JREEC
JOURNAL OF RENEWABLE ENERGY, ELECTRONICS AND CONTROL
homepage URL : https://ejurnal.itats.ac.id/jreec

Deteksi Kebisingan *Lobby Apartmen* Menggunakan Sensor Suara, IOT, dan Algoritma K-NN

Muchammad Defri Jakaria[1], Santoso[2], dan Balok Hariadi[3]

Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya[1,2,&3]

INFORMASI ARTIKEL

Jurnal JREEC – Volume 06 Nomer 01, April 2026

Halaman:
9 – 16
Tanggal Terbit :
30 April 2026

DOI:
10.31284/j.JREEC.2017.v21i2.91

ABSTRACT

Noise in apartment lobby areas is a problem that often disturbs residents' comfort, especially during public events or when loud sounds come from the surrounding environment. Hence, it is essential to have a system that can automatically and precisely measure sound levels to effectively oversee noise in living areas. In this study, we introduce a noise monitoring setup that uses IoT technology, incorporating audio sensors, an ESP32 processing unit, and the KNN method to categorize different levels of sound. The results of this grouping will be sent via the IoT network to the Telegram application as a direct notification to apartment managers. Evaluations demonstrate the system's capability to precisely identify and categorize sound intensities, alongside its ability to dispatch immediate alerts upon surpassing specified limits. Upholding agreeable living conditions and proper environmental management in residential units can be effectively achieved using this system.

Keywords: *Algorithm, Detection, IoT, Noise, Sensor.*

EMAIL

defrijakaria1@gmail.com[1]
santoso@untag-sby.ac.id[2]
balokhariadi@untag-sby.ic.id[3]

PENERBIT

Jurusan Teknik Elektro-ITATS
Alamat:
Jl. Arief Rachman Hakim
No.100,Surabaya 60117,
Telp/Fax: 031-5997244

Jurnal JREEC by Department of Elecreical Engineering is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

ABSTRAK

Kebisingan di area lobi apartemen merupakan masalah yang seringkali mengganggu kenyamanan penghuni, terutama di saat acara publik berlangsung atau ketika suara keras berasal dari lingkungan sekitar. Maka, butuh sebuah sistem pemantauan yang mampu secara otomatis, akurat, dan langsung mendeteksi tingkat kebisingan sebagai dasar dalam pengelolaan lingkungan hunian. Studi ini bermaksud menyusun dan menerapkan siistem deteksi kebisingan yang berdasar IoT dengan penggunaan sensor suara guna mengukur tingkat kebisingan, mikrokontroler ESP32 sebagai pengolah data, dan algoritma K-Nearest Neighbor (KNN) untuk mengelompokkan tingkat kebisingan. Hasil pengelompokan ini akan dikirim melalui jaringan IoT ke aplikasi Telegram sebagai pemberitahuan langsung bagi pengelola apartemen. Pengujian menunjukkan bahwa sistem ini mampu mengenali serta mengklasifikasikan tingkat kebisingan dengan akurasi yang tinggi dan mengirim pemberitahuan secara real-time saat batas ambang terlampaui. Hal ini bisajadi solusi yang ampuh guna menjamin kenyamanan dan kondisi lingkungan apartemen.

Kata kunci: Algoritma, Deteksi, IoT, Kebisingan, Sensor.

PENDAHULUAN

Kebisingan dari lingkungan sekitar menjadi salah satu masalah utama dalam kehidupan di kota modern yang langsung memengaruhi kenyamanan serta kesehatan masyarakat [1]. Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukan tahun 2023, 56% lebih populasi Indonesia berada di daerah perkotaan, dengan terus meningkatnya jumlah urbanisasi setiap tahun [2]. Situasi ini meningkatkan kepadatan

aktivitas manusia di ruang yang terbatas, terutama pada bangunan bertingkat. Lobby apartemen sebagai area peralihan dan pusat interaksi bagi penghuni, menjadi tempat yang paling rentan terhadap suara bising. Meningkatnya kegiatan manusia di daerah urbanisasi mengakibatkan intensitas suara semakin sulit untuk diatur, terutama di kawasan yang sangat padat. Kota besar seperti Surabaya mengalami pertumbuhan signifikan dalam jumlah apartemen sebagai jawaban atas terbatasnya lahan. Kondisi ini menjadikan ruang bersama, seperti lobby apartemen, sebagai area interaksi yang berpotensi tinggi terhadap kebisingan.

