

Implementasi *Internet of Things* untuk Pengukuran Kebisingan Pengeras Suara di Peron MRT Jakarta

Erri Wahyu Puspitarini*¹, Zidan Kamal Arzin², Teguh Arifianto³, Ocky Soelistyo Pribadi⁴

Departemen of Information and Communication Technology, Universiti Teknikal Malaysia Melaka, Malaysia*¹

Teknologi Elektro Perkeretaapian, Politeknik Perkeretaapian Indonesia, Madiun, Indonesia^{2,3,4}

Corresponding Author: *²)zidan.tep2120481@taruna.ppi.ac.id

Email: ¹p031810020@student.utem.edu.my, ³teguh@ppi.ac.id, ⁴ocky@ppi.ac.id

ABSTRAK

Pengeras suara pada peron MRT Jakarta berperan sebagai sarana utama dalam menyampaikan informasi kepada penumpang sehingga tingkat kebisingannya harus dikendalikan agar tetap sesuai standar yang berlaku. Namun, proses pengukuran yang masih dilakukan secara manual menggunakan *sound level meter* dinilai kurang efisien karena membutuhkan waktu yang cukup lama serta belum terintegrasi dalam satu sistem. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sekaligus mengimplementasikan sistem pengukuran tingkat kebisingan pengeras suara berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk meningkatkan efektivitas proses pemantauan. Sistem yang dikembangkan memanfaatkan sensor MAX9814, modul ADC, dan ESP32 sebagai pusat pengendali, serta dilengkapi dengan OLED untuk tampilan lokal, aplikasi *blynk* sebagai media monitoring jarak jauh, dan *google sheets* untuk pencatatan data secara otomatis. Metode yang digunakan meliputi tahap perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, pengujian sistem, serta validasi hasil pengukuran dengan membandingkannya terhadap *sound level meter* pada berbagai variasi jarak dan tingkat intensitas suara. Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu mencapai tingkat akurasi rata-rata antara 97,3% hingga 97,5% dengan nilai *error* berkisar 2,5% sampai 2,7% pada jarak pengukuran 10 hingga 30 cm. Penerapan IoT memungkinkan proses pemantauan dilakukan secara *real time* meskipun masih terdapat rata-rata *delay* pengiriman data sebesar 829,28 ms yang dipengaruhi oleh kualitas jaringan internet. Secara umum, sistem yang dirancang dapat meningkatkan efisiensi pengukuran serta menyediakan data monitoring yang tersimpan secara otomatis dan terintegrasi.

Kata Kunci: pengeras suara; kebisingan; *Internet of Things* (IoT); ESP32; *real time*

ABSTRACT

Loudspeakers on MRT Jakarta platforms serve as the primary medium for delivering information to passengers; therefore, their noise levels must be controlled to comply with established standards. However, the current measurement process, which is still performed manually using a *sound level meter*, is considered inefficient as it requires considerable time and lacks system integration. This study aims to design and implement a loudspeaker noise level measurement system based on the *Internet of Things* (IoT) to improve monitoring efficiency. The developed system utilizes a MAX9814 sensor, an ADC module, and an ESP32 as the main controller, and is supported by an OLED for local display, the *blynk* application for remote monitoring, and *google sheets* for automatic data recording. The research method includes hardware and software design, system testing, and validation by comparing measurement results with a *sound level meter* under various distances and sound intensity levels. The results show that the system achieves an average accuracy of 97.3% to 97.5%, with an error range of 2.5% to 2.7% at distances of 10 to 30 cm. The implementation of IoT enables *real time* monitoring, although an average data transmission delay of 829.28 ms is observed, influenced by internet network conditions. Overall, the developed system improves measurement efficiency and provides integrated and automatically recorded monitoring data.

Keywords: loudspeaker; noise; *Internet of Things* (IoT); ESP32; *real time*

1 PENDAHULUAN

Pengeras suara merupakan salah satu fasilitas penting yang digunakan sebagai media penyampaian informasi kepada penumpang MRT Jakarta di peron jalur *up track* maupun *down track*. Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 7 Tahun 2022 tentang Penyelenggaraan Kereta Api Kecepatan Tinggi, pengeras suara memiliki fungsi utama dalam menyampaikan informasi terkait keberangkatan, kedatangan, dan gangguan perjalanan dengan tingkat intensitas suara yang dapat didengar secara jelas oleh penumpang di stasiun [1]. Selain itu, mengacu pada *Railway Traffic Management* MRT Jakarta, apabila jumlah penumpang mencapai lebih dari 50.000 orang per hari, maka tingkat intensitas suara pengeras harus berada sekitar 20 dB di atas kebisingan lingkungan stasiun dengan kisaran antara 70–90 dB.

Saat ini, proses pengukuran tingkat kebisingan pengeras suara di peron MRT Jakarta masih dilakukan secara manual menggunakan alat *sound level meter*. Pengukuran dilakukan satu per satu pada setiap perangkat pengeras suara oleh petugas di lapangan. Metode ini dinilai kurang efisien karena memerlukan waktu yang cukup lama serta tidak mendukung sistem pencatatan data secara terintegrasi.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam sistem monitoring kebisingan mampu memberikan kemudahan dalam proses pengambilan dan pengiriman data secara otomatis serta dapat ditampilkan melalui sistem berbasis web [2]. Oleh karena itu, pemanfaatan teknologi IoT dalam pengukuran tingkat kebisingan pengeras suara di peron MRT Jakarta menjadi solusi yang relevan untuk meningkatkan efisiensi waktu serta kemudahan dalam monitoring. Selain itu, sistem yang dirancang juga memungkinkan penyimpanan data secara otomatis serta analisis tingkat kesalahan (*error*) sehingga akurasi pengukuran dapat diketahui sesuai dengan hasil perancangan alat [3].

