanian,

³⁾Program Studi Akuntansi, Fakultas Ekonomi,

Universitas Islam Kediri, Jl. Sersan Suharmaji No. 38 Kediri 64128

⁴⁾Program Studi Tadris Kimia, Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan, Universitas Islam Negeri Sayyid Ali Rahmatullah Tulungagung, Jl. Mayor Sujadi Timur No.46 Tulungagung 66221

*Email : rashobirin@gmail.com; rizky.ariiefs@uinsatu.ac.id

Received: May, 03 2023

Accepted: July, 17 2024

Abstrak

Limbah cair tahu memberikan dampak negatif pada ekosistem perairan sungai dan warga sekitar dikarenakan baunya yang menyengat serta limbah tersebut bersifat asam. Maka dari itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang alat dan menguji sensor pH serta suhu berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk monitoring hasil sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) limbah cair tahu secara *realtime* sebagai pengembangan sistem monitoring kualitas air limbah agar dapat terpantau lebih intensif. Metodologi penelitian ini yaitu eksperimen untuk perancangan alat monitoring, yaitu pada tahap perancangan alat menggunakan mikrokontroler ESP 8266, sensor pH 4502c, dan sensor suhu DS18B20, serta dikomunikasikan dengan *software* Arduino IDE sebagai pembuatan kode program pada mikrokontroler dan Blynk sebagai monitoring di server computer dan *smartphone*. Uji kompatibilitas secara statistik yang digunakan yaitu prosentase error, uji validitas dan realibilitas berdasarkan respon data alat monitoring untuk melihat kelayakan set alat monitoring limbah tersebut untuk digunakan secara kontinyu di industri rumahan. Pada pengujian %error terdapat hasil error pembacaan nilai oleh sensor pH serta sensor suhu 0,92-1,45% pada limbah tahu dan kompartmen seluruh kompartmen netralisasi, koagulasi, sedimentasi, dan filtrasi; namun terdapat hasil %error 0,92-7,31% pada sensor pH bak limbah tahu. Pada pengujian kompatibilitas sensor pH dan suhu terdapat hasil yang sangat valid dan reliabel pada limbah tahu dan seluruh kompartmen. Berdasarkan pengujian tersebut, maka set alat monitoring limbah cair tersebut dinyatakan layak untuk digunakan secara kontinyu pada industri tahu dengan rekomendasi kalibrasi rutin minimal per 3 hari penggunaannya.

Kata kunci: Limbah Cair Tahu; pH; Suhu; Internet of Things; Uji Kompatibilitas

Abstract

Tofu wastewater has negative impact on the river ecosystems and local residents because its smell and acidity. Therefore, this research aimed to design tools and test pH and temperature sensors based on Internet of Things (IoT) for monitoring the results of the installation of tofu waste wastewater treatment (WWTP) system in real time as wastewater quality monitoring system development thus it capable for wastewater monitoring intensively. Methodology of this research was experimentally for designing monitoring tools, which at tool design stage using an ESP 8266 microcontroller, pH4502c and DS18B20 as

pH and temperature sensors, respectively. And also, it was communicated with Arduino IDE and Blynk software to create program code on the microcontroller and as monitoring on the computer server and smartphones, respectively. The used statistical compatibility test was percentage error, validity and reliability tests based on the monitoring tool data response to observed its suitability of the wastewater monitoring tool set for sustainability in home industries. In the %error test, there were results in reading values by the pH and temperature sensor of 0.92-1.45% in the tofu waste and whole neutralization, coagulation, sedimentation and filtration compartments; however, there was %error result of 0.92-7.31% on the pH sensor for the tofu wastewater tub. There were very valid and reliable results on tofu waste and whole compartments of the WWTP. Based on these results, the wastewater monitoring tools set was declared suitable for continuous use in the tofu industry with recommendations for routine calibration at least every 3 days of use.

Keyword: Tofu Wastewater; pH; Temperature; Internet of Things; Compatibility Test.

PENDAHULUAN

Kota Kediri terkenal dengan sebutan Kota tahu karena banyaknya industri rumahan yang memproduksi tahu dan sebagai hasil pemasukan ekonomi bagi warga yang mempunyai produksi tahu, namun pada industri tahu secara tidak langsung juga mempunyai sebuah limbah cair dari hasil produksi tahu. Limbah industri tahu di Kota Kediri memiliki permasalahan di lingkungan sekitar saat aktivitas produksi tahu. Limbah tahu juga berdampak pada ekosistem yang ada di perairan sungai dan warga sekitar merasa tidak nyaman karena bau cuka tahu yang cukup menyengat, berdasarkan penelitian yang dilakukan perlu di rancang sistem IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) sebagai solusi penyelesaian permasalahan [1-2].

