



SIGAP: Sistem Informasi dan Peringatan Dini Kebakaran Berbasis IoT untuk Komunitas Disabilitas

Hendi Purnata¹, Artdhita Fajar Pratiwi², Arif Ainur Rafiq³, Sugeng Dwi Riyanto⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Rekayasa Elektro dan Mekatronika, Politeknik Negeri Cilacap

hendipurnata@pnc.ac.id*

Abstract

Some people are born with disabilities such as visual, hearing, or speech impairments. Currently, media and assistive devices for people with disabilities are still limited, especially in emergency situations such as fires. For example, fire alarms generally rely on sound, which is ineffective for the deaf. Meanwhile, the mute may need a device to produce sound when trapped in a dangerous situation. To help the deaf and mute, a detector and warning device was created. This tool consists of two parts: a transmitter and receiver circuit. The transmitter circuit uses a fire sensor, Arduino as a microcontroller, and an ESP8266 WiFi module to send data to the internet via Thingspeak. The receiver circuit is in the form of a watch consisting of NodeMCU, a mini DC motor as a vibration indicator, LED as a light indicator, OLED as a reading indicator, and a buzzer as a sound indicator. This tool works well and reaches an effectiveness of up to 95%.

Keywords: Deaf, Mute, Arduino, Nodemcu, Thingspeaks.

Abstrak

Beberapa orang lahir dengan disabilitas seperti gangguan penglihatan, pendengaran, atau bicara. Saat ini, media dan alat bantu untuk penyandang disabilitas masih terbatas, terutama dalam situasi darurat seperti kebakaran. Misalnya, alarm kebakaran umumnya mengandalkan suara, yang tidak efektif bagi tunarungu. Sementara itu, tunawicara mungkin memerlukan alat untuk menghasilkan suara saat terjebak dalam situasi berbahaya. Untuk membantu penyandang tunarungu dan tunawicara, dibuatlah alat pendeteksi dan pemberi peringatan. Alat ini terdiri dari dua bagian: rangkaian pengirim dan penerima. Rangkaian pengirim menggunakan sensor api, Arduino sebagai mikrokontroler, dan modul WiFi ESP8266 untuk mengirim data ke internet melalui Thingspeak. Rangkaian penerima berbentuk jam tangan yang terdiri dari NodeMCU, motor DC mini sebagai indikator getar, LED sebagai indikator cahaya, OLED sebagai indikator bacaan, dan buzzer sebagai indikator suara. Alat ini berfungsi dengan baik dan mencapai efektivitas hingga 95%.

Kata kunci: Tunarungu, Tunawicara, Arduino, Nodemcu, Thingspeak

Diterima Redaksi : 18-05-2025 | Selesai Revisi : 21-05-2026 | Diterbitkan Online : 22-06-2026

1. Pendahuluan

Sebagian individu terlahir dengan keterbatasan sensorik, seperti gangguan pendengaran (tunarungu) maupun gangguan berbicara (tunawicara), meskipun sebagian besar orang dilahirkan dalam kondisi fisik yang normal [1]. Tunarungu kerap mengalami kesulitan dalam mendengar yang juga berdampak pada kemampuan berbicara, sehingga mereka sering kali digolongkan sebagai tunawicara. Dalam kehidupan sehari-hari, komunikasi mereka bergantung pada bahasa isyarat sebagai alat utama untuk berinteraksi. Dalam konteks keselamatan, terutama saat menghadapi kondisi darurat seperti kebakaran, keberadaan sistem alarm berbasis Internet of Things (IoT) yang dirancang khusus untuk individu dengan disabilitas sensorik seperti tunanetra dan tunarungu telah terbukti secara signifikan meningkatkan efektivitas respons dan keselamatan

mereka. Sistem ini memberikan solusi adaptif yang memungkinkan penyampaian peringatan melalui media non-audio, seperti getaran, cahaya, atau visual digital, sehingga memperluas akses terhadap informasi bahaya secara inklusif dan responsive [2], [3], [4].

