

PERANCANGAN SISTEM PERINGATAN DINI BENCANA UNTUK MENINGKATKAN KESIAPSIAGAAN PENANGANAN BENCANA DI SLBN CICENDO

1st Muhammad Hilmi Izzulhaq
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung

muhhilmi@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Ilman Fahman Bashar
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung

ilmanfahman@student.telkomuniversity.ac.id

3rd Muhamad Wildan Rizky
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung

willtanoeee@student.telkomuniversity.ac.id

4th Favian Dewanta
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung

favian@telkomuniversity.ac.id

5th Retno Hendryanti
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung

rehendry@telkomuniversity.ac.id

Abstrak— Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem peringatan dini bencana berbasis Internet of Things (IoT) di Sekolah Luar Biasa Negeri (SLBN) Cicendo, sebagai solusi untuk meningkatkan keselamatan penyandang disabilitas. Dengan sensor accelerometer, sensor IR Flame, dan sensor MQ-2, sistem mampu mendeteksi gempa bumi dan kebakaran. Google Firebase digunakan sebagai penyimpanan data, sedangkan lampu berwarna merah berfungsi sebagai alarm. Sistem ini juga menyediakan lampu hijau untuk tanda istirahat, lampu kuning untuk tanda masuk kelas, dan aplikasi berbasis smartphone untuk memonitor data sensor secara real-time. Sistem pendeteksi bencana diuji melalui simulasi, dengan hasil sensor IR Flame dan sensor MQ-2 memiliki waktu deteksi rata-rata sekitar 3,8 detik dan 3,6 detik, sesuai harapan. Awalnya, sensor akselerometer memiliki tingkat kesalahan tinggi 43,1%, namun setelah penyesuaian, kesalahan rata-rata berkurang menjadi 14,41%. Pengujian Quality of Services (QoS) menunjukkan throughput rata-rata 424,00 bits/s dengan delay sekitar 18,878 milidetik. Pengujian aplikasi menggunakan System Usability Scale (SUS) menghasilkan skor 84,17%, dan uji Black Box sesuai dengan harapan.

Kata Kunci— *Internet of Things (IoT)*, Sensor, Sistem Peringatan Dini Bencana.

I. PENDAHULUAN

Pada tahun 2022, Gempa bumi terjadi 1290 kali di Jawa Barat [1]. Terakhir, bencana gempa bumi yang terjadi di Kabupaten Cianjur, Jawa Barat setidaknya menewaskan 635 orang dan terjadi hingga 406 kali susulan [2]. Untuk bencana kebakaran di Jawa Barat, nilai rata-rata jumlah kebakaran bangunan tiap tahun adalah 200,67 dalam 3 tahun terakhir. Hal ini masih cukup tinggi walaupun menunjukkan angka

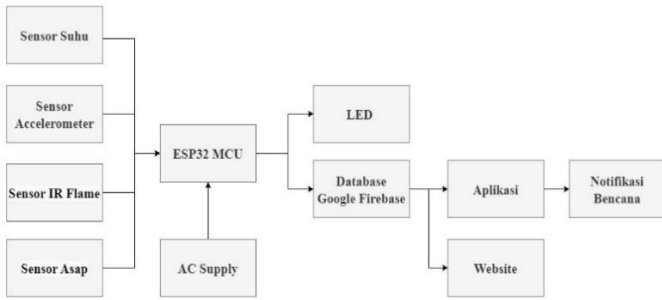
penurunan pada data tahun 2021, total jumlah kebakaran bangunan adalah 33, turun -500% [3]. Namun, saat ini belum ada sistem peringatan dini yang baik, khususnya untuk penyandang disabilitas tuli di SLBN Cicendo, di mana merupakan SLBN tertua yang ada di Indonesia [4]. Padahal, pemerintah menjamin kepada seluruh penyandang disabilitas memiliki hak atas fasilitas dan perlakuan khusus.

Kementerian Ketenagakerjaan RI memperkirakan ada sebanyak 16,5 juta orang penyandang disabilitas, yang terdiri dari 7,6 juta laki-laki dan 8,9 juta perempuan di Indonesia [5]. Kondisi ini mendorong pengembangan sarana sistem peringatan dini bencana atau Early Warning System (EWS) yang lebih efisien dengan memanfaatkan sensor, teknologi nirkabel, dan konsep Internet of Things (IoT) untuk mendeteksi bencana secara otomatis yang langsung dapat mengingatkan guru dan siswa tuli Ketika terjadi bencana melalui smartphone.

II. METODE PENELITIAN

2.1 DIAGRAM FUNGSI SISTEM

Pada gambar 1, mikrokontroler data yang didapat dari sensor akan diproses, apabila melebihi threshold yang diprogram lampu strobo akan menyala dan mengirimkan data bencana ke database cloud yang berada di Firebase, database google Firebase diprogram untuk terkoneksi pada aplikasi yang berada di smartphone pihak yang berada di sekolah dan memberikan notifikasi secara langsung setelah semua data diproses dan apabila terdeteksi terjadinya bencana. Sistem menggunakan daya dari AC supply pada saat listrik di lokasi bekerja dengan baik.



Gambar 1. Diagram Fungsi Sistem

2.2 RANGKAIAN HARDWARE SISTEM

Implementasi yang dilakukan pada hardware adalah merangkai mikrokontroler dengan sensor serta pendukung lainnya sehingga dapat terhubung dengan baik sebagai berikut.