2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kebisingan

Kebisingan didefinisikan sebagai suara yang tidak dikehendaki yang muncul akibat suatu aktivitas dalam periode waktu tertentu dan berpotensi memberikan dampak negatif terhadap kesehatan manusia serta kenyamanan lingkungan [4]. Sumber kebisingan dapat berasal dari aktivitas alami seperti percakapan maupun dari aktivitas buatan manusia [5]. Selain itu, kebisingan juga dipahami sebagai bunyi

yang mengganggu dan dalam kondisi tertentu dapat membahayakan kesehatan [6].

Berdasarkan berbagai definisi tersebut, kebisingan dapat disimpulkan sebagai suara yang tidak diinginkan yang timbul dari berbagai sumber alami maupun aktivitas manusia dengan intensitas dan durasi tertentu yang berpotensi mengganggu kenyamanan serta kesehatan. Tingkat kebisingan umumnya dinyatakan dalam satuan desibel (dB) sebagai representasi energi suara.

2.2 Pengeras Suara Peron Stasiun MRT Jakarta

Sistem pengeras suara pada peron MRT Jakarta merupakan bagian dari fasilitas layanan informasi yang digunakan untuk menyampaikan informasi operasional kepada penumpang seperti jadwal kedatangan, keberangkatan, dan gangguan perjalanan. Perangkat yang digunakan adalah pengeras suara tipe PC-2369 produksi TOA. Setiap peron stasiun umumnya dilengkapi dengan 48 unit pengeras suara. Sedangkan pada stasiun tertentu seperti Stasiun Blok M jumlahnya mencapai 96 unit karena memiliki empat peron. Secara keseluruhan, jumlah pengeras suara yang terpasang pada 13 stasiun MRT Jakarta mencapai 672 unit.

2.3 *Internet of Things* (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan konsep yang mengintegrasikan berbagai objek fisik agar dapat saling terhubung dan berkomunikasi melalui jaringan internet dalam suatu sistem terpadu [7]. Konsep ini memungkinkan perangkat untuk bertukar data secara otomatis tanpa intervensi manusia secara langsung. Seiring dengan perkembangan teknologi, penerapan IoT semakin luas dan berperan penting dalam meningkatkan efisiensi serta efektivitas berbagai sistem di kehidupan sehari-hari.

2.4 ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler yang dikembangkan oleh *Espressif Systems* sebagai generasi lanjutan dari ESP8266. Perangkat ini telah dilengkapi dengan modul *wifi* terintegrasi sehingga sangat mendukung pengembangan sistem berbasis IoT [8]. Kemampuan konektivitas tersebut memungkinkan ESP32 untuk berkomunikasi dengan perangkat lain melalui jaringan lokal maupun internet. Selain itu, ESP32 memiliki antarmuka *USB to UART* yang memudahkan proses pemrograman melalui perangkat lunak seperti *arduino IDE* dengan sumber daya yang dapat disuplai melalui konektor *micro USB* [9].

2.5 *Arduino IDE*

Arduino IDE merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk menulis, mengompilasi, dan

mengunggah program ke berbagai jenis mikrokontroler termasuk ESP32. Platform ini banyak digunakan karena kemudahan dalam pengoperasian serta ketersediaan berbagai pustaka (*library*) yang mendukung pengembangan sistem berbasis *input* dan *output* secara efisien [10]. *Arduino* IDE menjadi salah satu alat utama dalam pengembangan proyek elektronika khususnya yang berkaitan dengan sistem tertanam.

2.6 Sensor MAX9814

Sensor MAX9814 adalah modul mikrofon dengan kualitas tinggi yang dilengkapi fitur *Automatic Gain Control* (AGC) serta memiliki tingkat *noise* yang rendah [11]. Sensor ini menggunakan teknologi MEMS (*Micro Electro Mechanical Systems*) dan telah terintegrasi dengan *preamplifier*, *Variable Gain Amplifier* (VGA), serta penguat keluaran dalam satu *chip*. Keluaran dari sensor berupa sinyal analog yang sebanding dengan intensitas suara yang diterima sehingga memudahkan proses pengolahan data pada tahap selanjutnya.

2.7 Modul ADC

Modul *Analog to Digital Converter* (ADC) berfungsi untuk mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital yang dapat diproses oleh sistem mikrokontroler [12]. Proses konversi dilakukan melalui pengambilan sampel sinyal analog pada interval waktu tertentu dan mengubahnya menjadi nilai digital yang merepresentasikan tegangan *input*. Tingkat resolusi ADC yang dinyatakan dalam bit, menentukan tingkat ketelitian dalam proses konversi tersebut.

