



Integrasi Sistem Keamanan *Booth Container* UMKM dengan Sistem Pintar dan Kontrol Lokasi Menggunakan *Smartphone*

Tugas Akhir

**Oleh:
Kreshna Lucky Pradana (4212201056)**

**Program Studi Teknik Mekatronika
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Batam
2026**

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya yang berjudul : "Integrasi Sistem Keamanan Booth Container UMKM dengan Sistem Pintar dan Kontrol Lokasi Menggunakan Smartphone" adalah **hasil karya sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.** Semua referensi yang dikutip atau dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Batam, 20 Januari 2026



Kreshna Lucky Pradana

NIM: 4212201056

Lembar Pengesahan

Tugas Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T)
di
Politeknik Negeri Batam

Oleh:
Kreshna Lucky Pradana (4212201056)

Tanggal Sidang: 21 Januari 2026

Disetujui oleh:



1. Dr. Budi Sugandi, S.T., M.Eng
NIK: 100002



1. Diono, S.Tr., T., M.Sc
NIK: 120243



2. Adlian Jefriza, S.Pd., M.T.
NIK: 119220

Integrasi Sistem Keamanan *Booth Container* UMKM dengan Sistem Pintar dan Kontrol Lokasi Menggunakan *Smartphone*

Abstrak

Booth container banyak digunakan oleh pelaku UMKM kuliner karena bersifat praktis dan mudah dipindahkan, namun kondisi tersebut juga meningkatkan risiko pembobolan dan pencurian, terutama ketika *booth* ditinggalkan tanpa pengawasan pada malam hari. Oleh karena itu, diperlukan sistem keamanan yang mampu memberikan peringatan dini serta memungkinkan pemantauan jarak jauh. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem keamanan *booth container* berbasis *Internet of Things* (IoT) yang terintegrasi dengan kontrol dan pemantauan melalui *smartphone*. Metode penelitian meliputi perancangan mekanikal dan elektrik sistem, pemrograman mikrokontroler ESP32, integrasi sensor getar SW-420, *buzzer* sebagai alarm, modul GPS Ublox Neo-6M, serta pengembangan antarmuka web sebagai media monitoring. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sensor getar dalam mendeteksi gangguan fisik, waktu respons pengiriman notifikasi, serta akurasi modul GPS dalam menentukan lokasi *booth container*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor getar mampu mendeteksi gangguan fisik dengan tingkat keberhasilan 100% dan notifikasi dapat diterima pengguna dengan rata-rata waktu respons 1,6 detik. Modul GPS Ublox Neo-6M menunjukkan performa pelacakan lokasi yang stabil dengan selisih lokasi 0,39 meter pada kondisi pengujian statis. Berdasarkan hasil tersebut, sistem yang dirancang mampu berfungsi sesuai tujuan penelitian, yaitu memberikan peringatan dini dan pemantauan lokasi *booth container* secara *real-time* untuk meningkatkan keamanan UMKM tempat usahanya tanpa harus melakukan pengawasan secara langsung.

Kata kunci: *Booth Container*, Sistem Keamanan, *Internet of Things*, ESP32, GPS

Integration of UMKM Container Booth Security System with Smart System and Location Control Using Smartphone

Abstract

Container booths are widely used by culinary MSME players because they are practical and easy to move, but this also increases the risk of break-ins and theft, especially when the booths are left unattended at night. Therefore, a security system is needed that can provide early warnings and enable remote monitoring. This study aims to design and implement an Internet of Things (IoT)-based container booth security system that is integrated with control and monitoring via smartphone. The research methods include mechanical and electrical system design, ESP32 microcontroller programming, integration of SW-420 vibration sensors, buzzers as alarms, Ublox Neo-6M GPS modules, and the development of a web interface as a monitoring medium. Testing was conducted to evaluate the performance of the vibration sensor in detecting physical disturbances, the response time for sending notifications, and the accuracy of the GPS module in determining the location of the container booth. The test results showed that the vibration sensor was able to detect physical disturbances with a 100% success rate and notifications could be received by users with an average response time of 1.6 seconds. The Ublox Neo-6M GPS module demonstrated stable location tracking performance with a location difference of 0.39 meters under static testing conditions. Based on these results, the designed system is capable of functioning according to the research objectives, namely providing early warnings and monitoring the location of container booths.

Keywords: Booth Container, Security System, Internet of Things, ESP32, GPS

Kata Pengantar

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul **“Integrasi Sistem Keamanan *Booth Container* UMKM dengan Sistem Pintar dan Kontrol Lokasi Menggunakan *Smartphone*”**. Laporan tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi D-IV Teknik Mekatronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Batam.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih atas segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini kepada:

1. Kepada kedua orang tua dan keluarga, yang selalu memberikan bantuan, dukungan, dan doa yang tiada henti dalam setiap langkah penulis.
2. Bapak Bambang Hendrawan, S.T., MSM., CIPMP., CISC.P., selaku Direktur Politeknik Negeri Batam .
3. Bapak Ir. Indra Hardian Mulyadi, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Kepala Jurusan Teknik Elektro.
4. Bapak Diono, S.Tr.T., M.Sc. selaku ketua program studi Teknik Mekatronika, sekaligus dosen pembimbing, yang telah meluangkan waktu dan pikiran untuk memberikan bimbingan, arahan, serta masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Dr. Ir Budi Sugandi S.T., M.Eng., IPM., dan Bapak Adlian Jefiza S.Pd., M.T., selaku dosen penguji yang telah memberikan kiritik dan saran membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.
6. Ibu Feralia Fitri, S.T, M.T., selaku dosen pengampu mata kuliah Tugas Akhir.
7. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada teman-teman seperjuangan,serta seluruh pihak yang memberikan dukungan dan motivasi, baik secara langsung maupun tidak langsung selama proses penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.

Batam, 28 Januari 2026



Kreshna Lucky Pradana

Daftar Isi

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir	i
Lembar Pengesahan	ii
Abstrak	iii
<i>Abstract</i>	iv
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vi
Daftar Gambar	viii
Daftar Tabel	ix
Bab 1. Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	3
1.4. Manfaat	3
1.5. Batasan	3
Bab 2. Tinjauan Pustaka	4
2.1 Penelitian Terdahulu	4
2.2 Landasan teori	5
2.2.1 <i>Internet of Things</i> (IoT)	5
2.3 Arsitektur Sistem dan Antarmuka Kontrol Berbasis Web	5
2.3.1 Arsitektur Sistem	6
2.3.2 Fitur Antarmuka Web	7
2.4 Komponen Dalam Perancangan <i>Booth Container</i>	8
2.4.1 Mikrokontroler ESP32	8
2.4.2 Sensor Getar SW-420	9
2.4.3 <i>Buzzer</i>	9
2.4.4 Modul <i>Global Positioning System</i> (GPS)	10
2.4.5 Akumulator (AKI)	10

Bab 3. Metodologi Penelitian	13
3.1. Perancangan Umum	13
3.1.1 Perancangan Mekanikal	14
3.1.2 Perancangan Elektrikal	17
3.1.3 Perancangan <i>User Interface</i> (UI).....	21
3.2. Perancangan Sistem	23
3.3. Alat dan Bahan	25
3.3. Pengujian.....	25
3.3.1. Pengujian GPS Ublox Neo-6M	25
3.3.2. Pengujian Waktu Respons Notifikasi Sensor Getar	27
Bab 4. Hasil dan Pembahasan	29
4.1. Hasil Implementasi Sistem	29
4.1.1 Hasil Perancangan Mekanikal.....	29
4.1.2. Hasil Perancangan Elektrikal.....	30
4.1.3. Hasil Perancangan Web.....	31
4.2. Hasil Pengujian dan Pembahasan Sistem	33
4.2.1. Hasil Data Pengujian GPS Ublox Neo-6M	33
4.2.2. Hasil Data Pengujian Waktu Respons Integrasi Notifikasi Sensor Getar	35
Bab 5. Kesimpulan dan Saran	38
5.1. Kesimpulan	38
5.2. Saran	39
Daftar Pustaka	40
Biodata	43
Lampiran	44

