

Implementasi CodeIgniter4 sebagai API Internet of Things dalam Rancang Bangun Aplikasi Pemantauan Kualitas Air Sumur Pantau *Landfill*

Akhmad Erieck Al Habsyi, Isa Albanna*

Program Studi Sistem Informasi, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

*Penulis korespondensi. E-mail: isaalbanna@itats.ac.id

ABSTRACT

The Internet of Things (IoT) system has an essential role in the telemetry monitoring process. Sending data via the internet makes the IoT system require client-server programming. In this research, an IoT system was developed to monitor the water quality of *landfill* monitoring wells owned by PT. PLN Nusantara Power Rembang. One of the wastes produced from the production process is Fly Ash and Bottom Ash (FABA). FABA waste is stored in storage called *Landfill*. The purpose of the application design is to monitor in real time the water quality qualification threshold parameters around the *landfill*. Several physical parameters in monitoring are used as indicators of FABA leakage. The research method was carried out in three general stages, namely hardware design, information system design and hardware integration with software (information system). IoT hardware uses an Arduino system, sensors and ESP32 which are connected synchronously. In the information system, CodeIgniter4 is used to support computing logic management, database management and display. The integration process is carried out by sending data from the readings of four types of sensors which will later be stored in a database. The results of system testing showed four measurement parameters, namely sensor reading accuracy at 89%, data transmission accuracy at 78% validity, data transmission speed at 10 data/second and efficiency cost at 90% when compared with manual test material retrieval system.

Keywords

Client-server;
Fly Ash and Bottom Ash;
Internet of Things;
Landfill;
Sensors;
Monitoring Well;

ABSTRAK

Sistem Internet of Things (IoT) memiliki peran esensial dalam proses monitoring secara telemetri. Pengiriman data melalui jalur internet, membuat sistem IoT memerlukan pemrograman client-server. Pada penelitian ini disusun sistem IoT untuk pemantauan kualitas air sumur pantau *landfill* yang dimiliki oleh PT. PLN Nusantara Power Rembang. Salah satu limbah yang dihasilkan dari proses produksi adalah Fly Ash and Bottom Ash (FABA). Limbah FABA disimpan pada penyimpanan yang disebut *Landfill*. Tujuan dari rancang bangun aplikasi adalah untuk pemantauan secara waktu nyata parameter ambang batas kualifikasi kualitas air disekitar *landfill*. Beberapa parameter fisis dalam pemantauan digunakan sebagai indikator adanya kebocoran dari FABA. Metode penelitian dilakukan dalam tiga tahap secara umum, yaitu rancang bangun perangkat keras, rancang bangun sistem informasi dan integrasi perangkat keras dengan perangkat lunak (sistem informasi). Perangkat keras IoT, digunakan sistem arduino, sensor dan ESP32 yang terhubung secara sinkron. Pada sistem informasi digunakan CodeIgniter4 untuk mendukung manajemen logika komputasi, manajemen basis data dan tampilan. Proses integrasi dilakukan dengan pengiriman data dari pembacaan empat macam sensor yang nantinya disimpan dalam basis data. Hasil pengujian sistem didapatkan empat parameter pengukuran, yaitu akurasi pembacaan sensor yang berada pada tingkat 86.25%, akurasi pengiriman data berada pada tingkat 78% untuk kecepatan pengiriman data berada pada titik 10 data/detik dan efisiensi pembiayaan berada pada nilai 45% jika dibandingkan dengan sistem pengambilan bahan uji manual.

PENDAHULUAN

PLTU Rembang adalah sebuah Unit Pembangkitan dengan kapasitas dua kali 315 MW milik PT. PLN Nusantara Power. Salah satu limbah yang dihasilkan dari proses produksi adalah Fly Ash dan Bottom Ash (FABA) yang disimpan pada penyimpanan yang disebut *Landfill*. Berdasarkan PP No. 22 Tahun 2021 bahwa FABA merupakan Limbah Non B3 Terdaftar. Meskipun FABA yang sebelumnya termasuk kategori Limbah Bahan Berbahaya Beracun (B3) telah berubah dikategorikan menjadi Limbah Non B3 Terdaftar dengan Kode Limbah N106 dan N107, persyaratan pengelolaannya tetap harus memenuhi standar tercantum dalam persetujuan dokumen lingkungan, persyaratan teknis tatacara penimbunan FABA, standar pemanfaatan FABA, sehingga precautionary principle untuk perlindungan lingkungan tetap menjadi kewajiban penghasil atau pengelola limbah.