Hal ini menjadi penting mengingat kebakaran merupakan salah satu jenis bencana yang sering kali menyebabkan kerugian besar, baik secara materiil maupun korban jiwa. [5] Penyebab kebakaran dapat berasal dari berbagai faktor, mulai dari suhu tinggi, kebocoran gas, ledakan kompor, hingga kelalaian manusia. Oleh karena itu, deteksi dini dan sistem peringatan yang cepat menjadi strategi krusial untuk meminimalkan dampak kebakaran. Pemanfaatan teknologi IoT menjadi solusi inovatif dalam konteks ini, salah satunya melalui platform ThingSpeak, yaitu layanan cloud yang memungkinkan pengumpulan,

penyimpanan, pemantauan, dan visualisasi data secara real-time [6]. Dengan fitur seperti open API, integrasi MATLAB untuk analisis data, serta kemampuan pemrosesan dan notifikasi otomatis, ThingSpeak mendukung implementasi sistem deteksi dan peringatan kebakaran yang adaptif, inklusif, dan responsif terhadap kebutuhan penyandang disabilitas [7], [8], [9].

Alat pendeteksi dan pemberi peringatan kebakaran yang umum digunakan di masyarakat masih didominasi oleh sistem berbasis suara [10]. Hal ini menjadi kendala besar bagi penyandang tunarungu yang tidak mampu merespons sinyal audio saat terjadi kebakaran, serta bagi tunawicara yang tidak dapat berteriak untuk meminta pertolongan saat terjebak dalam kondisi darurat. Beragam teknologi canggih kini telah diterapkan dalam sistem peringatan kebakaran berbasis Internet of Things (IoT) guna menjawab kebutuhan khusus penyandang disabilitas [11], [12]. Beberapa fitur unggulannya meliputi pemberitahuan taktil melalui perangkat wearable bagi tunanetra dan tunarungu, serta peringatan visual seperti lampu berkedip untuk mengatasi keterbatasan dalam mendeteksi suara [13]. Sistem ini juga memungkinkan notifikasi waktu nyata yang dikirim langsung ke perangkat seluler pengguna dan pengasuhnya, serta menyediakan fungsi pencatatan dan pemantauan insiden secara terus-menerus melalui penyimpanan cloud.

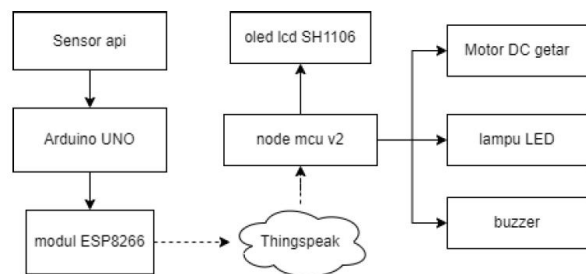
Selain itu, sistem IoT ini juga dilengkapi dengan infrastruktur komunikasi yang andal, seperti sistem mandiri berbasis baterai atau energi bersih, untuk menjamin fungsionalitas meskipun dalam kondisi darurat [14]. Kemampuan deteksi kebakaran yang akurat turut diperkuat oleh sensor canggih (seperti sensor gas, suhu, dan api) yang dikombinasikan dengan algoritma pembelajaran mesin guna meminimalkan alarm palsu [15]. Beberapa sistem bahkan dirancang untuk merespons bahaya secara otomatis, seperti mengaktifkan alat penyiram atau ventilasi darurat. Dengan seluruh kemampuan ini, dapat disimpulkan bahwa sistem peringatan kebakaran berbasis IoT sangat adaptif dan dapat disesuaikan dengan berbagai jenis disabilitas, sehingga mampu meningkatkan keselamatan, respons cepat, serta kemandirian penyandang disabilitas dalam menghadapi situasi kebakaran [16], [17].

Oleh karena itu, diperlukan sistem peringatan yang dirancang khusus untuk menjangkau kelompok disabilitas ini, melalui pendekatan yang tidak hanya mengandalkan suara, melainkan juga menggunakan media visual dan getaran. Dengan konfigurasi Solusi alat ini diharapkan dapat memberikan peringatan secara menyeluruh, responsif, dan inklusif terhadap kebutuhan penyandang disabilitas dalam menghadapi bahaya kebakaran yang bisa kita sebut dengan SIGAP.