Daftar Gambar

Gambar 1. Mikrokontroler ESP32.....	9
Gambar 2. Sensor Getar SW-420.....	9
Gambar 3. Buzzer	9
Gambar 4. Modul GPS Ublox Neo-6	10
Gambar 5. Akumulator	10
Gambar 6. <i>Flowchart</i> Perancangan Umum	13
Gambar 7. <i>Flowchart</i> Perancangan Mekanikal.....	14
Gambar 8. Booth Container dan ukurannya	15
Gambar 9. Posisi Box kontroller pada booth container.....	16
Gambar 10. Posisi Box GPS pada booth container	16
Gambar 11. <i>Flowchart</i> Perancangan Elektrikal	17
Gambar 12. Desain Wiring Elektrikal.....	18
Gambar 13. <i>Flowchart</i> Perancangan <i>User Interface</i>	21
Gambar 14. Desain <i>User Interface</i>	22
Gambar 15. <i>Flowchart</i> Perancangan Sistem.....	23
Gambar 16. Diagram Blok Perancangan Sistem	24
Gambar 17. Desain 3D Solidwork	29
Gambar 18. Hasil Mekanikal.....	29
Gambar 19. Hasil Elektrikal	30
Gambar 20. Tampilan Login Web	31
Gambar 21. Hasil Tampilan Main Dashboard	32
Gambar 22. Hasil Tampilan Log History	32

Daftar Tabel

Tabel 1. Fitur Antarmuka Web	7
Tabel 2. Jurnal Referensi	11
Tabel 3. Pemilihan Komponen dan Fungsinya	18
Tabel 4. Tabel Koneksi Komponen Sistem Keamanan Booth Container	19
Tabel 5. Estimasi biaya	25
Tabel 6. Pengujian GPS	26
Tabel 7. Pengujian Waktu Respons Notifikasi Sensor Getar	27
Tabel 8. Hasil Pengujian Lokasi GPS Ublox Neo-6M	33
Tabel 9. Pengujian Waktu Respons Integrasi Notifikasi Sensor Getar	35

Bab 1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Pada era globalisasi perdagangan dan sistem perdagangan bebas saat ini, muncul sektor Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM) yang memiliki peran signifikan dalam pengembangan ekonomi dan menciptakan lapangan pekerjaan. Guna meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Istilah UMKM merujuk pada aktifitas yang didirikan oleh masyarakat baik bentuk usaha perorangan maupun badan usaha. Di Indonesia terkhusus di Batam banyak UMKM yang didirikan oleh masyarakat yang bergerak di bidang kuliner, UMKM kuliner di Batam dapat dengan mudah di temukan di sepanjang jalan maupun di lokasi-lokasi tertentu yang menyediakan stand atau area khusus untuk berjualan[1].

Untuk menjalankan usaha UMKM kuliner membutuhkan sarana pendukung yang fleksibel, banyak pelaku usaha kuliner yang menggunakan *booth container* sebagai solusi efektif yang memfasilitasi kegiatan penjualan produk makanan dan minuman. *Booth Container* merupakan bangunan semi permanen yang digunakan untuk menyiapkan dan menjual makanan kepada masyarakat umum yang berada di area terbuka atau lokasi luar ruangan[2]. Karena *booth container* adalah bangunan semi permanen, maka memudahkan pelaku UMKM kuliner untuk memindahkannya dari lokasi yang satu ke lokasi lainnya sesuai dengan ketersediaan tempat yang di sediakan untuk berjualan. Walaupun *booth container* bisa di pindahkan sesuai dengan keinginan, beberapa pelaku usaha memilih untuk meninggalkan *booth container* di area usaha di lakukan setelah selesai berjualan, dengan pertimbangan mempersingkat persiapan di waktu berikutnya. Meninggalkan *booth container* di tempat usaha, terutama di malam hari dan ditempat yang rentan terhadap pencurian tentu bisa menimbulkan masalah keamanan[3].

Keamanan *booth container* adalah aspek yang sangat penting yang harus di perhatikan, guna menjaga keberlangsungan UMKM kuliner. Jika di tinggalkan tanpa pengawasan penuh terutama saat malam hari ketika pelaku UMKM kuliner tidak berada di lokasi usaha. Hal ini sangat memungkinkan untuk terjadinya pembobolan bahkan pencurian *booth container* itu sendiri di karenakan bentuknya yang semi permanen dan mudah untuk di pindahkan ke berbagai tempat. Untuk saat ini beberapa pelaku UMKM kuliner menggunakan kunci engsel yang di padukan dengan gembok (*padlock*) untuk menghindari pembobolann *booth container*. Gembok adalah kunci mekanis yang memiliki kelemahan karena mudah di bobol, bahkan ada beberapa gembok yang bisa di buka dengan pin atau kawat tanpa kunci. Dengan adanya masalah tersebut di butuhkan suatu sistem keamanan yang fleksibel untuk pelaku UMKM kuliner sehingga memudahkan *booth container* untuk di Kontrol secara keamanannya, agar bisa menghindari terjadinya pembobolan dan pencurian *booth container*.

Beberapa penelitian sebelumnya telah menciptakan sistem keamanan dengan menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT). Salah satu penelitian dilakukan oleh Muchamad Sobri Sungkar (2020), yang merancang sistem keamanan untuk rumah dengan memanfaatkan sensor IR dan kamera, serta menyediakan notifikasi melalui Telegram. Meskipun sistem ini efektif untuk tempat tinggal permanen, pendekatan tersebut belum sepenuhnya maksimal diterapkan pada bangunan portable seperti *booth container*, yang memerlukan deteksi fisik seperti getaran dan pelacakan mobilitas[4]. Selain itu, Fathoni dan rekan-rekannya (2025) juga mengembangkan sistem pelacakan lokasi sepeda motor berbasis IoT menggunakan ESP32 dan GPS Neo 6M, serta mengintegrasikannya ke dalam aplikasi mobile yang dibangun dengan *Flutter*. Meskipun sistem ini berhasil menunjukkan posisi kendaraan secara *real-time*, masih belum terdapat fitur untuk mendeteksi aktivitas fisik, seperti upaya pencurian[5].

Oleh karena itu tugas akhir ini mengusulkan untuk membuat sistem keamanan *booth container* dengan menawarkan solusi yang fleksible dan memiliki pencegahan terjadinya pembobolan atau pencurian *booth container* di lokasi jualan. Sistem ini mengintegrasikan mikrokontroler ESP32, sensor getar, alarm *buzzer*, serta modul GPS yang dikendalikan melalui *smartphone*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan dan menerapkan sistem keamanan pintar yang dapat mengidentifikasi dan merespons secara otomatis tanda-tanda upaya pembobolan, seperti getaran yang tidak wajar pada *booth container*. Di lokasi kejadian, sistem ini akan mengaktifkan alarm sebagai peringatan dan mengirimkan notifikasi ke *smartphone* pemilik *booth* secara langsung sebagai bentuk pemberitahuan jarak jauh. Selain itu, integrasi dengan modul GPS memungkinkan pemilik untuk memantau lokasi *booth* secara *real-time*, terutama dalam kasus pemindahan tanpa izin. Dengan metode ini, sistem diharapkan dapat secara efektif dan efisien meningkatkan keamanan *booth container* UMKM kuliner dan memberikan rasa aman bagi bisnis, terutama saat *booth* ditinggalkan tanpa pengawasan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka di rumuskan beberapa rumusan masalah, yaitu :

1. Bagaimana cara merancang alat keamanan yang dapat dipasang pada *booth container* UMKM kuliner untuk mencegah pencurian atau pembobolan saat tidak diawasi?
2. Seberapa akurat sensor sistem mendeteksi getaran dan pelacakan lokasi pada *booth container*?
3. Bagaimana sistem dapat memberikan notifikasi secara *real-time* saat terjadi upaya pembobolan?