Nilai kualitas air tanah pada Sumur Pantau *Landfill* tidak boleh melebihi dari Batas Baku Mutu yang telah ditentukan dalam KepMen LH RI No. SK 922/Menlhk/Setjen/PSLB.3/12/2016. Apabila salah satu parameter uji pada kualitas air tanah melebihi baku mutu, maka PLTU Rembang dikatakan tidak taat terhadap regulasi pengelolaan lingkungan yang telah dipersyaratkan oleh KLHK. Pada bulan April Tahun 2023 parameter TDS di Sumur Pantau *Landfill*-2 melebihi dari ambang batas baku mutu yaitu sebesar 3795 mg/L, dimana baku mutu TDS adalah 3720 mg/L. Adanya angka pencemaran yang tinggi akan menyebabkan pengurangan PROPER Biru dan berimbas pada penerbitan sanksi berupa teguran dari KLHK. Pemantauan dan pengelolaan pada *Landfill* dapat dilakukan dengan cara memitigasi melalui Implementasi Teknologi Internet of Thing.

Implementasi Teknologi Internet of Thing menghubungkan perangkat ke internet untuk mengumpulkan, mentransmisikan, dan menganalisis data dari berbagai perangkat fisik. Perangkat fisik tersebut berupa sensor yang dapat mendeteksi nilai parameter pH, suhu Total Disolved Solid (TDS) dan kekeruhan secara real time. Penerapan pemantauan kondisi SPL secara real time merupakan mitigasi secara cepat, efisien dan mudah untuk mendeteksi serta memberi peringatan dini jika terjadi kebocoran pada *landfill*. Sehingga dapat dilakukan tindakan penanganan secara lebih cepat dan tanggap sebelum terjadi pencemaran yang lebih parah. Penanganan masalah lingkungan dan kepatuhan terhadap regulasi dapat dilakukan secara konsisten. Pelaksanaan masalah lingkungan yang konsisten dapat membantu pencapaian PROPER untuk PLTU Rembang

TINJAUAN PUSTAKA

FABA (*Fly Ash* dan *Bottom Ash*)

Fly Ash dan Bottom Ash (FABA) adalah residu padat yang dihasilkan dari pembakaran batu bara di pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Fly ash merupakan partikel halus yang terbawa gas buang dan ditangkap oleh sistem pengendalian polusi udara, sedangkan bottom ash adalah partikel yang lebih berat dan terkumpul di dasar tungku pembakaran. Dalam beberapa tahun terakhir, perhatian terhadap dampak lingkungan dan kesehatan akibat FABA meningkat. Penelitian menunjukkan bahwa FABA mengandung logam berat seperti arsenik, merkuri, dan timbal, yang berpotensi mencemari tanah dan air jika tidak dikelola dengan baik. Selain itu, paparan terhadap debu fly ash dapat menyebabkan masalah pernapasan pada manusia [1], [2].

Pencegahan untuk mengurangi risiko FABA, berbagai metode pengelolaan FABA telah dikembangkan. Salah satunya adalah pemanfaatan FABA sebagai bahan konstruksi, seperti campuran beton dan material jalan raya, yang dapat mengurangi limbah sekaligus memanfaatkan sumber daya yang ada. Namun, pemanfaatan ini harus dilakukan dengan hati-hati untuk memastikan tidak ada pelepasan kontaminan berbahaya ke lingkungan. Secara keseluruhan, meskipun FABA memiliki potensi untuk dimanfaatkan kembali, penting untuk menerapkan strategi pengelolaan yang tepat guna meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Penelitian lebih lanjut dan regulasi yang ketat diperlukan untuk memastikan pengelolaan FABA yang aman dan berkelanjutan[2].

Pengelolaan FABA dan Proses Monitoring

Pengelolaan untuk fly ash dan bottom ash telah diangkut oleh pihak ke-3 yaitu transporter yang memiliki izin dan dimanfaatkan oleh pemanfaat Limbah nonB3 fly ash dan bottom ash yang memiliki izin dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). Lokasi Penimbunan/Fasilitas Penimbunan Akhir (*Landfill*) Limbah NonB3 fly ash dan bottom ash PLTU Rembang berada di area PT PLN (Persero) PLTU Rembang dengan luas lahan sebesar ± 55 Ha yang terletak di Desa Leran dan Desa Trahan, Kecamatan Sluke, Kabupaten Rembang, Provinsi Jawa Tengah. Tempat penimbunan (*Landfill*) fly ash dan bottom ash dari hasil pembakaran batubara terletak di dalam luasan tapak PLTU Rembang. *Landfill* PLTU Rembang memiliki luas $\pm 6,72$ Ha dengan spesifikasi sebagai berikut: Limbah Non Bahan Berbahaya dan Beracun (Limbah nonB3) yang ditimbun di *Landfill* adalah Fly Ash dengan kode Limbah NonB3 N 106 dan Bottom Ash dengan kode Limbah Non-B3 (N107), luas seluruh *Landfill* Kategori III adalah 6,72 Ha, tandon pengumpul Lindi adalah 0,52 Ha *Landfill* (ash pond) adalah 6,2 Ha, kapasitas tampung abu batubara

adalah 682.000 m³ dengan ketinggian 11 meter dari dasar tanggul, luas pada bagian atas *landfill* adalah 6,2 Ha.