Lobby apartemen berperan sebagai tempat peralihan utama yang dimanfaatkan oleh penghuni, tamu, dan manajemen gedung [3]. Arus manusia, interaksi, serta kegiatan operasional di lokasi ini membuatnya sangat rentan terhadap suara bising. Pengaruh kebisingan lingkungan tidak hanya memengaruhi kenyamanan tetapi juga dapat memiliki efek yang signifikan pada kesehatan fisik dan mental seseorang. Suara bising tidak hanya dapat menimbulkan masalah pendengaran, tetapi juga membawa dampak selain pendengaran, seperti gangguan persepsi, masalah tidur, dan dampak terhadap sistem kardiovaskular [4]. Sejalan dengan temuan ini, survei yang dilakukan Kemenhut (BPLH) pada 2023 ada sekitar 30% penduduk di kota-kota besar di Indonesia merasa terganggu oleh tingginya tingkat kebisingan di tempat tinggal mereka. Data ini mencerminkan bahwa masalah kebisingan telah menjadi isu lingkungan yang nyata dan perlu mendapatkan perhatian yang serius. Dengan demikian, pengelolaan kebisingan di area hunian, khususnya di apartemen, menjadi hal yang sangat mendesak.

Pemantauan kebisingan yang dilakukan secara manual dianggap tidak efisien karena tidak dapat memberikan data yang konsisten dan langsung, serta menyulitkan pengelola gedung dalam mengambil keputusan dengan cepat. Kemajuan teknologi *Internet of Things* (IoT) memberikan alternatif melalui sistem pemantauan lingkungan yang beroperasi secara otomatis dan terus-menerus. Sistem yang didasarkan pada IoT memungkinkan pertemuan antara sensor, mikrokontroler, dan jaringan komunikasi untuk menghasilkan data kebisingan yang tepat dan bisa diakses secara langsung. Metode ini sangat cocok diterapkan pada bangunan vertikal yang memiliki tingkat aktivitas tinggi dan variasi kebisingan yang berbeda. Dengan menggunakan pemantauan berbasis IoT, pengelolaan kondisi akustik di lingkungan dapat dilakukan dengan lebih efisien dan terukur.

Sensor suara digital INMP441 adalah salah satu elemen yang menjanjikan dalam sistem pengawasan kebisingan berdasar IoT karena memberikan sensitivitas & akurasi yang lebih unggul dibandingkan dengan sensor analog tradisional. Sistem ini didukung oleh antarmuka I^2S dan mikrokontroler ESP32 yang memungkinkannya untuk memproses sinyal audio, menghasilkan parameter akustik seperti Root Mean Square (RMS), Level Tekanan Suara (dB), dan Tingkat *Zero-Crossing* (ZCR). Parameter-parameter ini digunakan sebagai fitur dalam proses klasifikasi kondisi akustik. Algoritma K-*Nearest Neighbor* (K-NN) dipakai karena kemampuan mengklasifikasikan data berdasarkan kedekatannya dengan dataset yang sudah dilatih. Dengan penerapan K-NN, sistem tidak hanya dapat mengukur kekuatan kebisingan, tetapi juga mampu memberikan klasifikasi kondisi kebisingan secara *real-time*.

