

Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kebisingan Kendaraan Bermotor Berbasis IoT

^{1*}Muhammad Mughni Hazazi, ²Dea Adlina, ³Asyaroh Ramadona Nilawati
¹²³Prodi Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma, Depok
Jawa Barat, Indonesia
^{1*}azazi392@gmail.com, ²deaalina9222@staff.gunadarma.ac.id,
³rama@staff.gunadarma.ac.id

Submit : 17 Jul 25 | Diterima : 27 Jul 2025 | Terbit : 30 Jul 2025

ABSTRAK

Kebisingan atau polusi suara merupakan salah satu masalah lingkungan yang semakin meresahkan di wilayah perkotaan, khususnya di Jabodetabek. Kendaraan bermotor terutama sepeda motor dengan knalpot modifikasi, seperti knalpot racing, menjadi penyumbang utama kebisingan yang melebihi ambang batas aman. Hal ini memiliki dampak serius terhadap kesehatan dan kualitas hidup masyarakat. Peraturan mengenai ambang batas kebisingan telah ditetapkan seperti Permen LHK Nomor 56 Tahun 2019 dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 07 Tahun 2009. Meskipun peraturan tersebut telah ada sejak lama, pelanggaran masih sering terjadi. Upaya penegakan hukum oleh pihak berwenang sering terkendala oleh proses identifikasi manual yang kurang efektif. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat pendeteksi kebisingan kendaraan bermotor berbasis Internet of Things (IoT) yang dapat memantau tingkat kebisingan secara *real-time*. Alat ini menggunakan ESP32-CAM sebagai pengendali utama yang terhubung dengan ESP WROOM-32 untuk mengontrol sensor suara INMP441 dan LCD 16x2. Alat yang dirancang terbukti dapat mendeteksi kebisingan melebihi ambang batas 90 desibel. Setelah kebisingan terdeteksi, alat dapat secara otomatis mengambil gambar kendaraan yang melanggar batas suara bising. Gambar kendaraan yang ditangkap oleh kamera alat juga secara langsung dikirimkan ke aplikasi chat telegram yang terhubung.

Kata Kunci: IoT, Aplikasi, Kamera, Bising, Kendaraan

PENDAHULUAN

Kebisingan atau polusi suara adalah salah satu bentuk pencemaran lingkungan yang semakin mengkhawatirkan di daerah perkotaan, khususnya di wilayah Jabodetabek. Dalam beberapa tahun terakhir, masalah ini semakin meresahkan karena dampaknya yang signifikan terhadap kualitas hidup masyarakat. Tasya D.F., dkk. (2022) berpendapat bahwa polusi suara yang intensif di jalan umum sering kali berasal dari kendaraan bermotor, dengan sepeda motor menjadi salah satu penyumbang utama. Sepeda motor dengan knalpot yang telah dimodifikasi, seperti knalpot racing, atau yang bahkan tidak memiliki peredam suara, sering kali menghasilkan tingkat kebisingan yang jauh melebihi batas aman. Tingkat kebisingan yang tinggi dari sepeda motor tidak hanya mengganggu kenyamanan masyarakat tetapi juga memiliki dampak negatif yang serius terhadap kesehatan. Paparan kebisingan yang berlebihan dapat menyebabkan gangguan pendengaran, stres, gangguan tidur, serta berbagai masalah kesehatan lainnya. Kualitas hidup masyarakat menjadi terancam karena efek samping dari kebisingan ini. (Mohamad A., dkk., 2025)

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 07 Tahun 2009 tentang ambang batas kebisingan sepeda motor, tingkat kebisingan suara digolongkan berdasarkan kapasitas mesin. Pada tanggal 30 Juni 2013, ambang batas kebisingan maksimum ditetapkan sebagai berikut: kapasitas mesin kurang dari 80 cc memiliki ambang batas kebisingan maksimum 85 dB, kapasitas mesin dari 80 cc sampai 175 cc memiliki ambang batas kebisingan maksimum 90 dB, dan kapasitas mesin lebih dari 175 cc juga memiliki ambang batas kebisingan maksimum 90 dB.

Meskipun peraturan ini telah ditetapkan, pelanggaran terhadap batas kebisingan sering kali terjadi. Banyak pengendara yang memodifikasi knalpot standar mereka dengan knalpot racing atau

menghilangkan peredam suara, menyebabkan tingkat kebisingan yang dihasilkan melebihi batas yang diizinkan. Hal ini mengakibatkan banyak keluhan dari masyarakat yang merasa terganggu oleh suara bising dari kendaraan bermotor di sekitar mereka.