2. Metode Penelitian

2.1 Diagram Blok Sistem

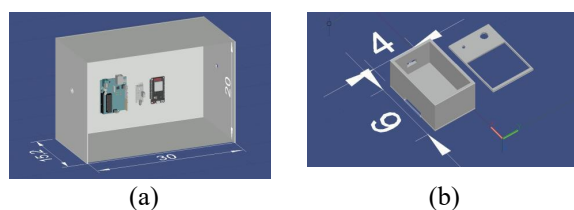
Diagram blok sistem SIGAP terdiri atas tiga komponen utama, yaitu unit pemancar (transmitter), server data daring (online), dan unit penerima (receiver). Pada bagian transmitter, data input diperoleh dari sensor api yang kemudian diproses oleh Arduino Uno dan dikirimkan secara nirkabel melalui modul WiFi ESP8266. Data tersebut kemudian disimpan dan dikelola dalam server online menggunakan platform ThingSpeak. Sementara itu, receiver berfungsi sebagai unit penerima data dari ThingSpeak, yang dioperasikan menggunakan NodeMCU ESP8266. Output dari receiver ini diwujudkan dalam bentuk LED sebagai indikator visual, motor DC mini sebagai pemberi getaran, serta OLED SH1106 yang menampilkan informasi dari data yang diterima. Ilustrasi lengkap dari konfigurasi sistem ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok SIGAP

2.2 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras meliputi desain mekanik untuk aspek visual dan ekonomis, memastikan SIGAP dapat menjadi produk yang menarik, nyaman, dan aman digunakan. Detail desain mekanik SIGAP dapat dilihat pada Gambar 2 untuk pengirim dan Gambar 5 untuk penerima.



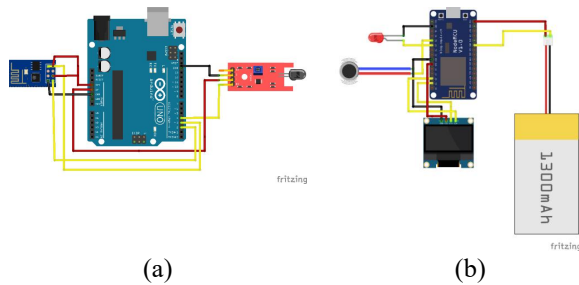
Gambar 2. Perangkat Keras (a) Rangkaian Pengirim (b) Rangkaian Penerima

Gambar 2 menampilkan desain mekanik dari unit pengirim, yang berupa kotak berwarna hitam berisi rangkaian komponen utama seperti Arduino UNO sebagai pusat pengendali sistem, sensor api sebagai pendeteksi sumber panas atau nyala api, serta modul Wi-Fi ESP8266 yang bertugas mengirimkan data hasil deteksi ke platform ThingSpeak. Sementara itu, desain mekanik dari unit penerima ditampilkan dalam bentuk jam tangan yang dilengkapi dengan NodeMCU V2

sebagai pemroses data yang diterima dari ThingSpeak. Perangkat ini juga dilengkapi LED sebagai indikator cahaya, OLED sebagai tampilan informasi, dan motor DC mini getar sebagai sinyal peringatan bagi pengguna.

2.3 Perancangan Rangkaian Elektrik

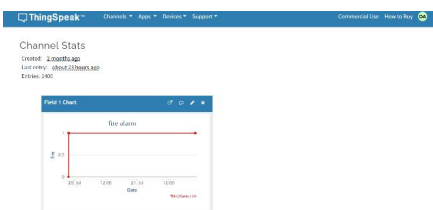
Tahap perancangan rangkaian elektronik pada sistem SIGAP merupakan bagian yang sangat krusial dalam proses pembuatan alat pendeteksi dan peringatan kebakaran bagi penyandang tunarungu dan tunawicara. Proses ini melibatkan penyusunan jalur kabel serta penghubung antar komponen listrik agar seluruh sistem dapat bekerja secara sinkron dan optimal. Perencanaan yang teliti diperlukan untuk memastikan integrasi komponen berlangsung dengan baik tanpa gangguan fungsi. Skema detail dari rangkaian pengirim dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian Elektronik (a) Pengirim (penerima)

2.4 Perancangan Thingspeak

Sistem alat pendeteksi dan peringatan kebakaran SIGAP membutuhkan server data berbasis online sebagai media penyimpanan informasi yang dikirimkan oleh rangkaian pengirim. Platform ThingSpeak digunakan untuk memfasilitasi proses penyimpanan ini, sehingga data yang tersimpan dapat diakses kembali oleh rangkaian penerima dengan mudah.