Sistem Internet of Things dan Teknologi Sensor

Internet of Things (IoT) dapat dilihat sebagai sistem atau objek yang menghubungkan berbagai perangkat fisik ke internet, memungkinkan antar perangkat untuk saling melakukan pertukaran data dan komunikasi dua arah. Seiring kebutuhan dan pemutahiran perangkat, IoT telah mengalami perkembangan luas dan diterapkan dalam berbagai disiplin bidang keilmuan, termasuk sistem pemantauan sensor. Sistem ini memungkinkan pengumpulan data secara waktu nyata (*real-time*) dari berbagai sensor yang terhubung, yang kemudian dapat dianalisis untuk proses bisnis atau kebutuhan lainya guna menambah nilai guna[3].

Salah satu komponen esensial dalam pengembangan sistem IoT adalah papan kendali yang efisien dan dapat bekerja *multi-task*. Papan ESP32 adalah salah satu mikrokontroler yang populer digunakan dalam aplikasi IoT. ESP32 menawarkan fitur Wi-Fi dan Bluetooth yang terintegrasi, konsumsi daya kecil, serta kemampuan pemrosesan yang mutahir. Hal ini menjadikan perangkat tersebut menjadi pilihan ideal untuk berbagai proyek IoT. Selain itu, ESP32 juga dapat mengakomodir berbagai antarmuka seperti SPI, I2C, dan UART, sehingga memudahkan integrasi dengan berbagai sensor dan perangkat lainnya [4], [5].

Implementasi ESP32 dalam sistem pemantauan sensor telah banyak dibahas dalam literatur terbaru. Misalnya, sebuah penelitian yang dipublikasikan di jurnal Sensors pada tahun 2023 membahas desain dan implementasi perangkat IoT berbasis ESP32. Studi ini menyoroti bagaimana ESP32 dapat digunakan untuk mengumpulkan data dari sensor kelembaban tanah, stasiun cuaca, dan sensor lainnya untuk mengoptimalkan sistem irigasi otomatis. Data yang dikumpulkan kemudian dikirim ke platform cloud untuk analisis lebih lanjut dan visualisasi [6]. Selain itu, ESP32 juga digunakan dalam sistem pemantauan kesehatan[7], pemantauan lingkungan [8], sistem pemantauan keamanan ruang huni[9]. Secara keseluruhan, ESP32 telah memberikan banyak kontribusi sebagai media yang andal dan serbaguna untuk pengembangan sistem pemantauan sensor berbasis IoT.

METODE

Penelitian terkait implementasi CodeIgniter4 sebagai API Internet of Things dalam rancang bangun aplikasi pemantauan kualitas air sumur pantau *landfill* dilaksanakan dalam beberapa tahap, yaitu tahap persiapan dan literasi, tahap rancang bangun perangkat keras, tahap rancang bangun aplikasi (perangkat lunak), integrasi sistem IoT dan pengujian. Alur penelitian ditunjukkan dalam Gambar 1 yang dimulai dengan tahap persiapan dan literasi. Pada tahap tersebut peneliti melakukan observasi pada lahan *landfill* yang dimiliki PT. PLN Nusantara Power Rembang. Topologi penampungan FABA ditunjukkan seperti pada Gambar 2a dan lokasi sumur pantau yang ditunjukkan pada Gambar 2b. Pada tahap awal peneliti melakukan observasi terkait karakteristik sensor dan mitigasi kebutuhan pendukung sistem. Pada penelitian rancang bangun sistem IoT dilakukan dengan menyusun perangkat keras dan lunak. Perangkat keras merupakan bagian dari sistem yang secara umum terdiri dari papan kendali dan sistem multi sensor. Perangkat keras memiliki komunikasi dengan jalur internet, sehingga proses transmisi data dapat diambil oleh perangkat lunak yang dibuat pada tahap selanjutnya. Perangkat lunak pendukung IoT merupakan sistem berbasis client-server seperti pada aplikasi berbasis web, akan tetapi hal yang membedakan sistem IoT dengan web umum adalah transaksi data *input* dilakukan secara otomatis oleh mesin (bukan input oleh manusia).



Gambar 1. Diagram alir penelitian kajian sistem IoT untuk sumur pantau *landfill*.