Pihak kepolisian dan dinas terkait telah melakukan berbagai upaya untuk menindak pelanggaran ini melalui razia dan pemeriksaan rutin. Namun, pendekatan manual yang dilakukan sering kali kurang efektif dan memerlukan waktu serta sumber daya yang banyak. Proses identifikasi dan penegakan hukum terhadap kendaraan yang melanggar batas kebisingan masih menghadapi berbagai tantangan. Kusuma (2019) mengemukakan bahwa kesulitan dalam mengukur tingkat kebisingan secara akurat dan real-time sering kali menjadi hambatan utama dalam penegakan hukum yang efektif.

Dalam upaya untuk meningkatkan efektivitas penegakan hukum dan mengatasi masalah kebisingan dengan lebih baik, diperlukan solusi yang lebih canggih dan efisien. Teknologi Internet of Things (IoT) menawarkan potensi besar untuk solusi ini. IoT memungkinkan pemantauan dan pengukuran tingkat kebisingan secara otomatis dan real-time dengan menggunakan perangkat yang terhubung ke internet. Teknologi ini dapat memberikan data yang lebih akurat dan terperinci mengenai tingkat kebisingan di berbagai lokasi, serta memungkinkan pengendalian dan pengawasan yang lebih baik.

Pada penelitian sebelumnya, berbagai alat pendeteksi kebisingan telah dikembangkan dengan memanfaatkan mikrokontroler, sensor suara, dan platform IoT. Misalnya, Apriyanto B. dkk. (2024), Azis A. dkk. (2023), dan Valendra K. dkk. (2024) menggunakan mikrokontroler untuk mengukur kebisingan. Alat-alat ini menunjukkan kemajuan yang signifikan dalam deteksi kebisingan, namun masih ada potensi untuk perbaikan lebih lanjut. Penelitian yang ada sebelumnya juga pada umumnya melakukan pengukuran dalam ruang tertutup. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat pendeteksi kebisingan sepeda motor berbasis IoT yang lebih efektif.

TINJAUAN PUSTAKA

Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah konsep di mana objek fisik dilengkapi dengan sensor, perangkat lunak, dan teknologi lainnya untuk mengumpulkan dan bertukar data melalui jaringan internet. IoT memungkinkan objek-objek tersebut untuk berkomunikasi dan berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya, serta dikendalikan dari jarak jauh. Gitakarma dan Tjahyanti (2022) berpendapat bahwa IoT digunakan dalam berbagai aplikasi teknologi modern untuk memungkinkan komunikasi dan kontrol objek secara *real-time*.

Suara

Suara adalah fenomena fisik yang terjadi ketika suatu objek bergetar, menghasilkan gelombang bunyi yang merambat melalui media seperti zat cair, padat, gas, atau udara. Ketika getaran tersebut mencapai telinga manusia, mereka diterjemahkan oleh otak menjadi apa yang kita kenal sebagai suara. Gelombang bunyi ini memiliki karakteristik frekuensi dan intensitas yang berperan penting dalam bagaimana kita mendengar dan memahami suara. Frekuensi gelombang bunyi menentukan nada suara, sementara intensitasnya berkaitan dengan kekuatan atau volume suara tersebut. Menurut Hakim M.R. dkk. (2024), ambang batas pendengaran manusia berada pada rentang frekuensi 20 hingga 2000 Hz, dengan intensitas suara mencapai 80 dB. Ini berarti bahwa manusia mampu mendengar suara-suara dengan frekuensi rendah seperti suara bass, hingga frekuensi tinggi seperti suara treble, selama intensitasnya berada di atas ambang batas pendengaran. Di bawah ambang batas ini, suara mungkin terlalu pelan untuk didengar, sementara di atasnya, suara bisa menjadi tidak nyaman atau bahkan merusak pendengaran.