2.8 OLED

Organic Light Emitting Diode (OLED) merupakan teknologi tampilan berbasis semikonduktor organik yang mampu memancarkan cahaya sendiri tanpa memerlukan sumber cahaya tambahan seperti pada LCD [13]. Teknologi ini memiliki keunggulan dalam hal sudut pandang yang luas yaitu hingga sekitar 170 derajat serta kualitas tampilan yang lebih baik. OLED banyak digunakan dalam berbagai perangkat elektronik sebagai media visualisasi data

2.9 Blynk

Blynk merupakan platform IoT yang dirancang untuk memudahkan pengguna dalam melakukan monitoring dan kontrol perangkat secara jarak jauh melalui aplikasi berbasis *smartphone* [14]. Platform ini bersifat fleksibel dan dapat digunakan dengan berbagai jenis perangkat keras selama memiliki konektivitas jaringan *wifi*. Dengan *user interface*

yang intuitif, *blynk* memungkinkan visualisasi data secara *real time* dengan mudah.

2.10 Google Sheets

Google sheets adalah aplikasi *spreadsheet* berbasis web yang merupakan bagian dari layanan *google workspace* [15]. Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk mengelola data secara daring maupun luring dan mendukung kolaborasi secara simultan. Selain itu, *google sheets* dapat digunakan sebagai media pencatatan data secara otomatis dan *real time*, serta dapat mendukung integrasi dengan berbagai layanan lainnya untuk kebutuhan analisis data.

Seluruh komponen yang digunakan dalam penelitian ini saling terintegrasi dalam satu sistem pengukuran kebisingan berbasis IoT. ESP32 berfungsi sebagai pusat pengendali yang memproses data dari sensor MAX9814 melalui modul ADC, di mana sinyal analog diubah menjadi sinyal digital untuk kemudian diolah. Hasil pengukuran ditampilkan secara langsung melalui OLED sebagai monitoring lokal, serta dikirimkan melalui jaringan *wifi* ke aplikasi *blynk* untuk pemantauan jarak jauh secara *real time*. Selain itu, data yang diperoleh juga tersimpan secara otomatis pada *google sheets* sebagai data *logger* yang dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut. Seluruh proses pemrograman dilakukan menggunakan *arduino IDE* sehingga integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak dapat berjalan secara optimal. Sistem ini mampu meningkatkan efisiensi monitoring sekaligus mendukung pengelolaan data secara terstruktur dan berkelanjutan.

3 METODE PENELITIAN

3.1 Pengumpulan dan Analisis Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui dua pendekatan utama yaitu observasi dan wawancara. Kegiatan observasi dilaksanakan secara langsung di Stasiun MRT Jakarta untuk memperoleh data faktual terkait kondisi sistem pengeras suara serta prosedur pengukuran tingkat kebisingan yang diterapkan. Selain itu, wawancara dilakukan dengan pihak terkait khususnya tim *Railway System Integration and Signalling Maintenance* (RSISM) MRT Jakarta untuk menggali informasi yang lebih mendalam sesuai dengan fokus penelitian.

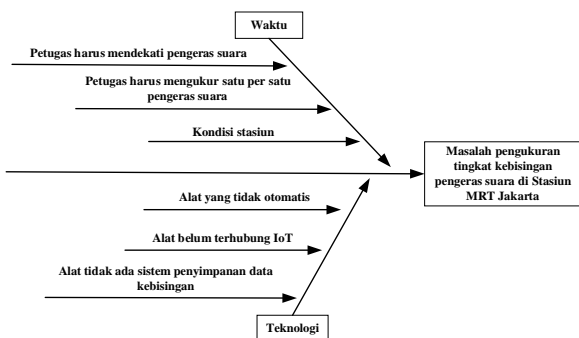
Analisis data dalam penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif yaitu pendekatan yang bertujuan untuk mendeskripsikan fenomena berdasarkan data empiris yang diperoleh dan dianalisis menggunakan pendekatan numerik [16]. Metode ini digunakan untuk menghitung nilai rata-rata persentase *error* dan tingkat akurasi hasil pengukuran pada berbagai variasi jarak. Di samping

itu, analisis juga dilakukan terhadap nilai *delay* pada sistem IoT untuk mengevaluasi kinerja pengiriman data serta keandalan sistem dalam kondisi tertentu.

3.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan hasil observasi dan wawancara, diketahui bahwa proses pengukuran tingkat kebisingan pengeras suara di stasiun masih dilakukan secara manual dengan menggunakan *sound level meter*. Setiap unit pengeras suara diukur secara individual oleh petugas di lapangan sehingga proses ini memerlukan waktu yang relatif lama dan dinilai kurang efisien. Selain itu, metode tersebut belum didukung oleh sistem pencatatan data secara otomatis sehingga menyulitkan dalam proses dokumentasi dan analisis data secara berkelanjutan.