Tahap pasca perancangan adalah integrasi sistem, melalui tahap tersebut peneliti melakukan beberapa konfigurasi baik dalam ranah cloud-server, perangkat dan manajemen mesin basis data. Hal ini dilakukan untuk pengaturan agar terjadi komunikasi data yang sinkron dan sistemik. Pada tahap akhir adalah pengujian dari parameter fisis dari sistem. Pengujian meliputi akurasi sensor,

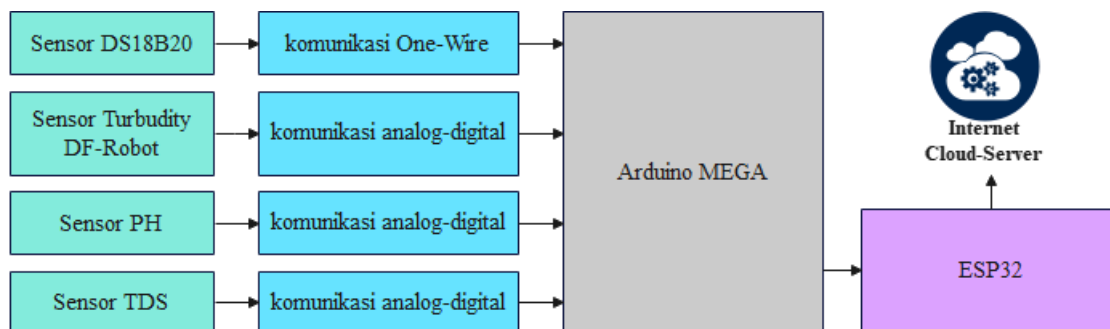
pengiriman data, hasil luaran antar muka website dan tingkat efisiensi sistem jika dikomparasi dengan proses pemantauan manual (dengan pengambilan bahan uji periodik).



Gambar 2. a) lokasi penampungan FABA, b) morfologi sumur pantau *landfill*.

Rancang Bangun Perangkat Keras IoT

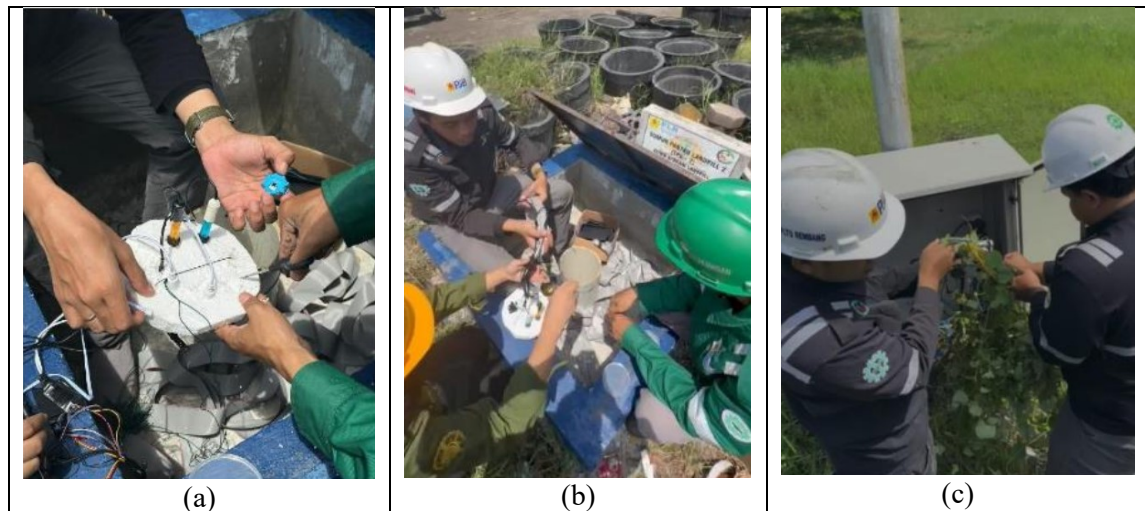
Perancangan perangkat keras terdiri dalam penelitian terdiri dari sensor suhu, sensor TDS, sensor turbidity (kekeruhan), sensor PH dan Arduino Mega-ESP32. Ketiga sensor diintegrasikan dengan sistem arduino mega yang mampu mengatur atau mengelola pola pembacaan data dari masing-masing sensor. Setiap sensor memiliki pola komunikasi yang berbeda, dari seluruh komunikasi sensor terhadap arduino disajikan dalam Gambar 3, yaitu pola komunikasi antar sensor dan kendali. Komunikasi sensor dan arduino secara esensial, terdiri dari komunikasi digital One-Wire dan ADC (komunikasi sinyal analog). Data dari hasil olahan arduino, kemudian di transmisikan melalui ESP32. Proses live-streaming data arduin dan ESP32 digunakan komunikasi serial TX-RX. Seluruh data yang sudah diproses oleh ESP32 nantinya akan ditransmisikan melalui jalur TCP-IP (internet) agar terhubung ke server.