1.3. Tujuan

Berdasarkan masalah yang ada, maka tujuan peneliti membuat sistem keamanan pintar ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang alat keamanan yang dipasang pada *booth container* untuk melindungi dari pencurian atau pembobolan.
2. Mengukur Tingkat akurasi sistem dalam mendeteksi getaran sebagai indikasi pembobolan menggunakan sensor getar dan melacak lokasi *booth container* dengan menggunakan modul gps.
3. Mengimplementasikan pengiriman notifikasi *real-time* ke *smartphone* pengguna saat terdeteksi indikasi pembobolan.

1.4. Manfaat

Manfaat yang di harapkan pada tugas akhir ini adalah:

1. Memberikan solusi keamanan berbasis teknologi bagi pelaku UMKM kuliner yang menggunakan *booth container* dan membantu mereka mengurangi risiko kehilangan aset dan barang dagangan akibat pencurian atau pembobolan.
2. Memperkenalkan sistem keamanan yang lebih modern dan terintegrasi daripada sistem konvensional seperti gembok dan memberikan inspirasi untuk pengembangan sistem keamanan portable berbasis *Internet of Things* untuk berbagai jenis usaha kecil.
3. Dengan membangun sistem ini, pemantauan proyek dapat dilakukan dari jarak jauh tanpa harus ke lokasi tersebut.

1.5. Batasan

Batasan dari tugas akhir tersebut adalah sebagai berikut:

1. Sistem keamanan ini dibuat khusus untuk *booth container* UMKM.
2. Sistem hanya dapat mengidentifikasi pembobolan melalui getaran fisik menggunakan sensor getar.
3. Pengujian akurasi GPS dilakukan pada kondisi statis (diam), serta kondisi di beberapa titik lokasi yang berbeda dan efektivitas sensor getar diuji berdasarkan gangguan fisik langsung pada *booth container*.
4. Alat ini hanya dapat berfungsi dengan baik selama sumber daya dari aki (*accumulator*) masih mencukupi. Jika daya pada aki habis atau melemah, maka sistem tidak akan dapat beroperasi.
5. Mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai pusat kontrol sistem dan hanya dapat beroperasi saat terhubung ke WiFi. tanpa koneksi internet, sistem tidak dapat menjalankan fungsi monitoring dan notifikasi.

Bab 2. Tinjauan Pustaka

2.1 Penelitian Terdahulu

Untuk mendukung penelitian yang di lakukan, penulis melakukan studi pustaka dari berbagai macam penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan topik ini.

Penelitian tentang sistem keamanan berbasis *Internet of Things* (IoT) telah banyak dilakukan sebagai solusi untuk melindungi aset yang ada di kendaraan, rumah, dan fasilitas bisnis. Penelitian pertama yang dilakukan oleh Moh Soleh Romadlon Ardliyansyah & Affan Bachri (2022) yang berjudul "Rancang Bangun Sistem Keamanan Dan Pengendali Jarak Jauh Sepeda Motor Menggunakan Android Berbasis Nodemcu ESP32 dan GPS" Penelitian ini menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32. Sistem ini dirancang dengan mengintegrasikan sensor getar SW-420 sebagai detektor getaran pada area kunci kontak, serta modul GPS Neo6mv2 untuk melacak posisi kendaraan. Aplikasi Blynk digunakan sebagai antarmuka pada smartphone yang memungkinkan pengguna menerima notifikasi ketika terjadi upaya pencurian, menyalakan alarm, serta mengontrol mesin dari jarak jauh. Berdasarkan hasil pengujian, seluruh fitur kendali dapat berjalan dengan baik di berbagai lokasi, dan koordinat lokasi kendaraan dapat dipantau dengan tingkat akurasi rata-rata sekitar 8,31 meter. Dengan demikian, sistem ini memiliki beberapa kelemahan, seperti waktu inisialisasi GPS yang cukup lama saat pertama kali diaktifkan, serta ketergantungan terhadap jaringan internet dan aplikasi pihak ketiga. Jika koneksi terganggu, maka fungsi pemantauan dan kontrol menjadi terbatas[6].

Penelitian kedua dilakukan oleh Hollanda Arief Kusuma, Setia Budi Wijaya, dan Deny Nusyirwan (2023) dengan judul "SISTEM KEAMANAN RUMAH BERBASIS ESP32-CAM DAN TELEGRAM SEBAGAI NOTIFIKASI" Pada penelitian ini, sistem mampu mengenali pergerakan hingga jarak 3 meter, secara otomatis menangkap gambar dan mengirimkan sebagai notifikasi ke aplikasi telegram secara *real-time*. Sistem ini juga dilengkapi dengan fitur perintah mengambil gambar, mengaktifkan atau mematikan LED, serta mengatur status sensor PIR melalui bot Telegram. Meskipun sistem ini efektif dalam memberikan notifikasi visual dan mudah diakses melalui smartphone, terdapat beberapa kekurangan seperti bergantung pada koneksi internet, jangkauan deteksi sensor PIR yang terbatas, serta potensi notifikasi yang muncul berulang akibat pergerakan yang terus berlangsung, yang dapat mengganggu kenyamanan pengguna[7].

penelitian selanjutnya dilakukan oleh Fathoni, Susanto, dan Irawan (2025) yang berjudul "Implementasi *Tracking Location* Sistem pada Sepeda Motor Berbasis *Internet of Things* dengan Integrasi Aplikasi Mobile" yang merancang sistem pelacakan kendaraan berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan memanfaatkan mikrokontroler ESP32 dan modul GPS Ublox Neo 6M yang

terhubung ke aplikasi *Flutter*. Sistem ini dirancang agar pengguna dapat memantau posisi sepeda motor secara langsung melalui data koordinat yang dikirimkan ke server dan ditampilkan pada peta dalam aplikasi. Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu berfungsi dengan baik, namun terdapat sejumlah keterbatasan, seperti akurasi lokasi GPS yang kurang stabil saat perangkat pertama kali dinyalakan karena waktu akuisisi sinyal satelit, serta ketergantungan terhadap koneksi internet untuk mengirim dan menampilkan data. Selain itu, sistem ini belum dilengkapi fitur keamanan tambahan seperti notifikasi otomatis atau deteksi pergerakan mencurigakan, sehingga masih terbatas pada fungsi pelacakan posisi saja[5].