Sebelumnya telah dirancang Sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) pada industri tahu rumahan, yang mana menerapkan model sistem semi-kontinyu dengan sensor parameter limbah cair untuk diterapkan pada lahan sempit dan sistem IPAL harus sesuai terhadap standar baku mutu limbah cair industri [3-5]. Pengukuran parameter baku mutu limbah perlu adanya sensor agar dalam operasional IPAL tersebut dapat terukur parameter limbah tahu sehingga dapat dilakukan penanganan lebih lanjut agar sesuai dengan standar baku mutu limbah cair [4-5]. Maka dari itu, diperlukan pengembangan sistem monitoring kualitas air

limbah hasil pengolahan IPAL agar dapat terpantau lebih intensif.

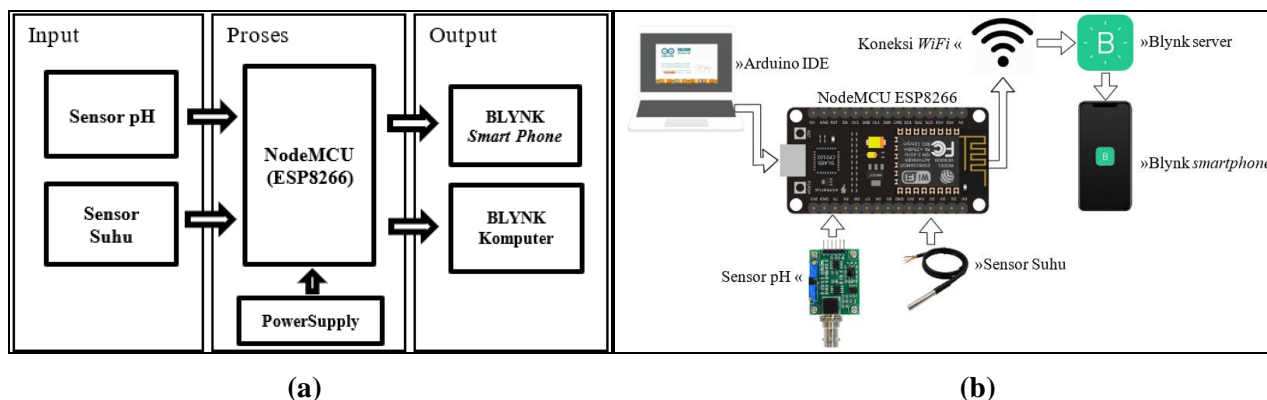
Salah satu solusi untuk pengembangan sistem monitoring kualitas air limbah tersebut yaitu dengan system monitoring limbah cair tahu berbasis *Internet of Things* (IoT), yang mana menggunakan sensor yang terhubung dengan perangkat mikrokontroler serta *WiFi* model agar dapat dimonitoring menggunakan *smartphone* [6]. Namun, permasalahan limbah tahu tetap tidak akan teratasi jika system tersebut tidak diterapkan dalam system IPAL pengolahan limbah tahu dikarenakan parameter pH tidak sesuai dengan standar baku mutu limbah cair industri dan limbah cair domestik [5, 7-8]. Maka dalam penelitian ini, sistem tersebut perlu dikembangkan dengan menerapkan sistem monitoring limbah cair tahu berbasis berbasis IoT pada sistem IPAL yang telah dirancang sebelumnya. Dalam hal ini, diperlukan sensor yang terhubung dengan perangkat mikrokontroler serta *WiFi* model agar dapat dimonitoring menggunakan *smartphone* untuk memudahkan pelaku usaha memantau secara *realtime* dan melakukan tindak lanjut dalam menangani permasalahan limbah tersebut [3].

Pada penelitian ini, sensor yang digunakan pada sistem pengukuran parameter yaitu sensor pH dan *Temperature*. Voltametri adalah pengukuran arus sebagai fungsi dari potensial yang diterapkan ketika terjadi polarisasi indikator dari elektroda. Sistem monitoring memerlukan perangkat mikrokontroler NodeMCU ESP 8266. Selain alat mikrokontroler

juga diperlukan *software* Arduino IDE untuk pembuatan program yang dikirimkan ke NodeMCU sebagai pembaca nilai sensor pH 4502c dan Suhu serta dimonitoring melalui *smartphone*. Selain *software* Arduino IDE juga diperlukan tambahan *software* Blynk agar pembacaan rekaman data dapat di monitoring melalui *smartphone* [9-10]. Pembacaan dari sensor pH 4502c dan suhu dapat memudahkan pemantauan kualitas hasil pengukuran limbah pada sistem IPAL yang mana mendukung pelaku usaha industri tahu tersebut dalam memonitoring limbah hasil olahan sistem IPAL tersebut dan memudahkan rencana aksi penanganan lebih lanjut.