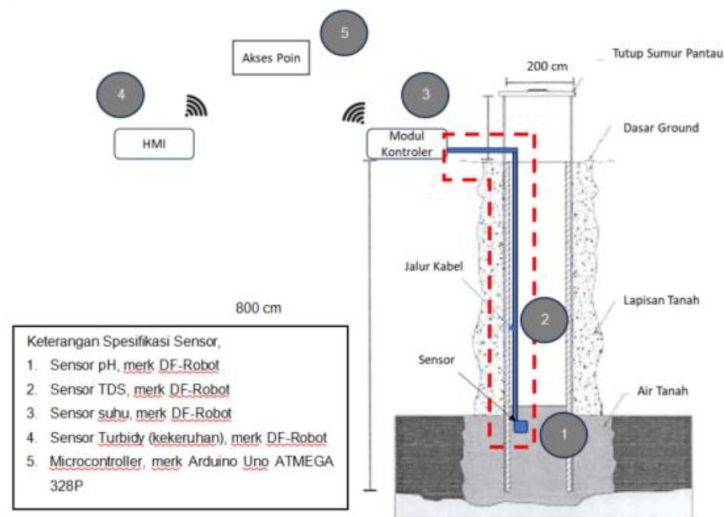
Gambar 3. Digram koomunikasi dan perangkat keras IoT.

Proses instalasi seluruh perangkat keras pada stuktur internal sumur pantau *landfill* ditunjukkan seperti pada Gambar 4 a-d, yaitu proses instalasi sensor. Proses instalasi dengan rung yang cukup sempit membuat peneliti harus mencoba beberapa kali untuk mendapatkan konfigurasi yang tepat. Bentuk sumur dan kedalaman sumur yang cukup panjang, membuat proses instalasi harus memperhatikan aspek panjang kabel. Proses instalasi dengan panjang sekitar 5-8 meter pengkabelan, membuat komunikasi data antara sensor dan modul kendali harus dilakukan modifikasi dengan penambahan komunikasi modbus. Pola penampang sumur pantau ditunjukkan seperti pada Gambar 5 yang terdiri dari beberapa bagian dan kedalaman. Sumur pantau *landfill* terletak menyebar di beberapa titik lokasi FABA. Pada penelitian ini hanya digunakan satu titik sumur untuk observasi data dan uji. Beberapa parameter yang diambil dari satu sumur tersebut akan dipakai sebagai reverensi pengembangan teknologi berkelanjutan pada PT. PLN Nusantara Power Rembang. Pemasangan sistem pada sumur pantau yang terletak pada lokasi yang jauh dari akses point internet,

membuat peneliti harus menyediakan titik hot-spot internet agar ESP32 dapat terkoneksi internet dengan daya energi besar.



Gambar 4. a) Pemasangan sensor pada media apung, b) instalasi oleh tim, c) pemasangan titik access point internet.



Gambar 5. Bentuk tampak bagian sumur pantau *landfill*.

Rancang Bangun API Website Monitoring

Pada tahap ini, peneliti menggunakan API (application programming interface) dengan basis bahasa pemrograman PHP yang terintegrasi dalam *framework* CodeIgniter4. Peran API ini adalah untuk menjadi layanan dan sekaligus jembatan pengaturan logika aliran data. Penyusunan API dilakukan dengan mengatur sistem routes yang bertindak sebagai alamat URI yang nantinya diambil oleh sistem perangkat keras dalam mengirimkan data. Proses pengiriman Req-Res diatur pada controller-CI4. Proses pengaturan secara garis besar API memiliki fitur yaitu perintah pengiriman data dan perintah perekaman data. Pada sistem hanya digunakan satu arah aliran data, yaitu data dari perangkat keras dikirim menuju server. Server yang digunakan adalah domain internal milik PT. PLN Nusantara Power Rembang. Proses akses dari aplikasi harus menggunakan tunneling data yang nantinya terhubung dengan alamat IP-Internal server. Sistem API memiliki arsitektur yang ditunjukkan seperti pada Gambar 6, dalam gambar tersebut terdapat struktur pengaksesan data oleh perangkat keras terhadap penyediaan layanan yang terintegrasi dalam sistem server. Perintah permintaan data oleh klien (alat) menggunakan prosedur POST. Ketika dilakukan pengiriman perintah POST dengan binding data, sistem server akan merespon dengan melakukan penyimpanan data dalam basis data dan pernyataan JSON “berhasil” dalam perangkat arduino-ESP32.

```

1 public function aksi_aktivasi()
2 {
3     $db_perangkat = new PerangkatModel();
4     $status = $this->request->getVar('jq_data_aktivasi');
5     $data_update = [
6         "status_rec" => $status
7     ];
8     $update = $db_perangkat->update('dev01', $data_update);
9     echo $update;
10    echo "berhasil=" . $status . " | " . $update;
11 }
12
13 public function baca_db_terakhir()
14 {
15     $db_monitoring = new MonitoringModel();
16     $data_terakhir = $db_monitoring->findAll();
17     echo json_encode($data_terakhir);
18 }