Gambar 2. Rangkaian Hardware Sistem

Gambar 2 menampilkan tampilan sistem dengan beberapa komponen kunci. Di bagian atas sebelah kiri, terdapat tombol power untuk menghidupkan/mematikan sistem, lubang USB Type C, dan input DC 5V 1A. Bagian tengah atas menampilkan layar status sensor yang terhubung ke mikrokontroler ESP32, dengan tombol restart di samping kanan dan lampu LED untuk menunjukkan koneksi wifi. Bagian atas sebelah kanan menampilkan kabel AC, lampu, dan relay. Di bagian bawah kiri, terdapat lubang untuk kabel AC dan lampu strobo, sementara di bagian bawah kanan, terdapat lubang untuk sensor seperti DHT11, IR Flame, dan MQ-2. Bagian dalam sistem menunjukkan rangkaian kabel pada sensor yang digunakan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Terdapat empat jenis pengujian yang dilakukan, yaitu pengujian sensor, *Quality of Services*, pengujian SUS (*System Usability Scale*) dan pengujian *black box*.

3.1. Pengujian Sensor

Berikut adalah hasil pengujian masing-masing sensor saat pengujian. sensor diberikan kondisi seperti benda yang terbakar, asap rokok dan guncangan.

3.1.1. Sensor MPU6050

Pengujian sensor MPU6050 diinisialisasi dengan menggunakan formula Magnitudo Vektor [8][11] sebagai berikut digunakan pada rumus 1.

Magnitudo =

$$\sqrt{(a \cdot a_x - o_x)^2 + (a \cdot a_y - o_y)^2 + (a \cdot a_z - o_z)^2} \quad (1)$$

Dimana:

a = Nilai Akselerasi

a_x = Nilai Akselerasi Sumbu X

a_y = Nilai Akselerasi Sumbu Y

a_z = Nilai Akselerasi Sumbu Z

o_x = Nilai Offset Sumbu X dari hasil kalibrasi

o_y = Nilai Offset Sumbu Y dari hasil kalibrasi

o_z = Nilai Offset Sumbu Z dari hasil kalibrasi

Pengujian dilakukan dengan memberikan simulasi guncangan selama 120 detik dan mengambil sampel setiap 4 detik. Aplikasi Vibrometer pada smartphone digunakan untuk membandingkan nilai output sensor dalam perhitungan magnitudo. Hasilnya tercatat dalam Tabel 1, yang menunjukkan rata-rata error sebesar 43,1%. Untuk meminimalisir error, dilakukan penyesuaian dengan menggunakan perbandingan rata-rata nilai sebagai pengali dalam rumus perhitungan [13]. Hasil penyesuaian tersebut terdokumentasi dalam Tabel 2, yang menunjukkan penurunan rata-rata error menjadi 14,41% setelah kalibrasi. Ambang batas nilai yang terdeteksi ditetapkan sebesar 2.5 sebagai nilai minimum adanya gempa [6].

Tabel 1. Perbandingan Data Pembacaan Magnitudo

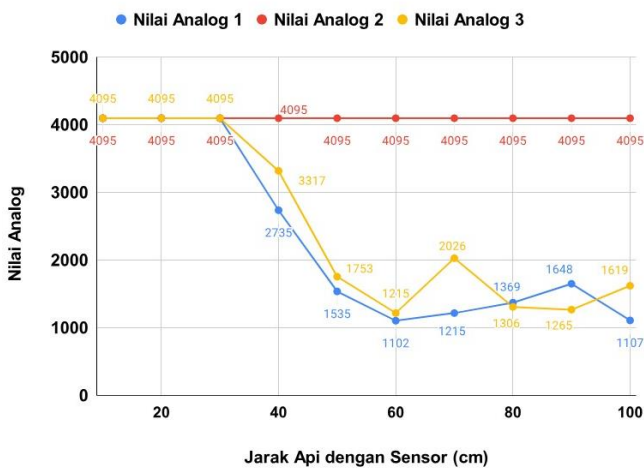
| Waktu | Nilai Aplikasi (Magnitudo) | Nilai Sistem (Magnitudo) | Error |
|----------------|----------------------------|--------------------------|--------------|
| 22:39:50, | 5 | 1,63 | 67,4% |
| 22:39:54, | 5,1 | 4,64 | 9,0% |
| 22:39:58, | 4,9 | 3,65 | 25,5% |
| 22:40:01, | 4,5 | 2,79 | 38,0% |
| 22:40:05, | 4,6 | 1,68 | 63,5% |
| 22:40:09, | 4,7 | 4,01 | 14,7% |
| 22:40:13, | 4,8 | 1,65 | 65,6% |
| 22:40:16, | 4,5 | 1,77 | 60,7% |
| 22:40:20, | 4,3 | 1,36 | 68,4% |
| 22:40:24, | 4,6 | 2,7 | 41,3% |
| 22:40:27, | 4,2 | 2,43 | 42,1% |
| 22:40:31, | 4,5 | 1,92 | 57,3% |
| 22:40:35, | 4,4 | 2,66 | 39,5% |
| 22:40:38, | 4,3 | 2,37 | 44,9% |
| 22:40:46, | 4,2 | 3,77 | 10,2% |
| Average | 4,573 | 2,60 | 43,1% |