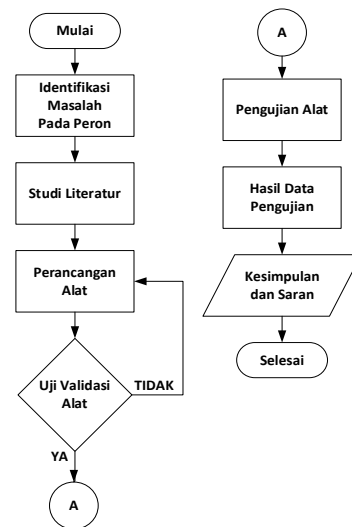
Untuk mengidentifikasi penyebab utama dari permasalahan tersebut, penelitian ini menggunakan pendekatan diagram *fishbone* (*cause and effect diagram*). Metode ini dimanfaatkan untuk mengelompokkan berbagai faktor penyebab yang berkontribusi terhadap permasalahan yang terjadi sehingga memudahkan dalam menentukan solusi yang tepat [17]. Selain itu, diagram *fishbone* juga digunakan untuk menganalisis faktor-faktor yang memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas hasil yang diperoleh [18].



Gambar 3. 1 *Fishbone* diagram masalah penelitian

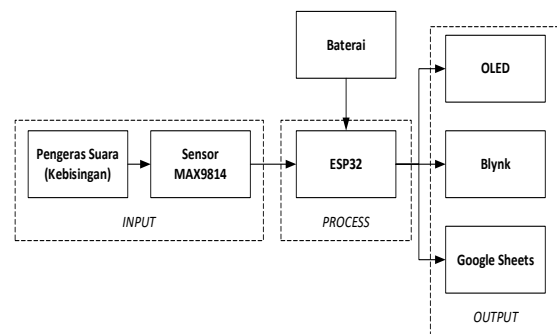
3.3 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian disusun untuk menggambarkan tahapan pelaksanaan penelitian secara sistematis. Proses penelitian diawali dengan studi literatur dan pengumpulan data, kemudian dilanjutkan dengan tahap perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, serta pengujian dan evaluasi hasil. Diagram alir ini berfungsi sebagai panduan dalam memastikan bahwa seluruh tahapan penelitian berjalan secara terstruktur dan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan.



Gambar 3. 2 Diagram alir penelitian

3.4 Diagram Blok Alat

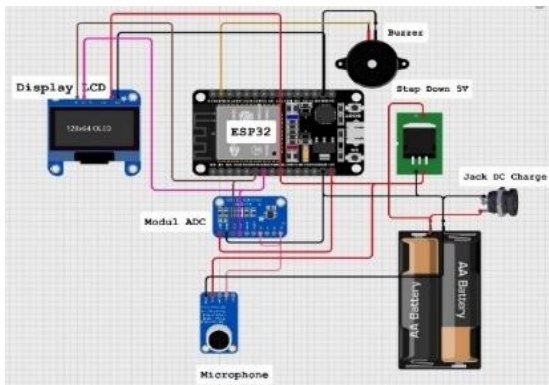


Gambar 3. 3 Diagram blok alat

Perancangan sistem pada penelitian ini direpresentasikan dalam bentuk diagram blok yang menggambarkan hubungan antar komponen. ESP32 berfungsi sebagai mikrokontroler utama yang bertugas mengolah data dari sensor serta mengelola kebutuhan *input* dan *output* sistem. Sensor MAX9814 digunakan sebagai komponen *input* untuk mendeteksi tingkat kebisingan pengeras suara di mana sinyal yang dihasilkan masih berupa analog dan selanjutnya dikonversi menjadi data digital melalui modul ADC.

Data yang telah diproses kemudian dikirimkan ke beberapa media *output* yaitu OLED sebagai tampilan lokal untuk monitoring langsung, aplikasi *blynk* sebagai sarana pemantauan jarak jauh berbasis jaringan internet, serta *google sheets* sebagai media penyimpanan data (*data logger*). Sistem ini memperoleh suplai daya dari baterai sehingga dapat beroperasi secara mandiri.

3.5 Skematik Diagram



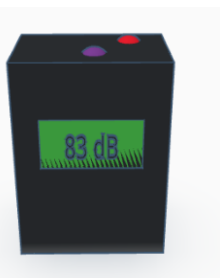
Gambar 3. 4 Desain pemasangan alat

Perancangan sistem dilakukan melalui penyusunan skematik rangkaian yang mencakup berbagai komponen utama antara lain sensor MAX9814, modul ADC, OLED, saklar ON/OFF, jack DC, baterai, buzzer, step down 5V, dan ESP32. Seluruh komponen tersebut dirangkai sesuai dengan kebutuhan sistem agar dapat bekerja secara optimal berdasarkan fungsi masing-masing.

Dari sisi desain fisik, perangkat dirancang dalam bentuk yang kompak dengan mempertimbangkan aspek fungsionalitas dan kemudahan penggunaan di lapangan. Penempatan sensor dirancang menghadap langsung ke arah sumber suara yaitu pengeras suara pada peron stasiun, guna meningkatkan akurasi dalam proses pengukuran tingkat kebisingan.