Prototyping

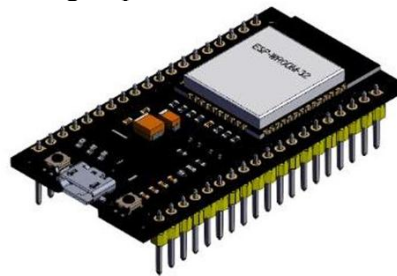
Prototyping adalah salah satu metode pengembangan perangkat lunak yang digunakan sebagai versi awal sebuah perangkat lunak untuk menampilkan sebuah konsep, melakukan percobaan terhadap opsi desain, dan mencari tahu lebih lanjut mengenai masalah serta kemungkinan solusinya. Metode ini memungkinkan pengembang untuk mendapatkan umpan balik

dari pengguna lebih awal dalam proses pengembangan, sehingga perbaikan dan penyesuaian dapat dilakukan sebelum versi final dirilis. Prototyping tidak hanya membantu dalam mengidentifikasi kebutuhan yang jelas, tetapi juga meminimalkan risiko kesalahan desain dan pengembangan. (Pratama I.P.A.E., 2023)

Menurut Maulana, Kasmawi, dan Enda (2020), metode prototyping telah digunakan dalam pengembangan aplikasi berbasis Android untuk menciptakan sebuah buku penghubung digital. Dengan menggunakan prototyping, pengembang dapat membuat model awal aplikasi yang kemudian diuji dan dievaluasi bersama pengguna, sehingga memastikan aplikasi tersebut memenuhi kebutuhan dan harapan pengguna sebelum dikembangkan lebih lanjut.

ESP WROOM-32

Berdasarkan pendapat G.H.I. Apsari, S. Pramono, dan N. A. Zen dalam penelitian mereka tentang implementasi sensor JSN-SR04T untuk pemantauan level air, ESP WROOM-32 dikenal sebagai mikrokontroler unggulan dalam hal Internet of Things (IoT). Mereka menyebutkan bahwa ESP32-WROOM memiliki kelebihan yang signifikan karena dilengkapi dengan modul WiFi dan Bluetooth, serta berbagai komponen komunikasi seperti SPI, IIC, UART, dan Digital I/O, yang mempermudah integrasi dalam berbagai aplikasi IoT.



Gambar 1. ESP WROOM-32

[Sumber: G.H.I. Apsari, S. Pramono, dan N. A. Zen. (2022)]

ESP32-CAM

ESP32-CAM adalah modul kamera yang dilengkapi dengan mikrokontroler ESP32 yang mampu mengambil gambar dan video serta mengirimkannya melalui jaringan WiFi. Wahyudi dan Edidas (2022) menyatakan bahwa kamera ini sering digunakan dalam proyek-proyek IoT untuk aplikasi pengawasan dan pengendalian. Modul ini dapat digunakan untuk berbagai aplikasi, seperti CCTV dan pengambilan gambar.



Gambar 2. ESP-32 CAM

[Sumber: R. Wahyudi, E. Edidas (2022)]

Sensor Suara INMP441

Menurut Shah M.A. dkk. (2019), mikrofon INMP441 adalah mikrofon MEMS (*Micro Electromechanical System*) yang dirancang untuk memberikan performa unggul dalam aplikasi pengukuran suara. INMP441 adalah mikrofon omnidirectional, yang berarti mikrofon ini dapat menerima gelombang bunyi dari segala arah dengan sensitivitas yang konsisten, terlepas dari perubahan posisi sumber suara. Komponen INMP441 meliputi sensor MEMS, pengkondisi sinyal,

ADC (*Analog to Digital Converter*), filter *anti-aliasing*, manajemen daya, serta antarmuka I2S 24-bit yang sesuai dengan standar industri.



Gambar 3. Sensor suara INMP441
[Sumber: Shah M.A. (2019)]

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*)

Sokibi dan Nugraha (2020) menyebutkan bahwa *Integrated Development Environment* (IDE) Arduino adalah perangkat lunak penting yang digunakan untuk menulis program, meng-compile menjadi kode biner, dan meng-upload ke memori mikrokontroler. IDE ini menyediakan antarmuka yang ramah pengguna, dengan fitur seperti *syntax highlighting*, debugging, dan manajemen library yang mempermudah proses pengembangan.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian pada penulisan ini menggunakan pendekatan metode prototyping yang dimulai dari tahap analisa kebutuhan, perancangan, pembuatan prototipe, evaluasi, perbaikan prototipe, dan uji coba. Tahapan yang akan dilakukan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Analisa kebutuhan

Pada tahap analisa kebutuhan ini dilakukan pendefinisian masalah. Setelah masalah ditemukan, yaitu kebisingan dan kesulitan identifikasi kendaraan bermotor yang menyebabkan kebisingan tersebut, maka dilakukan analisa penyelesaian masalah yang memungkinkan serta alat-alat yang mungkin dibutuhkan.