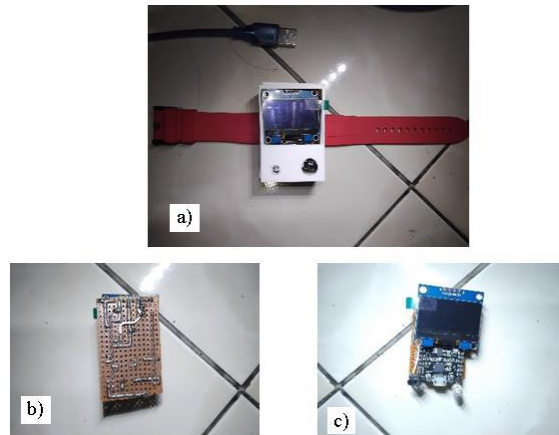


Gambar 4. Perancangan ThingSpeak

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dari penelitian SIGAP merupakan alat pemberi peringatan untuk tunarungu dan tunawicara, yang terdiri dari dua bentuk. Rangkaian pengirim berbentuk box dan berisi Arduino UNO, sensor api, dan modul Wi-Fi ESP8266. Alat ini mendeteksi api dan mengirimkan data ke ThingSpeak. Rangkaian penerima berbentuk jam yang berisi NodeMCU V2, motor DC mini getar, LED, dan OLED SH1106. Jam ini

menerima data dari ThingSpeak dan berfungsi sebagai indikator peringatan untuk tunarungu dan tunawicara. Gambar 4 menunjukkan tampilan peralatan SIGAP.



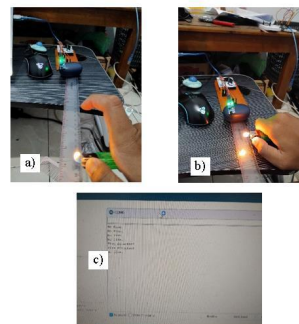
Gambar 4 Hasil dari perancangan SIGAP: a) bentuk jam b) bagian belakang PCB c) bagian depan PCB

3.1 Pengujian Sensor Api

Pengujian sensor api bertujuan untuk mengukur kepekaan dan jarak deteksi terhadap api. Pengujian dilakukan dengan menggunakan korek api gas yang dinyalakan di depan sensor api dan kemudian dipindahkan semakin jauh hingga sensor tidak lagi mendeteksi api. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Sensor Api pada SIGAP

No	Jarak (cm)	Kondisi LED
1	6	Menyala
2	12	Menyala
3	18	Menyala
4	24	Mati
5	30	Mati



Gambar 5. Tampilan Pengujian SIGAP (a) Pendeteksian Api jarak Jauh (b) Pendeteksian jarak Dekat (c) Hasil dari Serial Monitor

Dari pengujian, disimpulkan bahwa sensor api dapat mendeteksi api hingga jarak 20 cm dengan korek api gas yang dinyalakan. Setelah jarak melebihi 20 cm, sensor tidak lagi mendeteksi api. Ini menunjukkan

bahwa sensor api dalam alat ini berfungsi dengan normal.

