

PERANCANGAN SISTEM MONITORING KEBISINGAN RUANG KELAS MENGGUNAKAN METODE PROTOTYPE BERBASIS ARDUINO UNO

¹Zulrahmadi, ²Al Fauzan Hakiki, ³Bima Maulana

¹Program Studi Bisnis Digital, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Islam Indragiri

²³Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Islam Indragiri

¹Jl. H.R. Soebrantas Tembilahan, Indragiri Hilir, Riau – Indonesia

²³Jl. Provinsi Parit 1 Tembilahan Hulu, Indragiri Hilir, Riau - Indonesia

Email: zulrahmadi@gmail.com, alfauzanhakiki2004@gmail.com, maulanabima104@gmail.com

ABSTRAK

Kebisingan di ruang kelas dapat mengganggu konsentrasi belajar siswa. Penelitian ini bertujuan merancang sistem monitoring kebisingan otomatis berbasis Arduino Uno dengan metode Prototype menggunakan Simulator Wokwi. Sistem ini mengintegrasikan simulasi sensor suara (potensiometer sebagai pengganti sensor suara KY-037), LCD 16x2, dan Buzzer untuk memberikan peringatan visual yang persuasif. Nilai analog potensiometer (0–100%) merepresentasikan intensitas kebisingan secara relatif dan diselaraskan secara kualitatif dengan ambang batas kebisingan kelas menurut standar WHO (35 dB), mengingat keluaran sensor KY-037 bersifat relatif terhadap kalibrasi gain dan bukan pengukuran desibel absolut. Hasil simulasi menunjukkan sistem mampu merespons fluktuasi suara secara real-time dalam empat tingkatan: Sangat Tenang (0–49%), Kondusif Aktif (50–79%), Peringatan Awal (80–89%), dan Sangat Ribut (90–100%). Notifikasi pada LCD berubah otomatis dari apresiasi ("Anak Pintar") menjadi ajakan tertib ("Suara Pelan Yuk!") sesuai intensitas suara. Buzzer aktif pada kondisi Peringatan Awal dan Sangat Ribut dengan variasi frekuensi sebagai peringatan auditori tambahan. Pendekatan ini berbeda dari sistem konvensional yang cenderung represif karena menggantikan alarm keras dengan pesan persuasif yang ramah anak. Validasi pada tahap ini masih terbatas pada simulasi berbasis Wokwi; disimpulkan bahwa pendekatan antarmuka persuasif ini secara logis efektif sebagai solusi manajemen kelas yang edukatif dan ramah anak, dengan pengujian pada sensor suara fisik dan ruang kelas nyata sebagai langkah lanjutan yang diperlukan sebelum klaim efektivitas dapat digeneralisasi.

Keywords: Arduino Uno, Kebisingan Kelas, Metode Prototype, Notifikasi Persuasif, Simulator Wokwi.

1 PENDAHULUAN

Lingkungan belajar yang kondusif merupakan faktor krusial dalam keberhasilan proses belajar mengajar di sekolah. Salah satu gangguan utama yang sering menghambat konsentrasi siswa dan efektivitas pengajaran guru adalah tingkat kebisingan yang tidak terkendali di dalam ruang kelas. Pengawasan manual yang dilakukan oleh guru seringkali bersifat subjektif, melelahkan, dan dapat mengganggu fokus penyampaian materi. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem otomatis yang mampu memantau dan mengendalikan tingkat kebisingan secara real-time.

Perkembangan teknologi informasi, khususnya Internet of Things (IoT), menawarkan solusi efisien untuk permasalahan ini dengan menciptakan ekosistem lingkungan cerdas. IoT didefinisikan sebagai paradigma di mana objek-objek sehari-hari dilengkapi dengan kemampuan komputasi dan komunikasi untuk berinteraksi satu sama lain serta dengan penggunaannya, memungkinkan pemantauan kondisi lingkungan dilakukan secara otonom [1].

Untuk mengimplementasikan sistem cerdas tersebut, diperlukan sebuah unit pengendali pusat yang andal dan mudah diprogram. Dalam penelitian ini, Arduino Uno R3 dipilih sebagai mikrokontroler utama. Arduino merupakan platform elektronik open-source berbasis perangkat keras dan lunak yang fleksibel, yang berfungsi sebagai pusat pemrosesan data untuk menerima input dan mengendalikan output pada sistem elektronik [2].

Agar mikrokontroler tersebut dapat memahami kondisi lingkungan, diperlukan komponen penginderaan yang akurat. Sensor bertindak sebagai elemen vital yang menjembatani dunia fisik dengan dunia digital, bertugas mendeteksi fenomena fisik seperti gelombang suara dan mengubahnya menjadi sinyal informasi yang dapat dianalisis oleh sistem [3]. Integrasi antara kontroler dan sensor inilah yang menjadi fondasi utama sistem pemantauan otomatis.

Meskipun teknologi ini sudah umum, penerapannya seringkali terkendala biaya dan risiko teknis saat tahap eksperimen. Oleh karena itu, penelitian ini memanfaatkan Simulator Wokwi sebagai media perancangan purwarupa (prototyping) untuk memvalidasi logika sistem sebelum implementasi fisik. Berbeda dengan alat detektor konvensional yang hanya memberikan alarm bunyi, penelitian ini mengusulkan pendekatan antarmuka visual yang persuasif menggunakan LCD, di mana notifikasi yang ditampilkan bersifat mengajak (seperti "Suara Pelan Yuk!") guna membangun kesadaran disiplin siswa secara positif. Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun sistem tersebut dan menguji efektivitas logika pemrogramannya dalam mensimulasikan respons terhadap dinamika kebisingan kelas.