2. Perancangan

Pada tahap ini dilakukan perancangan integrasi alat, penempatan alat, kemudian alur kerja, dan struktur tampilan pesan yang akan diterima oleh user. Perancangan dapat diubah setelah evaluasi dan masukan dari penggunaan prototipe didapatkan.

3. Pembuatan prototipe

Tahap pembuatan prototipe melakukan implementasi sesuai perancangan dengan implementasi menggunakan bahasa C++ pada *source code*. Alat-alat yang telah diidentifikasi pada tahap analisa kebutuhan seperti mikrokontroler, pendeteksi suara, dan kamera akan digunakan.

4. Evaluasi

Pengujian awal dilakukan pada tahap ini. Penyelidikan kinerja, kekuatan, dan kelemahan model akan diketahui dan dimanfaatkan untuk dilakukan perbaikan jika diperlukan.

5. Perbaikan prototipe

Jika hasil dari pengujian awal tidak memuaskan maka perbaikan akan hingga alat pendeteksi kebisingan kendaraan bermotor dianggap baik atau sesuai dengan tujuan awal pembuatan.

6. Uji Coba

Pada tahap ini dilakukan uji coba pada alat pendeteksi kebisingan kendaraan bermotor dengan menggunakan standar alat desibel dan timer untuk penerimaan pesan pada telegram.

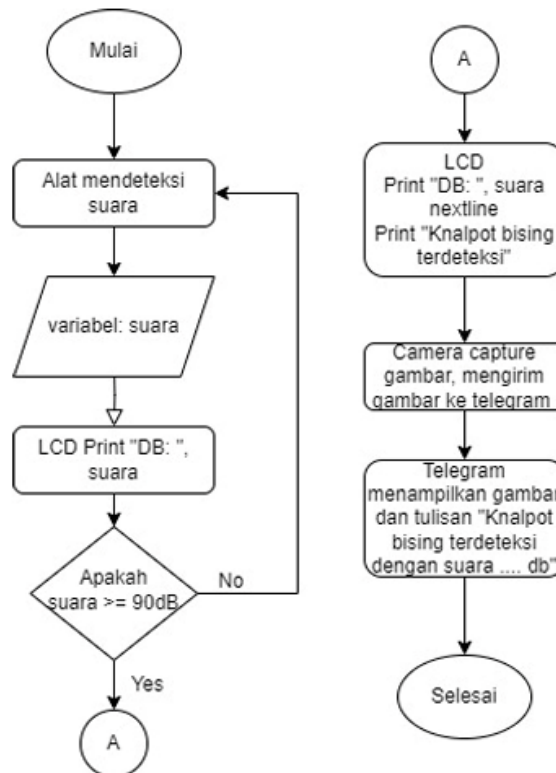
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa kebutuhan

Dibutuhkan sebuah alat pendeteksi kebisingan yang juga dapat membantu identifikasi kendaraan bermotor yang menyebabkan kebisingan. Dari analisa yang dilakukan maka didapatkanlah kebutuhan perangkat lunak dan perangkat keras. Untuk melakukan pemrograman

tentunya dibutuhkan sebuah komputer sedangkan untuk mendapatkan informasi hasil deteksi diperlukan perangkat yang umumnya dimiliki masyarakat yaitu *Smartphone*. Alat pendeteksi suara yang dapat digunakan adalah INMP441 Microphone. Jika suara bising terdeteksi maka diperlukan identifikasi sumber suara yang dapat digunakan menggunakan kamera ESP32-CAM dengan module 8825N 2MP. Mikrokontroler juga menjadi inti dari alat sehingga bisa mengaktifkan alat, menerima hasil, serta mengirimkan hasil deteksi. Pada penelitian ini digunakan ESP WROOM 32. Alat pelengkap lainnya seperti 16x2 LCD Module, PCB Lubang, solder, dan kabel juga dipersiapkan. Dari segi perangkat lunak, Windows 11, Arduino IDE, dan Telegram dinilai dapat membantu memenuhi kebutuhan penciptaan alat ini.