Tabel 2. Perbandingan Data Pembacaan Magnitudo Setelah Dilakukan Penyesuaian dari Error Rata-Rata yang Didapat

| Waktu | Nilai Aplikasi (Magnitudo) | Nilai Sistem (Magnitudo) | Error |
|----------------|----------------------------|--------------------------|--------|
| 0:01:23 | 5,6 | 5,2 | 7,14% |
| 0:01:26 | 5 | 4,22 | 15,60% |
| 0:01:33 | 3,5 | 2,58 | 26,29% |
| 0:01:37 | 4,1 | 3,19 | 22,20% |
| 0:01:41 | 5,2 | 6,06 | 16,54% |
| 0:01:45 | 4,9 | 5,83 | 18,98% |
| 0:01:48 | 4 | 4 | 0,00% |
| 0:01:55 | 3 | 3,85 | 28,33% |
| 0:01:59 | 4,1 | 4,67 | 13,90% |
| 0:02:09 | 4,8 | 5,61 | 16,88% |
| 0:02:13 | 4,7 | 5,15 | 9,57% |
| 0:02:16 | 4,8 | 5,37 | 11,88% |
| 0:02:20 | 3,5 | 4,12 | 17,71% |
| 0:02:24 | 4,9 | 5,15 | 5,10% |
| 0:02:28 | 3 | 2,82 | 6,00% |
| Average | 4,34 | 4,52 | 14,41% |

3.1.2. Sensor IR Flame

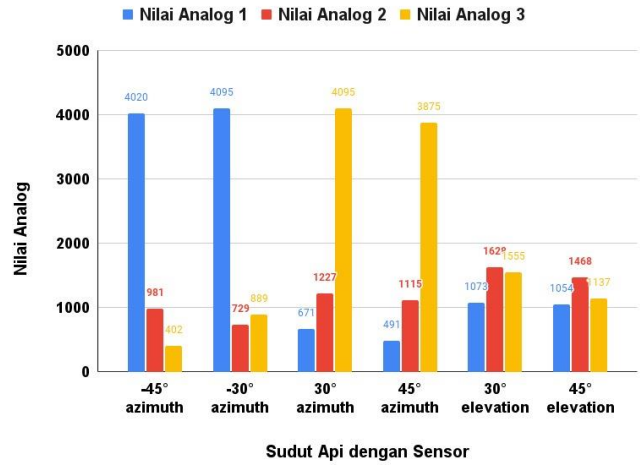
Pada gambar 3, hasil pengujian untuk sensor IR flame ini, diberikan jarak yang berbeda dimulai dari jarak 10 cm dari sensor, didapatkan nilai maksimal untuk ketiga sensor. Kemudian, api digeser menjauh dari sensor dengan kelipatan 10 cm dan seterusnya, didapatkan pada jarak 40 cm terdapat penurunan nilai analog yang dibaca oleh sensor. Pada jarak 70, 90, dan 100 cm terjadi ketidakseimbangan data antar sensor nilai analog 1 dan 3 yang seharusnya nilai tersebut tidak jauh berbeda. Hal ini karena api terus berkobar lebih besar dari saat jarak pertama dan sensor membaca nilai analog tidak lebih signifikan. Ini juga mengakibatkan tidak ada perbedaan yang jauh antara jarak 40 cm hingga jarak 100 cm [17].



Gambar 3. Grafik Pengujian Sensor IR Flame dengan Jarak Api

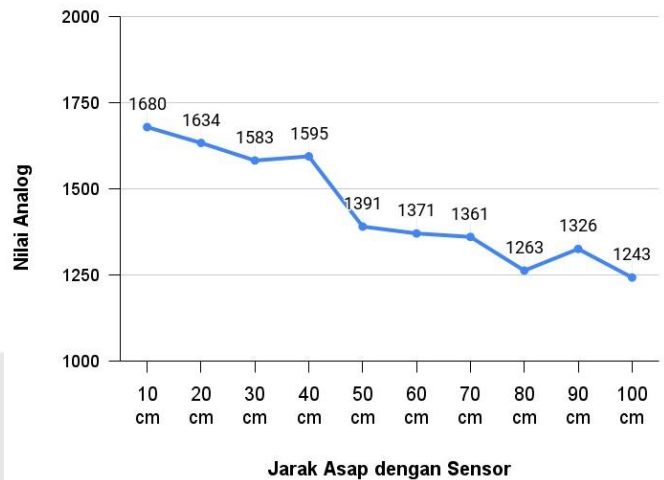
Pada gambar 4, hasil pengujian sensor yang dilakukan untuk menguji sensor apabila terdapat api yang

tidak sejajar dengan sensor, didapatkan nilai yang cukup konsisten. Pada data 30° azimuth, sensor kanan mendapatkan nilai yang maksimal daripada dua sensor lainnya. Sedangkan untuk -30° azimuth, didapatkan nilai yang maksimal dan lebih besar dari kedua sensor lainnya untuk sensor kiri. Untuk 30° elevation, nilai yang tertinggi didapatkan pada sensor tengah.



Gambar 4. Hasil Pengujian Sensor IR Flame dengan Azimuth dan Elevasi

3.1.3. Sensor Asap MQ-2



Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian Sensor MQ-2

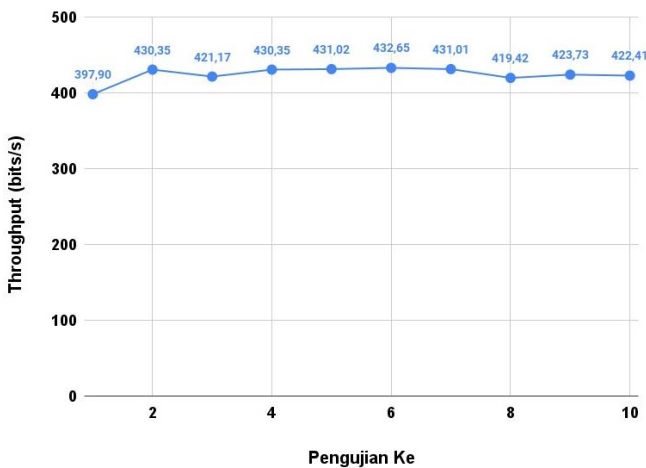
Pada gambar 5, hasil pengujian yang dilakukan pada sensor MQ-2 menunjukkan data nilai yang cukup baik. Saat asap menjauh dari sensor, terdapat penurunan nilai yang konsisten terlihat dalam grafik.