```

```

1 #include <iif.h>
2 #include <HTTPClient.h>
3
4 void loop(void) {
5
6     String serverName = "https://...domain.../api_kinrh_";
7     HTTPClient http = HTTP_CLIENT();
8     HTTPClient http;
9
10    String serverName = "https://...domain.../api_kinrh_";
11    ... String("cr_m_having" + "8r_data_sensor" + String(cr_temperature) + "8r_data_sensor" +
12    ... String(cr_turbidity_Value_WTU);
13    ... http.get(serverName + "...");
14    use httpResponseCode = HTTP_200(serverPath);
15    ... String("cr_m_having" + "8r_data_sensor" + String(cr_temperature) + "8r_data_sensor" +
16    ... String(cr_m_Value) + "8r_data_sensor" + String(cr_temperature) + "8r_data_sensor" +
17    ... String(cr_m_Value);
18    http.end();
19    use httpEnd = Content-Type: "application/javascript";
20    use httpResponseCode = HTTP_200(serverPath);
21
22
23    if (httpResponseCode == 0) {
24        Serial.print("HTTP Response code: ");
25        Serial.println(httpResponseCode);
26        String payload = http.getString();
27        Serial.println(payload);
28    } else {
29        Serial.print("Error code: ");
30        Serial.println(httpResponseCode);
31
32        http.end();
33    } else {
34        Serial.print("WiFi Disconnect");
35
36        println = millis();
37    }
38 }

```

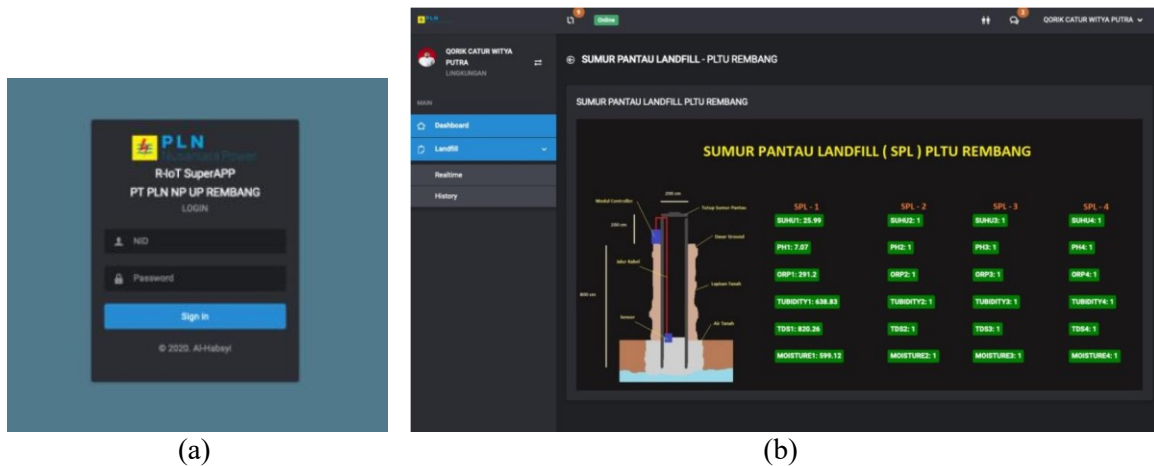
(a) (b)

Gambar 6. a) Struktur potongan kode API untuk perekaman data, b) proses pengiriman data dari perangkat keras menuju server.