2.2 Landasan teori

2.2.1 *Internet of Things* (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan sebuah konsep yang di mana bertujuan untuk memperlus fungsi konektivitas *internet* agar dapat terhubung secara terus menerus dengan berbagai perangkat. IoT memungkinkan integrasi antara objek fisik dan dunia digital melalui proses pengumpulan data serta kemampuan komunikasi antar perangkat. Secara sederhana, IoT memungkinkan benda-benda di dunia nyata untuk saling berinteraksi dan bertukar informasi dengan memanfaatkan jaringan dan koneksi internet[8]. Pada sistem keamanan *booth container* UMKM, IoT memiliki peran penting dalam mengintegrasikan berbagai komponen agar dapat bekerja secara terkoordinasi dan saling mendukung. Mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai pusat kendali utama yang akan menerima input dari sensor getar, yang berfungsi untuk mendeteksi adanya getaran atau guncangan yang tidak wajar sebagai indikasi awal adanya upaya pembobolan[9]. Setelah sensor mendeteksi getaran yang valid, ESP32 akan mengaktifkan perangkat alarm berupa *buzzer* untuk memberikan peringatan suara untuk mengejutkan pelaku. Bersamaan dengan itu, ESP32 juga akan mengaktifkan modul GPS guna memperoleh koordinat lokasi *booth* secara real-time. Seluruh data mulai dari sinyal getaran, perintah aktivasi alarm, hingga informasi lokasi akan dikirimkan melalui konektivitas Wi-Fi atau Bluetooth ke smartphone pemilik *booth container*. Dengan demikian, pemilik *booth container* dapat menerima notifikasi peringatan secara langsung dan mengetahui lokasi *booth container* dari jarak jauh. Teknologi ini membuat sistem keamanan *booth container* lebih responsif, efektif, dan dapat dikontrol melalui aplikasi untuk meningkatkan perlindungan aset UMKM secara optimal.

2.3 Arsitektur Sistem dan Antarmuka Kontrol Berbasis Web

Pengembangan sistem keamanan berbasis *Internet of Things* (IoT) tidak hanya difokuskan pada desain perangkat keras, tetapi juga pada penyediaan antarmuka pengguna atau *human-machine interface* (HMI) yang optimal. Antarmuka ini

bertindak sebagai jembatan antara pengguna dan sistem fisik, memungkinkan pemantauan, kontrol, dan pengambilan keputusan jarak jauh [10]. Untuk sistem keamanan *booth container* ini, dirancang sebuah arsitektur *client-server* yang terpusat pada platform aplikasi web buatan sendiri sebagai antarmuka utama.

2.3.1 Arsitektur Sistem

Arsitektur sistem yang akan di rancang pada sistem keamanan *booth container* menggunakan arsitektur tiga lapisan (*three-layer architecture*) yang sering diterapkan dalam *Internet of Things* (IoT). Arsitektur ini terdiri dari tiga bagian, yaitu lapisan persepsi, lapisan jaringan, dan lapisan aplikasi[11].

1. Lapisan Persepsi (*Perception Layer*): Lapisan ini terdiri dari perangkat fisik yang ada di lapangan. Komponen utama dalam sistem ini adalah mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan sensor getar SW-420, modul GPS U-blox Neo-6M, dan buzzer sebagai aktuator. Tugas lapisan ini adalah mengumpulkan data dari lingkungan, seperti getaran dan lokasi, serta menjalankan perintah, seperti mengaktifkan alarm.
2. Lapisan Jaringan (*Network Layer*): Lapisan ini bertugas untuk mengirimkan data dari lapisan persepsi ke lapisan aplikasi. Modul Wi-Fi yang ada di ESP32 digunakan untuk menghubungkan perangkat ke internet. Data dari sensor dan status perangkat akan dikirim ke *server* menggunakan protokol komunikasi yang ringan dan efisien untuk IoT, seperti MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*). Protokol MQTT dipilih karena menggunakan sedikit *bandwidth* dan memungkinkan komunikasi dua arah secara *real-time* dengan model *publish-subscribe*, yang sangat cocok untuk mengirimkan notifikasi instan.
3. Lapisan Aplikasi (*Application Layer*): Ini adalah lapisan di mana data diproses, disimpan, dan ditampilkan kepada pengguna. Lapisan ini mencakup *server backend* yang menerima data dari perangkat, mengolahnya, dan menyimpannya dalam *database*. Data tersebut kemudian ditampilkan melalui antarmuka aplikasi web (*frontend*) yang dapat diakses oleh pengguna melalui browser di berbagai perangkat, seperti laptop atau *smartphone*.

Untuk komunikasi dua arah yang bersifat *real-time*, seperti menampilkan pergerakan di peta secara langsung atau mengirim perintah secara instan tanpa jeda, arsitektur ini dapat ditingkatkan dengan memanfaatkan teknologi *WebSockets*. *WebSocket* memungkinkan terjalinnya koneksi yang persisten antara browser pengguna, *server*, dan ESP32, sehingga data dapat dikirim dan diterima secara langsung tanpa perlu melakukan permintaan berulang[12].

2.3.2 Fitur Antarmuka Web

Desain antarmuka web difokuskan pada kemudahan penggunaan (*user-friendliness*) dan penyajian informasi yang informatif untuk pengambilan keputusan yang cepat. Berdasarkan studi tentang desain *dasbor* IoT yang efektif, antarmuka yang baik harus mampu menyajikan data ringkas dan memberikan kontrol yang intuitif[13]. Fitur utama yang akan diimplementasikan adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Fitur Antarmuka Web

No.	Fitur Utama	Deskripsi
1	<i>Dashboard Monitoring Utama</i>	Halaman utama yang menampilkan ringkasan status sistem secara <i>real-time</i> .
	Indikator Status	Tampilan visual yang jelas (misalnya, ikon gembok terkunci/terbuka dengan warna hijau/merah) untuk menunjukkan apakah sistem keamanan sedang Aktif (<i>Armed</i>) atau Tidak Aktif (<i>Disarmed</i>).
	Peta Pelacakan Langsung (<i>Live Tracking Map</i>)	Integrasi peta interaktif (misalnya, menggunakan Leaflet.js atau Google Maps API) yang menampilkan titik lokasi terakhir dari <i>booth container</i> berdasarkan data yang dikirim oleh modul GPS.
	Log Aktivitas (<i>Activity Log</i>)	Tabel atau daftar yang mencatat semua kejadian penting secara kronologis, seperti "Sistem diaktifkan pada 19:00", "Getaran terdeteksi pada 23:15", "Alarm dibunyikan", dan "Sistem dinonaktifkan pada 06:00".
2	Panel Kontrol (Control Panel)	Kumpulan tombol interaktif yang memungkinkan pengguna untuk mengelola sistem dari jarak jauh.
	Tombol Arm/Disarm	Fungsi utama untuk mengaktifkan dan menonaktifkan seluruh fungsi sensor dan alarm.
	Tombol Lacak Sekarang (<i>Track Now</i>)	Untuk meminta pembaruan posisi GPS secara manual di luar interval pengiriman data otomatis.
	Tombol Bunyikan Alarm (<i>Panic Button</i>)	Untuk memicu <i>buzzer</i> secara manual jika pengguna melihat aktivitas mencurigakan melalui cara lain.
3	Sistem Notifikasi	Peringatan instan yang muncul di antarmuka web ketika sensor mendeteksi getaran. Notifikasi ini dirancang untuk segera menarik perhatian pengguna, misalnya melalui jendela <i>pop-up</i> atau perubahan warna pada elemen halaman.

No.	Fitur Utama	Deskripsi
4	Manajemen Akun Pengguna	Sistem <i>login</i> dan <i>logout</i> yang aman untuk memastikan bahwa hanya pemilik atau pihak yang berwenang yang dapat mengakses dan mengendalikan sistem keamanan <i>booth container</i> .

Perancangan desain antarmuka web ini memastikan bahwa pengguna tidak hanya mendapatkan informasi, tetapi juga dapat berinteraksi dan mengelola aset mereka dengan aktif. Ini adalah salah satu keuntungan utama dari teknologi IoT dalam meningkatkan keamanan.

