

ID: 19

Perancangan Sistem AutoPark dengan Integrasi Fitur Keamanan Kebakaran dan Gempa

AutoPark System Design with Integrated Fire and Earthquake Safety Features

Fawwaz Farizil Haq¹, M. Ghibran Al-Ghifari², Novrindah Alvi Hasanah^{3*}, Muhammad Hakim Abdillah⁴, Dwi Andina Putri⁵, Natasya Safira Rahmadianti⁶, Rahmat Enomoto⁷

^{1,2,3} Teknik Elektro, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang

^{4,5,6,7} Teknik Informatika, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang

fawwazfarizil@gmail.com¹, mghibranalghifari359@gmail.com², novrindah@uin-malang.ac.id^{3*}, abdillahadi456@gmail.com⁴, dwiandina08@gmail.com⁵, natasyafir15@gmail.com⁶, rahmatenomoto687@gmail.com⁷

Abstrak – Keterbatasan lahan parkir di kawasan perkotaan yang padat aktivitas menjadi tantangan utama dalam pengelolaan ruang publik. Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah penggunaan teknologi yang memungkinkan sistem parkir beroperasi secara otomatis, efisien, dan saling terhubung. Selain aspek efisiensi, keselamatan juga menjadi faktor penting yang harus diperhatikan, terutama pada area parkir di gedung bertingkat dan ruang bawah tanah yang memiliki risiko tinggi terhadap kebakaran dan gempa bumi. Risiko tersebut dapat menimbulkan kerusakan struktural dan membahayakan pengguna jika tidak diantisipasi dengan baik. Oleh karena itu, perlu dibangun sistem Autopark yang tidak hanya berfungsi mengatur proses parkir secara otomatis, tetapi juga dilengkapi dengan mekanisme deteksi dini terhadap potensi bencana. Sistem ini memanfaatkan berbagai sensor, antara lain servo SG90, sensor getar SW-420, sensor gas MQ-6, sensor api KY-026, sensor IR Proximity, sensor ultrasonik HC-SR04, serta Arduino Mega 2560 sebagai pusat kendali mikrokontroler. Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu bekerja secara efektif dan efisien dalam meningkatkan keamanan serta pengelolaan area parkir. Selain itu, sistem juga terbukti dapat mendeteksi potensi bahaya kebakaran dan getaran gempa secara cepat dan akurat, sehingga mampu memberikan peringatan dini kepada pengguna.

Kata Kunci: autopark, keamanan, deteksi kebakaran, deteksi gempa

Abstract – The limited availability of parking spaces in densely populated urban areas poses a major challenge in managing public spaces. One potential solution is the use of technology, which enables parking systems to operate automatically, efficiently, and in an interconnected manner. In addition to efficiency, safety is also a crucial factor to consider, especially in multi-story and underground parking areas that are highly susceptible to fire and earthquakes. These risks can cause structural damage and endanger users if not properly anticipated. To address these challenges, an AutoPark system was developed—not only to automate the parking process but also to include an early detection mechanism for potential hazards. This system integrates several sensors, including the Servo SG90, SW-420 vibration sensor, MQ-6 gas sensor, KY-026 flame sensor, IR proximity sensor, HC-SR04 ultrasonic sensor, and the Arduino Mega 2560 as the main microcontroller unit. Based on the test results, the system operates effectively and efficiently in enhancing both safety and parking management. Moreover, it has proven capable of detecting potential fire and earthquake hazards quickly and accurately, thereby providing early warnings to users.

Keywords: autopark, safety, fire detection, earthquake detection

1. Pendahuluan

Kemajuan teknologi otomasi telah berkembang pesat serta memberikan dampak signifikan dalam berbagai aspek kehidupan manusia, termasuk pada bidang transportasi dan manajemen parkir. Keterbatasan lahan parkir yang semakin sempit menjadi tantangan utama di kawasan perkotaan yang padat aktivitas. Permasalahan tersebut dapat diatasi melalui penerapan teknologi berbasis IoT [1], yang memungkinkan sistem parkir beroperasi secara otomatis, efisien, dan terintegrasi, sehingga mampu meningkatkan kenyamanan dan efektivitas.