3.6 Desain Rancangan Alat

1. Desain Rancang Bangun Alat

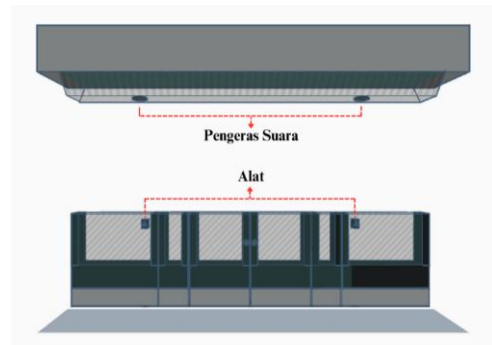


Gambar 3. 5 Desain rancang bangun alat

Desain rancang bangun alat pada penelitian ini direncanakan secara komprehensif dengan mempertimbangkan integrasi seluruh komponen utama yang digunakan dalam sistem. Komponen tersebut meliputi sensor MAX9814, modul ADC, OLED, switch ON/OFF, jack DC charge, baterai, buzzer, step down 5V, dan ESP32 sebagai mikrokontroler utama. Setiap komponen ditempatkan dalam suatu rancangan yang terstruktur agar mendukung kinerja sistem secara optimal. Sensor MAX9814 diposisikan menghadap langsung ke arah sumber suara yaitu pengeras suara dengan tujuan untuk memperoleh hasil pengukuran tingkat

kebisingan yang lebih akurat dan representatif sesuai dengan kondisi aktual di lapangan.

2. Penempatan Rancang Bangun Alat



Gambar 3. 6 Desain rancang bangun alat

Penempatan alat dilakukan pada area Platform Screen Door (PSD) yang berada di peron stasiun dengan mempertimbangkan aspek efektivitas pengukuran serta kesesuaian dengan kondisi lingkungan operasional. Posisi pemasangan sensor telah ditentukan agar tetap menghadap ke arah pengeras suara sehingga mampu menangkap intensitas kebisingan secara maksimal tanpa terpengaruh secara signifikan oleh gangguan dari lingkungan sekitar. Dengan penempatan yang strategis ini, diharapkan alat dapat berfungsi secara optimal dalam mendukung proses monitoring tingkat kebisingan di area peron stasiun.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Desain dan Rancang Bangun Alat



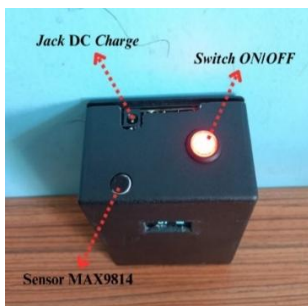
Gambar 4. 1 Penempatan komponen di box

Hasil implementasi rancang bangun alat menunjukkan bahwa seluruh komponen perangkat keras berhasil diintegrasikan ke dalam satu sistem yang kompak. Seluruh rangkaian ditempatkan dalam sebuah box berukuran 12,5×8,5×5 cm yang berfungsi sebagai pelindung sekaligus wadah instalasi komponen. Komponen utama yang digunakan meliputi sensor MAX9814, modul ADC, OLED, switch ON/OFF, jack DC charge, baterai, buzzer, step down 5V, dan ESP32. Proses perakitan dilakukan dengan menggunakan kabel jumper sebagai penghubung antar pin pada masing-masing

komponen, sesuai dengan skematik yang telah dirancang sebelumnya sehingga sistem dapat bekerja secara terintegrasi.

4.2 Tampilan Fisik Alat

Secara fisik, bagian atas perangkat memuat beberapa komponen utama antara lain sensor MAX9814, jack DC charge, dan switch ON/OFF. Sensor MAX9814 berfungsi sebagai pendeteksi tingkat kebisingan yang diarahkan langsung ke sumber suara sesuai dengan standar operasional yang berlaku di MRT Jakarta. Jack DC charge digunakan sebagai media pengisian daya baterai untuk mendukung keberlangsungan operasional sistem. Sedangkan switch ON/OFF berfungsi untuk mengontrol kondisi aktif atau nonaktif alat.



Gambar 4. 2 Hasil tampak atas rancang bangun alat

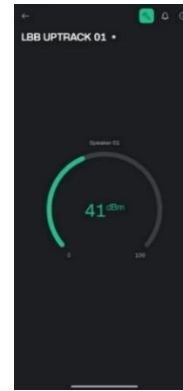
Pada bagian depan perangkat, dipasang layar OLED yang berfungsi sebagai media tampilan informasi secara langsung. Tampilan yang disajikan meliputi indikator daya baterai, status koneksi wifi, serta nilai tingkat kebisingan dalam satuan desibel (dB). Dengan adanya tampilan ini, pengguna dapat memantau kondisi sistem dan hasil pengukuran secara *real time* tanpa memerlukan perangkat tambahan.



Gambar 4. 3 Hasil tampak depan rancang bangun alat

4.3 Implementasi IoT pada Sistem

Penerapan konsep IoT pada sistem ini diwujudkan melalui integrasi platform *blynk* sebagai media monitoring jarak jauh dan *google sheets* sebagai *data logger*. Aplikasi *blynk* digunakan untuk menampilkan nilai kebisingan dalam bentuk visual. Salah satunya melalui *widget gauge* yang memudahkan pengguna dalam membaca perubahan nilai secara dinamis.



Gambar 4. 4 Hasil tampilan monitoring di *blynk*

Sementara itu, *google sheets* digunakan sebagai media penyimpanan data yang secara otomatis mencatat hasil pengukuran dalam bentuk waktu nyata, mencakup informasi tanggal, waktu, serta nilai kebisingan (dB). Sistem tidak hanya mampu melakukan monitoring tetapi juga mendukung proses dokumentasi data secara berkelanjutan.