3.2. Pengujian Analisis Quality of Services (QoS)

Pengujian Analisis Quality of Services (QoS) dilaksanakan untuk memastikan bahwa koneksi antara sistem dengan firebase beroperasi dengan baik [21]. Dalam proses pengujian ini, langkah-langkah hasil pengujian Quality of Services (QoS) akan dijelaskan secara rinci. Berikut adalah langkah-langkah dan hasil pengujian Quality of Services (QoS):

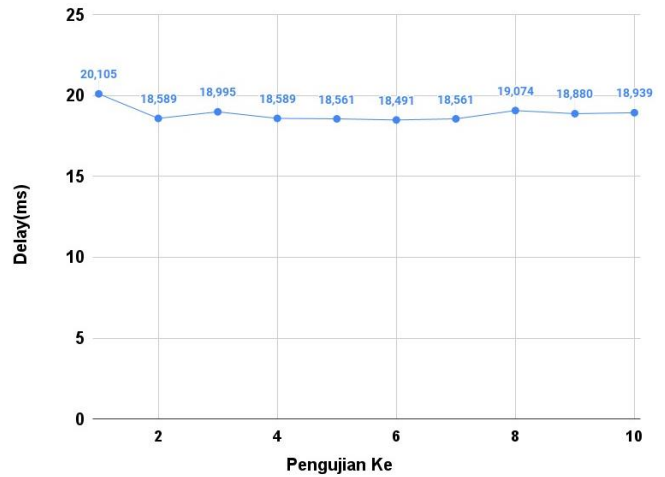
1. Sistem sensor dinyalakan serta terkoneksi ke *wifi* yang sama dengan komputer/laptop yang akan dilakukan untuk pengujian.
2. Komputer/laptop yang sudah terinstal Wireshark untuk memantau status pengiriman paket data dari mikrokontroler menuju Firebase.
3. Meninjau dan menjalankan mode *capture* pada Wireshark yang sudah terinstal pada komputer/laptop dengan interval waktu sesuai kebutuhan.

Pada gambar 6, hasil pengujian *throughput* (dalam bit/detik) selama sepuluh kali pengujian. Nilai *throughput* cukup stabil, mengalami fluktuasi kecil tetapi umumnya tetap di atas 400,00 bit/detik setelah pengujian awal. Ada peningkatan *throughput* dari pengujian pertama ke pengujian kedua, dan kemudian variasi minor pada pengujian berikutnya. Secara keseluruhan, grafik ini menunjukkan bahwa sistem yang diuji memiliki *throughput* yang cukup stabil dengan sedikit variasi sepanjang sepuluh kali pengujian. Ini bisa menunjukkan bahwa sistem tersebut dapat mempertahankan kinerja yang konsisten dalam mengirim data.



Gambar 6. Grafik Hasil Pengujian *Throughput* Pada *Quality of Services* (QoS)

Pada gambar 7, hasil pengujian waktu *Delay* (dalam ms) selama sepuluh kali pengujian. Waktu tunda relatif konsisten, berkisar antara 18.000 hingga 20.000 ms. Ada peningkatan kecil dalam waktu *Delay* pada awalnya tetapi stabil dari pengujian ketiga dan seterusnya. Secara keseluruhan, grafik ini menunjukkan bahwa sistem yang diuji memiliki waktu tunda yang cukup stabil dengan sedikit variasi sepanjang sepuluh kali pengujian. Ini bisa menunjukkan bahwa sistem tersebut dapat mempertahankan kinerja yang konsisten dalam mengirim data dengan tunda waktu yang relatif konstan.



Gambar 7. Grafik Hasil Pengujian *Delay* Pada *Quality of Services* (QoS)

3.3. Pengujian *System Usability Scale* (SUS)

Pengujian SUS dilakukan untuk menilai kinerja aplikasi dalam hal fungsionalitasnya. Tahapan dan output pengujian SUS terdiri dari serangkaian langkah dan hasil pengujian yang mencakup aspek-aspek berikut:

Setiap pernyataan dinilai menggunakan skala Likert dengan rentang nilai dari 1 hingga 5. Pernyataan terdiri dari lima pernyataan positif dan lima pernyataan negatif. Hasil akhir dari pengujian ini diperoleh dengan menghitung total skor dan melakukan normalisasi untuk mendapatkan skor akhir SUS [22]. Skor SUS dapat memberikan gambaran umum tentang sejauh mana pengguna merasa puas dan menilai kegunaan suatu sistem. Interpretasi skor dilakukan dengan membandingkan hasil dengan skala standar yang telah ditentukan. Metode SUS sering digunakan dalam pengembangan produk dan sistem untuk mengidentifikasi area perbaikan dan meningkatkan pengalaman pengguna. Tabel 3 tertulis 10 pertanyaan tersebut antara lain:

Tabel 3. Pertanyaan Pengujian SUS kepada Pengguna

| No. | Pertanyaan | Kategori | Skor |
|-----|--|------------------------|------|
| 1 | Saat menggunakan aplikasi SLBN Cicendo, saya merasa antarmuka penggunaannya baik. | <i>User Interface</i> | 1-5 |
| 2 | Saya mengalami kesulitan dalam menggunakan aplikasi ini. | Kesulitan Penggunaan | 1-5 |
| 3 | Fitur-fitur aplikasi ini sesuai dengan harapan saya. | Harapan Fitur | 1-5 |
| 4 | Saya sering mengalami ketidaksesuaian atau masalah kinerja saat menggunakan aplikasi ini | Kinerja Aplikasi | 1-5 |
| 5 | Saya merasakan konsistensi dalam penggunaan aplikasi ini. | Konsistensi Penggunaan | 1-5 |

| No. | Pertanyaan | Kategori | Skor |
|-----|--|------------------------------|------|
| 6 | Menurut saya, orang lain mungkin membutuhkan waktu lama untuk memahami cara menggunakan aplikasi ini | Kesulitan Pemahaman | 1-5 |
| 7 | Saya tidak merasa bingung dengan aplikasi ini dari sudut pandang pengguna lain. | Kepuasan Pengguna | 1-5 |
| 8 | Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas menggunakan aplikasi SLBN Cicendo terasa lebih lama dan tidak efisien | Efisiensi Waktu | 1-5 |
| 9 | Dukungan dan bantuan yang disediakan oleh aplikasi SLBN Cicendo, seperti panduan atau tutorial, dianggap baik oleh saya. | Dukungan dan Bantuan | 1-5 |
| 10 | Secara keseluruhan, pengalaman pengguna menggunakan aplikasi SLBN Cicendo kurang memuaskan. | Kepuasan Pengalaman Pengguna | 1-5 |

Formulir Pengujian SUS Aplikasi SLBN Cicendo telah diisi oleh 30 responden. Total nilai yang diberikan oleh setiap responden akan dihitung terlebih dahulu dengan menggunakan rumus (2).

$$x = ((P1 - 1) + (5 - P2) + (P3 - 1) + (5 - P4) + (P5 - 1) + (5 - P6) + (P7 - 1) + (5 - P8) + (P9 - 1) + (5 - P10)) * 2.5 \quad (2)$$

Keterangan:

x = total nilai tiap responden.

P = nilai dari setiap pernyataan.

Setelah memperoleh semua nilai dari setiap responden, langkah berikutnya adalah menghitung nilai rata-rata dari seluruh responden menggunakan rumus (3).

$$\bar{x} = \frac{\sum X}{n} \quad (3)$$

Keterangan:

\bar{x} = rata-rata total nilai.

n = jumlah responden.

Dengan menggunakan data yang didapatkan dari formulir yang telah diisi responden, data tersebut diolah menggunakan kedua rumus di atas. Hasil rata-rata total nilai dari seluruh responden adalah 84,17.

3.4. Detail Pengujian Black Box

Pengujian *black box* dilaksanakan untuk memastikan bahwa seluruh fitur dalam aplikasi mobile beroperasi dengan baik. Dalam proses pengujian ini, langkah-langkah dan hasil pengujian *black box* akan

dijelaskan secara rinci. Berikut adalah langkah-langkah dan hasil dari pengujian *black box*:

Uji coba *Black Box* menjadi penting untuk memastikan seluruh fitur dalam aplikasi mobile dapat beroperasi dengan optimal. Proses pengujian *Black Box* melibatkan tiga langkah utama, yaitu:

1. Menyiapkan halaman atau fitur dari aplikasi yang akan diuji.
2. Mempersiapkan skenario pengujian dan menentukan hasil yang diharapkan untuk setiap halaman atau fitur dalam aplikasi.
3. Melaksanakan skenario pengujian yang telah dipersiapkan sebelumnya pada setiap halaman atau fitur dalam aplikasi.

Setelah itu, hasil dari skenario pengujian dibandingkan dengan hasil yang diharapkan. Jika hasil sesuai dengan harapan, diberikan keterangan "Berhasil". Sebaliknya, jika hasil tidak sesuai dengan harapan, diberikan keterangan "Tidak Berhasil".

Pengujian *black box* telah selesai dilakukan pada seluruh halaman dan fitur dalam aplikasi. Sebagian besar halaman dan fitur beroperasi dengan baik dan sesuai dengan hasil yang diharapkan. Hasil pengujian telah dirangkum dalam Tabel 4 hasil pengujian *black box*.

Tabel 4. Hasil Pengujian *Black Box*

| No | Halaman / Fitur | Skenario Pengujian | Hasil yang Diharapkan | Hasil |
|----|-----------------|--|---|-----------------|
| 1 | <i>Log in</i> | Menginput email dan password pada textfield, kemudian log in menggunakan akun terdaftar untuk verifikasi akun dengan <i>Firestore Authentication</i> dan masuk ke homepage | Berhasil menginput email dan password pada textfield, kemudian log in menggunakan akun terdaftar untuk verifikasi akun dengan <i>Firestore Authentication</i> dan masuk ke homepage | Berhasil |
| 2 | <i>Register</i> | Menginput nama, nip, status, email dan password. Selanjutnya, tekan tombol "Daftar" untuk menambahkan data pengguna baru ke <i>Firestore</i> dan beralih ke Halaman Utama. | Berhasil menginput nama, nip, status, email dan password. Selanjutnya, tekan tombol "Daftar" untuk menambahkan data pengguna baru ke <i>Firestore</i> dan beralih ke Halaman Utama. | Berhasil |