Penelitian ini merupakan perancangan alat monitoring menggunakan sensor pH serta suhu yang berbasis *Internet of Things* (IoT) dan pengujian alat monitoring dengan perbandingan alat digital komersil untuk limbah cair di salah satu industri tahu di Kota Kediri. Sistem monitoring pada tahap perancangan alat menggunakan mikrokontroler ESP 8266 dan sensor pH 4502c serta sensor *temperature* DS18B20, selain itu terdapat *software* Arduino IDE sebagai pembuatan kode program pada mikrokontroler dan *software* blynk yang digunakan sebagai monitoring kadar pH serta suhu di *smartphone*, dengan konseptual rancangan tersebut direpresentasikan pada Gambar 1.

METODE PENELITIAN



Gambar 1. (a) Diagram blok rancangan set alat monitoring limbah, dan (b) skema rangkaian koneksi *hardware* (set perangkat alat sensor) dengan komunikasi *software* (perangkat lunak).

Setelah selesai dirancang set alat monitoring limbah cair tersebut, selanjutnya dilakukan uji kompatibilitas melalui uji prosentase error, validitas dan reliabilitas untuk mengetahui kelayakan set alat monitoring limbah cair tersebut untuk diterapkan pada sistem IPAL industri tahu ataupun sistem pengolahan limbah cair lainnya. Uji presentase *error* ini dimulai dari pengambilan data, pengumpulan data, kemudian perhitungan data menggunakan fungsi *approximate error* (ϵ_a) pada persamaan (1) berikut [11],

$$\% \epsilon_a (\% error) = \left| \frac{x_{alat} - x_{sensor}}{x_{alat}} \right| \cdot 100\% \tag{1}$$

yang mana *approximate error* ϵ_a dihitung berdasarkan selisih nilai antara hasil pembacaan

alat (x_{alat}) dengan hasil pembacaan sensor pembanding (x_{sensor}). Pengujian selanjutnya dilakukan secara statistik melalui uji validitas dan reabilitas, yang mana uji validitas (r_{xy}) menggunakan metode *pearson product correlation* dan realibilitas menggunakan metode Rulon (r_i) berturut-turut tersaji pada persamaan (2) dan (3) [12-13],

$$r_{xy} = \frac{[N \cdot (\sum x_i y_i)] - [(\sum x_i) \cdot (\sum y_i)]}{\sqrt{[(N \cdot \sum x_i^2) - (\sum x_i)^2] \cdot [(N \cdot \sum y_i^2) - (\sum y_i)^2]}} \tag{2}$$

$$r_i = 1 - \frac{s_a^2}{s_t^2} \tag{3}$$

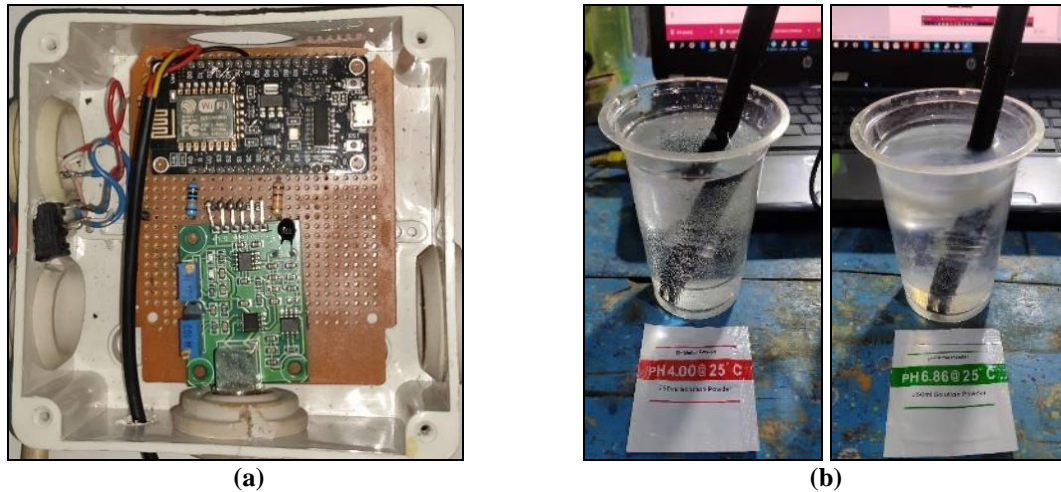
yang mana r_{xy} merupakan korelasi antara nilai hasil pengukuran ke- i oleh set alat (x_i) dan sensor pembanding (y_i), sedangkan s_t^2 merupakan varians

total dari keseluruhan hasil pengukuran dan s^2_d sebagai varians dari keseluruhan selisih hasil pengukuran ke- i dari masing-masing set alat dan sensor pembanding