Perancangan

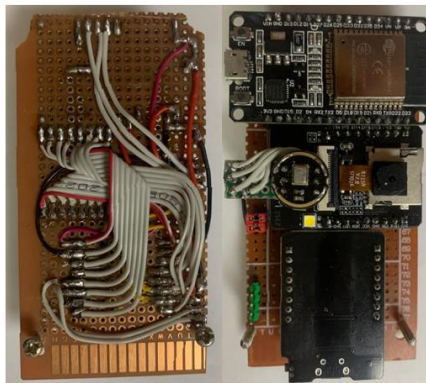


Gambar 4. Flowchart Alur kerja alat deteksi

Gambar 4 merupakan alur kerja yang direncanakan. Alat pertama akan terus mendeteksi suara-suara yang tertangkap oleh mikrofon. LCD yang disediakan akan menampilkan desibel dari suara yang terdeteksi. Jika suara di atas 90dB, maka sesuai permen yang ada, suara ini dianggap suara bising. Ketika suara bising dideteksi, maka kamera akan segera menangkap gambar sumber suara. Gambar dan besar desibel akan dikirimkan via telegram. Gambar sumber suara dan tingkat kebisingannya ini, jika merupakan kendaraan bermotor, maka dapat digunakan untuk tindak lanjut oleh masyarakat atau penegak hukum. Namun penelitian ini hanya membatasi sampai dengan penyampaian informasi ke sebuah *smartphone*.

Pembuatan prototipe

Prototipe sesuai rancangan mulai dibuat. Perangkat-perangkat keras disambungkan satu per satu. Hal ini membutuhkan pensolderan untuk menyambungkan beberapa bagian seperti pada gambar 5.



Gambar 5. Pensolderan PCB

Koneksi antar alat yang dilakukan pertama adalah koneksi Mikrofon INMP441 ke ESP WROOM-32. Pertama pin VCC pada INMP441 dihubungkan ke pin 3.3V pada ESP WROOM 32 untuk memberikan daya. Pin GND pada INMP441 dihubungkan ke pin GND pada ESP WROOM-32 untuk menghubungkan ground mikrofon ke ground ESP. Pin L/R pada INMP441 dihubungkan ke pin GND untuk memilih output mono. Pin SCK pada INMP441 dihubungkan ke pin GPIO14 pada ESP WROOM-32 untuk sinkronisasi clock data. Pin SD pada INMP441 dihubungkan ke pin GPIO32 pada ESP WROOM-32 untuk mengirimkan sinyal data audio digital yang akan diproses oleh ESP.

Koneksi selanjutnya adalah LCD 16x2 I2C ke ESP WROOM-32. Pertama, Pin VCC pada LCD I2C dihubungkan ke pin 5V pada ESP WROOM 32 untuk memberikan daya. Kemudian, Pin GND pada LCD I2C dihubungkan ke pin GND pada ESP WROOM 32 untuk menghubungkan ground LCD I2C ke ground ESP. Pin SDA pada LCD I2C dihubungkan ke pin GPIO21 pada ESP WROOM-32 untuk jalur data serial. Pin SCL pada LCD I2C dihubungkan ke pin GPIO22 pada ESP WROOM-32 untuk jalur clock serial.

Koneksi selanjutnya adalah ESP32-CAM ke ESP WROOM-32. Pin GPIO13 pada ESP WROOM-32 dihubungkan ke pin GPIO0 pada ESP32-CAM untuk komunikasi data. Pin GPIO13 pada ESP WROOM-32 juga dihubungkan ke pin GPIO3 pada ESP32-CAM untuk komunikasi data. Pin GND pada ESP WROOM-32 dihubungkan ke pin GND pada ESP32-CAM untuk menyatukan ground kedua perangkat.

Dengan konfigurasi ini, setiap perangkat dalam sistem dapat berkomunikasi secara efektif. Mikrofon INMP441 menangkap suara dan mengirimkan data audio ke ESP WROOM-32, yang kemudian memproses informasi tersebut dan menampilkannya pada LCD 16x2. Jika tingkat kebisingan mencapai ambang tertentu, ESP WROOM-32 memicu ESP32-CAM untuk mengambil gambar dan mengirimkannya melalui platform IoT yang telah diatur sebelumnya.

Setelah hardware siap, konfigurasi pengaturan Arduino IDE dilakukan. Konfigurasi ini adalah langkah instalasi pada windows, pemrograman untuk koneksi dan penarikan data dari setiap alat, serta penyimpanan data yang diambil. Langkah berikutnya adalah menyiapkan bot Telegram. Alasan penggunaan Telegram sebagai tujuan pengiriman gambar dan tulisan adalah karena interface-nya yang mudah dipahami dan user-friendly. Selain itu, Telegram mendukung komunikasi dalam waktu real time, yang membuat setup menjadi lebih mudah. Hasilnya pun rinci, karena Telegram mencantumkan waktu pengiriman pesan hingga ke detail menit dan detik, sehingga cocok untuk proyek yang memerlukan ketepatan waktu seperti sistem deteksi kebisingan ini.