3.2 Pengujian OLED

Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi keakuratan OLED SH1106 sebagai indikator pemberi peringatan kebakaran dalam alat pendeteksi dan pemberi peringatan untuk tunarungu dan tunawicara. Pengujian dilakukan dengan memantau tampilan OLED SH1106 saat ada api atau tidak. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

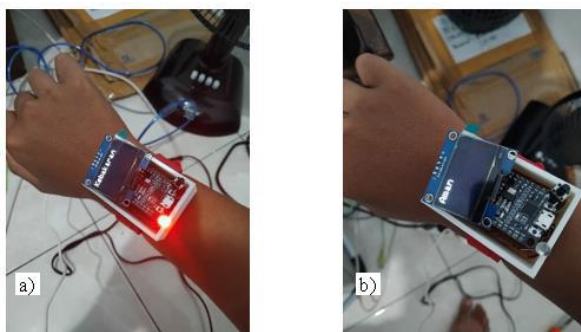
Tabel 2. Pengujian OLED terlihat dari Kondisi Alat

No	Kondisi Alat	Kondisi OLED
1	sensor api tidak mendeteksinya adanya api.	
2	sensor api mendeteksi adanya api.	

Dari pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 2, OLED SH1106 berfungsi dengan baik. OLED menampilkan tulisan sesuai dengan kondisi deteksi api: "KEBAKARAN" saat api terdeteksi dan "AMAN" saat tidak ada api. Pengujian dilakukan dengan menunggu pengiriman data dari sensor api pada rangkaian pengirim, dan OLED memberikan tampilan yang sesuai dengan hasil deteksi sensor.

3.3 Pengujian Sistem Keseluruhan

Tunarungu dan tunawicara dilakukan untuk mengevaluasi kinerja alat. Pengujian dilakukan dalam dua kondisi: saat api menyala di sekitar rangkaian pengirim dan saat tidak ada api di sekitar rangkaian penerima. Pengujian alat keseluruhan terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Rangkaian Penerima: a) Ketika Menerima Data Tidak Adanya Api; b) Ketika Menerima Data Adanya Api

Pengujian menunjukkan bahwa Arduino UNO mengirimkan data ke ThingSpeak melalui modul WiFi ESP8266. Saat sensor api mendeteksi api, Arduino UNO mengirimkan data ke ThingSpeak. Berdasarkan Gambar 6, data di ThingSpeak menunjukkan "1" jika tidak ada api dan "0" jika ada api. Data ini disimpan dan diteruskan ke rangkaian penerima berbentuk jam. Pada Gambar 6, saat rangkaian penerima menerima data "1" dari ThingSpeak, indikator OLED menampilkan "aman", dan LED serta motor DC mini getar tidak menyala. Sebaliknya, jika data yang diterima adalah "0", OLED menampilkan "kebakaran", dan LED serta motor DC mini getar menyala sebagai pemberi peringatan. Kesimpulannya, alat berfungsi dengan baik meskipun terdapat keterlambatan dalam menerima data, yang tidak melebihi 1 menit, sehingga masih dinyatakan aman.

3.4 Pengujian langsung Kepada Penyandang Tunarungu

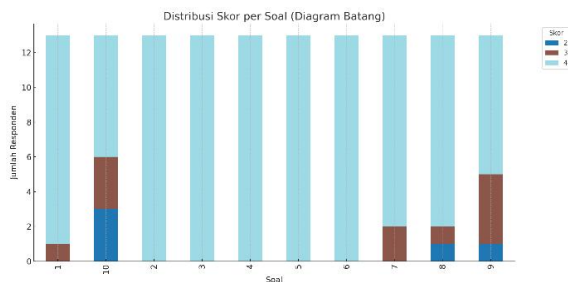
Pengujian yang ditunjukkan pada Gambar 7 melibatkan penggunaan alat SIGAP secara langsung pada penyandang tunarungu dan tunawicara. Pengujian dilakukan dengan antusias oleh penyandang tunarungu serta pendamping atau guru mereka, dan berjalan dengan lancar.



Gambar 7 pengujian langsung kepada penyandang tunarungu dan tunawicara

3.5 Efektivitas SIGAP

Efektivitas SIGAP dilihat dari butir kuesioner yang diberikan untuk mengetahui efektivitas kepada disabilitas. Pengisian kuesioner oleh penyandang tunarungu dan tunawicara, yang dilakukan dengan pendampingan guru, kuesioner terdiri dari tiga bagian: Fungsional alat (soal 1-5), efektivitas alat (soal 6-8), dan kenyamanan serta bentuk alat (soal 9-10). Kuesioner dapat di lihat pada Gambar 8 di bawah ini.