2 TINJAUAN PUSTAKA

Internet of Things (IoT) didefinisikan sebagai sebuah paradigma di mana objek-objek sehari-hari dilengkapi dengan mikrokontroler, transceiver untuk komunikasi digital, dan tumpukan protokol yang sesuai, yang memungkinkan objek tersebut untuk berkomunikasi satu sama lain dan dengan pengguna. IoT bertujuan untuk memberdayakan segala hal agar terhubung kapan saja, di mana saja, dengan apa saja, dan siapa saja, idealnya menggunakan jalur/jaringan apa saja dan layanan apa saja [1]. Arduino merupakan platform elektronik open-source yang dirancang berdasarkan perangkat keras dan perangkat lunak yang fleksibel serta mudah digunakan, yang ditujukan untuk membuat peralatan interaktif. Menurut [2], Arduino Uno adalah papan mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328P yang berfungsi sebagai pusat pemrosesan data dalam sistem embedded.

Dalam ekosistem IoT, sensor bertindak sebagai jembatan antara dunia fisik dan dunia digital, di mana kualitas data yang dihasilkan sangat bergantung pada karakteristik sensor seperti sensitivitas dan linearitas [3]. Data yang dikumpulkan oleh sensor (data acquisition) kemudian diolah oleh mikrokontroler sebelum ditransmisikan ke cloud server untuk analisis dan pengambilan keputusan secara real-time. Penggunaan simulator seperti Wokwi dalam pengembangan sistem IoT sangat krusial untuk memvalidasi logika program dan desain sirkuit sebelum tahap implementasi fisik dilakukan [4]. Pendekatan simulasi ini efektif untuk meminimalkan risiko kerusakan komponen akibat kesalahan perakitan, mempercepat proses debugging, serta memungkinkan pengujian skenario sistem yang kompleks dengan biaya yang efisien.

Arduino Uno berfungsi sebagai mikrokontroler utama atau unit pemroses pusat (*Central Processing Unit*) dari sistem. Papan ini berbasis chip ATmega328P yang bertugas membaca sinyal analog dari sensor, memproses logika komparasi ambang batas (*threshold*), dan mengirimkan sinyal digital ke komponen output. Arduino Uno dipilih karena memiliki stabilitas yang baik untuk operasional purwarupa [5]. Pada tahap implementasi fisik yang direncanakan sebagai pengembangan lanjutan, sistem dapat menggunakan modul sensor suara analog (seperti KY-037) untuk mendeteksi gelombang suara. Namun, pada tahap perancangan virtual di Wokwi yang menjadi fokus penelitian ini, komponen tersebut disimulasikan menggunakan Potensiometer 10k Ω . Potensiometer berfungsi sebagai pembagi tegangan yang menghasilkan nilai analog (0-5V) yang dapat diatur manual, merepresentasikan fluktuasi naik-turunnya intensitas kebisingan di ruang kelas [6]. Layar Liquid Crystal Display (LCD) digunakan sebagai antarmuka visual untuk menampilkan status kondisi kelas ("AMAN" atau "BAHAYA") secara real-time. Penggunaan modul I2C (Inter-Integrated Circuit) memungkinkan LCD terhubung ke Arduino hanya dengan dua kabel data (SDA dan SCL), sehingga menghemat penggunaan pin digital mikrokontroler untuk keperluan lain [7].

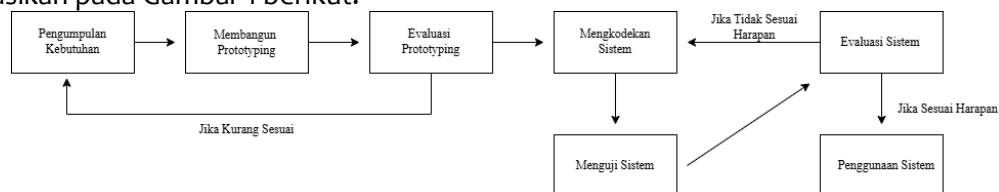
Buzzer berperan sebagai aktuator atau transduser audio yang berfungsi sebagai alarm peringatan dini. Dalam logika sistem, buzzer akan aktif mengeluarkan bunyi beep ketika mikrokontroler mendeteksi nilai input sensor melebihi batas toleransi kebisingan yang telah ditetapkan, memberikan sinyal langsung kepada siswa untuk menertibkan diri [8]. kabel jumper (male-to-male dan male-to-female) berfungsi sebagai media transmisi arus listrik dan data antar komponen. Kombinasi keduanya memfasilitasi perakitan prototipe yang fleksibel dan mudah dimodifikasi jika terjadi kesalahan koneksi [9].

3 METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan pendekatan eksperimental dengan metode rekayasa perangkat keras (*hardware engineering*). Fokus utama penelitian adalah merancang sistem peringatan dini terhadap polusi suara di lingkungan pendidikan, khususnya ruang kelas. Metode ini dipilih untuk memvalidasi efektivitas logika sistem dalam mendeteksi ambang batas kebisingan yang dapat mengganggu konsentrasi belajar siswa [10]. Pengumpulan data dilakukan melalui tiga teknik untuk memastikan akurasi fungsionalitas alat:

- Studi Literatur Mengumpulkan spesifikasi teknis melalui datasheet komponen elektronik dan standar kebisingan. Berdasarkan standar WHO, tingkat kebisingan ideal di ruang kelas tidak boleh melebihi 35 dB agar proses belajar mengajar tetap efektif [11].
- Observasi Lingkungan (*Environmental Observation*) Dilakukan pengukuran sampel tingkat kebisingan di ruang kelas menggunakan Sound Level Meter digital untuk mendapatkan data dasar. Data ini digunakan untuk menentukan nilai ambang batas (*threshold*) dalam pemrograman. Jika kebisingan simulasi melebihi batas toleransi (analog dengan suara gaduh siswa), sistem harus merespons.
- Eksperimen Simulasi Melakukan uji coba rangkaian menggunakan Simulator Wokwi. Data diambil dengan memanipulasi input potensiometer sebagai representasi fluktuasi suara di kelas dan mencatat respons output pada LCD serta Buzzer.