2.4 Komponen Dalam Perancangan *Booth Container*

Booth container adalah bangunan semi permanen yang terbuat dari kontainer bekas atau bangunan modular ringan umumnya digunakan sebagai stan makanan, minuman, atau layanan di tempat umum seperti trotoar, taman, atau pusat perbelanjaan. *Booth* ini dirancang agar mudah dipindahkan dari satu lokasi ke lokasi lain sesuai kebutuhan bisnis. Secara umum, *booth container* menawarkan keunggulan dalam hal efisiensi ruang, ketahanan terhadap berbagai kondisi cuaca, serta kemudahan dalam menyesuaikan desain. Baik untuk tujuan estetika maupun fungsional. Oleh karena itu, *Booth container* banyak dimanfaatkan oleh pelaku UMKM kuliner yang memerlukan tempat berjualan yang praktis namun menarik secara visual[14]. Berikut komponen yang mendukung Perancangan Keamanan *Booth Container*:

2.4.1 Mikrokontroler ESP32

Modul ESP32 merupakan sebuah mikrokontroler yang memiliki kemampuan ganda, yaitu WiFi dan Bluetooth, dirancang untuk mengembangkan berbagai aplikasi dan proyek yang berhubungan dengan IoT atau *Internet of Things*. ESP32 merupakan mikrokontroler yang diluncurkan oleh Espressif System dan merupakan generasi penerus dari ESP8266, membawa sejumlah fitur tambahan dan keunggulan jika dibandingkan dengan versi sebelumnya. Pada ESP32, terdapat inti CPU yang lebih cepat dan Wi-Fi yang lebih efisien, memiliki beberapa pin output, PWM, UART, GPIO, dan ADC. ESP32 bekerja pada tegangan sebesar 3.3V, sehingga untuk penggunaan mikrokontroler ESP32 memiliki kemampuan *on-board processing* dan *storage* yang memungkinkan *chip* tersebut bisa di hubungkan dengan berbagai sensor atau dengan aplikasi alat tertentu melalui pin *output* hanya dengan pemrograman sederhana yang menjadikannya ideal untuk berbagai proyek elektronik yang berfokus pada *Internet of Things*[15].



Gambar 1. Mikrokontroler ESP32

2.4.2 Sensor Getar SW-420

Sensor getar merupakan perangkat yang berfungsi untuk mengenali getaran dan mengonversinya menjadi sinyal listrik[16]. Sensor getar berfungsi untuk mendeteksi adanya getaran atau hentakan fisik pada *booth container*. Alat ini sangat efektif untuk mengenali upaya pebobolan, contohnya ketika pintu atau jendela pada *booth* dicongkel atau dipindahkan dengan paksa. Sensor getar akan mengirimkan sinyal ke ESP32 untuk kemudian diproses dan memicu reaksi sistem keamanan.



Gambar 2. Sensor Getar SW-420

2.4.3 Buzzer

Buzzer adalah komponen sistem elektronik yang berfungsi mengubah energi listrik menjadi getaran suara, dan umumnya digunakan sebagai indikator atau alarm dalam berbagai sistem, termasuk sistem keamanan. *Buzzer* bekerja dengan cara yang cukup sederhana, yaitu menghasilkan bunyi ketika diberikan tegangan listrik. Suara yang dihasilkan biasanya berada pada frekuensi antara 1 kHz hingga 5 kHz. Berdasarkan cara kerjanya, *buzzer* terbagi menjadi dua jenis, yaitu *buzzer* aktif yang dapat langsung mengeluarkan suara saat diberi tegangan, dan *buzzer* pasif yang membutuhkan sinyal frekuensi eksternal. Dalam sistem keamanan *booth container* UMKM, *buzzer* berperan penting sebagai alat peringatan dini ketika terjadi gangguan atau percobaan pembobolan pada *booth container*, sehingga dapat menarik perhatian orang di sekitar dan meningkatkan *respons* keamanan secara cepat[17].



Gambar 3. Buzzer

2.4.4 Modul *Global Positioning System* (GPS)

Global Positioning System (GPS) merupakan sebuah sistem navigasi yang berfungsi memberikan informasi mengenai lokasi atau posisi keberadaan seseorang dan objek di permukaan bumi. Sistem ini memanfaatkan 24 satelit yang memancarkan sinyal gelombang mikro ke permukaan Bumi. GPS dirancang untuk menyediakan informasi lokasi secara instan, termasuk kecepatan dan Waktu hampir di seluruh wilayah bumi kapan pun dan dalam segala kondisi cuaca. Awalnya, GPS dikembangkan untuk kepentingan militer, seperti penentuan lokasi yang akurat, panduan arah, serta sebagai pengganti sistem navigasi sebelumnya seperti Transit. Dalam perkembangannya, GPS juga dapat diintegrasikan dengan mikrokontroler sebagai unit pengendali, sehingga memungkinkan sistem ini digunakan dalam berbagai aplikasi teknologi modern[18]. Modul GPS Ublox Neo-6 merupakan modul yang dapat digunakan untuk mencari posisi atau lokasi yang diperoleh dari satelit navigasi. Lokasi yang diperoleh adalah garis bujur dan garis lintang yang dihasilkan dari pemrosesan data sinyal dari satelit [19].



Gambar 4. Modul GPS Ublox Neo-6

2.4.5 Akumulator (AKI)

Baterai atau aki, yang juga dikenal dengan sebutan *accumulator* atau accu dalam bahasa Inggris, merupakan perangkat yang mampu menyimpan energi, khususnya energi listrik dalam bentuk energi kimia. Secara umum, istilah aki sering diartikan sebagai "baterai" atau aki. Aki ini merupakan komponen penting dalam berbagai jenis kendaraan, dan mesin membutuhkan aki untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia[20].



Gambar 5. Akumulator

Jurnal referensi :

Tabel 2. Jurnal Referensi

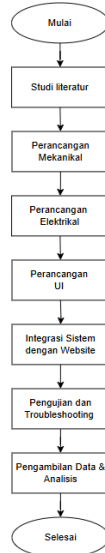
No	Tahun	Penulis	Jurnal	Metode	Kelemahan
1	2021	Nurhayatu Nufut Alimin et al	<i>A Study On The Use Of Shipping Container Booth</i>	Deskriptif kualitatif	Tidak membahas aspek teknologi keamanan secara rinci
2	2022	Rizky Akbar Koto et al	<i>Rancang Bangun Sistem Penyewaan Booth Store dengan RFID</i>	Simpleks berbasis NodeMCU	Fokus pada penyewaan, bukan sistem keamanan menyeluruh
3	2022	Gowru Devraj et al	<i>IoT Enabled Shipping Containers</i>	IoT dengan sensor lingkungan	Tidak membahas sistem alarm atau getaran
4	2023	Hollanda A. Kusuma, Setia B. Wijaya, Deny Nusyirwan	<i>Jurnal Infotronik Vol. 8 No. 1, Juni 2023</i>	Prototyping dengan ESP32-CAM dan sensor PIR	Jarak deteksi terbatas hingga 3 meter; tidak mendukung pengenalan wajah
5	2024	Mariano Falcitelli et al	<i>Development of a Multi-Radio Device for Dry Container Tracking</i>	Prototyping, NB-IoT, BLE Mesh	Biaya dan kompleksitas sistem tinggi untuk deployment massal
6	2024	MH Assubhi, R Rahmadewi	<i>Perancangan Sistem Kendali Keamanan Sepeda Motor</i>	Eksperimen sistem ESP32 & BLE	Jangkauan terbatas, perlu upgrade hardware