Meskipun sistem *autopark* modern telah mampu meningkatkan efisiensi dan kenyamanan pengguna, sebagian besar sistem yang ada masih berfokus pada aspek otomatisasi pergerakan kendaraan tanpa mempertimbangkan faktor keselamatan [2] yang memadai terhadap kondisi darurat seperti kebakaran dan gempa bumi. Aspek keselamatan merupakan faktor utama yang harus diperhatikan, terutama pada area parkir di gedung bertingkat atau ruang bawah tanah yang banyak terdapat di kawasan perkotaan saat ini. Area tersebut memiliki risiko tinggi terhadap kebakaran dan gempa bumi yang dapat menyebabkan kerusakan struktural. Oleh karena itu, diperlukan sistem parkir otomatis yang tidak hanya efisien, tetapi juga dilengkapi dengan mekanisme keamanan terhadap potensi bencana.

Kejadian kebakaran di area parkir umumnya disebabkan oleh faktor kelalaian manusia, seperti penggunaan perangkat listrik yang tidak sesuai standar, hingga kebocoran bahan bakar [3][4]. Di sisi lain, frekuensi gempa bumi yang tinggi di Indonesia juga menjadi ancaman serius yang berpotensi merusak struktur bangunan parkir dan membahayakan keselamatan pengguna. Sebagai negara yang berada di jalur cincin api pasifik, Indonesia menjadi negara dengan risiko gempa bumi cukup tinggi.

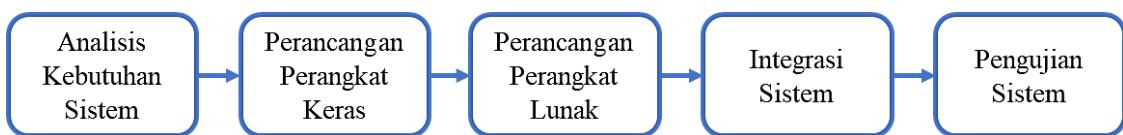
Integrasi sensor api dan sensor getaran diharapkan dapat memberikan kemampuan deteksi dini adanya bencana yang mungkin terjadi pada area parkir. Hal tersebut diharapkan dapat meminimalisir jatuhnya korban saat sensor memberikan peringatan bencana. Sehingga, selain efisiensi aspek otomatisasi pergerakan, area parkir juga akan didukung aspek keselamatan dan mitigasi risiko di lingkungan parkir modern.

Perkembangan teknologi di bidang otomasi, sensor, dan sistem tertanam telah mendorong terciptanya sistem parkir cerdas yang berperan penting dalam mendukung terwujudnya *smart city* [5][6]. Inovasi ini menjadi salah satu elemen kunci dalam upaya berbagai negara untuk membangun kota yang efisien, aman, dan berkelanjutan melalui penerapan teknologi modern [7]. Mikrokontroler modern seperti Arduino, ESP32, dan Raspberry Pi mampu mengintegrasikan berbagai jenis sensor dengan tingkat akurasi yang tinggi. Kemampuan ini memungkinkan penerapan sistem kendali yang lebih efisien dan responsif terhadap kondisi lingkungan. Sejumlah penelitian juga menunjukkan bahwa penggunaan mikrokontroler modern tidak hanya meningkatkan efisiensi kerja, tetapi juga tetap menjaga aspek keselamatan dan keandalan sistem secara optimal. Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa kombinasi antara mikrokontroler, sensor, dan teknologi IoT yang telah berkembang menjadikan sistem parkir cerdas dapat melakukan deteksi, analisis, dan respon terhadap kondisi lingkungan secara mandiri. Misalnya, penelitian [8] yang menggunakan arduino sebagai mikrokontroler yang diintegrasikan dengan beberapa sensor untuk mendesain parkir otomatis menggunakan sensor PIR dan sensor servo motor. Penelitian selanjutnya [9] menunjukkan bahwa sensor ultrasonik dapat diaplikasikan pada sistem parkir cerdas dengan mendeteksi zona hijau untuk mengetahui apakah mobil siap mundur atau tidak. Sedangkan, pada area kampus, sebuah penelitian [10] menunjukkan bahwa sistem parkir otomatis sukses dikembangkan berdasarkan permasalahan parkir pada area kampus dengan menerapkan berbagai teknologi seperti *Internet of Things*, *Machine Learning*, dan aplikasi seluler. Kemudian penelitian lain [11] menunjukkan bahwa integrasi sensor PIR dan getar juga dapat dimanfaatkan untuk mencegah pencurian mobil.