Analisis dilakukan menggunakan metode deskriptif komparatif, yaitu membandingkan logika program yang dirancang dengan respons output pada simulator. Validitas data ditentukan jika sistem mampu membedakan kondisi "Tenang" (di bawah ambang batas) dan "Bising" (di atas ambang batas) sesuai algoritma conditional statement yang diterapkan [12]. Model Pengembangan Sistem (Prototype) menggunakan model Prototype dengan tahapan yang diilustrasikan pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Model Prototype

Model Prototype merupakan salah satu pendekatan dalam siklus hidup pengembangan sistem (*System Development Life Cycle*) yang didasarkan pada konsep pembuatan model kerja awal dari sistem yang akan dibangun [13]. Menurut Pressman, prototyping didefinisikan sebagai mekanisme pendefinisian kebutuhan yang memungkinkan pengembang menciptakan purwarupa sistem guna diuji dan dievaluasi fungsionalitasnya sebelum sistem akhir diproduksi [14]. Karakteristik utama model ini adalah sifatnya yang iteratif, di mana desain dievaluasi dan diperbaiki secara berulang untuk meminimalkan risiko kegagalan teknis.

Dalam konteks penelitian "Perancangan Sistem Pendeteksi Kebisingan Otomatis", model Prototype sangat relevan diterapkan mengingat sistem ini berbasis mikrokontroler yang memiliki kompleksitas integrasi antara perangkat keras dan lunak. Penggunaan Simulator Wokwi dalam penelitian ini berfungsi sebagai media implementasi tahap *quick design* (perancangan cepat) dalam teori prototype. Dengan menerapkan model ini, logika pemrograman Arduino dan rangkaian sensor dapat divalidasi terlebih dahulu dalam lingkungan simulasi virtual (Wokwi) untuk

memastikan akurasi deteksi kebisingan sebelum diterapkan pada perakitan alat fisik yang sebenarnya [15]. Sistem dikembangkan menggunakan model Prototype dengan tahapan sebagai berikut:

1. Pengumpulan Kebutuhan (Requirement Gathering)

Tahap awal dalam pengembangan sistem ini dimulai dengan mengidentifikasi spesifikasi perangkat keras yang dibutuhkan. Pemilihan komponen didasarkan pada ketersediaan modul dalam simulator Wokwi serta kemudahan implementasi pada perangkat fisik [16]. Berikut adalah rincian komponen utama yang digunakan:

- 1) Arduino Uno R3
- 2) Sensor Suara (Simulasi: Potensiometer)
- 3) LCD 16x2 dengan Modul I2C
- 4) Piezo Buzzer
- 5) Kabel Jumper

2. Perancangan Cepat (Quick Design)

Perancangan sistem dilakukan secara virtual pada platform Wokwi untuk memvalidasi skema rangkaian dan logika program sebelum implementasi fisik. Skema elektronik disusun dengan memanfaatkan protokol komunikasi serial I2C (Inter-Integrated Circuit) untuk menghubungkan LCD ke mikrokontroler. Jalur data (SDA) dihubungkan ke pin A4 dan jalur clock (SCL) ke pin A5 pada Arduino, konfigurasi ini dipilih untuk meminimalkan penggunaan kabel dan pin I/O digital [9]. Komponen Potensiometer (sebagai simulasi sensor) dihubungkan ke pin Analog A0, sedangkan aktuator Buzzer dihubungkan ke Pin Digital 9 yang mendukung sinyal PWM (Pulse Width Modulation) untuk manipulasi frekuensi suara.

Selain perancangan perangkat keras, dilakukan perancangan perangkat lunak (software design) menggunakan bahasa C++ melalui Arduino IDE. Logika pemrograman dirancang menggunakan pendekatan persuasif, di mana respons sistem dibagi menjadi empat tingkatan (Sangat Tenang, Kondusif Aktif, Peringatan Awal, Sangat Ribut). Fungsi `analogRead()` digunakan untuk mengakuisisi data input (0-1023), yang kemudian dikonversi menggunakan fungsi `map()` menjadi skala persentase (0-100%) agar lebih mudah dipahami pengguna. Perlu ditegaskan bahwa skala persentase ini merupakan representasi relatif terhadap rentang tegangan keluaran sensor (sebagaimana lazim pada modul sensor suara analog seperti KY-037, yang bersifat relatif terhadap kalibrasi gain dan bukan pengukuran desibel terkalibrasi), bukan konversi langsung ke satuan desibel (dB). Ambang batas 35 dB dari standar WHO yang dikutip pada bagian Studi Literatur digunakan sebagai acuan kualitatif untuk menetapkan filosofi perancangan tingkatan kebisingan, bukan sebagai nilai konversi numerik dari persentase ke dB [17]. Selain itu, fungsi `tone()` diterapkan untuk menghasilkan variasi frekuensi bunyi alarm yang berbeda sesuai tingkat urgensi kebisingan [5]. Berikut adalah contoh implementasi code yang dijalankan pada simulator wokwi.