No	Tahun	Penulis	Jurnal	Metode	Kelemahan
7	2025	Moh Soleh R. Ardliyansyah et al	<i>Sistem Keamanan Sepeda Motor dgn ESP32 dan GPS</i>	IoT dengan Blynk App	Belum efisien untuk sistem keamanan skala besar
8	2025	Syahrul Agung Fathoni et al	<i>Implementasi Tracking Lokasi Sepeda Motor</i>	Waterfall, Flutter & ESP32	Tidak ada sensor getar atau alarm tambahan
9	2025	Moh Erdiyansyah et al	<i>Monitoring Tegangan dan Suhu Aki Bentor</i>	Kuantitatif eksperimental	Fokus pada monitoring aki, bukan sistem keamanan
10	2025	Partaonan Harahap et al	<i>Implementasi Alat Pendeteksi Gempa berbasis Arduino Uno</i>	Arduino + GSM + sensor getar	Tidak terkait langsung dengan booth atau container

Bab 3. Metodologi Penelitian

3.1. Perancangan Umum

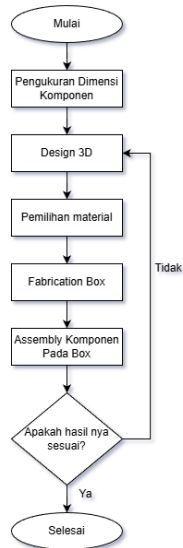
Pada perancangan umum, tahap yang pertama yang akan di lakukan adalah *study literature* untuk mendapatkan informasi dari berbagai sumber dan penelitian terdahulu untuk memahami dasar pengembangan sistem yang ingin di bangun. Kemudian pada tahap perancangan mekanikal penulis akan melakukan perancangan *box* untuk penempatan komponen-komponen yang akan di gunakan. Untuk perancangan elektrikal akan dilakukan desain alur kelistrikan dengan menghubungkan akumulator, *step down* dan *push button* serta menghubungkan *buzzer* dan sensor-sensor yang akan di gunakan pada mikrokontroler. Setelah itu dilanjutkan dengan perancangan antarmuka (UI) untuk memudahkan pengguna dalam mengontrol dan memantau sistem melalui *smartphone* dan dilanjutkan dengan perancangan program. Tahap selanjutnya mengintegrasikan sistem dengan *website*, pada tahap ini menghubungkan sistem dengan *platform website* agar keduanya dapat berfungsi dengan baik. Tahap pengujian dan *troubleshooting* bertujuan untuk memastikan semua fungsi berjalan dengan baik dan mengatasi masalah yang di temukan. Langkah terakhir pengambilan data dan analisis yang bertujuan untuk mengumpulkan data yang di peroleh dari sistem dan *website* untuk di gunakan pada laporan akhir.



Gambar 6. *Flowchart* Perancangan Umum

3.1.1 Perancangan Mekanikal

Berikut ini gambar *flowchart* mekanikal pada sistem keamanan *booth container*.

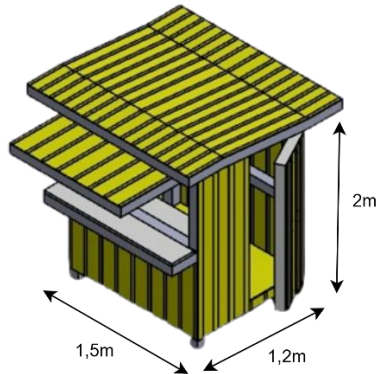


Gambar 7. Flowchart Perancangan Mekanikal

Pada gambar 7 di atas merupakan *flowchart* perancangan mekanikal dan pembuatan *box* untuk penempatan komponen. Proses perancangan mekanikal diawali dengan pengukuran dimensi komponen untuk mendapatkan ukuran aktual dari setiap perangkat, seperti mikrokontroler, sensor, dan modul pendukung lainnya. Data ukuran ini kemudian dijadikan acuan dalam tahap desain 3D menggunakan perangkat lunak CAD guna menciptakan model rancangan *box* yang presisi. Setelah desain selesai, dilakukan pemilihan material yang mempertimbangkan aspek kekuatan serta ketahanan beban.

Langkah selanjutnya adalah fabrikasi *box*, yaitu proses pembuatan fisik wadah berdasarkan model 3D yang telah dirancang. Setelah wadah fisik siap, dilakukan tahap perakitan komponen (*assembly*) untuk memasang seluruh perangkat elektronik ke posisi yang telah ditentukan di dalam *box*. Alur kemudian memasuki tahap evaluasi hasil, di mana dilakukan pengecekan apakah perakitan tersebut sudah sesuai dan layak digunakan. Jika hasil perakitan belum memenuhi standar atau tidak sesuai, sistem akan kembali ke tahap desain 3D untuk dilakukan revisi. Namun, jika hasil sudah dianggap sesuai, proses dinyatakan selesai.

Pada desain mekanikal ini, *booth container* di rancang dalam bentuk struktur persegi panjang dengan ukuran yang di sesuaikan agar mudah di pindahkan, namun tetap cukup untuk aktivitas UMKM kuliner. Ukuran keseluruhan *booth container* yaitu 1,5meter (panjang) x 1,2meter (lebar) x 2meter (tinggi). Struktur utama menggunakan rangka besi *hollow* sebagai penyangga, dengan lapisan dinding menggunakan penel *sandwich* yang tahan terhadap cuaca dan panas. Berikut ini merupakan gambar *booth container* yang akan di pasangnkan sistem keamanan.

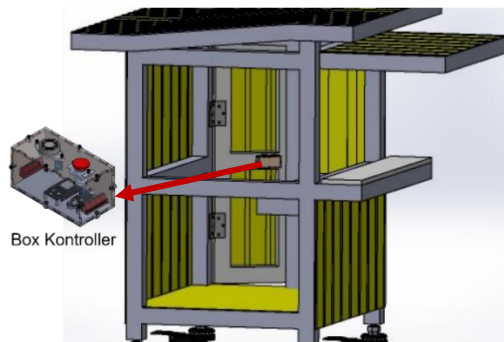


Gambar 8. Booth Container dan ukurannya

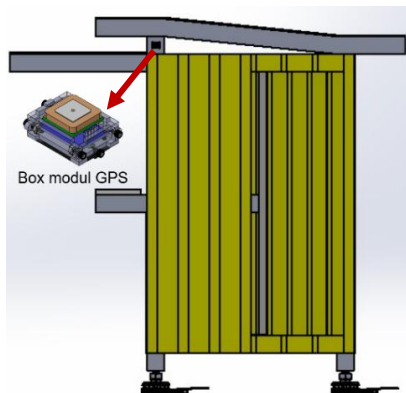
Desain mekanikal pada sistem keamanan *booth container* ini mencakup dua komponen utama, yaitu box kontroller dan box modul GPS, yang masing-masing ditampilkan pada Gambar 9 dan Gambar 10. Box kontroller berfungsi sebagai pusat pengendali sistem dan di dalamnya terdapat beberapa komponen penting, yaitu mikrokontroler ESP32, sensor getar untuk mendeteksi adanya getaran mencurigakan, *buzzer* sebagai alarm peringatan, serta *step-down converter* untuk menyesuaikan tegangan listrik yang dibutuhkan. Komponen-komponen tersebut dirakit dalam sebuah box tertutup yang dirancang kompak dan dilengkapi ventilasi agar tetap aman dan tidak panas saat digunakan.

Selain itu, terdapat terminal konektor untuk mempermudah penyambungan antar komponen. Box kedua berisi modul GPS Ublox NEO-6M yang digunakan untuk melacak posisi *booth container* secara real-time. Box GPS ini dirancang agar tahan terhadap gangguan luar dan memungkinkan penerimaan sinyal satelit dengan optimal. Umumnya, box ini dipasang di bagian atas atau sisi luar *booth* agar tidak terhalang struktur logam dan dapat bekerja dengan akurat. Kedua box ini merupakan bagian penting dari integrasi sistem keamanan yang dirancang untuk bekerja secara otomatis dan dapat dikontrol melalui antarmuka pengguna berbasis web atau *smartphone*.