Beberapa studi sebelumnya telah mengindikasikan kemungkinan penggunaan IoT dan algoritma K-NN untuk mendeteksi kebisingan. Muzakkiy, menciptakan sistem deteksi suara berbasis ESP32 dengan K-NN di area kampus, berhasil mencapai tingkat akurasi klasifikasi yang cukup memuaskan [5]. Penelitian oleh Azis dan rekan-rekannya merancang sistem pengawasan kebisingan menggunakan IoT di dalam perpustakaan, lengkap dengan fitur peringatan otomatis saat melewati batas tertentu [6]. Fitriani juga merintis sistem pemantauan kebisingan secara *real-time* di ruang publik dengan menggunakan teknologi IoT [7]. Meskipun menunjukkan hasil yang baik, studi-studi ini masih terbatas pada area publik yang tidak dihuni, dan menggunakan sensor analog yang memiliki keterbatasan dalam akurasi. Situasi ini memberikan kesempatan untuk penelitian lebih lanjut dengan fokus pada lobi apartemen sebagai lokasi strategis untuk hunian *vertical*.

Berdasarkan masalah diatass, studi ini bermaksud merancang serta menerapkan sistem untuk mendeteksi kebisingan di lobi apartemen yang berdasar IoT & menggunakan sensor suara digital INMP441 dan algoritma K-*Nearest Neighbor*. Sistem ini dirancang dalam format multi-node menggunakan ESP32, dilengkapi dengan *backend Python* untuk pengolahan dan pengklasifikasian data. Sistem ini dilengkapi dengan fungsi pemberitahuan otomatis yang akan beroperasi apabila tingkat kebisingan melampaui ambang yang telah ditentukan. Diharapkan, sistem tersebut menjadi solusi yang tepat, efisien, dan praktis dalam mendukung pengelolaan lingkungan tempat tinggal yang

nyaman dan sehat. Dari sudut pandang akademis, penulis berharap studi ini mampu memberi kontribusi dalam inovasi sistem monitoring suara yang didasarkan pada IoT untuk bangunan bertingkat.

TINJAUAN PUSTAKA

Sensor Suara INMP441

INMP441 adalah mikrofon digital yang menggunakan teknologi MEMS (Sistem Mikro Elektro Mekanik) untuk merekam gelombang suara dan mengonversinya menjadi sinyal digital melalui koneksi I²S (*Inter-IC Sound*). INMP441 memiliki karakteristik *omnidirectional*, yang artinya mikrofon ini dapat menangkap suara dari semua arah dengan tingkat sensitivitas yang seragam, tanpa terpengaruh oleh pergeseran posisi sumber suara [8]. Sensor ini dirancang secara khusus untuk digunakan dalam pemantauan kebisingan secara *real-time*, di mana tingkat akurasi, sensitivitas, dan kestabilan sinyal sangat penting, seperti dalam lingkungan apartemen yang ramai di area lobi.

Frame Audio Untuk Ekstraksi Fitur

Dalam studi ini, sinyal audio yang panjang dibagi menjadi bagian-bagian kecil (*frame*) untuk mempermudah analisis dan pengambilan fitur. Pada penerapan di ESP32, setiap frame berisi 1024 sampel yang mewakili periode waktu sekitar 0,064 detik, sedangkan dalam proses pengambilan fitur menggunakan Python untuk pembuatan dataset, durasi *frame* yang digunakan adalah 0,5 detik. Setiap *frame* audio yang dihasilkan selanjutnya ditransformasi menjadi sejumlah parameter fitur, yaitu *Root Mean Square* (RMS), Tingkat Tekanan Suara (SPL), dan Tingkat Nol-Lewat (ZCR), serta diberikan label kategori suara yang terdiri dari dentuman, suara manusia, dan musik sebagai dasar untuk pelatihan dan pengklasifikasian.

Internet of Things (IoT)

IoT ialah sebuah konsepsi teknologi yang mengaitkan *hardware* dengan sensor, perangkat lunak, & aksesinternet sehingga dapat melakukan *switch* data otomatis. Dalam penelitian ini, IoT menjadi dasar bagi sistem deteksi kebisingan secara langsung di lobi sebuah apartemen [9]. Dalam sistem ini, IoT bertindak sebagai jembatan antara sensor suara digital INMP441 dan *platform* Telegram, yang memungkinkan pengelola apartemen memantau tingkat kebisingan secara langsung. IoT juga memfasilitasi pengiriman pemberitahuan otomatis ketika suara melebihi batas 70 dB, sehingga tindakan penanganan dapat segera dilakukan. Selain itu, penerapan IoT memungkinkan pengolahan data yang tersebar dan pemantauan dari berbagai titik, yang membuat pemetaan kebisingan di lobi apartemen menjadi lebih akurat dan menyeluruh. IoT dalam konteks apartemen juga mendukung pengembangan bangunan pintar yang dapat meningkatkan kenyamanan penghuni, serta membantu pengelola untuk merespons masalah kebisingan dengan cepat dan efisien.