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
const int soundSensorPin = A0;
const int buzzerPin = 9;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(buzzerPin, OUTPUT);
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print(" HALO ANAK-ANAK ");
  lcd.setCursor(0, 1);
```

```

    lcd.print("  BELAJAR TERTIB  ");
    delay(3000);
    lcd.clear();
}
void loop() {
    int rawValue = analogRead(soundSensorPin);
    int noiseLevel = map(rawValue, 0, 1023, 0, 100);
    String statusBuzzer = "MATI";
    String tingkatSuara = "BISING";
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Suara: ");
    lcd.print(noiseLevel);
    lcd.print("%    ");
    lcd.setCursor(0, 1);
    if (noiseLevel >= 90) {
        lcd.print("Suara Pelan Yuk!");
        tone(buzzerPin, 1500);
        delay(150);
        tone(buzzerPin, 2000);
        delay(150);
        noTone(buzzerPin);
    }
    else if (noiseLevel >= 80) {
        lcd.print("Ssttt... Pelan ");
        statusBuzzer = "NYALA";
        tingkatSuara = "LAMBAT";
        tone(buzzerPin, 600);
        delay(400);
        noTone(buzzerPin);
        delay(400);
    }
    else {
        noTone(buzzerPin);
        digitalWrite(buzzerPin, LOW);
        statusBuzzer = "NYALA";
        tingkatSuara = "SENYAP";
        if (noiseLevel > 50) {
            lcd.print("Main Bersama :) ");
        } else {
            lcd.print("Anak Pintar :) ");
        }
        delay(100);
    }
    Serial.print("TOTAL POT: ");
    Serial.print(rawValue);
    Serial.print(" | LEVEL: ");
    Serial.print(noiseLevel);
    Serial.print("% | BUZZER: ");

```