Berdasarkan beberapa permasalahan yang telah disebutkan, serta penelitian terdahulu maka penelitian ini berfokus pada rancang bangun sistem *autopark* berbasis sensor api dan gempa yang mampu meningkatkan aspek keselamatan [12] pada area parkir modern. Sistem ini dirancang agar tidak hanya berfungsi untuk membantu proses parkir kendaraan secara otomatis, tetapi juga mampu melakukan deteksi dini terhadap potensi bahaya, seperti munculnya api atau getaran akibat aktivitas seismik. Dengan demikian, sistem dapat memberikan peringatan atau respon cepat secara *real-time* [13] untuk meminimalkan risiko kerusakan dan bahaya bagi pengguna maupun kendaraan.

2. Metode Penelitian

Penelitian menggunakan pendekatan *experimental and engineering design*. Metode ini dipilih untuk merancang serta mengimplementasikan sistem *autopark* yang menggabungkan penerapan sensor api dan gempa. Diagram alur penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

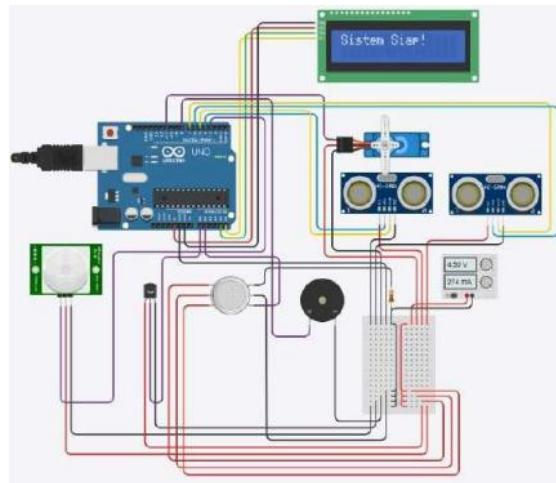
2.1. Analisis Kebutuhan Sistem

Penelitian diawali dengan analisis kebutuhan sistem. Pada tahap ini, dilakukan identifikasi beberapa komponen yang nantinya akan digunakan untuk membuat *prototype autopark*. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Mega 2560. Mikrokontroler ini berfungsi untuk mengendalikan semua komponen dengan memproses sinyal dari berbagai sensor, mengatur logika sistem, dan mengontrol seluruh perangkat. Kemudian, sistem ini juga membutuhkan beberapa sensor. Sensor pertama yang digunakan adalah Servo SG90 yang digunakan untuk menggerakkan palang pintu secara otomatis. Servo SG90 bekerja untuk mendeteksi jika ada kendaraan mendekat, dan akan membuat palang akan menutup kembali jika kendaraan lewat. Sensor kedua adalah sensor SW-420. Sensor ini digunakan untuk mendeteksi getaran akibat guncangan seperti gempa bumi. Jika getaran muncul maka sensor akan mengirim sinyal ke Arduino. Sensor ketiga yaitu sensor MQ26 yang berguna untuk mendeteksi berbagai jenis gas seperti metana (CH4), asap, karbon monoksida (CO), alkohol, dan propan. Sensor keempat yaitu sensor api KY-026. Sensor ini berfungsi sebagai lapisan tambahan dalam mendeteksi kebakaran di area parkir. Ketika api atau suhu tinggi terdeteksi, maka sistem akan memberikan peringatan visual dan suara. Sensor kelima yaitu sensor IR proximity yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan kendaraan di dekat palang pintu. Jika kendaraan berada dalam jarak tertentu dari pintu, sensor akan memicu servo untuk membuka palang pintu. Sensor keenam yaitu sensor HC-SR04 atau sensor ultrasonic. Sensor ini digunakan untuk mengukur jarak kendaraan dengan palang pintu. Sensor ini memastikan bahwa kendaraan benar-benar dekat dengan pintu sebelum memicu servo untuk membuka palang. Fungsinya melengkapi sensor IR Proximity untuk akurasi deteksi kendaraan. Sebagai pelengkap, sistem *autopark* juga menggunakan *buzzer* yang digunakan untuk memberikan peringatan suara kepada pengguna ketika terdeteksi kebakaran, gempa bumi maupun keduanya. Komponen pelengkap lainnya yaitu LCD I2C 12x6, kabel jumper serta *breadboard*.