Algoritma K-*Nearest Neighbor* (K-NN)

K-*Nearest Neighbor* (K-NN) ialah methode pembelajaran terawasi yang dapat difungsikan pada regresi [10]. Namun, dalam penelitian ini, penekanan diberikan pada klasifikasi tingkat kebisingan. Metode ini tergolong non parametrik, yang berarti K-NN tidak memberikan asumsi atau model matematis tertentu tentang distribusi data, sehingga sangat mudah diterapkan pada data yang beragam, seperti sinyal suara dari lingkungan. Inti dari K-NN adalah "pembelajaran berbasis kesamaan", di mana kategori suatu data ditentukan oleh kedekatannya dengan data lain dalam ruang atribut [11]. Data baru akan dikelompokkan ke dalam kategori mayoritas dari k tetangga terdekatnya.

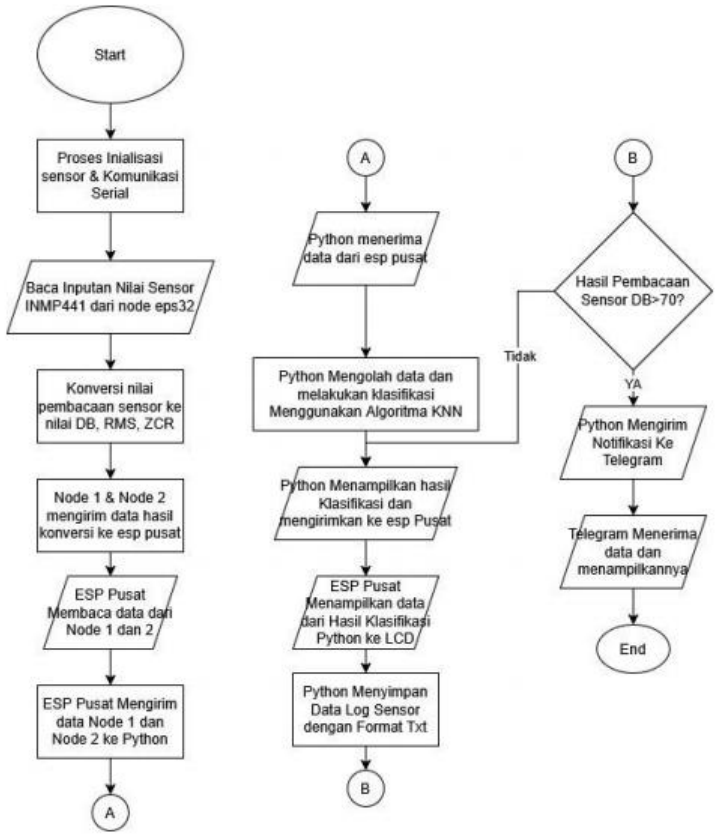
Polusi Suara di Lingkungan Hunian

Polusi suara di daerah perkotaan merupakan salah satu masalah yang perlu diatasi dalam pembangunan yang berkelanjutan. Berdasarkan informasi dari Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta, tingkat kebisingan di area pemukiman telah melebihi batas yang direkomendasikan dalam Permen LH (Lingkungan Hidup) No. 48 Tahun 1996, yaitu 55 dB pada siang hari [12]. Terutama di apartemen yang terhubung dengan pusat perbelanjaan atau lokasi-lokasi strategis lainnya, area lobi sering kali menjadi tempat berkumpul yang rentan terhadap kebisingan yang disebabkan oleh suara kendaraan, kegiatan sosial, dan acara-acara tertentu. Oleh sebab itu, sangat krusial mengembangkan

suatu sistem guna memantau suara bising & memberikan data(informasi) secara langsung kepada pengurus bangunan. Pendekatan yang berbasis teknologi sensor dan IoT dianggap layak untuk diterapkan karena biaya yang efisien serta kemudahan dalam pengembangan skala yang lebih besar. Dengan adanya sistem pemantauan ini, pengelolaan apartemen bisa menjadi lebih responsif terhadap situasi lingkungan akustik.