```

Serial.print(statusBuzzer);
Serial.print(" | MODE: ");
Serial.println(tingkatSuara);
}

```

3. Evaluasi Prototipe (*Prototype Evaluation*)

Setelah tahap perancangan, kode program diuji coba menggunakan metode Black Box Testing pada simulator Wokwi. Metode ini berfokus pada fungsionalitas input-output tanpa mengubah struktur internal kode [18]. Pengujian dilakukan dengan memutar tuas potensiometer untuk mensimulasikan kenaikan persentase kebisingan (0-100%). Evaluasi dilakukan berdasarkan empat skenario kondisi berikut:

- 1) Kondisi Sangat Tenang (0% - 49%): Saat potensiometer berada di posisi rendah, LCD menampilkan teks persuasif "Anak Pintar :)", dan Buzzer dalam keadaan mati (Silent).
- 2) Kondisi Kondusif Aktif (50% - 79%): Saat nilai dinaikkan ke rentang ini, LCD menampilkan teks persuasif "Main Bersama :)", dan Buzzer tetap dalam keadaan mati (Silent).
- 3) Kondisi Peringatan Awal (80% - 89%): Saat nilai dinaikkan ke rentang ini, sistem merespons dengan mengaktifkan Buzzer pada frekuensi rendah (600Hz) dengan interval lambat, serta LCD menampilkan peringatan halus "Ssttt... Pelan".
- 4) Kondisi Sangat Ribut ($\geq 90\%$): Saat input dimaksimalkan, sistem memasuki mode siaga tinggi. Buzzer berbunyi nyaring dengan nada cepat (1500-2000Hz) untuk menarik perhatian, dan LCD menampilkan instruksi "Suara Pelan Yuk!".

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa logika percabangan if-else-if berjalan sesuai rancangan, di mana transisi antar-level terjadi secara real-time tanpa jeda (latency) yang signifikan pada simulator.

4. Rencana Implementasi Sistem (*System Implementation*)

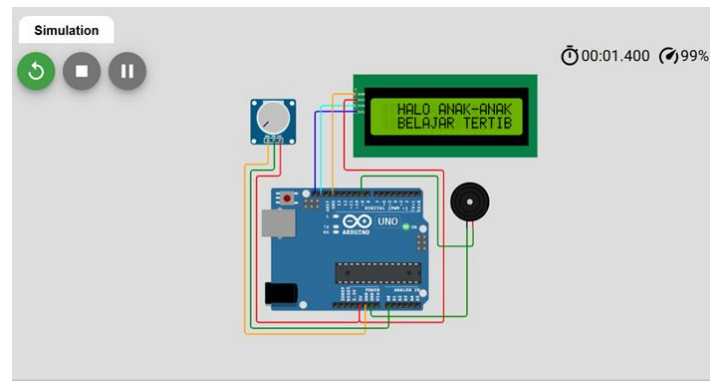
Validasi pada penelitian ini sepenuhnya dilakukan pada simulator Wokwi dan belum mencakup pengujian pada perangkat keras fisik. Sebagai tahap lanjutan yang direncanakan, implementasi pada perangkat keras fisik (*hardware deployment*) direncanakan dilakukan dengan merakit rangkaian pada breadboard mengikuti skema Wokwi, namun dengan substitusi komponen input. Komponen Potensiometer 10k Ω akan digantikan dengan Modul Sensor Suara Analog (tipe KY-037 atau MAX4466) yang memiliki mikrofon elektret untuk menangkap gelombang suara nyata di ruang kelas [19].

Pada tahap implementasi fisik mendatang, perlu dilakukan proses kalibrasi sensitivitas (*sensitivity calibration*) dengan memutar trimpot (resistor variabel) yang terdapat pada modul sensor suara. Langkah ini ditujukan untuk menyesuaikan titik referensi sensor agar nilai tegangan output sebanding dengan tingkat kebisingan latar (*background noise*) di ruang kelas yang sebenarnya, sehingga alat tidak memberikan peringatan palsu (*false alarm*) saat kondisi kelas sedang hening [20].

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

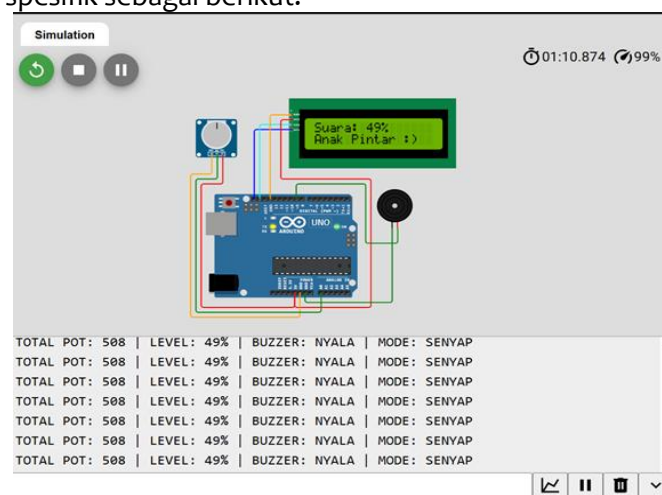
Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada simulator Wokwi, sistem pendeteksi kebisingan otomatis berhasil beroperasi sesuai dengan logika pemrograman yang dirancang. Validasi dilakukan dengan mengamati perubahan respons visual pada LCD dan data logging pada Serial Monitor terhadap perubahan input potensiometer.

Gambar 2 menunjukkan bahwa sistem berhasil menjalankan fungsi inisialisasi dengan baik. LCD menampilkan pesan sapaan "HALO ANAK-ANAK" pada baris pertama dan "BELAJAR TERTIB" pada baris kedua. Tampilan ini bertahan selama 3 detik sebelum sistem beralih ke mode pembacaan sensor utama, yang membuktikan bahwa komunikasi protokol I2C antara mikrokontroler dan modul LCD telah berjalan dengan baik.



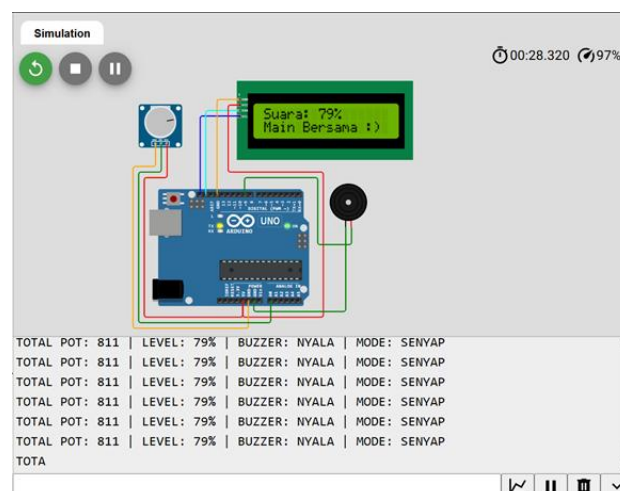
Gambar 2. Tampilan Inisialisasi Awal pada LCD

Pengujian fungsionalitas dilakukan dengan memutar tuas potensiometer dari 0% hingga 100% untuk mensimulasikan dinamika suara di ruang kelas. Berdasarkan hasil simulasi, sistem merespons dalam empat kondisi spesifik sebagai berikut:



Gambar 3. Tampilan LCD pada Kondisi Tenang

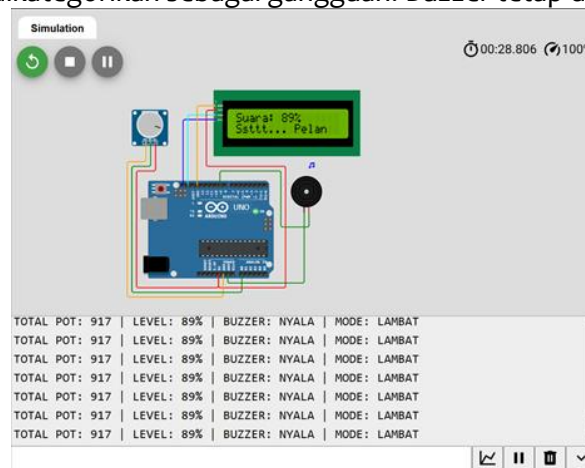
Gambar 3 memperlihatkan kondisi Sangat Tenang ketika potensiometer berada pada posisi minimum (0%) hingga mendekati 50%. Pada rentang ini, sistem mendeteksi kelas dalam keadaan sangat kondusif sehingga LCD menampilkan persentase kebisingan disertai pesan apresiasi “Anak Pintar :)”. Buzzer berada dalam status mati (Silent) dan Serial Monitor mencatat mode sebagai “SENYAP”, yang mencerminkan pendekatan penguatan positif (positive reinforcement) kepada siswa yang tertib.



Gambar 4. Tampilan LCD pada Kondisi Aktivitas Normal

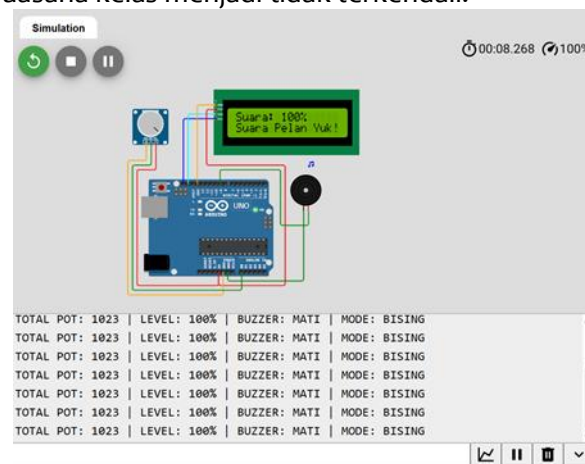