| No | Halaman / Fitur | Skenario Pengujian | Hasil yang Diharapkan | Hasil |
|----|-----------------|--|---|----------|
| 3 | Home page | Menampilkan username, tanggal jadwal (bila ada), menampilkan data lokasi (bila ada), menampilkan data bencana (bila ada), menampilkan data 5 absensi pengguna terakhir. | Berhasil menampilkan username, tanggal jadwal (bila ada), menampilkan data lokasi (bila ada), menampilkan data bencana (bila ada), menampilkan data 5 absensi pengguna terakhir. | Berhasil |
| 4 | Home Alarm | Dapat menampilkan data sensor dari Firebase Realtime Database, dapat mengatur dan mengganti nilai data lampu, pengguna juga mendapatkan notifikasi walaupun aplikasi tidak terbuka | Berhasil menampilkan data sensor dari Firebase Realtime Database, dapat mengatur dan mengganti nilai data lampu, pengguna juga mendapatkan notifikasi walaupun aplikasi tidak terbuka | Berhasil |
| 5 | Absensi | Membuka akses GPS apabila tidak aktif, dapat mencatat waktu masuk dan keluar, koordinat dan mengubah menjadi alamat posisi yang diketahui oleh pengguna dan mengirim data absensi ke Firebase Firestore untuk menyimpan data absensi | Berhasil membuka akses GPS apabila tidak aktif, dapat mencatat waktu masuk dan keluar, koordinat dan mengubah menjadi alamat posisi yang diketahui oleh pengguna dan mengirim data absensi ke Firebase Firestore untuk menyimpan data absensi | Berhasil |
| 6 | Input User | Menginput pengguna baru yang akan didaftarkan oleh role admin dengan nama, nip, status, email dan berhasil menambahkan data pengguna baru ke Firebase Authentications dan Firestore | Berhasil menginput pengguna baru yang akan didaftarkan oleh role admin dengan nama, nip, status, email dan berhasil menambahkan data pengguna baru ke Firebase Authentications dan Firestore | Berhasil |
| 7 | Input Jadwal | Menginput jadwal mata pelajaran sekolah yang hanya dapat diakses oleh role admin dan | Berhasil menginput jadwal mata pelajaran sekolah yang hanya dapat diakses oleh role admin dan data dapat | Berhasil |

| No | Halaman / Fitur | Skenario Pengujian | Hasil yang Diharapkan | Hasil |
|----|-----------------|--|----------------------------------|-------|
| | | guru dan data dapat tersimpan di Firebase Firestore. | tersimpan di Firebase Firestore. | |

3.5. Analisis Hasil Pengujian

Hasil pengujian yang telah dilakukan akan mendapatkan analisis lebih lanjut. Dalam konteks ini, akan diuraikan analisis dari pengujian sensor, QoS (*Quality of Service*), dan *black box*. Rincian analisis hasil pengujian adalah sebagai berikut.

3.5.1 Analisis Hasil Pengujian Sensor

Hasil pengujian dari ketiga sensor, untuk sensor IR flame dan sensor asap didapatkan hasil yang baik [7][14][15], sudah seperti yang diharapkan. Namun, untuk sensor accelerometer mendapatkan error yang tinggi karena perhitungan yang lambat dari mikrokontroler yang sudah hampir penuh untuk penyimpanannya. Agar sesuai dengan nilai aplikasi, kami menambahkan pengali dengan maksud mengkalibrasi sensor agar nilai yang keluar tidak jauh berbeda [10][12][16].

3.5.2 Analisis Hasil Quality of Services (QoS)

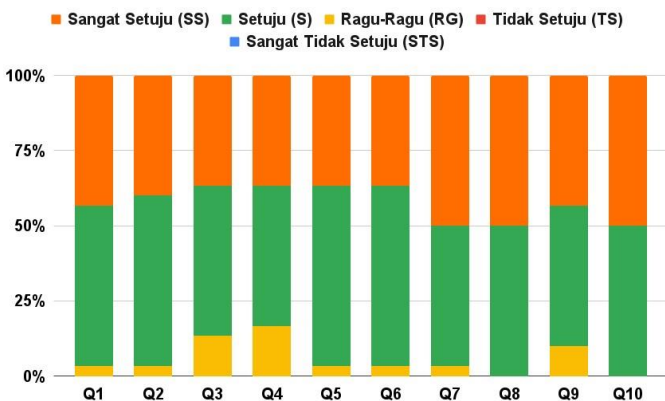
Dari *capture data packet* yang dikirimkan oleh sistem menuju Firebase, didapat nilai dari *Quality of Services* (QoS) dari sistem yang terkoneksi menggunakan *WiFi* pada saat mengirim data menuju Firebase, dengan besaran nilai rata-rata *packets* yang didapat sebesar 8953,8 bytes (8,75 KB) dan rata-rata timespan sebesar 169,209 s, didapatkan *packet loss* 0% untuk throughput 424 bits/s, dan *delay* adalah 18,878 ms. Sebagai pengukuran performansi, hasil akan dibandingkan dengan tabel pada ITU-T Rec. G.1010 seperti yang dapat dilihat pada tabel 5 [9]. Dengan membandingkan target performansi tabel tersebut, data *packets* yang di dapat lebih besar, namun *delay* masih di bawah 250 ms sebagai nilai maksimal *one-way delay*, dengan mendapatkan *information loss* yang juga nol. Hal ini masih dapat dikategorikan baik, karena memenuhi kriteria target performansi [18].

Tabel 5. Target Performansi untuk Data Aplikasi ITU-T Rec. G.1010

| Medium | Application | Degree of symmetry | Typical amount of data | Key performance parameters and target values | | |
|--------|-----------------|--------------------|------------------------|--|-----------------|------------------|
| | | | | One-way delay (Note) | Delay variation | Information loss |
| Data | Command/control | Two-way | ~ 1 KB | < 250 ms | N.A. | Zero |

3.5.3 Analisis Hasil Pengujian SUS

Dari gambar 8, terlihat bahwa terdapat sepuluh pertanyaan yang diajukan kepada 30 responden, menghasilkan jawaban yang cenderung positif. Responden lebih banyak memilih jawaban sangat setuju (SS) dan setuju (S). Selain itu, ada hasil responden yang menunjukkan keraguan terhadap Aplikasi SLBN Cicendo, kecuali untuk pernyataan 8 dan 10. Keberhasilan atau kekurangan nilai pada *System Usability Scale* (SUS) dapat dinilai melalui rata-rata total yang diperoleh. Rata-rata tersebut dihitung dengan menjumlahkan total nilai dari seluruh responden dan kemudian membaginya dengan jumlah responden. Dalam pengujian ini, terdapat 30 responden, dan nilai rata-rata total yang diperoleh adalah sebesar 84,17. Untuk mengevaluasi apakah nilai ini dianggap baik atau tidak, terdapat dua metode yang dapat digunakan.