Setelah perangkat siap, dilakukan kalibrasi sensor suara. Pengujian sensor suara INMP441 dilakukan di dalam sebuah ruangan. Kalibrasi dilakukan menggunakan alat pengukur suara (SLM) dari Multifunction Environment Meter (MEM) KW06-291 4 in 1. Selama kalibrasi, pengukuran dengan SLM dilakukan secara bersamaan dengan pengukuran menggunakan sensor suara INMP441. Hasil tampilan dari pengukuran sensor suara INMP441 ditunjukkan pada gambar 6. Kalibrasi ini penting untuk memastikan akurasi pengukuran desibel.



Gambar 6. Kalibrasi Alat SLM

Evaluasi

Pertama alat deteksi kebisingan ini diuji terlebih dahulu ketepatan dan sensitifitasnya. Tabel 1 adalah contoh data perbandingan antara hasil pengukuran alat SLM(Sound Level Meter) dan sensor suara INMP441 pada berbagai detik:

Tabel 1. Hasil Test Sensor Suara

Detik	SLM(dB)	Sensor INMP441(dB)
1	44,5	44,19
2	44,6	44,19
3	44,7	44,2
4	44,7	44,2
5	44,5	44,19

Hasil tabel 1 menunjukkan bahwa ada perbedaan antara hasil pengukuran SLM dan sensor suara INMP441. Namun perbedaan ini kurang dari 1 desibel sehingga dianggap tidak signifikan.

Setelah pengujian standar penangkapan suara, dilakukan uji alat terhadap keadaan aslinya. Dilakukan pengujian motor dengan knalpot yang bising dan knalpot standar. Hasil yang didapatkan pada tabel 2 untuk knalpot bising dan tabel 3 untuk knalpot standar.

Tabel 2. Pengujian Alat Berdasarkan Jarak Knalpot Bising

Pengujian	Jarak	Sensor INMP441(dB)	SLM(dB)
1	1 meter	210	117
2	3 meter	143	101
3	5 meter	95	96
4	10 meter	80	60
5	15 meter	44	44

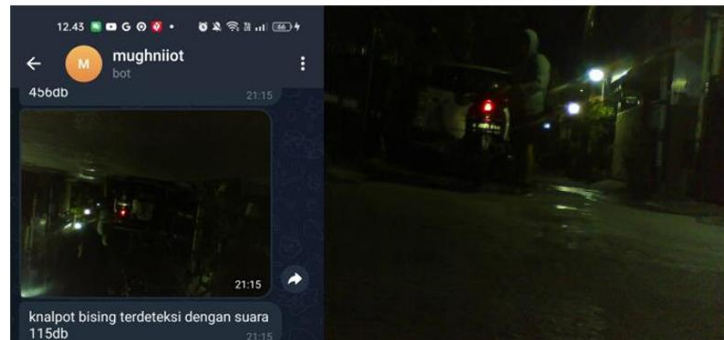
Tabel 3. Pengujian Alat Berdasarkan Jarak Knalpot standar

Pengujian	Jarak	Sensor INMP441(dB)	SLM(dB)
1	1 meter	57	57
2	3 meter	50	51
3	5 meter	47	46
4	10 meter	44	44
5	15 meter	44	44

Tabel 2 menunjukan tentang hasil pengujian sensor suara dengan knalpot bising yang menyimpulkan, sensor suara memiliki akurasi yang sesuai dengan alat SLM(Sound Level Meter) pada jarak 5 meter. Kurang dari 5 meter maka sensor suara menunjukkan hasil yang lebih tinggi dari alat SLM. Pada jarak 10 meter sensor suara menunjukkan hasil yang lebih tinggi dari alat SLM. Pada

jarak 15 meter sensor suara dan alat SLM tidak dapat menangkap sumber suara knalpot bising sehingga memberikan suara lingkungan yaitu 44dB.

Tabel 3 menunjukkan tentang hasil pengujian sensor suara dengan knalpot standar yang menyimpulkan, sensor suara memiliki akurasi yang sesuai dengan alat SLM(Sound Level Meter) pada jarak hingga 3 meter. Lebih dari 3 meter suara knalpot standar memiliki keakuratan yang menurun. Lebih dari 5 meter suara knalpot standar tidak terdeteksi.



Gambar 7. Pengujian knalpot bising pada malam hari.