Gambar 4 menampilkan kondisi Kondusif Aktif ketika nilai input dinaikkan ke rentang 50% hingga 79%. Pada rentang ini, pesan pada LCD berubah secara otomatis menjadi “Main Bersama :)”.

:)”, yang menandakan bahwa sistem mengenali adanya aktivitas suara yang wajar, seperti diskusi kelompok, yang belum dikategorikan sebagai gangguan. Buzzer tetap dalam kondisi mati.



Gambar 5. Tampilan Peringatan Awal

Gambar 5 menggambarkan respons sistem pada kondisi Peringatan Awal ketika potensiometer menyentuh angka 80% ke atas. Pada tahap ini, sistem mendeteksi ambang batas gangguan awal sehingga teks pada LCD berubah menjadi peringatan halus “Ssttt... Pelan”. Sesuai dengan kode program, Buzzer aktif dengan nada rendah dan interval lambat. Transisi pesan berlangsung secara instan (real-time) tanpa jeda yang signifikan, sehingga berfungsi sebagai teguran halus sebelum suasana kelas menjadi tidak terkendali.



Gambar 6. Tampilan Peringatan Tingkat Tinggi

Gambar 6 mengilustrasikan kondisi Sangat Ribut pada saat potensiometer diputar hingga mendekati nilai maksimal (100%). Dalam kondisi ekstrem ini, sistem masuk ke mode siaga penuh di mana LCD menampilkan instruksi persuasif “Suara Pelan Yuk!”. Serial Monitor juga menunjukkan perubahan status mode menjadi “BISING”. Penggunaan kalimat ajakan (persuasif) sebagai pengganti larangan pada pesan ini secara psikologis dinilai lebih efektif untuk diterapkan dalam lingkungan pendidikan anak.

[illegible]

Gambar 7. Data Logging pada Serial Monitor

Gambar 7 menyajikan data logging dari Serial Monitor sebagai bentuk validasi kuantitatif sistem. Di samping tampilan visual pada LCD, validasi dilakukan dengan memantau data telemetri secara langsung pada Serial Monitor. Data tersebut memperlihatkan sinkronisasi yang presisi antara variabel TOTAL POT (Nilai Raw 0–1023) dan variabel LEVEL (Persentase). Sebagai contoh, nilai raw sebesar 830 berhasil dikonversi secara akurat menjadi 81%. Variabel MODE juga terpantau berubah secara dinamis dari “SENYAP”, “LAMBAT”, hingga “BISING” sesuai dengan logika if-else yang diterapkan dalam kode program.

Implementasi sistem pendeteksi kebisingan otomatis berbasis Arduino Uno ini menunjukkan keberhasilan integrasi antara logika pemrograman dan simulasi perangkat keras. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dipaparkan, terdapat beberapa aspek krusial yang menjadi fokus analisis, yaitu kinerja teknis sistem, efektivitas pendekatan antarmuka persuasif, dan validasi metode simulasi.

4.1 Analisis Kinerja Teknis dan Responsivitas

Sistem dirancang untuk merespons input analog secara real-time. Penggunaan fungsi `map()` dalam kode program terbukti efektif mengonversi rentang nilai mentah sensor (0-1023) menjadi skala persentase (0-100%) yang linier. Hal ini memudahkan interpretasi data tingkat kebisingan dibandingkan jika hanya menampilkan nilai tegangan voltase.

Selain itu, penerapan modul I2C (Inter-Integrated Circuit) pada LCD 16x2 memberikan efisiensi signifikan pada penggunaan pin mikrokontroler. Dengan hanya menggunakan dua pin analog (A4 dan A5) untuk komunikasi data, sisa pin digital pada Arduino dapat dimaksimalkan untuk fungsi output PWM (Pulse Width Modulation) pada Buzzer. Manipulasi frekuensi suara melalui fungsi `tone()`—dari 600Hz pada peringatan awal hingga 2000Hz pada kondisi bahaya—berhasil menciptakan hierarki urgensi yang dapat dibedakan secara intuitif oleh pendengaran manusia, sebagaimana dijelaskan dalam studi mengenai ergonomi alarm audio [21].

4.2 Efektivitas Pendekatan Persuasif (Human-Computer Interaction)

Salah satu kebaruan (novelty) dalam penelitian ini adalah penerapan logika pesan bertingkat yang bersifat persuasif, berbeda dengan alat detektor kebisingan konvensional yang umumnya hanya menggunakan indikator biner (lampu merah/hijau).

- a. Pada rentang 0% - 79%, sistem menampilkan pesan afirmatif seperti "Anak Pintar" dan "Main Bersama". Pendekatan ini mengadopsi teori Positive Reinforcement (Penguatan Positif) dari B.F. Skinner, di mana perilaku yang diinginkan (ketertiban) diberi penghargaan berupa umpan balik visual yang positif [22].
- b. Pada rentang >80%, transisi pesan menjadi "Ssttt... Pelan" dan "Suara Pelan Yuk!" bersifat mengajak (invitational) daripada memerintah (instructional).

Pendekatan ini diharapkan mampu menurunkan resistensi psikologis siswa terhadap aturan kelas, menjadikan alat ini bukan sekadar instrumen pengawas, melainkan media interaksi edukatif yang membangun kesadaran kolektif akan ketertiban.