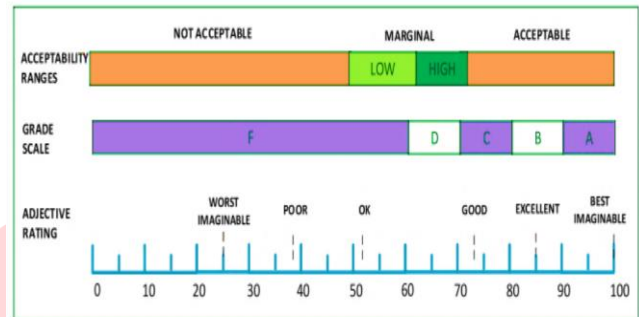
Gambar 8. Hasil Perhitungan SUS

Metode pertama adalah dengan memeriksa SUS *percentile range score*. *Percentile range* ini mengelompokkan nilai ke dalam 5 grade penilaian: A, B, C, D, dan E. Perbedaan antar grade dapat dilihat pada Tabel 5. Cara kedua untuk mengevaluasi nilai adalah dengan menetapkan Rentang Penerimaan (*Acceptability Ranges*), Skala Grade, dan *Adjective Ratings* [19]. Rentang Penerimaan memiliki tiga kategori, yaitu Tidak Diterima (*Not Acceptable*), *Marginal*, dan Diterima (*Acceptable*). Skala Grade terdiri dari lima kategori, yaitu A, B, C, D, dan F. Sementara *Adjective Ratings* memiliki enam kategori, yakni Terburuk yang dapat dibayangkan (*Worst Imaginable*), Buruk (*Poor*), Oke (*Ok*), Baik (*Good*), Sangat Baik (*Excellent*), dan Terbaik yang dapat dibayangkan (*Best Imaginable*). Penilaian ketiga aspek ini akan diukur berdasarkan rata-rata total nilai SUS yang telah diperoleh sebesar 84,17.

Tabel 6. *Percentile Range*

| Grade | Range Rata-rata Total Nilai (\bar{x}) |
|-------|---|
| A | $\bar{x} \geq 80,3$ |
| B | $74 \leq \bar{x} < 80,3$ |
| C | $68 \leq \bar{x} < 74$ |
| D | $51 \leq \bar{x} < 68$ |

| Grade | Range Rata-rata Total Nilai (\bar{x}) |
|-------|---|
| A | $\bar{x} \geq 80,3$ |
| B | $74 \leq \bar{x} < 80,3$ |
| C | $68 \leq \bar{x} < 74$ |
| E | $\bar{x} < 5$ |



Gambar 9. Perbandingan Rentang Penerimaan (*Acceptability Ranges*), Skala Grade, dan *Adjective Ratings* terhadap Nilai SUS (*SUS Score*).

3.5.5 Analisis Hasil Pengujian Black Box

Dari data tabel hasil pengujian *black box*, didapatkan seluruhnya berhasil berjalan secara yang diharapkan, Meskipun seluruh pengujian *black box* pada aplikasi berhasil dilaksanakan sesuai dengan harapan, perlu dicatat bahwa pengujian ini terbatas hanya pada platform Android. Keterbatasan ini timbul akibat kendala tertentu dalam kemampuan penelitian untuk menguji aplikasi di berbagai platform. Namun, dengan mempertimbangkan bahwa aplikasi ini akan digunakan secara eksklusif oleh pengguna platform Android, fokus pengujian pada sistem operasi tersebut dianggap relevan.

Meskipun pencapaian yang baik di platform Android dapat dianggap sebagai tanda positif, hal tersebut tidak menjamin bahwa aplikasi akan memiliki kinerja yang sama di platform lain, seperti iOS atau sistem operasi lainnya. Oleh karena itu, meskipun pengujian dilakukan di platform yang dianggap paling relevan, penting untuk menyadari bahwa hasil pengujian di Android tidak mencerminkan sepenuhnya interoperabilitas dan pengalaman pengguna di seluruh ekosistem perangkat.

Dalam konteks ini, pemahaman lebih lanjut tentang faktor-faktor khusus Android, seperti keberlanjutan penggunaan berbagai versi Android, variasi perangkat keras, dan fitur-fitur unik, tetap menjadi pertimbangan yang signifikan. Oleh karena itu, meskipun hasil pengujian yang positif di Android memberikan keyakinan terhadap kualitas aplikasi di platform tersebut, melibatkan pengujian tambahan di platform lain atau mendalami karakteristik Android dapat memberikan wawasan yang lebih menyeluruh dan memastikan kinerja optimal bagi semua pengguna potensial.

IV. KESIMPULAN

Sistem peringatan bencana yang dibangun untuk SLBN Cicendo ini memiliki empat sensor, yang di mana tiga sensor utama dan 1 sensor pendukung. Untuk dua sensor yang

digunakan untuk mendeteksi adanya kebakaran adalah sensor asap MQ-2 dan sensor api IR Flame, lalu satu buah sensor untuk mendeteksi gempa yaitu sensor accelerometer MPU6050, serta sensor pendukung yang menggunakan sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembapan pada lingkungan sistem. Untuk memperingatkan guru dan siswa kami membuat aplikasi dan lampu sebagai peringatan bila adanya bencana yang terdeteksi, lalu sebagai tambahannya ada website yang bisa menampilkan data secara *real-time* sensor dari jarak jauh.