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada sistem rangkaian alat monitoring Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dapat dilihat dari

Gambar 1, sedangkan pada **Gambar 2(a)** terdapat modifikasi dengan penambahan tombol *power on/off* guna untuk perawatan ketika alat sedang tidak digunakan monitoring. **Gambar 2(b)** memvisualisasikan kalibrasi sensor pH 4502c menggunakan pH buffer *powder* dengan kadar nilai pH 4,00 dan 6,86, dengan standar acuan kalibrasi sensor pH elektronik dalam laboratorium dengan teknik dua titik [14].



Gambar 2. (a) Rangkaian Sirkuit Instrumen Monitoring pH berbasis Ardiuno IDE, dan (b) Kalibrasi sensor pH4502c dengan Larutan Standar *Buffer Powder* Asam (pH = 4,00) dan Netral (pH = 6,86).

Tabel 1. Hasil Kalibrasi Sensor pH 4502c

Komponen	pH	Tegangan
Kabel Jumper	-	2,02V
pH buffer 4,00	4,0	2,34V
pH buffer 6,86	6,8	2,09V

Hasil kalibrasi tersebut tersaji pada **Tabel 1** yang mana pada masing-masing pH diperoleh tegangan dalam satuan V sebagai acuan untuk dimasukkan ke dalam program Arduino IDE dengan mengadopsi

metode numerik fungsi interpolasi linier pada persamaan (4) kemudian dimodifikasi menjadi persamaan (5) untuk pengukuran pH dengan set alat rancangan monitoring pH [15-17].

$$f_1(x) = f(x_0) + \left[\frac{f(x_1) - f(x_0)}{x_1 - x_0} \right] (x - x_0) \tag{4}$$

$$pH = pH_{buffer\ pH=7} + \left[\frac{pH_{buffer\ pH=4} - pH_{buffer\ pH=7}}{V_{buffer\ pH=4} - V_{buffer\ pH=7}} \right] (V - V_{buffer\ pH=7}) \tag{5}$$

Dari hasil kalibrasi tersebut, diperoleh runtutan persamaan (6), (7), (8) DAN (9) sebagai persamaan pengukuran pH dengan voltase V yang terbaca sebagai variabel input.

$$pH = 6,86 + \left[\frac{4,00 - 6,86}{2,34 - 2,09} \right] (V - 2,09) \tag{6}$$

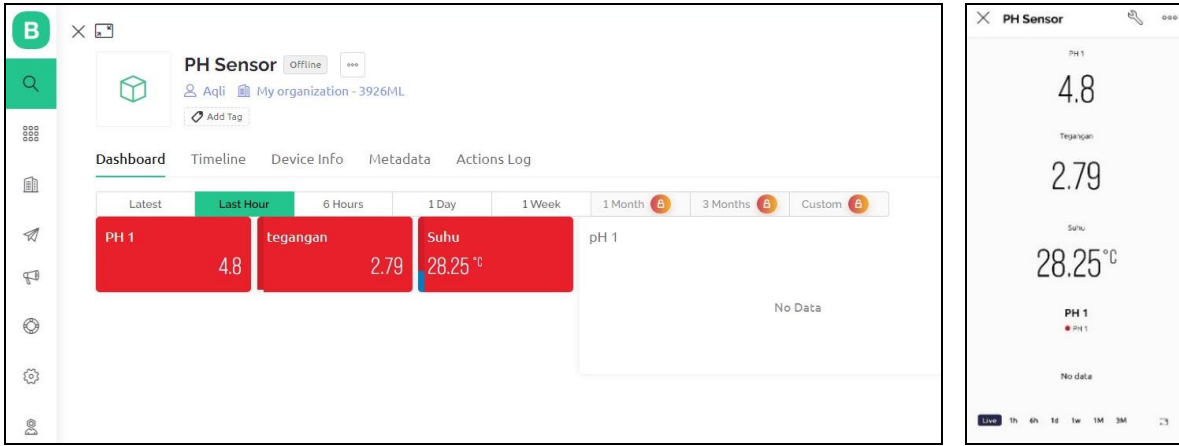
$$pH = 6,86 + [-11,44(V - 2,09)] \tag{7}$$

$$pH = 6,86 - 11,44V + 22,07 \tag{8}$$

$$pH = 28,93 - 11,44V \quad (9)$$

Sebagai catatan, hasil kalibrasi tersebut dapat berubah sewaktu-waktu mengikuti perubahan voltase yang terbaca oleh sensor dari set alat

monitoring limbah tersebut. Setelah dilakukan kalibrasi, hasil pembacaan pada aplikasi *Blynk* di *Smartphone* dan monitor computer direpresentasikan pada **Gambar 3**.