Tanggal	Jam	Level Suara (dB)
2024-07-14	9:07:11	31
2024-07-14	9:07:18	34
2024-07-14	9:07:21	34
2024-07-14	9:07:28	34
2024-07-14	9:07:31	33
2024-07-14	9:07:38	33
2024-07-14	9:07:41	34
2024-07-14	9:07:48	33
2024-07-14	9:07:51	33
2024-07-14	9:07:58	33
2024-07-14	9:08:01	33
2024-07-14	9:08:08	34
2024-07-14	9:08:11	31
2024-07-14	9:08:18	33
2024-07-14	9:08:21	33
2024-07-14	9:08:28	33
2024-07-14	9:08:31	33
2024-07-14	9:08:38	34
2024-07-14	9:08:41	34
2024-07-14	9:08:48	33
2024-07-14	9:08:51	33
2024-07-14	9:08:58	32
2024-07-14	9:09:01	34
2024-07-14	9:09:08	34
2024-07-14	9:09:11	33
2024-07-14	9:09:15	34

Gambar 4. 5 Hasil tampilan data *logger* di *google sheets*

4.4 Hasil Uji Validasi Sistem

Pengujian validasi dilakukan untuk mengevaluasi tingkat akurasi sensor dalam mengukur kebisingan dengan membandingkannya terhadap alat ukur standar yaitu *sound level meter*. Pengujian dilakukan di dalam ruangan dengan menggunakan *speaker JBL* sebagai sumber suara yang memiliki variasi tingkat intensitas. Pengukuran dilakukan pada beberapa jarak yaitu 10 cm, 20 cm, dan 30 cm.

Jenis Keluaran Suara	Tingkat Volume	Jarak (cm)	Sensor (dB)	Sound Level Meter (dB)	Error (%)	Akurasi (%)
Speaker JBL	0	10	43	44	2,3%	97,7%
	0	10	42	44	4,5%	95,5%
	0	10	43	45	4,4%	95,6%
	0	10	43	44	2,3%	97,7%
	0	10	43	45	4,4%	95,6%

	30	10	90	92	2,2%	97,8%
	30	10	90	91	1,1%	98,9%
	30	10	90	92	2,2%	97,8%
	30	10	92	94	2,1%	97,9%
	30	10	91	93	2,2%	97,8%
Rata – Rata Presentase					2,5%	97,5%

Gambar 4. 6 Hasil uji validasi sensor dengan jarak 10 cm

Jenis Keluaran Suara	Tingkat Volume	Jarak (cm)	Sensor (dB)	Sound Level Meter (dB)	Error (%)	Akurasi (%)
Speaker JBL	0	20	43	45	4,4%	95,6%
	0	20	42	44	4,5%	95,5%
	0	20	44	45	2,2%	97,8%
	0	20	44	45	2,2%	97,8%
	0	20	43	44	2,3%	97,7%

	30	20	84	86	2,3%	97,7%
	30	20	83	86	3,5%	96,5%
	30	20	84	85	1,2%	98,8%
	30	20	84	85	1,2%	98,8%
	30	20	84	86	2,3%	97,7%
Rata – Rata Presentase					2,7%	97,3%

Gambar 4. 7 Hasil uji validasi sensor dengan jarak 20 cm

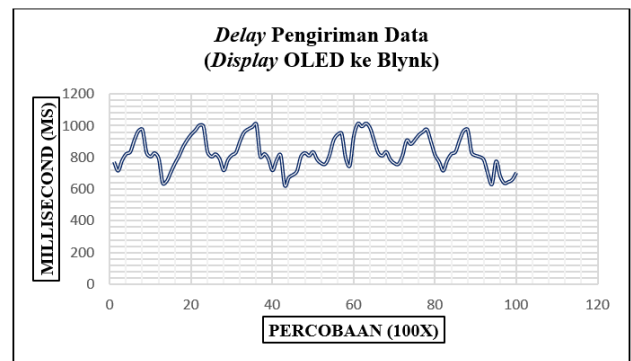
Jenis Keluaran Suara	Tingkat Volume	Jarak (cm)	Sensor (dB)	Sound Level Meter (dB)	Error (%)	Akurasi (%)
Speaker JBL	0	30	43	44	2,3%	97,7%
	0	30	43	44	2,3%	97,7%
	0	30	44	45	2,2%	97,8%
	0	30	42	44	4,5%	95,5%
	0	30	43	45	4,4%	95,6%

	30	30	78	79	1,3%	98,7%
	30	30	77	79	2,5%	97,5%
	30	30	78	79	1,3%	98,7%
	30	30	78	80	2,5%	97,5%
	30	30	78	80	2,5%	97,5%
Rata – Rata Presentase					2,6%	97,4%

Gambar 4. 8 Hasil uji validasi sensor dengan jarak 30 cm

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada jarak 10 cm diperoleh rata-rata persentase *error* sebesar 2,5% dengan tingkat akurasi mencapai 97,5%. Pada jarak 20 cm, nilai *error* meningkat sedikit menjadi 2,7% dengan akurasi sebesar 97,3%. Sementara itu, pada jarak 30 cm diperoleh rata-rata *error* sebesar 2,6% dengan tingkat akurasi sebesar 97,4%. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi dan stabil pada berbagai variasi jarak pengukuran.