2.2. Perancangan Perangkat Keras

Tahap selanjutnya yaitu perancangan perangkat keras. Pada tahap ini seluruh komponen dihubungkan berdasarkan desain skematik yang telah disusun sebelumnya menggunakan perangkat lunak simulasi yaitu *tinkercad circuit*. Proses ini bertujuan untuk memastikan bahwa

rancangan sistem berjalan sesuai dengan fungsi dan kebutuhan yang telah ditetapkan pada tahap analisis. Perancangan sistem ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain sistem

2.3. Perancangan Perangkat Lunak

Selanjutnya yaitu memasuki tahap perancangan perangkat lunak. Perancangan perangkat lunak dilakukan menggunakan bahasa pemrograman C/C++ melalui Arduino IDE. Prangkat lunak ini berfungsi untuk mengatur logika kerja sistem, meliputi pengendalian motor, pemrosesan data dari sensor, serta pengaktifan alarm dan indikator ketika terdeteksi potensi bahaya.

Software dirancang untuk membaca data dari sensor secara kontinu dalam *loop* utama dengan *delay* 500 milidetik untuk menghindari pembacaan berulang yang tidak perlu. Logika kontrol palang pintu diprogram untuk membuka secara perlahan dengan *increment* 2 derajat setiap 20 milidetik untuk mencapai 90 derajat, kemudian menutup dengan cara yang sama. Sistem manajemen kuota parkir dibatasi maksimal 3 kendaraan dengan *counter* yang *increment* saat kendaraan masuk dan *decrement* saat keluar. Prioritas peringatan bahaya diprogram dengan urutan deteksi api memiliki prioritas tertinggi, diikuti deteksi gas, dan deteksi gempa, dimana saat bahaya terdeteksi, sistem akan mengaktifkan *buzzer* dengan frekuensi berbeda untuk setiap jenis bahaya dan menampilkan pesan peringatan di LCD.

2.4. Integrasi Sistem

Tahap berikutnya adalah integrasi sistem antara perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) untuk membentuk sistem *autopark* yang berfungsi secara menyeluruh. Proses integrasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh komponen fisik yang telah dirancang sebelumnya dapat beroperasi sehingga dapat dikembangkan pada tahap pemrograman. Pada tahap ini, mikrokontroler bertindak sebagai pusat kendali yang mengatur komunikasi data dari berbagai sensor, seperti sensor ultrasonik untuk deteksi jarak, sensor api untuk mendeteksi kebakaran, serta sensor getaran untuk mendeteksi aktivitas seismik atau gempa.

2.5. Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan secara bertahap meliputi pengujian individual setiap sensor untuk memastikan pembacaan nilai yang akurat, pengujian integrasi sistem untuk memastikan komunikasi antar komponen berjalan dengan baik, pengujian fungsional untuk memverifikasi sistem dapat membuka dan menutup palang pintu secara otomatis saat kendaraan terdeteksi,

pengujian deteksi bahaya untuk memastikan sistem dapat mendeteksi api, gas, dan getaran dengan memberikan peringatan yang sesuai, dan pengujian manajemen kuota untuk memverifikasi sistem dapat menghitung jumlah kendaraan dengan akurat dan menolak akses saat kuota penuh. Setiap pengujian didokumentasikan dengan mencatat respon sistem terhadap berbagai kondisi input untuk evaluasi kinerja sistem.

Melalui tahapan ini, diperoleh pemahaman menyeluruh mengenai kemampuan sistem *autopark* dalam beradaptasi terhadap kondisi lingkungan dan situasi darurat. Tahap integrasi dan pengujian ini menjadi langkah krusial dalam memastikan bahwa sistem yang dikembangkan tidak hanya berfungsi sesuai rancangan, tetapi juga andal, efisien, dan aman untuk diterapkan di lingkungan nyata seperti area parkir publik atau fasilitas perkantoran yang berisiko terhadap bencana.