Berikut gambar desain box mekanikal yang terpasang pada *booth container*.



Gambar 9. Posisi Box kontroller pada booth container



Gambar 10. Posisi Box GPS pada booth container

3.1.2 Perancangan Elektrikal

Berikut ini gambar perancangan elektrikal pada sistem keamanan *booth container*.

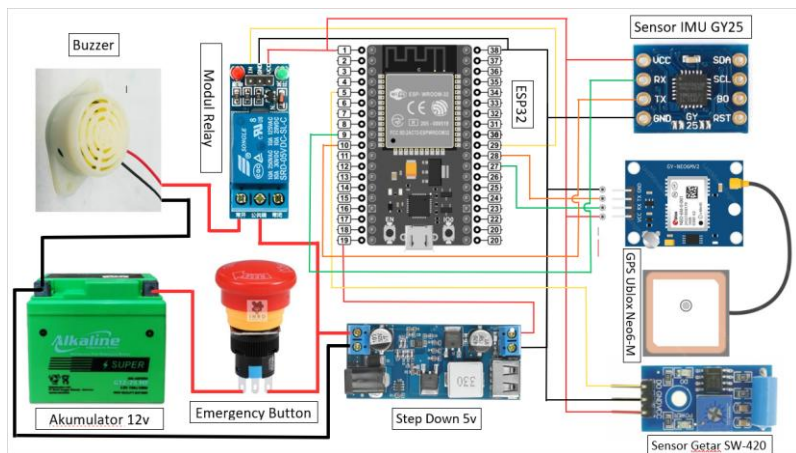


Gambar 11. Flowchart Perancangan Elektrikal

Proses perancangan elektrikal diawali dengan tahap penentuan sumber daya dan komponen, di mana ditentukan jenis catu daya, modul pendukung, serta komponen utama yang diperlukan untuk menunjang sistem keamanan *booth container*. Langkah selanjutnya adalah penentuan input elektrikal, yang mencakup pemilihan sensor getaran SW-420 sebagai pendeteksi gangguan dan modul GPS Neo-6 sebagai penentu lokasi koordinat. Setelah parameter input ditetapkan, dilakukan pembuatan wiring diagram elektrikal sebagai acuan teknis untuk memetakan hubungan antar komponen serta alur distribusi daya sebelum masuk ke tahap fisik.

Proses dilanjutkan dengan penempatan komponen dan instalasi kabel serta koneksi rangkaian. Seluruh komponen dihubungkan secara fisik sesuai dengan perencanaan yang telah dibuat sebelumnya. Setelah instalasi selesai, sistem memasuki tahap pemeriksaan dan pengecekan rangkaian menggunakan logika keputusan (belah ketupat). Jika ditemukan kesalahan, alur akan kembali ke tahap pembuatan *wiring* diagram untuk diperbaiki; namun jika rangkaian dinyatakan sesuai, proses berlanjut ke penentuan output elektrik. Pada tahap akhir ini, sistem menghasilkan output berupa bunyi *buzzer* sebagai alarm peringatan serta pengiriman data monitoring keamanan ke perangkat pengguna, hingga seluruh rangkaian perancangan dinyatakan selesai.

Gambar 12. Desain Wiring Elektrikal



Tabel 3. Pemilihan Komponen dan Fungsinya

Komponen	Fungsi dan Alasan Pemilihan
Akumulator 12v	Berfungsi sebagai sumber daya utama sistem. Dipilih karena memiliki kapasitas arus yang besar dan stabil untuk menyuplai perangkat dalam waktu lama, sehingga sistem keamanan tetap aktif meskipun tidak ada akses listrik PLN di lokasi <i>booth</i> .
<i>Emergency Button</i>	Berfungsi sebagai sakelar pemutus aliran listrik cepat. Dipilih karena faktor keamanan operasional; memudahkan pengguna untuk mematikan sistem secara manual jika terjadi error atau kondisi darurat tanpa harus membongkar kotak sirkuit.

Komponen	Fungsi dan Alasan Pemilihan
<i>Step Down 5v</i>	Berfungsi untuk menurunkan tegangan dari 12V DC menjadi 5V DC. Dipilih karena komponen elektronika seperti ESP32 dan sensor tidak dapat menerima tegangan tinggi 12V secara langsung, sehingga modul ini menjamin suplai daya yang aman dan stabil.
ESP32	Berfungsi sebagai pengendali utama (mikrokontroler). Dipilih karena sudah dilengkapi dengan modul Wi-Fi dan <i>Bluetooth</i> internal yang memungkinkan integrasi langsung ke <i>smartphone</i> dan internet (IoT) tanpa memerlukan modul tambahan.
Buzzer	Berfungsi sebagai indikator alarm suara. Dipilih karena mampu menghasilkan frekuensi suara yang nyaring untuk memberi peringatan fisik di lokasi <i>booth</i> jika terjadi getaran mencurigakan, sekaligus memberikan efek jera bagi pelaku pencurian.
GPS Ublox Neo6-M	Berfungsi untuk mendapatkan data koordinat lokasi. Dipilih karena sensitivitasnya yang tinggi dan akurasi yang baik dalam melacak posisi <i>booth container</i> jika sewaktu-waktu dipindahkan tanpa izin.
Sensor Getar SW-420	Berfungsi sebagai pendeteksi gangguan fisik. Dipilih karena sensor ini sangat responsif terhadap guncangan atau getaran pada pintu <i>booth container</i> , memiliki harga yang terjangkau, serta sensitivitasnya dapat diatur secara manual.
Modul <i>Relay</i>	Berfungsi sebagai sakelar elektronik (elektromagnetik) untuk mengontrol arus besar. Dipilih untuk memutus atau menghubungkan aliran listrik pada beban yang memerlukan daya tinggi (seperti lampu penerangan <i>booth</i> atau sistem pengunci elektrik) hanya melalui perintah sinyal kecil dari ESP32.

Tabel 4. Tabel Koneksi Komponen Sistem Keamanan Booth Container

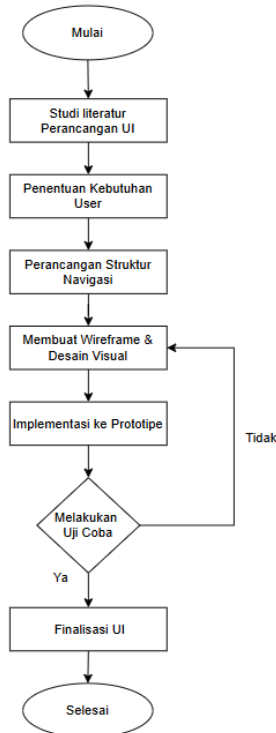
Komponen	PIN	Keterangan / Koneksi
Akumulator 12V	(+) & (-)	Sumber catu daya utama sistem. Tegangan 12V masuk ke modul <i>Step Down 5V</i> dan ke <i>Emergency Button</i> sebagai pemutus arus darurat.