METODE

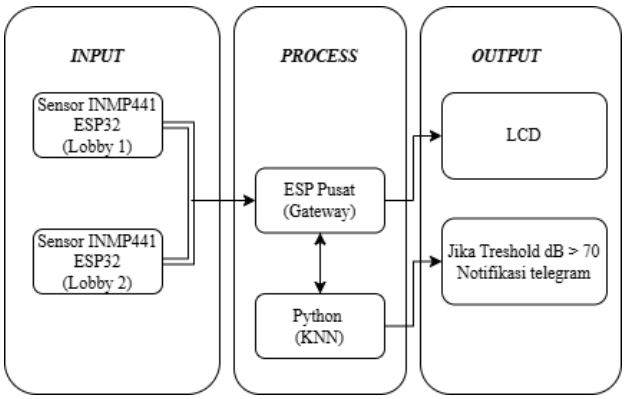
Penelitian ini menerapkan metode eksperimental dan kuantitatif dengan cara pengumpulan data audio secara langsung menggunakan sensor INMP441 yang didasarkan pada ESP32, pemrosesan sinyal audio, penciptaan dataset numerik, penerapan algoritma K-*Nearest Neighbor* (KNN), serta penilaian akurasi model. Proses pengumpulan data berlangsung di lobi Apartemen Laviz Mansion antara bulan Mei hingga Desember 2025, dengan dua node sensor yang dipasang di lokasi berbeda untuk mendapatkan data kebisingan yang representatif. Setiap node menghitung parameter audio seperti RMS, ZCR, dan level dB, kemudian mengirimkan informasi tersebut ke ESP32 pusat melalui Wi-Fi dalam format JSON. Data yang telah dikumpulkan digunakan sebagai dataset untuk klasifikasi menggunakan KNN, dengan proses pelabelan didukung oleh observasi langsung terhadap kondisi lingkungan dan sumber suara dalam upaya meningkatkan akurasi model.



Gambar 1. *Flowchart System*

Sumber : Data Primer

Alur sistem dimulai dengan pembacaan suara oleh sensor INMP441 pada ESP32 yang kemudian diubah menjadi parameter dB, RMS, dan ZCR. Data yang diperoleh dari Node 1 dan Node 2 diteruskan ke Python untuk proses klasifikasi memakai algoritma KNN, dicatat sebagai log, dan hasilnya ditampilkan pada layar LCD ESP32 pusat. Apabila tingkat kebisingan melebihi batas yang ditetapkan, sistem akan mengirimkan notifikasi disertai hasil klasifikasi melalui Telegram.



Gambar 2. *Blok Diagram*

Sumber : Data Primer

Block diagram sistem ada 3 bagian inti, yaitu *input*(masukan), *process*(proses), & *output*(keluaran), di mana Node 1 dan Node 2 berfungsi sebagai input untuk membaca data sensor suara. Data diproses oleh ESP32 pusat dan Python untuk klasifikasi menggunakan algoritma KNN serta ditampilkan pada LCD atau dikirim sebagai notifikasi Telegram ketika tingkat kebisingan melebihi 70 dB.