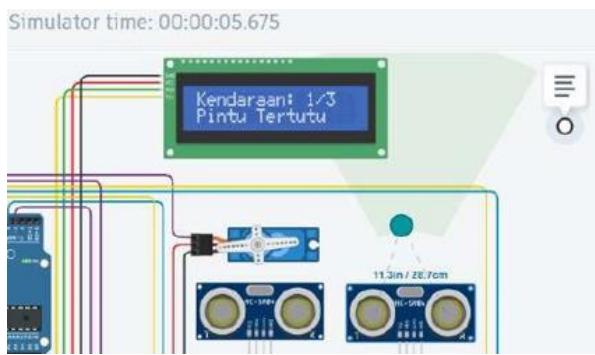
3. Hasil dan Pembahasan

Rangkaian sistem *autopark* dibangun menggunakan Arduino Mega 2560 sebagai pusat kontrol dengan koneksi pin sebagai berikut: sensor ultrasonik HC-SR04 terhubung pada pin trigger 4 dan echo 5 untuk deteksi kendaraan masuk, pin trigger 6 dan echo 7 untuk deteksi kendaraan keluar, sensor IR Proximity terhubung pada pin digital 10, sensor MQ6 terhubung pada pin analog A1, sensor KY-026 terhubung pada pin analog A0, sensor SW-420 terhubung pada pin digital 3, servo motor terhubung pada pin PWM 11, *buzzer* terhubung pada pin digital 7-8, dan LCD I2C terhubung melalui komunikasi I2C pada pin SDA dan SCL dengan alamat 0x27. Semua komponen mendapat suplai daya 5V dari Arduino dengan *ground* yang terhubung bersama. *Prototype autopark* berbasis sensor api dan sensor gempa yang berhasil dibuat dapat dilihat pada Gambar 3.



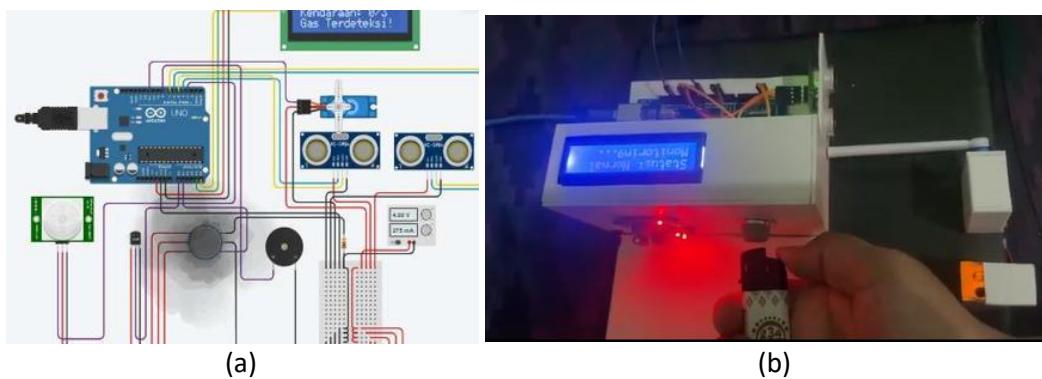
Gambar 3. *Prototype autopark* berbasis sensor api dan sensor gempa

Ketika sistem dijalankan, sensor ultrasonik akan mendeteksi objek (mobil) yang mendekat. Ketika objek terdeteksi pada jarak tertentu, motor servo bergerak sebesar 90° sebagai simulasi pintu parkir terbuka. Setelah beberapa detik, servo kembali ke posisi semula menandakan pintu tertutup. Pada saat yang sama, LCD menampilkan status pintu (terbuka atau tertutup) serta informasi jumlah slot parkir yang tersedia, sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi parkir secara *real-time* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.