4.3 Validasi Metode Prototyping melalui Wokwi

Penggunaan simulator Wokwi sebagai media validasi purwarupa terbukti memiliki akurasi logika yang tinggi. Meskipun menggunakan potensiometer sebagai representasi sensor suara, simulasi ini berhasil memverifikasi alur algoritma if-else-if yang kompleks tanpa risiko kesalahan perangkat keras. Keunggulan utama dari simulasi ini adalah kemampuan untuk menguji kondisi ekstrem (kebisingan 100%) secara berulang untuk memastikan stabilitas sistem—sesuatu yang sulit dilakukan secara konsisten pada pengujian lingkungan nyata karena sifat suara yang fluktuatif. Hal ini sejalan dengan temuan Al-Kuwari dkk., yang menyatakan bahwa simulasi digital merupakan langkah vital dalam meminimalkan bug pada sistem embedded sebelum tahap deployment fisik [23].

Meskipun demikian, terdapat batasan pada simulasi ini, yaitu ketiadaan faktor noise lingkungan (gangguan sinyal) yang mungkin muncul pada sensor suara fisik (KY-037) [24]. Oleh karena itu, pada implementasi fisik nantinya, fitur kalibrasi sensitivitas sensor (trimpot) menjadi aspek wajib untuk menyesuaikan respons alat dengan akustik ruang kelas yang sebenarnya. Secara keseluruhan, perlu ditegaskan bahwa seluruh hasil pengujian yang dipaparkan pada penelitian ini diperoleh dari simulasi Wokwi dengan potensiometer sebagai pengganti sensor suara, sehingga klaim efektivitas sistem masih bersifat preliminar pada tingkat logika program dan belum merepresentasikan kinerja alat pada kondisi akustik kelas yang sesungguhnya. Pengujian lapangan pada minimal satu ruang kelas nyata menggunakan sensor suara fisik menjadi prasyarat penting sebelum sistem ini dapat diklaim efektif secara operasional.

5 KESIMPULAN

Berdasarkan proses perancangan, simulasi, dan analisis yang telah dilakukan menggunakan metode Prototype, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- a. Validasi Fungsionalitas Sistem: Purwarupa sistem pendeteksi kebisingan otomatis berhasil beroperasi dengan baik pada simulator Wokwi. Integrasi antara mikrokontroler Arduino Uno, simulasi input sensor (potensiometer), serta komponen output (LCD I2C dan Buzzer) berjalan sinkron tanpa adanya konflik pengalamatan atau kesalahan logika program.
- b. Akurasi Logika Persuasif: Penerapan algoritma pemrograman bertingkat terbukti efektif dalam membedakan empat kondisi kelas: Sangat Tenang (0-49%), Kondusif Aktif (50-79%), Peringatan Awal (80-89%), dan Sangat Ribut (90-100%). Transisi pesan pada LCD dari apresiasi positif ("Anak Pintar") menuju peringatan persuasif ("Suara Pelan Yuk!") terjadi secara real-time dan presisi sesuai dengan input tingkat kebisingan yang diberikan.
- c. Efisiensi Antarmuka: Penggunaan modul I2C pada LCD dan teknik PWM pada Buzzer terbukti efisien dalam meminimalkan penggunaan pin mikrokontroler, sekaligus mampu memberikan umpan balik visual dan audio yang informatif. Variasi nada Buzzer (Rendah ke Tinggi) berhasil menciptakan hierarki urgensi yang dapat dipahami secara intuitif.

Keterbatasan dan Rekomendasi: Seluruh validasi pada penelitian ini dilakukan pada simulator Wokwi menggunakan potensiometer sebagai pengganti sensor suara, sehingga klaim efektivitas sistem masih bersifat preliminar pada tingkat logika program. Skala persentase (0–100%) yang digunakan merupakan representasi relatif dan belum dikalibrasi ke satuan desibel (dB); standar WHO (35 dB) dikutip sebagai acuan kualitatif perancangan, bukan nilai konversi numerik. Penelitian lanjutan disarankan untuk melakukan implementasi fisik menggunakan sensor suara nyata (seperti KY-037) yang telah dikalibrasi, serta pengujian lapangan pada minimal satu ruang kelas nyata, sebelum efektivitas sistem dapat digeneralisasi pada kondisi operasional sesungguhnya.

REFERENSI

- [1] A. Al-Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari, and M. Ayyash, "Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications," *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. 17, no. 4, pp. 2347–2376, 2015, doi: 10.1109/COMST.2015.2444095.
- [2] F. Iskandar and Y. Pramudya, "A Comparative Study of Sound Resonance Using Arduino-Based Ultrasonic Sensors and Visualization Analysis with Python," *J. Mater. dan Pembelajaran Fis.*, vol. 14, no. 2, pp. 72–80, 2024, doi: 10.20961/jmpf.v14i2.93454.
- [3] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, and M. Palaniswami, "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions," *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 29, no. 7, pp. 1645–1660, 2013, doi: 10.1016/j.future.2013.01.010.