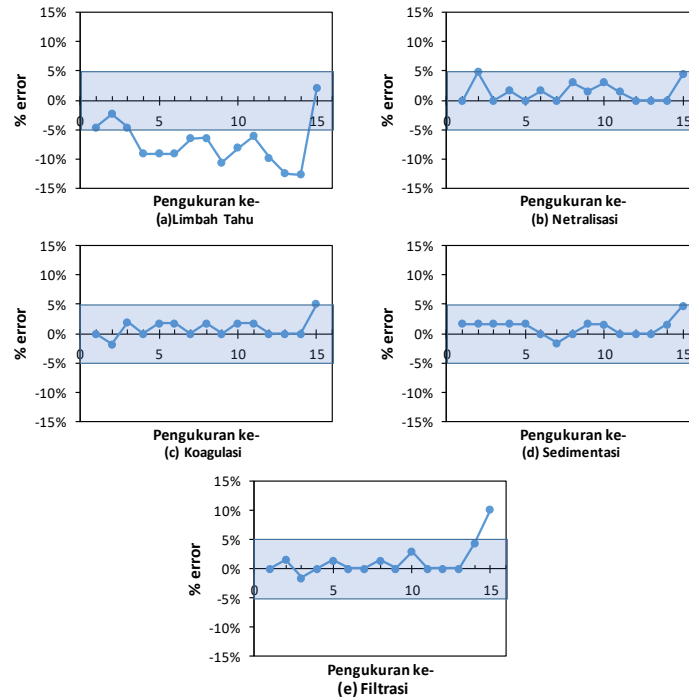
(a)

(b)

Gambar 3. (a) Tampilan hasil pembacaan sensor pH dan suhu pada aplikasi Blynk, (a) Server di Monitor Komputer, dan (b) *Smartphone*.

Pengambilan data yang dilakukan dalam jangka waktu 5 hari di 5 titik pengolahan air limbah ini akan dilanjutkan dengan perhitungan statistik serta analisa dari hasil perhitungan yang telah dilakukan peneliti, dalam perhitungan yang dilakukan guna

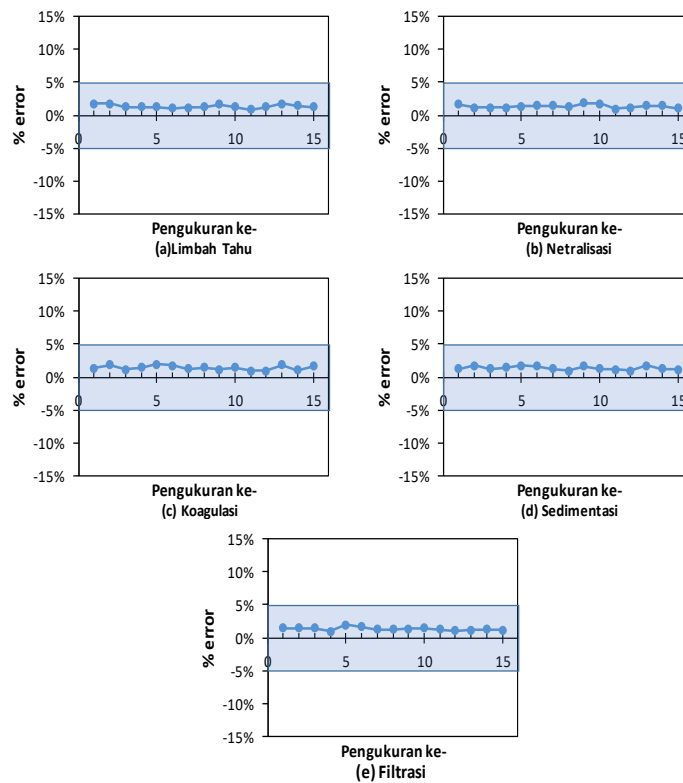
untuk mengetahui sistem kerja alat saat digunakan secara *realtime* pada *home industry* tahu. Namun dalam pengambilan data ini peneliti melakukan pembacaan data setelah air limbah di ambil pada *home industry*.