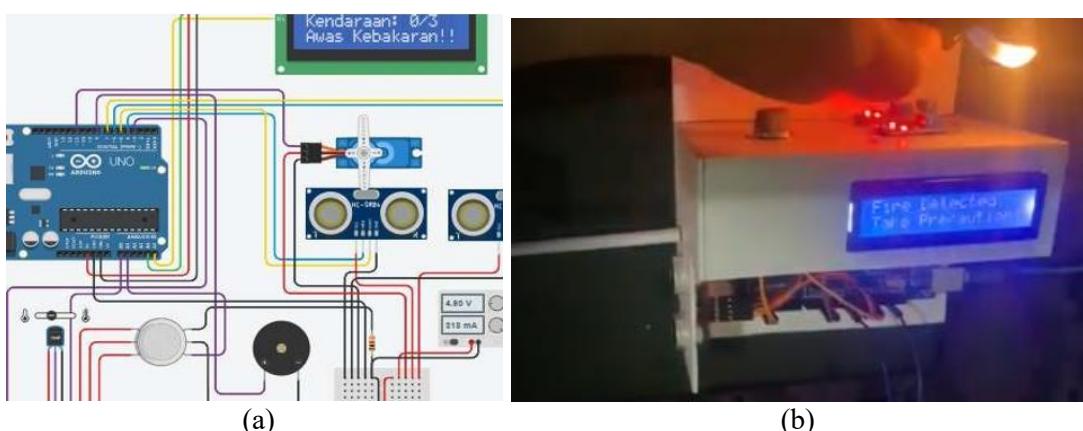


Gambar 4. Simulasi sistem saat awal dijalankan

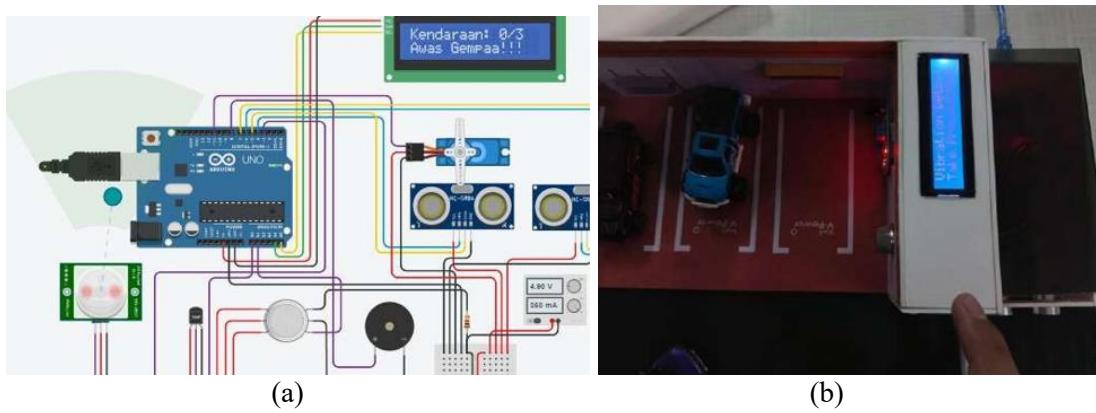
Selanjutnya, sensor gas mendeteksi keberadaan asap atau gas berbahaya di sekitar area parkir, sistem secara otomatis mengaktifkan *buzzer* sebagai peringatan dini. Bersamaan dengan itu, LCD menampilkan notifikasi “Gas Terdeteksi” untuk memberikan informasi visual kepada pengguna mengenai potensi bahaya yang terdeteksi oleh sistem, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.

Gambar 5. Simulasi sistem mendeteksi gas (a) pada *tinkercad* (b) pada *prototype*

Pada saat sensor api mendeteksi adanya sumber api, sistem secara otomatis mengaktifkan *buzzer* sebagai alarm peringatan. Secara bersamaan, LCD menampilkan notifikasi “Awas Kebakaran” pada *tinkercad* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6(a) sebagai tanda bahaya untuk meningkatkan kewaspadaan pengguna. Sedangkan notifikasi “Fire Detected! Take Precaution!” untuk memberikan peringatan visual di *prototype* agar para pengguna segera melakukan tindakan pencegahan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6(b).