HASIL DAN PEMBAHASAN

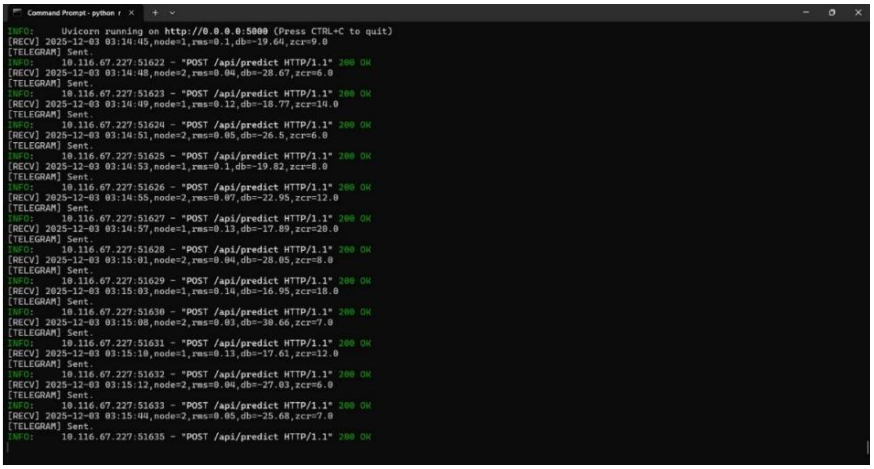
Implementasi Sistem



Gambar 3. Rancangan Alat Deteksi Kebisingan

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Gambar diatas merupakan gambar ESP pusat yang berhasil menerima data dari node 1 & 2.



Gambar 4. *Realtime Predict* Menggunakan Python

Sumber : Data Diolah

Gambar 4. menujukan tampilan python yang berhasil membaca data dari ESP pusat dan mengirim notifikasi ke telegram saat threshold mencapai dB > 70.



Gambar 5. Notifikasi Deteksi Kebisingan Menggunakan Telegram

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Gambar 5. menunjukan hasil klasifikasi yang di kirim sebagai peringatan karena angka threshold mencapai dB > 70.

Desain Pengujian

Rancangan uji dibuat guna menjamin *system* beroperasi sejaan dengan tujuan yang telah ditentukan dan dapat beroperasi dengan konsisten dalam kondisi nyata. Ini mencakup pengujian kemampuan menangkap suara, kestabilan jaringan, ketepatan klasifikasi, serta daya tahan terhadap kebisingan lingkungan. Proses pengujian dilakukan di ruang tertutup dengan keadaan yang mirip dengan lingkungan asli, seperti adanya suara kipas, bunyi dari speaker laptop, dan jarak mikrofon sekitar 2–3 meter. Data yang diuji dipecah menjadi tiga kelompok, yaitu suara dentuman, suara manusia, dan suara musik, di mana setiap kelompok hanya mengandung satu jenis suara agar akurasi klasifikasi pada masing-masing kategori dapat dihitung dengan jelas.

Dataset* dan *Preprocessing

Tabel 1. Tabel Contoh Data Latih Untuk Masing-Masing Label

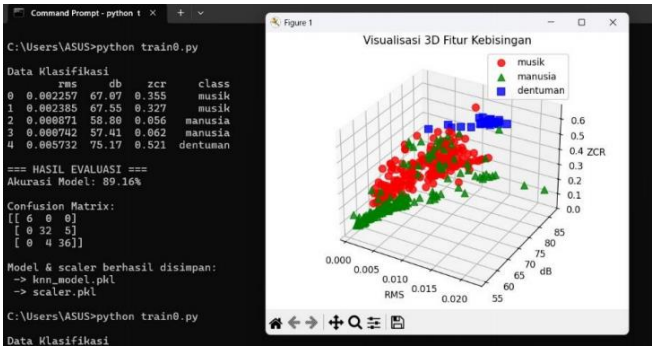
No	RMS	ZCR	dB	Label
1	0,000345	50,76	0,054	dentuman
2	0,000615	55,78	0,02	dentuman
3	0,000378	51,54	0,06	dentuman
4	0,000366	51,26	0,07	dentuman
5	0,000323	50,18	0,102	manusia
6	0,000426	52,58	0,061	manusia
7	0,000642	56,15	0,075	manusia
8	0,000571	55,13	0,11	manusia
9	0,000326	50,25	0,084	musik
10	0,000305	49,69	0,074	musik
11	0,000498	53,95	0,059	musik
12	0,000491	53,83	0,096	musik

Sumber : Data Diolah

Data pelatihan terdiri dari tiga kategori: kebisingan, manusia, dan musik. Semua data diproses dengan menggunakan StandardScaler untuk menstandarkan setiap fitur. Proses normalisasi ini sangat penting untuk KNN karena algoritma ini peka terhadap ukuran fitur. Fitur yang memiliki rentang nilai yang luas, seperti SPL, dapat lebih dominan dibandingkan fitur yang kecil seperti RMS atau ZCR jika tidak melalui proses normalisasi.