HASIL DAN PEMBAHASAN

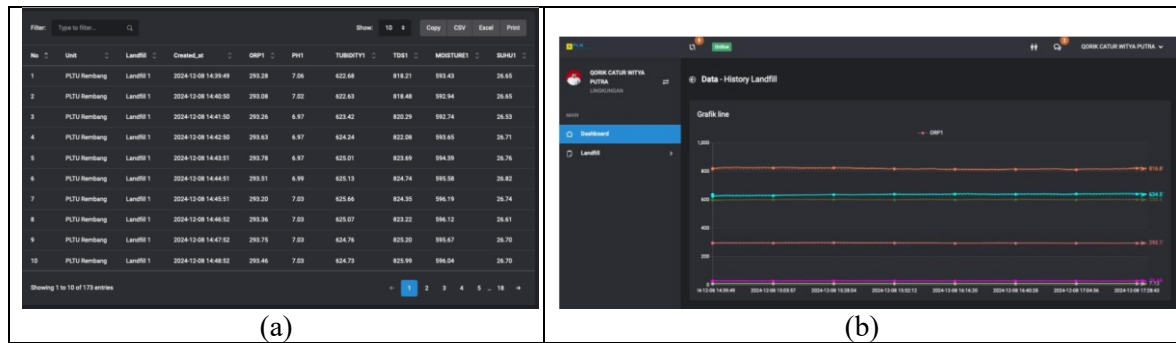
Luaran Rancang Bangun Sistem

Hasil rancang bangun aplikasi memiliki empat fitur utama, yaitu halaman autentikasi, dashboard pemantauan, halaman detail pemantauan-ekstraksi data, dan plot grafik. Halaman autentikasi terdiri dari halaman login yang disajikan dalam Gambar 7a, dalam gambar tersebut peneliti menggunakan nomer induk karyawan dan kata kunci untuk akses masuk. Halaman kedua adalah dashboard yang berisikan informasi SPL (Sumur Pantau *Landfill*). Pada Gambar 7b terdapat tampilan detail dari parameter yang dibaca oleh sensor. Terdapat warna hijau untuk indikasi bahwa parameter ukur masih aman (tidak melebihi standar/baku mutu).



Gambar 7. a) Halaman autentikasi sistem, b) tampilan dashboard pemantauan parameter pembacaan sensor pada SPL (Sumur Pantau *Landfill*)

Halaman plot grafik merupakan fitur dalam aplikasi yang memungkinkan pengguna untuk mengakses data historis berdasarkan Tag Name dan rentang waktu tertentu. Pada Gambar 8a, tampilan halaman ini dirancang dengan formulir sederhana dan intuitif, yang berisi kolom input untuk memilih Tag Name serta menentukan periode waktu data yang diinginkan. Pengguna dapat memasukkan parameter pencarian sesuai kebutuhan untuk mendapatkan informasi spesifik terkait aktivitas atau kondisi tertentu yang telah terekam dalam sistem. Halaman visualisasi grafik history merupakan fitur penting dalam aplikasi yang berfungsi untuk menyajikan data trading history dalam bentuk grafik yang informatif. Pada Gambar 8b, halaman ini dirancang untuk membantu pengguna memahami tren data secara visual berdasarkan parameter yang telah dipilih, seperti Tag Name dan rentang waktu tertentu.



Gambar 8. a) Tampilan rekam data perekaman, b) tampilan hasil plot data.

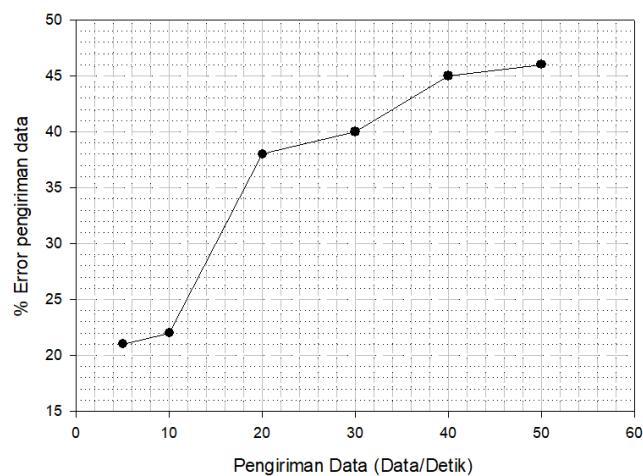
Hasil Uji Numerik Sistem

Hasil uji numerik dari sistem yang telah dirancang meliputi uji akurasi pembacaan sensor, uji akurasi pengiriman data dalam satuan waktu dan uji penilaian pengguna dari peran-fungsi sistem dalam membantu korporasi. Luaran uji pertama disajikan dalam Tabel 1, yaitu akurasi sensor dalam pembacaan parameter fisis. Dari empat sensor yang digunakan diperoleh akurasi tertinggi adalah sensor suhu. Sensor suhu DS18B20 memiliki pembacaan yang tepat, beberapa akurasi dari sensor lainnya memiliki nilai lebih kecil yang mana hal tersebut disebabkan karena pengaruh fluktuasi kandungan kimiawi air tanah.