Gambar 6. Simulasi sistem mendeteksi api (a) pada *tinkercad* (b) pada *prototype*

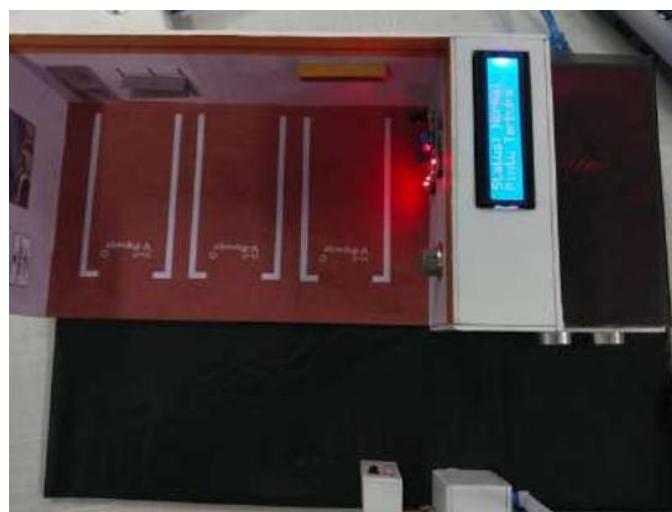
Kemudian, ketika sensor gempa mendeteksi adanya getaran, sistem akan secara otomatis mengaktifkan *buzzer* sebagai peringatan bahaya. Pada saat yang sama, LCD menampilkan notifikasi “Awas Gempa !!!” pada *tinkercad* untuk memberikan peringatan visual kepada pengguna terhadap potensi gempa yang terdeteksi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7(a). Sedangkan, notifikasi “*Vibration Detected! Take Precaution!*” sebagai tanda bahaya agar pengguna dapat segera meningkatkan kewaspadaan terhadap potensi getaran atau gempa ditampilkan pada *prototype* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7(b).



Gambar 7. Simulasi sistem mendeteksi getaran (a) pada *tinkercad* (b) pada *prototype*

Apabila sensor ultrasonik mendeteksi adanya objek atau kendaraan yang mendekat, sistem akan menggerakkan pintu otomatis untuk terbuka, dan LCD menampilkan notifikasi “Pintu Terbuka”. Setelah beberapa saat, pintu akan menutup kembali dan LCD menampilkan pesan “Pintu Tertutup”. Selain itu, sistem juga memperbarui status jumlah kendaraan pada area parkir, misalnya menampilkan “1/3”, yang menunjukkan bahwa satu dari tiga slot parkir telah terisi.

Kendaraan akan keluar, sensor inframerah (IR) mendeteksi keberadaan objek di area keluar. Saat sensor IR aktif, pintu otomatis terbuka dan LCD menampilkan notifikasi “Pintu Terbuka”. Setelah kendaraan keluar dan sensor tidak lagi mendeteksi objek, pintu menutup kembali disertai tampilan notifikasi “Pintu Tertutup” pada LCD. Sistem kemudian memperbarui status jumlah kendaraan menjadi 0/3, yang menandakan seluruh slot parkir dalam kondisi kosong. Hal tersebut ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Kondisi parkir kosong

4. Kesimpulan dan Saran

Hasil penelitian dan implementasi sistem autopark berbasis sensor api dan gempa menunjukkan bahwa sistem ini bekerja secara efektif dan efisien dalam meningkatkan keamanan serta pengelolaan area parkir. Sistem mampu mendeteksi potensi bahaya kebakaran dan getaran gempa menggunakan sensor MQ-6, KY-026, dan SW-420, yang terintegrasi dengan *buzzer* dan LCD untuk memberikan peringatan cepat dan akurat. Proses otomatisasi akses kendaraan berhasil diterapkan melalui sensor IR Proximity dan HC-SR04, yang mengendalikan servo motor untuk membuka dan menutup palang pintu secara otomatis dengan gerakan halus dan aman. Selain itu, LCD I2C menampilkan informasi *real-time* mengenai status pintu, deteksi bahaya, dan jumlah kendaraan, sehingga pengguna dapat memantau kondisi sistem dengan mudah.

Sistem *autopark* ini tidak hanya berfungsi sebagai pengatur akses kendaraan, tetapi juga sebagai sistem pengaman cerdas yang mampu memberikan peringatan dini terhadap potensi kebakaran dan gempa. Untuk pengembangan lebih lanjut, sistem dapat ditingkatkan melalui integrasi aplikasi mobile, penambahan sensor deteksi CO₂, serta penerapan kontrol jarak jauh untuk palang pintu. Optimalisasi desain perangkat keras dengan PCB custom, tata kabel yang rapi, dan material yang lebih kuat juga disarankan untuk meningkatkan keandalan dan ketahanan sistem. Dengan pengembangan tersebut, *autopark* berpotensi menjadi solusi manajemen parkir yang aman, efisien, dan adaptif untuk berbagai lingkungan parkir publik maupun privat.