Gambar 8. Diagram Batang Distribusi Skor per Soal

Gambar 8 merupakan diagram batang menunjukkan bahwa mayoritas responden memberikan skor tinggi terhadap alat bantu disabilitas yang dikembangkan, dengan dominasi nilai 4 pada hampir semua soal, khususnya soal 2 hingga 6 yang menunjukkan konsistensi persepsi sangat positif. Nilai mean, median, dan modus pada soal-soal tersebut adalah 4, mencerminkan tingkat kepuasan yang tinggi. Meskipun soal 8 hingga 10 menunjukkan sedikit penurunan nilai rata-rata (sekitar 3,38–3,53) akibat variasi skor dari beberapa responden, median dan modus tetap 4, menandakan bahwa sebagian besar pengguna tetap menilai alat tersebut baik. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa alat ini efektif hingga 95% dalam memberikan peringatan kebakaran bagi penyandang tunarungu dan tunawicara, meskipun masih terdapat ruang perbaikan kecil pada beberapa fitur minor. Meskipun sistem SIGAP terbukti efektif hingga 95% dalam simulasi laboratorium, penulis menyadari adanya keterbatasan fungsionalitas jika alat ini diimplementasikan langsung pada lingkungan nyata secara jangka panjang. Di lingkungan domestik yang sesungguhnya, fluktuasi stabilitas jaringan Wi-Fi dan *delay* transmisi data cloud (yang pada pengujian mencatatkan rata-rata selisih waktu 23,2 detik) akan menjadi tantangan tersendiri. Selain itu, berdasarkan metrik kenyamanan yang mendapatkan skor terendah (mean = 3,38) akibat ukuran fisik perangkat penerima yang dinilai terlalu tebal dan besar bagi tangan pengguna, maka aspek ergonomi menjadi fokus pengembangan prioritas. Untuk penggunaan jangka panjang yang kompetitif, diperlukan transisi dari penggunaan *development board* standar (seperti NodeMCU blok) menuju perancangan *custom PCB* berbasis komponen SMD (*Surface Mount Device*) guna mereduksi dimensi jam tangan penerima agar lebih tipis, ringan, dan nyaman.

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan alat pendeteksi serta pemberi peringatan kebakaran berbasis IoT yang inklusif bagi penyandang tunarungu dan tunawicara. Sistem SIGAP yang mengintegrasikan sensor api, Arduino Uno, platform ThingSpeak, dan perangkat penerima berbentuk jam tangan pintar mampu bekerja dengan tingkat efektivitas keseluruhan mencapai 95%.

Pengujian langsung menunjukkan bahwa perangkat ini sangat fungsional dalam memberikan peringatan multisentris lewat getaran, visual, dan audio.

Ucapan Terimakasih

Penelitian ini didukung oleh Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Cilacap. Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan berkontribusi dalam pelaksanaan penelitian ini. Dukungan yang kami terima sangat berarti dalam mewujudkan pengembangan teknologi yang sedang kami kaji.