4.5 Analisis Delay pada Sistem IoT



Gambar 4. 9 Grafik hasil pengujian *delay* pengiriman data

Pengujian terhadap kinerja sistem IoT dilakukan dengan menganalisis *delay* pengiriman data dari perangkat ke aplikasi *blynk*. Pengujian dilakukan dengan kondisi jaringan internet dengan kecepatan sekitar 3,07 Mbps untuk unduh dan 0,67 Mbps untuk unggah. Berdasarkan hasil pengujian sebanyak 100 kali percobaan, diperoleh nilai rata-rata *delay* sebesar 829,28 ms.

Tabel 1. 1 Nilai Rata-Rata Uji *Delay* Pengiriman Data

Nilai	Kategori <i>Delay</i>	<i>Delay</i>
4	Sangat Bagus	<150 ms
3	Bagus	<250 ms
2	Sedang	<350 ms
1	Buruk	<450 ms

Jika mengacu pada standar kategori kualitas layanan (QoS) [19], nilai *delay* tersebut termasuk dalam kategori buruk. Hal ini menunjukkan bahwa performa pengiriman data masih dipengaruhi secara signifikan oleh kondisi jaringan internet yang digunakan. Kestabilan dan kualitas jaringan menjadi faktor penting dalam mendukung optimalisasi sistem monitoring berbasis IoT.

4.6 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

Hasil penelitian ini selanjutnya dibandingkan dengan beberapa penelitian sebelumnya yang memiliki topik serupa. Penelitian oleh Sahroni et al. [20] menunjukkan bahwa sistem monitoring kebisingan berbasis IoT pada pengeras suara masjid mampu mendeteksi kebisingan pada jarak hingga 100 meter dengan tingkat kesalahan sebesar 1,84 dB. Sementara itu, penelitian lain menunjukkan bahwa sistem berbasis IoT mampu melakukan monitoring kebisingan pada rentang 70–80 dB secara *real time* [3].

Selain itu, penelitian mengenai sistem deteksi kebisingan pada ruang perpustakaan menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi dengan rata-rata kesalahan sekitar 1% serta keberhasilan sistem peringatan mencapai 97,3% [21]. Dibandingkan dengan penelitian-penelitian tersebut, sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini memiliki tingkat akurasi yang relatif tinggi yaitu berkisar antara 97,3% hingga 97,5%, meskipun masih memiliki keterbatasan pada aspek *delay* pengiriman data.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem yang dirancang mampu memberikan kinerja yang baik dalam hal akurasi pengukuran serta integrasi sistem monitoring dan pencatatan data secara *real time* meskipun masih memerlukan peningkatan pada aspek komunikasi data untuk mencapai performa yang lebih optimal.

5 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem pengukuran tingkat kebisingan pengeras suara pada peron Stasiun MRT Jakarta berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan memanfaatkan sensor MAX9814, modul ADC, OLED, *switch* ON/OFF, *jack DC charge*, baterai, *buzzer*, *step down* 5V, dan ESP32 sebagai mikrokontroler utama. Hasil pengujian validasi yang dilakukan dengan membandingkan kinerja alat terhadap *sound level meter* yang menggunakan sumber suara berupa *speaker* dengan variasi intensitas menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Pada jarak pengukuran 10 cm diperoleh rata-rata *error* sebesar 2,5% dengan akurasi 97,5%, pada jarak 20 cm diperoleh *error* 2,7% dengan akurasi 97,3%, dan pada jarak 30 cm diperoleh *error* 2,6% dengan akurasi 97,4%.

Selain itu, sistem yang dikembangkan telah mengintegrasikan teknologi IoT untuk mendukung proses monitoring secara *real time* melalui aplikasi *blynk*, dan penyimpanan data secara otomatis menggunakan *google sheets* sebagai *data logger*. Hasil pengujian terhadap kinerja pengiriman data menunjukkan adanya rata-rata *delay* sebesar 825,10 ms yang termasuk dalam kategori kurang optimal dan dipengaruhi oleh kondisi jaringan internet. Meskipun demikian, sistem ini secara umum mampu meningkatkan efisiensi proses pengukuran dibandingkan metode manual serta menyediakan data yang terdokumentasi secara terstruktur.

Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan penggunaan sensor dengan tingkat sensitivitas yang lebih tinggi serta penambahan sistem proteksi perangkat guna meningkatkan keandalan dan akurasi pengukuran. Selain itu, optimalisasi pada aspek

komunikasi data juga perlu dilakukan untuk mengurangi nilai *delay* sehingga performa sistem secara keseluruhan dapat ditingkatkan.