Gambar 8. Pengujian knalpot bising pada siang hari.

Pada saat yang sama dengan pengujian suara, pengujian kamera dan bot telegram juga dilakukan. Pengujian dilakukan di malam hari dan pagi hari untuk mensimulasikan keadaan aslinya jika alat diimplementasikan pada lingkungan masyarakat atau di jalan umum. Pengujian bot Telegram dilakukan dengan menggunakan modul kamera ESP32-CAM yang diarahkan ke sumber suara untuk mendeteksi kebisingan. Meskipun resolusi dari modul kamera tidak terlalu tinggi, objek yang ditangkap masih dapat terlihat dengan cukup jelas. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem dapat mengirimkan foto beserta informasi kebisingan ke bot Telegram dengan lancar.

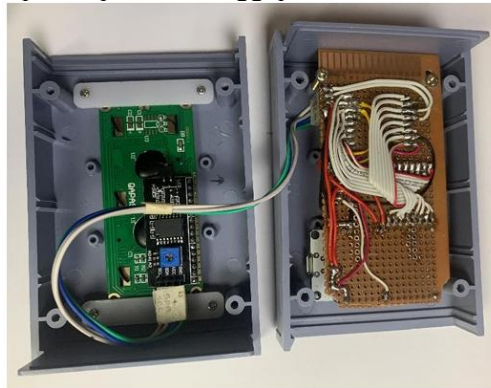
Proses pengiriman foto dilakukan melalui koneksi Wi-Fi yang terhubung dengan perangkat, menggunakan token bot Telegram yang telah diatur sebelumnya. Setelah kebisingan terdeteksi dan mencapai ambang batas yang telah ditentukan, modul kamera ESP32-CAM berhasil menangkap gambar dan mengirimkannya ke bot Telegram dengan nama "mughniiot". Hasil pengujian menunjukkan bahwa foto berhasil dikirimkan dengan caption yang sesuai, yaitu "Knalpot bising terdeteksi dengan suara 115db," seperti yang terlihat pada Gambar 7.

Hasil pengujian pada Gambar 8 merupakan hasil dari pengiriman gambar yang sebelumnya dijelaskan pada tabel 2 dan 3 yang menunjukkan hasil dari sensor suara berdasarkan jarak 1 meter, 3 meter, dan 5 meter. Gambar 8 juga merupakan hasil dari pengujian pengiriman gambar lebih dari 1 motor yang bersamaan atau berdekatan. Dapat disimpulkan bahwa alat mampu menampilkan 2 foto yang berbeda dari 2 motor yang berjalan secara bersamaan atau berdekatan.

Meskipun kualitas gambar dari modul kamera dapat ditingkatkan lebih lanjut, hasil pengujian ini menunjukkan bahwa sistem telah bekerja sesuai dengan fungsinya, yaitu mendeteksi suara bising dan mengirimkan bukti visual ke bot Telegram secara otomatis. Hal ini membuktikan bahwa integrasi antara perangkat keras, perangkat lunak, dan layanan cloud (Telegram) telah berjalan dengan baik, memenuhi tujuan utama dari sistem ini.

Perbaikan prototipe dan Uji Coba

Alat pendeteksi kebisingan kendaraan bermotor dianggap baik atau sesuai dengan tujuan awal pembuatan. Sehingga pada tahap ini, alat hanya dimasukkan kedalam kotak penyimpanan seperti gambar 8 dan 9. Setelah kotak dipasang pada jalan umum, hasil uji coba ulang tidak mengalami perubahan sehingga prototipe alat dianggap sudah memenuhi tujuan penelitian.



Gambar 9. Perakitan Sistem Ke Box Penyimpanan



Gambar 10. Box Penyimpanan alat pendeteksi suara tampak depan dan belakang

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, alat pendeteksi kebisingan kendaraan berotor Berbasis Internet of Things telah berhasil diwujudkan sesuai dengan tujuan awal. Sensor suara INMP441 berfungsi dengan baik sebagai input sinyal suara. Hasil deteksi suara ini kemudian telah berhasil ditampilkan pada LCD 16x2 dalam satuan desibel. Selain itu, modul kamera ESP32-CAM berhasil menangkap foto dan mengirimkannya ke Telegram dengan caption “Knalpot bising terdeteksi dengan suara (hasil deteksi) dB.” Dengan alat ini, pengawasan terhadap pelanggaran kebisingan dapat dilakukan lebih efektif, serta memberikan bukti yang valid melalui foto yang dikirim otomatis ke Telegram. Hasil penelitian ini masih memiliki kelemahan seperti kualitas kamera yang rendah. Hal ini mempertimbangkan biaya yang digunakan untuk pembuatan alat. Kamera dengan kualitas lebih

tinggi, seperti OV2640, disarankan untuk dapat digunakan untuk meningkatkan kemampuan sistem dalam menangkap gambar kendaraan yang melaju cepat terutama dalam keadaan gelap. Selain itu, integrasi OCR untuk pengenalan plat nomor otomatis dapat meningkatkan efisiensi sistem dalam membaca dan mencatat plat nomor kendaraan yang melanggar batas kebisingan.