Daftar Rujukan

- [1] H. T. Yew, V. T. H. Jie, M. Mamat, A. M. J. Kiring, L. Barukang, and C. S. Kheau, "Innovative IoT-Based Fire Alarm System for Blind and Deaf Individuals," in *2024 IEEE International Conference on Applied Electronics and Engineering, ICAEE 2024*, 2024. doi: 10.1109/ICAEE62924.2024.10667592.
- [2] S. Debnath, J. Gautam, and S. K. Rai, "IoT Based Smart Home and Office Fire Notification Alert System," in *2024 IEEE International Conference on Interdisciplinary Approaches in Technology and Management for Social Innovation, IATMSI 2024*, 2024. doi: 10.1109/IATMSI60426.2024.10503336.
- [3] F. S. Perilla, G. R. Villanueva, N. M. Cacanindin, and T. D. Palaoag, "Fire safety and alert system using arduino sensors with IoT integration," in *ACM International Conference Proceeding Series*, 2018, pp. 199–203. doi: 10.1145/3185089.3185121.
- [4] C. L. Arcillas, K. M. C. Sigua, C. J. Centeno, J. R. M. Tenio, M. A. S. Mercado, and V. A. Agustin, "MobiGuard: An IoT-Based Monitoring System for Persons with Walking Disability at Home Integrating Computer Vision, Mobile Application, and Schedule Reminder," in *Proceedings of the 2024 International Conference on Innovative Computing, Intelligent Communication and Smart Electrical Systems, ICSES 2024*, 2024. doi: 10.1109/ICSES63760.2024.10910735.
- [5] V. R. C. Bheemireddi, S. T. Pasupuleti, K. S. Gannamani, G. Bandaru, and V. S. S. N. Mula, "Obstacle Detection and Fire Detection for Visually Impaired using Smart Blind Stick," in *Proceedings of the 3rd International Conference on Applied Artificial Intelligence and Computing, ICAIIC 2024*, 2024, pp. 1075–1078. doi: 10.1109/ICAIIC60222.2024.10575684.
- [6] H. Alqourabah, A. Muneer, and S. M. Fati, "A smart fire detection system using IoT technology with automatic water sprinkler," *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 11, no. 4, pp. 2994–3002, 2021, doi: 10.11591/ijece.v11i4.pp2994-3002.
- [7] A. Al-Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari, and M. Ayyash, "Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications," *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, vol. 17, no. 4, pp. 2347–2376, 2015, doi: 10.1109/COMST.2015.2444095.
- [8] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, and M. Palaniswami, "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions," *Future Generation Computer Systems*, vol. 29, no. 7, pp. 1645–1660, 2013, doi: 10.1016/j.future.2013.01.010.
- [9] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, "The Internet of Things: A survey," *Computer Networks*, vol. 54, no. 15, pp. 2787–2805, 2010, doi: 10.1016/j.comnet.2010.05.010.
- [10] C. Xiong, Z. Wang, Y. Huang, F. Shi, and X. Huang, "Smart evaluation of building fire scenario and hazard by attenuation of alarm sound field," *Journal of Building Engineering*, vol. 51, 2022, doi: 10.1016/j.job.2022.104264.
- [11] S. N. Raj, K. Amuthabala, and S. Devi Patil, "IoT-Enabled Cabin Designed for the Mobility Challenged," in *E3S Web of Conferences*, 2024. doi: 10.1051/e3sconf/202456407004.

- [12] F. Young, L. Zhang, R. Jiang, H. Liu, and C. Wall, "A deep learning based wearable healthcare iot device for ai-enabled hearing assistance automation," in *Proceedings - International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, 2020, pp. 235–240. doi: 10.1109/ICMLC51923.2020.9469537.
- [13] I. Chang, J. Castillo, and H. Montes, "Technology-Based Social Innovation: Smart City Inclusive System for Hearing Impairment and Visual Disability Citizens," *Sensors*, vol. 22, no. 3, 2022, doi: 10.3390/s22030848.
- [14] S. K. Bhoi *et al.*, "FireDS-IoT: A Fire Detection System for Smart Home Based on IoT Data Analytics," in *Proceedings - 2018 International Conference on Information Technology, ICIT 2018*, 2018, pp. 161–165. doi: 10.1109/ICIT.2018.00042.
- [15] H. T. Yew, V. T. H. Jie, M. Mamat, A. M. J. Kiring, L. Barukang, and C. S. Kheau, "Innovative IoT-Based Fire Alarm System for Blind and Deaf Individuals," in *2024 IEEE International Conference on Applied Electronics and Engineering, ICAEE 2024*, 2024. doi: 10.1109/ICAEE62924.2024.10667592.
- [16] S. F. Begum, K. Yaswanthi, R. Yogitha, V. S. Reddy, and S. M. Maaz, "IoT-based Fire Analyzer and Fire Fighting System," in *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 2023, pp. 69–76. doi: 10.1007/978-981-99-2058-7_8.
- [17] A. D. Rajkumar, S. Sakaew, T. Yensook, and N. Aphiratsakun, "Fire alert system application based on internet of things for STEM education," in *2020 5th International STEM Education Conference, iSTEM-Ed 2020*, 2020, pp. 21–24. doi: 10.1109/iSTEM-Ed50324.2020.9332736.