Pelatihan Model KNN

Model KNN dilatih dengan menggunakan scikit-learn dengan pengaturan k = 5, menggunakan jarak *Euclidean*, bobot yang tergantung pada jarak, dan normalisasi fitur melalui StandardScaler agar bisa menjaga keseimbangan dampak setiap fitur. Hasil dari confusion matrix memperlihatkan bahwa kategori suara manusia teridentifikasi dengan baik, kategori musik menunjukkan akurasi sedang, sementara kategori dentuman merupakan yang paling sulit untuk dibedakan.



Gambar 6. *Confusion Matrix* Pelatihan

Sumber : data Diolah

Pengujian Lapangan dan Hasil Klasifikasi

Pada uji coba batch pertama, suara dentuman menunjukkan hasil dari 24 data, di mana 18 kali prediksi benar dan 6 kali prediksi salah, sehingga tingkat akurasi tercatat sebesar 75%. Tingkat akurasi ini tergolong rendah, hal ini disebabkan oleh banyaknya data suara manusia yang memiliki nilai RMS dan dB yang mirip dengan dentuman, namun ZCR-nya lebih kecil, sehingga ZCR menjadi fitur yang paling membedakan.

Dalam pengujian batch kedua dengan suara manusia, diketahui dari total 36 data terdapat 34 prediksi yang benar dan 2 prediksi yang salah, yang berarti tingkat akurasi mencapai 94.4%. Dua data yang salah tersebut disebabkan oleh nilai RMS dan dB yang sangat rendah, sehingga mengakibatkan kesalahan dalam prediksi. Kekuatan prediksi ini cukup baik karena fitur yang paling membedakan manusia dari musik adalah nilai RMS dan dB SPL.

Sedangkan pada pengujian batch ketiga mengenai suara musik, terdapat total 114 data dengan 97 prediksi benar dan 17 salah. Dari sini, dapat disimpulkan bahwa tingkat akurasi adalah 85. 09%, dengan kesalahan prediksi yang lebih sering mengarah kepada suara manusia. Ini disebabkan oleh dataset musik yang digunakan memiliki RMM dan dB yang lebih rendah dibandingkan suara manusia, serta terdapat beberapa kasus yang tumpang tindih (*overlap*) dengan ZCR manusia, sehingga menyebabkan akurasi klasifikasi antara musik dan manusia menjadi rendah.

Evaluasi Model

Evaluasi model adalah langkah krusial dalam studi ini untuk memahami sejauh mana sistem dapat mengidentifikasi tipe suara dengan tepat berdasarkan tiga kategori utama, yaitu dentuman, manusia, dan musik. Dalam tahap ini, model K-*Nearest Neighbors* (KNN) yang telah dilatih dengan menggunakan dataset audio akan diujikan menggunakan tiga kelompok data uji yang berbeda, di mana masing-masing kelompok mewakili satu jenis suara.

Hasil Evaluasi Per Kelas

Tabel 2. Ringkasan Evaluasi

Kelas	Total Data Uji	Prediksi Benar	Prediksi Salah	Akurasi
Dentuman	24	18	6	75%
Manusia	36	34	2	94.4%
Musik	114	97	17	85.09%