Gambar 3. Grafik pengujian presentase *error* pH pada sampel limbah tahu dan pengolahannya pada beberapa kompartemen IPAL limbah tahu

Gambar 3 merupakan grafik hasil pengujian presentase *error* dari alat ukur kadar pH terdapat pada tahap limbah tahu (a) memiliki trend grafik yang kurang stabil ketika dilakukan pengambilan data dalam jangka waktu 5 hari, sedangkan di tahap netralisasi (b) hingga filtrasi (e) memiliki trend grafik yang cukup stabil di rata-rata kurang dari 5% namun terdapat kenaikan trend yang cukup tinggi ketika pembacaan di hari ke 5 waktu malam hari. Adapun itu dengan kenaikan trend yang rata-rata di

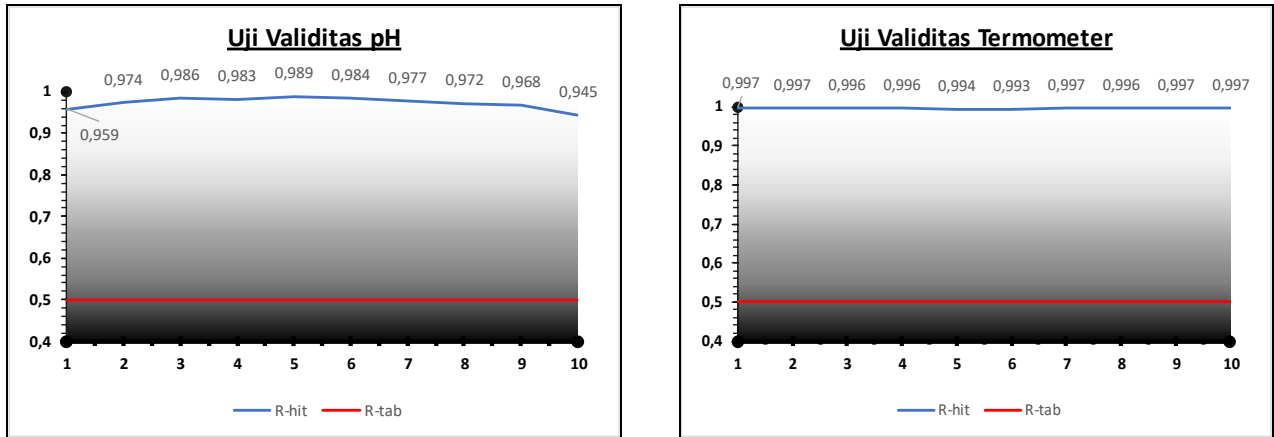
waktu malam hari dapat dikatakan bahwa kelembapan suhu ruangan berpengaruh ke respon alat ukur pH. Dengan adanya perubahan trend secara grafik bisa dikatakan bahwa nilai kadar pH asam cukup berpengaruh dalam sistem respon elektroda ketika dilakukan pembacaan secara *realtime*, sedangkan dengan nilai kadar pH netral pengaruh elektroda tersebut terjadi dengan adanya perubahan suhu kelembapan yang ada di suatu ruangan.



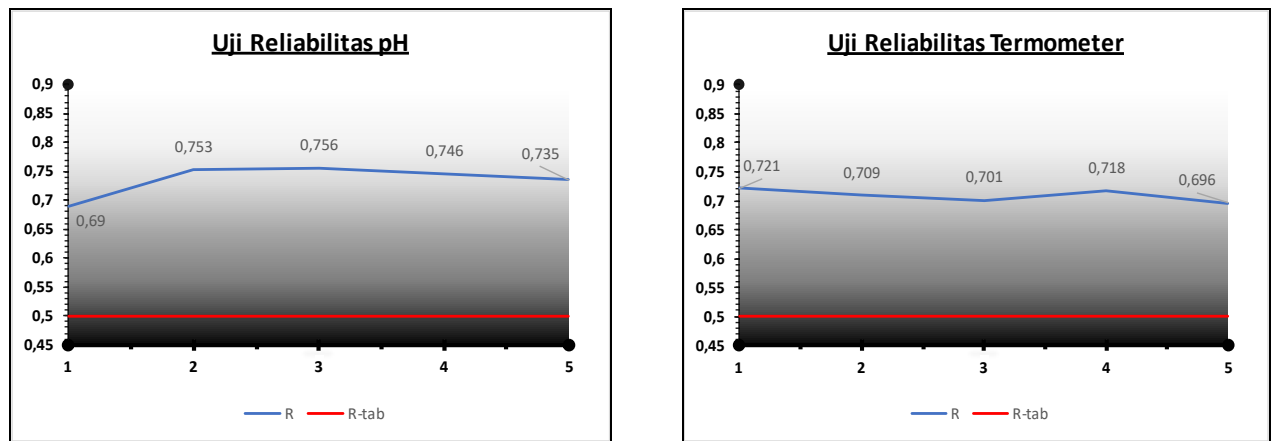
Gambar 4. Grafik pengujian presentase *error* Suhu pada sampel limbah tahu dan pengolahannya pada beberapa kompartmen IPAL limbah tahu