Tabel 1. Parameter Uji Akurasi Sensor

No	Sensor	Range Uji	Satuan Parameter	Tingkat akurasi
1	TDS	150-500	Xmg	89
2	PH	3-10	%pH	80
3	Turbidity	10 - 600	NTU	78
4	Suhu	10 - 100	C	98
Rerata Akurasi				86.25

Melalui uji pengiriman data peneliti melakukan uji beberapa variasi pengiriman data dalam satuan detik. Pada gambar 9, diperoleh nilai error atau data hilang (*losses*) pada nilai sekitar 10 data per detik. Pengiriman data dipengaruhi oleh jalur dari lalu lintas internet yang ada dalam korporasi. Dari hasil pengujian diperoleh error terkecil sekitar 22%, yang artinya data yang valid adalah sekitar 78% yang dapat secara optimal diterima oleh server dengan jumlah data adalah 10 data per detik. Dari hasil uji komparasi sebelum ada sistem dan sesudah ada sistem, korporasi dapat menghemat pembiayaan sekitar 45%.



Gambar 9. Tingkat error pengiriman data terhadap paket pengiriman data per detik

KESIMPULAN

Melalui serangkaian penelitian yang telah dilaksanakan terkait CodeIgniter4 sebagai API Internet of Things dalam rancang bangun aplikasi pemantauan kualitas air sumur pantau *landfill* dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: API dapat dirancang menggunakan *framework* CodeIgniter4 untuk pengelolaan data dalam sistem IoT, tingkat akurasi pembacaan sensor dipengaruhi oleh pengaruh kontaminan kimiawi air tanah, hasil optimal dalam pengiriman data adalah 10 data/detik karena keberhasilan dipengaruhi oleh tingkat lalulintas internet, dampak perancangan sistem dapat memberikan efisiensi pembiayaan sekitar 45%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Syawaliani and SetioUtomo, “Pemanfaatan Fly Ash Dan Bottom Ash (FABA) Sebagai Solusi Inovasi Pengolahan Limbah Dalam Mendukung Keberlangsungan UMKM Dalam Bidang Pembuatan Batako, Paving Blok Dan Pengecoran,” *J. BISNIS DAN Pembang.*, vol. 13, no. 1, pp. 97–108, Apr. 2024, doi: 10.20527/pcb2ty26.
- [2] L. Khasanah and A. Budiono, “PENGARUH PENAMBAHAN FABA TERHADAP SIFAT FISIK DAN DERAJAT KEASAMAN (pH) KOMPOS,” *DISTILAT J. Teknol. Separasi*, vol. 8, no. 3, Art. no. 3, Sep. 2022, doi: 10.33795/distilat.v8i3.493.
- [3] Agung Ahmad, “Pengembangan Internet Of Things pada Smart City,” *J. Sist. Cerdas*, vol. 1, no. 1, pp. 41–49, Jul. 2018, doi: 10.37396/jsc.v1i1.5.
- [4] M. N. Nizam, H. Yuana, and Z. Wulansari, “MIKROKONTROLER ESP 32 SEBAGAI ALAT MONITORING PINTU BERBASIS WEB,” *JATI J. Mhs. Tek. Inform.*, vol. 6, no. 2, Art. no. 2, Oct. 2022, doi: 10.36040/jati.v6i2.5713.
- [5] “ESP32 Wi-Fi & Bluetooth MCU I Espressif Systems.” Accessed: Jul. 03, 2022. [Online]. Available: <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>
- [6] B. Fandidarma, R. D. Laksono, and K. W. B. Pamungkas, “Rancang Bangun Mobil Remote Control Pemantau Area berbasis IoT menggunakan ESP 32 Cam,” *ELECTRA Electr. Eng. Artic.*, vol. 2, no. 1, Art. no. 1, Sep. 2021, doi: 10.25273/electra.v2i1.10522.
- [7] A. Maity and I. S. Misra, “Prototype Design of An IoT Enabled Cost-Efficient Portable Heart-Health Data Acquisition System,” in *2020 IEEE Calcutta Conference (CALCON)*, Feb. 2020, pp. 137–141. doi: 10.1109/CALCON49167.2020.9106515.
- [8] A. I. Arafat, T. Akter, Md. F. Ahammed, Md. Y. Ali, and A.-A. Nahid, “A dataset for internet of things based fish farm monitoring and notification system,” *Data Brief*, vol. 33, p. 106457, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.dib.2020.106457.
- [9] F. Ariani, R. Y. Endra, E. Erlangga, Y. Aprilinda, and A. R. Bahan, “Sistem Monitoring Suhu dan Pencahayaan Berbasis Internet of Thing (IoT) untuk Penetasan Telur Ayam,” *EXPERT J. Manaj. Sist. Inf. Dan Teknol.*, vol. 10, no. 2, pp. 36–41, Dec. 2020, doi: 10.36448/jmsit.v10i2.1602.