REFERENSI

- [1] Kementerian Perhubungan, "Penyelenggaraan kereta api kecepatan tinggi," 2022.
- [2] Aditya Bayu Prasetyo, Purwantoro, and Arip Solehudin, "Sistem Monitoring Kebisingan Berbasis Internet of Things," *Elkom J. Elektron. dan Komput.*, vol. 15, no. 1, pp. 118–122, 2022, doi: 10.51903/elkom.v15i1.790.
- [3] Arifianto, T., Triwijaya, S., Paulina, D. N., Sunardi, S., Joewono, A., and Prasetyo, J. "Penerapan Internet of Things Untuk Rancang Bangun Pengukuran Tingkat Kebisingan pada Sarana Perkeretaapian," *J. Tek. Inform. dan Teknol. Inf.*, vol. 3, no. 3, pp. 15–29, 2023, doi: 10.55606/jutiti.v3i3.2756.
- [4] Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 48 Tahun 1996, "Baku Mutu Tingkat Getaran," *Program*, no. 49, p. 15, 1996, [Online]. Available: [https://baristandsamarinda.kemenperin.go.id/download/KepMenLH49\(1996\)-Baku_Tingkat_Getaran.pdf](https://baristandsamarinda.kemenperin.go.id/download/KepMenLH49(1996)-Baku_Tingkat_Getaran.pdf)
- [5] R. Marisdayana, S. Suhartono, and N. Nurjazuli, "Hubungan Intensitas Paparan Bising Dan Masa Kerja Dengan Gangguan Pendengaran Pada Karyawan PT. X," *J. Kesehat. Lingkung. Indones.*, vol. 15, no. 1, p. 22, 2016, doi: 10.14710/jkli.15.1.22-27.
- [6] Permenkes No. 718 tahun, "Kebisingan Yang Berhubungan Dengan Kesehatan," *Permenkes No.7 tahun 1987*, pp. 1–5, 1987.
- [7] K. Abda, A. S. Rachman, and M. S. Iqbal, "Perancangan Purwarupa Sistem Monitoring Kualitas Air Sungai Berbasis Internet Of Things (IoT)," 2020.
- [8] A. Imran and M. Rasul, "Pengembangan Tempat Sampah Pintar Menggunakan Esp32," *J. Media Elektr.*, vol. 17, no. 2, pp. 2721–9100, 2020, [Online]. Available: <https://ojs.unm.ac.id/mediaelektrik/article/view/14193>
- [9] A. Wagya, "Prototipe Modul Praktik untuk Pengembangan Aplikasi Internet of Things (IoT)," *Setrum Sist. Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, vol. 8, no. 2, p. 238, 2019, doi: 10.36055/setrum.v8i2.6561.
- [10] T. Lesmana and M. Silalahi, "RANCANGAN BANGUN SISTEM KEAMANAN RUMAH BERBASIS IOT Ari," *Comasie*, vol. 3, no. 3,

- pp. 21–30, 2020.
- [11] F. A. Putra, M. Rivai, and T. Tasripan, “Penentu Posisi Drone Berdasarkan Sinyal Suara,” *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 1, 2018, doi: 10.12962/j23373539.v7i1.28609.
- [12] A. Rahmat, L. Ida, A. P. Sardju, I. Hamsir, and A. Wahab, “Modul Analog To Digital Converter (Adc) 8 Bit Dengan Menggunakan Metode Successive Aproximation Register (Sar),” *PROtek J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 2, pp. 71–74, 2017, [Online]. Available: <https://ejournal.unkhair.ac.id/index.php/protk/article/view/269>
- [13] L. B. Setyawan, “Prinsip Kerja dan Teknologi OLED,” *Techné J. Ilm. Elektrotek.*, vol. 16, no. 02, pp. 121–132, 2017, doi: 10.31358/techne.v16i02.165.
- [14] I. Syukhron, “Penggunaan Aplikasi Blynk untuk Sistem Monitoring dan Kontrol Jarak Jauh pada Sistem Kompos Pintar berbasis IoT,” *Electrician*, vol. 15, no. 1, pp. 1–11, 2021, doi: 10.23960/elc.v15n1.2158.
- [15] M. Nafis, “Implementasi Google Spreadsheets Dan Facebook Pixel Pada Website Penjualan Produk Lokal,” *Pros. SINTAK*, pp. 560–566, 2018.
- [16] T. S. Sulistyawati Wiwik, Wahyudi, “KADIKMA: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika,” *Kadikma*, vol. 13, no. 1, pp. 67–72, 2022.
- [17] A. Z. M. Habiibah, B. D. Adisubagja, M. F. H. Effendi, S. S. Lestari, S. Ramasiah, and S. S. Maesaroh, “Analisis Manajemen Risiko Sumber Daya Manusia Dalam Kecelakaan Kerja Dengan Metode Cause and Effect,” *JIMF (Jurnal Ilm. Manaj. Forkamma)*, vol. 6, no. 2, p. 117, 2023, doi: 10.32493/frkm.v6i2.26144.
- [18] Malabay, “Pemanfaatan Diagram Fishbone untuk Mendukung Kebutuhan Proses Bisnis,” *J. Ilmu Komput.*, vol. 1, no. 2, pp. 150–154, 2016.
- [19] ETSI, “Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON); General aspects of Quality of Service (QoS),” *Etsi Tr 101 329 V2.1.1*, vol. 1, pp. 1–37, 2020.
- [20] A. Sahroni, R. Syafiyana, and I. Panca putra, “SOULME : IoT Sistem Monitoring Pengeras Suara Masjid (Studi kasus di Masjid Al hidayah Kimpulan Utara Kampus UII),” *Ajie*, vol. 06, no. September, pp. 114–130, 2022, doi: 10.20885/ajie.vol6.iss3.art3.
- [21] A. D. Hidayat, B. Sudibya, and C. B. Waluyo, “Pendeteksi Tingkat Kebisingan berbasis Internet of Things sebagai Media Kontrol Kenyamanan Ruang Perpustakaan,” *Avitec*, vol. 1, no. 1, pp. 99–109, 2019, doi: 10.28989/avitec.v1i1.497.