Berdasarkan **Gambar 4**, pengujian presentase *error* suhu terdapat trend grafik yang cukup stabil dari tahap limbah tahu (a) hingga tahap filtrasi (e), dengan hasil trend grafik yang cukup stabil dapat dikatakan bahwa penggunaan sensor termometer DS18B20 dan termometer digital komersil (TP01) memiliki nilai tingkat akurasi dan stabilitas yang cukup ketika digunakan secara *realtime* pada *home industry*. Namun dari penjelasan tersebut dapat dianalisa bahwa dengan hasil yang cukup stabil, untuk digunakan pada *home industry* dapat

menggunakan sensor termometer DS18B20 dikarenakan sensor tersebut memiliki fisik instrumen yang cukup efisien dan tidak memerlukan tempat yang cukup luas. Selain itu pada penggunaan sensor termometer DS18B20 juga dapat dilakukan pembacaan data melalui *smartphone*, yang mana meskipun dapat digunakan membaca data dengan *smartphone* perlu diketahui bahwa sensor tersebut diperlukan kode program dalam sebuah mikrokontroler guna untuk dapat membaca data melalui *smartphone*.



Gambar 5. Grafik pengujian validitas (a) pH, dan (b) suhu, dengan set alat monitoring limbah pada Limbah Tahu (1), Hasil Pengolahan dari Bak Kompartmen Netralisasi (2), Koagulasi (3), Sedimentasi (4), dan Filtrasi (5).



Gambar 6. Grafik pengujian Reliabilitas (a) pH, dan (b) suhu, dengan set alat monitoring limbah pada Limbah Tahu (1), Hasil Pengolahan dari Bak Kompartmen Netralisasi (2), Koagulasi (3), Sedimentasi (4), dan Filtrasi (5).

Berdasarkan **Gambar 5** dengan pengujian validitas dari alat ukur pH dan Suhu menunjukkan hasil yang sangat valid dikarenakan nilai *R-hit* lebih dari *R-tab*, maka alat tersebut memiliki respon yang stabil ketika digunakan secara *realtime* dan ketepatan jika digunakan secara *realtime* pada hasil data yang dibaca dari masing-masing alat. Berdasarkan **Gambar 6** menunjukkan hasil uji reliabilitas dengan hasil reliabel dari nilai *R* yang lebih dari *R-tab*, sehingga alat yang digunakan secara *realtime* dapat diartikan layak untuk digunakan dalam mengukur nilai kadar pH dan suhu pada sistem IPAL limbah tahu.

KESIMPULAN

Hasil perancangan elektronik sistem monitoring sensor pH 4502c dan sensor DS18B20 memiliki

tingkat kelayakan yang cukup layak dengan hasil yang didapatkan dari pengujian validitas serta reliabilitas menghasilkan tingkatan yang sangat valid serta reliabel pada sensor pH maupun Suhu ketika digunakan pada sistem IPAL yang berbasis Internet of Things (IoT) tanpa adanya kendala jaringan internet maka pembacaan data di aplikasi blynk akan stabil, kecuali jika terjadi pemadaman listrik maupun gangguan jaringan internet maka akan terjadi penghambatan pembacaan data diaplikasi blynk. Berdasarkan hasil rata-rata presentase *error* terbilang cukup kecil di nilai $\leq 2\%$ pada sensor pH maupun sensor DS18B20 di keseluruhan tahapan sistem IPAL, namun dari hasil tersebut sensor pH di tahap limbah tahu diperlukan kalibrasi secara *kontinyu* atau *realtime* dikarenakan hasil nilai presentase *error* $\geq 5\%$. Penggunaan sensor pH dan suhu pada limbah tahu dengan