REFERENSI

- Abdi, Mohamad & K., Andi & Patunrangi, Siti & Asri, Aristi. (2025). Tingkat Kebisingan Akibat Aktivitas Lalu Lintas Yang Berada Di Kawasan Pasar Lasoani Kota Palu. *Composite Journal*. 5. 84-93. 10.37905/cj.v5i2.180.
- Apriyanto B., Hadiyanto G.T, (2024) Prototype Deteksi Kebisingan Pengunjung Perpustakaan Universitas Batam, <https://doi.org/10.37776/ze.v14i3.1619>
- Apsari G.H.I S. Pramono, dan Zen N.A., "Implementation of Linier Regression Using The JSN-SR04T Sensor For The Monitoring Water Level In Water Tanks Trough Antares Platform, *jeepa*, vol. 2, no. 2, pp. 123–129, Nov. 2022.
- Azis A., Amaliah A., Rasyid K.H., (2023) Sistem Monitoring Kebisingan Berbasis Internet Of Things (IoT), <https://doi.org/10.59562/metrik.v20i3.47945>
- Gintakarma M.S., Tjahyanti L.P.A.S. (2022) Peranan Internet of Things dan Kecerdasan Buatan Dalam Teknologi Saat Ini. *Jurnal KomTeks Vol 1, No 1*.
- Hakim M.R., Firdaus A.N., Nasser M.K.A., (2024), Perancangan Sistem Alarm Kebisingan untuk Kapal Penangkap Ikan Berbasis Arduino Uno dengan Sensor KY-037, DOI: <https://doi.org/10.55123/insologi.v3i3.3521>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2025. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Nomor 56 Tahun 2019 tentang Baku Mutu Kebisingan Kendaraan Bermotor Tipe Baru dan Kendaraan Bermotor yang Sedang Diproduksi Kategori M, Kategori N dan Kategori L
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup, 2025. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 07 Tahun 2009 tentang Ambang Batas Kebisingan Kendaraan Bermotor Tipe Baru. Jakarta: Kementerian Negara Lingkungan Hidup.
- Kusuma, T. (2019). Efek Kebisingan Terhadap Kesehatan Mental. *Jurnal Psikologi*, 10(1), 89-95.
- Maulana H., Kasmawi K. dan Enda D. (2020). Buku Penghubung Berbasis Android Menggunakan Metode Prototyping. *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 6(3).
- Pratama I.P.A.E., Hapsan A. (2023), Prototyping Sebagai Model Pengembangan Software, ISBN 6230939894, 9786230939891
- Shah M.A., Shah I.A., Lee D.G., and Hur S., (2019) Design approaches of MEMS microphones for enhanced performance, *J. Sensors*, vol. 2019, 2019, doi: 10.1155/2019/9294528.
- Sokibi, P. & Nugraha, R.A. (2020). Perancangan Prototype Sistem Peringatan Indikasi Kebakaran di Dapur Rumah Tangga Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Digit: Digital of Information Technology*, 10(1), 11-22.
- Tasya D.F., Amalia A.V., Amidi, Prasetyo B., Pambudi M.D., (2022), Analisis Kebisingan Lalu Lintas (Studi Kasus Pengukuran Jalan Raya Semarang-Surakarta dan Jalan Raya Ungaran-Bandungan, *Proceeding Seminar Nasional IPA XII*.
- Valendra K., Tasmi S., Setiawan C. (2024), pengembangan sistem pendeteksi kebisingan otomatis pada perpustakaan menggunakan google assistant dan esp32 berbasis voice recognition., <https://doi.org/10.36982/jinig.v2i1.4436>
- Wahyudi, R. & Edidas, E. (2022). Perancang dan Pembuatan Sistem Keamanan Rumah Berbasis Internet of Things Menggunakan ESP32-CAM. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 6(1), 1135-1141.