- [4] M. El-Morhit, "Arduino Use in Education Systems to Monitor the Noise in Schools Classrooms in Qatar," *J. Environ. Pollut. Control*, vol. 5, no. 2, p. 201, 2022.

- [5] E. S. Kumar, “Arduino Working Principle and It’s Use in Education,” *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, vol. 10, no. 4, pp. 2314–2319, 2022, doi: 10.22214/ijraset.2022.41784.
- [6] R. Muhendra, KONSEP DASAR SISTEM INSTRUMENTASI , WIRELESS SENSOR NETWORK DAN INTERNET OF THINGS (IoT), no. 39. 2023.
- [7] N. D. Dat, N. Van Bien, N. T. T. Khuyen, N. T. V. Ha, H. T. T. An, and N. T. P. Anh, “Arduino-Based Experiments: Leveraging Engineering Design and Scientific Inquiry in STEM Lessons,” *Int. J. STEM Educ. Sustain.*, vol. 4, no. 1, pp. 38–53, 2024, doi: 10.53889/ijses.v4i1.317.
- [8] Z. Gingl et al., “Universal Arduino-based experimenting system to support teaching of natural sciences,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1287, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1287/1/012052.
- [9] L. Louis, “Working Principle of Arduino and Using it as a Tool for Study and Research,” *Int. J. Control. Autom. Commun. Syst.*, vol. 1, no. 2, pp. 21–29, 2016, doi: 10.5121/ijcacs.2016.1203.
- [10] F. Gheller, G. Spicciarelli, P. Scimemi, and B. Arfé, “The Effects of Noise on Children’s Cognitive Performance: A Systematic Review,” *Environ. Behav.*, vol. 55, no. 8–10, pp. 698–734, 2023, doi: 10.1177/00139165241245823.
- [11] R. A. N. Rifqah, S. W. Suciya, A. Surtono, and G. A. Pauzi, “Design of a Classroom Noise Monitoring Tool Using a KY-037 Sound Sensor Based on Wemos D1R1,” *J. Energy, Mater. Instrum. Technol.*, vol. 4, no. 4, pp. 125–135, 2023, doi: 10.23960/jemit.v4i4.118.
- [12] M. Tupac-Yupanqui, C. Vidal-Silva, L. Pavesi-Farriol, A. Sanchez Ortiz, J. Cardenas-Cobo, and F. Pereira, “Exploiting Arduino Features to Develop Programming Competencies,” *IEEE Access*, vol. 10, pp. 20602–20615, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3150101.
- [13] I. Maryani, M. I. Sukarelawan, F. Setyawan, T. K. Indratno, E. Susanto, and H. W. Ramdani, “Design and Development of the Stemdunoise Prototype as a Noise Detector in Classrooms,” *Jurnal Pendidikan Fisika*, vol. 13, no. 2, pp. 191–205, 2025, doi: 10.26618/jpf.v13i2.17718.
- [14] R. S. Pressman, *Software Engineering*. 2010. doi: 10.1145/336512.336521.
- [15] S. Ahmed, T. S. Bin Ahmed, S. Jafreen, J. Tajrin, and J. Uddin, “IoT Based Real Time Noise Mapping System for Urban Sound Pollution Study,” *arXiv:2002.11188*, pp. 1–4, 2020.
- [16] M. Dela Cruz, “An Intelligent Classroom Noise Monitoring System,” *Int. J. Res. Sci. Innov.*, vol. 13, no. 1, pp. 321–331, 2026, doi: 10.51244/IJRSI.2026.13010321.
- [17] E. M. S. Kavedia and E. S. V. Bhambhure, “Arduino a Development Tools for Embedded System and IOT,” *Softw. Eng. Its Appl.*, no. June 2020, pp. 17–31, 2021.
- [18] S. Tselegkaridis, T. Sapounidis, and D. Papakostas, “Learning Circuits and Coding with Arduino Board in Higher Education Using Tangible and Graphical User Interfaces,” *Inf.*, vol. 15, no. 5, pp. 1–16, 2024, doi: 10.3390/info15050245.
- [19] A. Maspupah, “Literature Review: Advantages and Disadvantages of Black Box and White Box Testing Methods,” *Techno Nusa Mandiri J. Comput. Inf. Technol.*, vol. 21, no. 2, pp. 151–162, 2024, doi: 10.33480/techno.v21i2.5776.
- [20] F. Outferdine, K. Cherifi, D. Belkhiri, B. Bouachrine, and M. Ajaamoum, “Implementation of a low-cost intelligent street light system using internet of things,” *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 33, no. 3, pp. 1387–1396, 2024, doi: 10.11591/ijeecs.v33.i3.pp1387-1396.
- [21] M. A. Syahansyah, Y. Heru, and R. Saptono, “Design and Build a Coconut Ripeness Classifier Using Sound Sensor,” *J. Telecommun. Netw.*, vol. 12, no. 2, pp. 85–88, 2022, doi: 10.33795/jartel.v12i2.311.
- [22] I. A. Ghashim and M. Arshad, “Internet of Things (IoT)-Based Teaching and Learning: Modern Trends and Open Challenges,” *Sustain.*, vol. 15, no. 21, pp. 1–21, 2023, doi: 10.3390/su152115656.

- [23] S. Fakhari et al., “Smart Classroom Monitoring Using Novel Real-Time Facial Expression Recognition System,” *Appl. Sci.*, vol. 12, no. 23, pp. 1–18, 2022, doi: 10.3390/app122312134.
- [24] L. Wilani, M. Peslinof, and J. Pebralia, “Rancang Bangun Sistem Monitoring Kebisingan pada Ruangan dengan Sensor Suara GY-MAX4466 Berbasis Internet of Things (IoT),” *STRING (Satuan Tulisan Ris. dan Inov. Teknol.)*, vol. 7, no. 3, pp. 319–328, 2023, doi: 10.30998/string.v7i3.15492.