Sumber : Data Diolah

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil desain, pelaksanaan, dan evaluasi sistem klasifikasi suara yang menggunakan ESP32 dengan sensor INMP441 serta algoritma K-Nearest Neighbors (KNN), dapat disimpulkan bahwa sistem ini dapat merekam dan mengekstrak fitur audio seperti RMS, SPL, dan ZCR secara langsung dengan performa yang konsisten. Pengujian mengindikasikan bahwa KNN mampu mengklasifikasikan suara manusia, musik, dan bunyi keras dengan tingkat akurasi masing-masing sebesar 94,4%, 85,09%, dan 75%. Perbedaan dalam akurasi tersebut dipengaruhi oleh kualitas serta variasi dalam dataset, termasuk tingkat kebisingan dan kondisi saat perekaman. Secara keseluruhan, sistem telah berfungsi dengan baik; namun, masih ada kebutuhan untuk pengembangan lebih lanjut seperti menambah variasi data, fitur audio tambahan, penerapan algoritma lain, serta peningkatan spesifikasi perangkat guna meningkatkan akurasi klasifikasi.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Apriliyanti, S., Putri, R. I. P., Hermawati, D., Azizi, R. D., dan Susintowati. (2025). "Mengulas Dampak Polusi Suara Akibat *Sound Horeg* terhadap Kualitas Lingkungan Masyarakat". *Biologiei Educația: Jurnal Pendidikan Biologi.* Vol. 05. No. 01. Hal 121-129.

[2] Arsaf, N. F., Bakhtiar, dan Ahmadin. (2025). "Dampak Urbanisasi Terhadap Ketersediaan dan Keterjangkauan Perumahan di Kota Besar". *Jurnal Multidisiplin Indonesia*. Vol. 04. No. 01. Hal 190-197.

[3] Wally, D. A. S., Balo, A. H., Amri, S. B., dan Halim. (2024). "Perencanaan Apartemen Pekerja Industri Dengan Pendekatan Arsitektur Modern Di Kota Kendari". *GARIS-Jurnal mahasiswa Jurusan Arsitektur.* Vol. 09. No. 03. Hal 107-117.

[4] Handayani, L., Fitriani, P. Y., dan Novianti, T. N. (2025). "Stres Kerja Lebih Dominan Dari Kebisingan: Analisis Korelasional Terhadap Kelelahan Pekerja Di Industri Penggergajian Kayu". *Indonesian Journal Of Health Community.* Vol. 06. No. 02. Hal 13-22.

[5] Muzakkiy, N. A. (2023). *Analisis Kebisingan Menggunakan K-Nearest Neighbor (KNN) Dan Alat Berbasis Internet Of Things (IoT)* (*Bachelor's thesis*, Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya).

[6] Azis, A., Amaliah, A., & Rasyid, K. H. (2023). "Sistem Monitoring Kebisingan Berbasis *Internet Of Things* (IoT)". *Jurnal Media Elektrik*. Vol. 20. No. 03, Hal 12. https://doi.org/10.59562/metrik.v20i3.47945.

[7] Fitriani, S. N. (2022). *Rancang bangun sistem pemantauan kegaduhan pengunjung Perpustakaan dengan pemberi peringatan menggunakan LED dan Telegram* (*Bachelor's thesis*, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta).

[8] Hazazi, M. M., Adlina, D., dan Nilawati, A. R. (2025). "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kebisingan Kendaraan Bermotor Berbasis IoT". *PRINSIP : Portal Riset dan Inovasi Sistem Perangkat Lunak.* Vol. 03. No. 03. Hal 151-160.

[9] A. M. Abid, A. A. Mohammed, R. J. Mohammed. (2020). "*Smart Environmental Noise Monitoring System Based on IoT*". *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*. Vol. 18. No. 02, Hal 720–727.

[10] X. Liu, Y. Zhang. (2011). "*Noisy Data Elimination Using Mutual K-Nearest Neighbor For Classification"*. *Journal of Systems and Software*. Vol. 84. No. 05. pp 758–765.

[11] T. Cover, P. Hart. (1967). "*Nearest Neighbor Pattern Classification*". *IEEE Transactions on Information Theory*. Vol. 13. No. 01. pp 21–27.

[12] Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta. (2023). "*Pemantauan Kebisingan Lingkungan Provinsi DKI Jakarta*". https://lingkunganhidup.jakarta.go.id/publikasi/kebisingan.