kondisi nilai kadar pH asam dapat merusak elektroda dari sensor pH yang terbuat dari kaca serta ujung sensor suhu yang terbuat dari aluminium, dengan demikian perlu dikembangkan sistem pembersihan sensor otomatis pada kondisi air yang memiliki kadar pH asam ataupun basa guna untuk menjaga ketahanan perangkat sensor serta tingkat akurasi sensor ketika digunakan secara terus-menerus (*realtime*) dalam *home industry*.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Srikalimah, L.W. Wardhana, D. Ambarwati, U. Sholihin, R.A. Shobirin, N. Fajariah, "The Ability of MSMEs in Kampong Tahu Tinalan to Deal With the COVID-19 Pandemic: A Structured Study of Whole Aspects Through Preliminary SWOT Analysis", in *International Research Conference on Economics and Business, KnE Social Sciences*, pp. 163–175, July 14, 2021. DOI 10.18502/kss.v5i8.9356.
- [2] A. Chusna, "Perajin Tahu Kediri Membutuhkan Alat Pengolah Limbah. <https://jatim.antaranews.com/berita/313692/p-erajin-tahu-kediri-membutuhkan-alat-pengolah-limbah>, 2019, diakses tanggal 14 Februari 2022.
- [3] Srikalimah, R.A. Shobirin, Y. Shalahuddin, M.S. Mubarak, dan A.S.N. Pinandhita, "Implementasi Green Economy pada Sistem IPAL dan Sensor Terintegrasi di Industri Tahu Kediri," *JPM (Jurnal Pemberdayaan Masyarakat)*, Vol. 7, No. 2, pp. 909-917, 2022.
- [4] N.I. Said, *Teknologi Pengolahan Air Limbah: Teori dan Aplikasi*. Jakarta: Penerbit Erlangga, 2017.
- [5] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 27 Tahun 2012 tentang Izin Lingkungan.
- [6] G.F. Arafat, A. Wijayanto, dan N.A. Prasetyo, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Pengolahan Limbah Cair Tahu Di Kabupaten Purbalingga Berbasis *Internet of Things*," *Jurnal Media Informatika Budidarma*, Vol. 6, No. 3, pp. 1329–1338, 2022. DOI: 10.30865/mib.v6i3.3863
- [7] Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. KEP-51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri Menteri Negara Lingkungan Hidup.
- [8] Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.68 th 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.
- [9] W. J. Putri, dan I. Isa, "Studi Literatur Sensor Glukosa Untuk Darah Manusia Menggunakan Sensor Elektrokimia Berbasis Glassy Carbon Electrode (GCE) dengan Metode Voltametri," *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 10, No. 3, pp. 324–329, 2021.
- [10] D. Ramdani, F.M. Wibowo, dan Y.A. Setyoko, "Rancang Bangun Sistem Otomatisasi Suhu Dan Monitoring pH Air Aquascape Berbasis IoT (Internet Of Thing) Menggunakan Nodemcu Esp8266 Pada Aplikasi Telegram," *Journal of Informatics, Information System, Software Engineering and Applications*, Vol. 3, No. 1, pp. 59–68, 2020. DOI: 10.20895/INISTA.V2I2.
- [11] S.P. Chapra, R.P. Canale, *Numerical Method for Engineers*, New York: McGraw-Hill Book Company, 2015.
- [12] I. Ernawati, dan W.R. Islamiyah, "Uji Validitas Dan Reliabilitas Kuesioner Kepatuhan MGLS (Morisky, Green, Levine Adherence Scale) Versi Bahasa Indonesia Terhadap Pasien Epilepsi," *Jurnal Ilmiah Ibnu Sina (JIIS) Ilmu Farmasi dan Kesehatan*, Vol. 4, No. 2, pp. 305–313, 2019.
- [13] R. Sarwiningsih, "Komparasi Ketepatan Estimasi Koefisien Reliabilitas Tes Ujian Nasional Kimia Provinsi Jambi Tahun Ajaran 2014/2015," *JKPK (Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia)*, Vol. 2, No. 1, pp. 34–42, 2017.
- [14] Direktorat Standar Nasional Satuan Ukuran Termoelektrik dan Kimia, *Panduan Pengukuran pH dengan Teknik Kalibrasi*

- Dua Titik* (SNSU PK.K-01:2022), Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2022.
- [15] S. Maharani, dan E. Suprpto, *Analisis Numerik berbasis Group Investigation untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis*, Magetan: CV. AE Media Grafika, 2018.
- [16] A. Kulasekaran, A. Gopal, R. Lakshimipathy, J.J. Alexander, "Modification in pH Measurements for Getting Accurate pH Values with Different pH Meters Irrespective of Aging and Drifts in the Meters", *International Journal of ChemTech Research*, Vol. 8, No. 5, pp. 16-24, 2015.
- [17] P. Jennings, C. Mullen, and M. Roy, *Titration and pH Measurement*, in eLS, New York: John Wiley & Sons, Ltd. (Ed.), 2010. DOI: 10.1002/9870470015902.a0002700.pub2