Referensi

- [1] S. Singh, N. Kaur, and Kavita, “Automated parking system using IoT,” in *International Conference on Green Energy, Computing and Intelligent Technology (GEN-CITY 2023)*, 2023, pp. 457–461. doi: 10.1049/icp.2023.1819.
- [2] J. S. Olmos Medina, J. G. Maradey Lázaro, A. Rassolkin, and H. González Acuña, *An Overview of Autonomous Parking Systems: Strategies, Challenges, and Future Directions*, vol. 25, no. 14. 2025. doi: 10.3390/s25144328.
- [3] M. Arefin *et al.*, “An IoT-Based Integrated Solution for Fire Detection Alarm System and Water Supply Management,” in *2023 International Conference on Information and Communication Technology for Sustainable Development (ICICT4SD)*, 2023, pp. 357–361. doi: 10.1109/ICICT4SD59951.2023.10303496.
- [4] A. Sharma, A. Nayyar, K. J. Singh, D. S. Kapoor, K. Thakur, and S. Mahajan, “An IoT-based forest fire detection system: design and testing,” *Multimed. Tools Appl.*, vol. 83, no. 13, pp. 38685–38710, 2024, doi: 10.1007/s11042-023-17027-9.
- [5] W. A. Jabbar, L. Y. Tiew, and N. Y. Ali Shah, “Internet of things enabled parking management system using long range wide area network for smart city,” *Internet Things Cyber-Physical Syst.*, vol. 4, pp. 82–98, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.iotcps.2023.09.001>.
- [6] A. Aditya, S. Anwarul, R. Tanwar, and S. K. V. Koneru, “An IoT assisted Intelligent Parking System (IPS) for Smart Cities,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 218, pp. 1045–1054, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.084>.
- [7] F. Zeng, C. Pang, and H. Tang, “Sensors on Internet of Things Systems for the Sustainable Development of Smart Cities: A Systematic Literature Review,” *Sensors*, vol. 24, no. 7, 2024.
- [8] B. P. Ardian, M. Daffa, D. Pratama, B. P. Baharuddin, and I. Ady, “Perancangan Desain Sistem Parkir Otomatis Menggunakan Sensor Pir Dan Servo Motor Berbasis Arduino,” *Semin. Nas. Corisindo*, no. September 2025, pp. 700–707, 2025.
- [9] T. Sreesailam, N. R. Rao, R. B. Singh, A. Nawani, and J. Dhillon, “Automatic Parallel Parking Car BT - Recent Developments in Control, Automation and Power Engineering,” in *Springer*, H. P. Singh, I. B. Aris, and A. S. Siddiqui, Eds., Singapore: Springer Nature Singapore, 2025, pp. 1–9.
- [10] Y. Bandung, M. F. N. Aldiansyah, M. R. D. Putra, and M. I. I. Syiraaj, “Design and Implementation

- of IoT-Based Smart Parking System in Campus Area,” in *2023 10th International Conference on ICT for Smart Society (ICISS)*, 2023, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICISS59129.2023.10292040.
- [11] I. Joi, R. Susanti, and F. F. Islami, “Prototype Alat Pengaman Mobil Berbasis Internet of Things (IoT),” *Pros. SISFOTEK*, pp. 277–282, 2021, [Online]. Available: <http://seminar.iaii.or.id/index.php/SISFOTEK/article/view/299%0Ahttp://seminar.iaii.or.id/index.php/SISFOTEK/article/download/299/266>
 - [12] A. Rahman *et al.*, “SDN–IoT empowered intelligent framework for industry 4.0 applications during COVID-19 pandemic,” *Cluster Comput.*, vol. 25, no. 4, pp. 2351–2368, 2022, doi: 10.1007/s10586-021-03367-4.
 - [13] Y. C. See and E. X. Ho, “IoT-Based Fire Safety System Using MQTT Communication Protocol,” *Int. J. Integr. Eng.*, vol. 12, no. 6, pp. 207–215, 2020, doi: 10.30880/ijie.2020.12.06.024.