Berdasarkan hasil pengujian, Sistem pendeteksi bencana diuji melalui simulasi, dengan sensor IR Flame memiliki rentang waktu deteksi rata-rata sekitar 3,8 detik dan sensor MQ-2 sekitar 3,6 detik, sesuai harapan. Sensor akselerometer awalnya memiliki tingkat kesalahan tinggi sebesar 43,1%, tetapi setelah penyesuaian, rata-rata kesalahan berkurang menjadi 14,41%. Pengujian *Quality of Services* (QoS) menunjukkan *throughput* rata-rata sebesar 424,00 bits/s dan *delay* sekitar 18,878 milidetik. Pengujian aplikasi menggunakan *System Usability Scale* (SUS) menghasilkan skor 84,17%, dan uji Black Box sesuai dengan harapan.

V. REFERENSI

- [1] Z. Anthony, "Sistem Pendeteksi Dini Longsor Menggunakan Teknologi Wireless Sensor Network (WSN)," *Jurnal Teknik Elektro*, Jan. 2017, DOI: 10.21063/JTE.2017.3133611.
- [2] CNN Indonesia, "BMKG: 1.290 Gempa Bumi Guncang Jawa Barat Selama 2022," <https://www.cnnindonesia.com/>, Jan. 01, 2023. (accessed Feb. 1, 2024)
- [3] Ahmad Fikri, "Gempa Cianjur: Korban meninggal bertambah menjadi 635 orang," <https://sultra.antaranews.com/>, Dec. 20, 2022. (accessed Feb. 1, 2024)
- [4] O. Riswan, "Ini Dia SLB Tunarungu Tertua di Indonesia," <https://news.okezone.com/>, Apr. 15, 2014. [Online]. (accessed Feb. 1, 2024)
- [5] Eri Sutrisno, "Presidensi G20 Indonesia Angkat Isu Kesempatan Kerja bagi Penyandang Disabilitas," <https://indonesia.go.id/>, Feb. 05, 2022. (accessed Feb. 1, 2024)
- [6] Indonesia Baik.id, "Magnitudo, Ukuran Kekuatan Gempa yang Dipakai Indonesia," <https://indonesiabaik.id/infografis/magnitudo-ukuran-kekuatan-gempa-yang-dipakai-indonesia>, Nov. 24, 2022. (accessed Feb. 1, 2024)
- [7] J. R. Noorfirdaus and D. V. S. Y. Sakti, "Sistem Pendeteksi Kebakaran Dini Menggunakan Sensor MQ-2 dan Flame Sensor Berbasis Web", *Konf. Nas. Ilmu Komput.*, 2020, doi: 10.5281/zenodo.4362662.
- [8] Priyadi, I., et. al., "Modul Deteksi dan Perekaman Data Gempa berbasis Database Earthquake Intensity (DEI)", *Vol 9, No 3* (2021).
- [9] International Telecommunication Union, "ITU-T G.1010: Quality of service and performance," *Telecommunication Standardization Sector*, ITU, Nov. 2001.
- [10] Djamal, D., et. al., "Pendeteksi Gempa Bumi dengan Menggunakan Sensor Akselerometer MPU6050 pada Prototipe Berbasis Unbalanced Mass", *PROSIDING SKF* 2018.
- [11] Shafik, R.A., et. al., "On The Error Vector Magnitude As A Performance Metric And Comparative Analysis", *IEEE--ICET 2006,2nd International Conference on Emerging Technologies*.
- [12] Putra, D.I., et al., "Distributed sensor for earthquake identification system to activate tsunami shelter finding system", *E3S Web of Conferences* 331, 07010 (2021).
- [13] Bidargaddi, N., et. al., "Wavelet based approach for posture transition estimation using a waist worn accelerometer", *FrP1A1.14*, August 23-26, 2007.
- [14] Fajar, B.M., et. al., "Prototipe Sistem Monitoring Pendeteksi dan Penyaringan Udara pada Ruangannya Berbasis Internet of Things (IoT)", *Vol.6 No.2* (Mei 2023).
- [15] Wijaya, M.A., et. al., "Analisis Perbandingan Kinerja Antara Sensor Api Flame 5 Channel Dengan Sensor Asap MQ2", *Vol 3, No 3*, Desember 2022, Hal 231 -238.
- [16] Malinda, A.D., et. al., "Alat Pendeteksi Kebakaran Dengan Menggunakan Sensor Dht-11 Dan Sensor Asap Berbasis IoT", *Journal Sistem Informasi, dan Teknologi Informasi* Vol. 2, No 1, April 2023.
- [17] Mulyono, J., et. al., "Simulasi Alarm Kebakaran Menggunakan Sensor Mq-2, Flame Sensor Berbasis Mikrokontroler Arduino", *Jurnal Elektronika dan Komputer*, Vol.14. No.1, Juli 2021 , pp.16 – 25.
- [18] Enda, D., et. al., "Analisis QOS (quality of service) Sistem Monitoring Pintar mitigasi penularan Covid-19 Berbasis IOT," *Jurnal Informatika Polinema*, vol. 8, no. 1, pp. 39–46, Apr. 2022. doi:10.33795/jip.v8i1.705.
- [19] Saputra, A., "Penerapan usability Pada aplikasi pentas dengan menggunakan metode system usability scale (SUS)," *JTIM : Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia*, vol. 1, no. 3, pp. 206–212, Nov. 2019. doi:10.35746/jtim.v1i3.50.