Komponen	PIN	Keterangan / Koneksi
<i>Emergency Button</i>	COM – NO	Dipasang seri pada jalur positif dari akumulator 12V. Berfungsi sebagai pemutus daya utama saat kondisi darurat.
<i>Step Down 5V</i>	IN+ / IN-	Terhubung ke akumulator 12V sebagai <i>input</i> daya.
	OUT+ (5V)	Terhubung ke pin VIN / 5V ESP32, VCC GPS, VCC sensor, dan modul <i>relay</i> .
	OUT- (GND)	<i>Ground</i> bersama seluruh sistem.
ESP32	VIN / 5V	<i>Catu</i> daya 5V dari <i>Step Down</i> .
	GND	<i>Ground</i> sistem.
	GPIO 23	Terhubung ke pin data Sensor Getar SW-420.
	GPIO 18	Terhubung ke IN Modul <i>Relay</i> .
	GPIO 16 (RX2)	Terhubung ke TX GPS Neo-6M.
	GPIO 17 (TX2)	Terhubung ke RX GPS Neo-6M.
<i>Buzzer</i>	(+)	Terhubung ke NO <i>Relay</i> sebagai <i>output</i> alarm.
	(-)	Terhubung ke GND.
GPS Ublox Neo-6M	VCC	Terhubung ke <i>output</i> 5V <i>Step Down</i> .
	GND	Terhubung ke GND ESP32.
	TX	Terhubung ke GPIO 16 (RX2 ESP32).
	RX	Terhubung ke GPIO 17 (TX2 ESP32).
Sensor Getar SW-420	VCC	Terhubung ke <i>output</i> 5V <i>Step Down</i> .
	GND	Terhubung ke GND ESP32.
	DO	Terhubung ke GPIO 23 ESP32 sebagai <i>input</i> deteksi getaran.
Modul <i>Relay</i>	VCC	Terhubung ke <i>output</i> 5V <i>Step Down</i> .
	GND	Terhubung ke GND ESP32.
	IN	Terhubung ke GPIO 18 ESP32 sebagai kontrol <i>relay</i> .
	COM – NO	Digunakan untuk menghubungkan buzzer saat <i>relay</i> aktif.

Selain merancang sistem dari sisi perangkat keras dan perangkat lunak, sistem ini juga dibuat untuk menjaga keamanan *booth container* dan barang-barang di dalamnya. Hal ini penting karena *booth* sering ditinggalkan tanpa penjagaan, terutama di malam hari. Oleh karena itu, sistem ini dilengkapi dengan sensor getar SW-420 yang bisa mendeteksi getaran mencurigakan, seperti saat ada yang mencoba membongkar *booth*. Jika sensor mendeteksi getaran, *buzzer* akan langsung menyala sebagai alarm, dan sistem akan mengirimkan notifikasi ke HP pemilik. Selain itu, ada modul GPS Ublox Neo-6M yang berfungsi untuk mengetahui lokasi *booth* jika sewaktu-waktu dipindahkan tanpa izin. Semua komponen ini dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengatur sistem. Dengan adanya sistem ini, keamanan *booth* bisa lebih terjaga karena dapat mendeteksi gangguan sejak awal dan memberi peringatan secara otomatis.

3.1.3 Perancangan User Interface (UI)

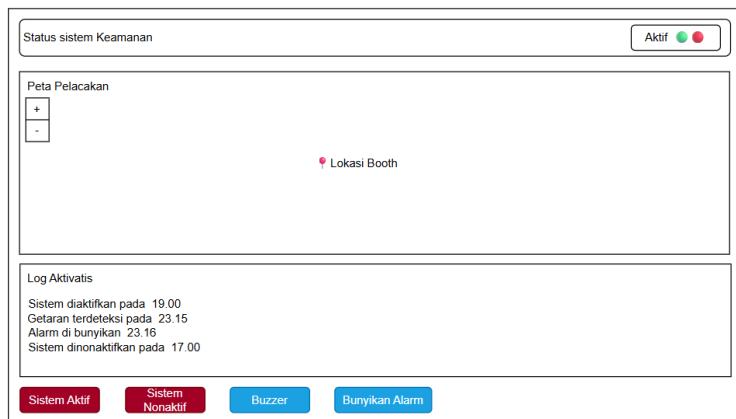
Berikut gambar alur perancangan UI pada sistem keamanan *booth container*.



Gambar 13. Flowchart Perancangan User Interface

Pada perancangan *User Interface* (UI) yang akan di rancang menggambarkan alur sistematis dalam membangaun antar muka pengguna untuk Web monitoring keamanan pada *booth container*. Pada tahap pertama di mulai dengan studi literatur mengenai perancang UI untuk memahami prinsip UI yang baik. Setelah itu, dilanjutkan dengan identifikasi kebutuhan pengguna seperti tampilan status keamanan, notifikasi, dan pelacakan lokasi. Di lanjutkan dengan menyusun struktur navigasi agar pengguna mudah berpindah antar halaman, lalu dibuat *wireframe* dan desain visual sebagai sketsa awal tampilan. Desain ini kemudian diimplementasikan ke dalam *prototipe*. Pada uji coba *website* nya yaitu terkait performa *website* nya yaitu untuk menerima data dan juga tampilan UI/UX nya sudah sesuai dengan kebutuhan pengguna. Jika hasil uji coba belum memuaskan, proses kembali ke tahap pembuatan *wireframe* dan desain visual untuk dilakukan revisi. Namun, jika hasil uji coba sudah sesuai, maka dilakukan finalisasi UI sebagai desain akhir yang siap diimplementasikan, dan proses perancangan UI dinyatakan selesai.

Berikut ini tampilan desain *user interface* pada sistem keamanan *booth container*.



Gambar 14. Desain *User Interface*

Tampilan antarmuka (*user interface*) yang dibuat untuk sistem keamanan *booth container* ini dirancang agar sederhana dan mudah digunakan. Di bagian atas, terdapat informasi yang menunjukkan apakah sistem sedang aktif atau tidak, lengkap dengan lampu indikator berwarna hijau (untuk aktif) dan merah (untuk nonaktif). Di bawahnya, tersedia peta yang menunjukkan posisi *booth* secara langsung (*real-time*), ditandai dengan pin lokasi. Pengguna juga bisa memperbesar atau memperkecil peta sesuai kebutuhan. Peta ini terhubung langsung dengan modul GPS, sehingga posisi *booth* bisa dipantau secara akurat. Selanjutnya, ada bagian *log* aktivitas yang mencatat waktu sistem diaktifkan, kapan terjadi getaran,

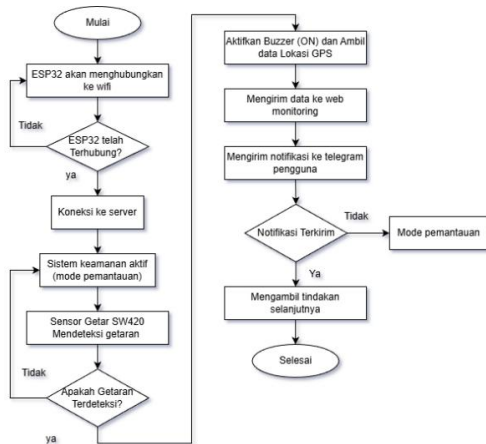
kan alarm menyala, dan kapan sistem dimatikan. Catatan ini penting sebagai bukti jika terjadi sesuatu. Di bagian bawah, ada empat tombol yang bisa digunakan untuk mengontrol sistem secara manual, yaitu untuk mengaktifkan sistem, mematikan sistem, menonaktifkan *buzzer*. Semua tampilan ini dirancang agar pengguna bisa memantau dan mengendalikan keamanan *booth* dari jarak jauh dan mudah digunakan lewat *smartphone*.

3.2. Perancangan Sistem

Perancangan sistem merupakan tahap awal dalam pembuatan alat keamanan *booth container* UMKM yang terintegrasi dengan sistem pintar dan kontrol lokasi menggunakan *smartphone*. Pada tahap ini dilakukan perancangan alur kerja sistem secara keseluruhan agar setiap komponen dapat bekerja secara terintegrasi dan sesuai dengan tujuan penelitian.

Sistem keamanan ini dirancang untuk membantu pelaku UMKM dalam memantau kondisi keamanan *booth container* serta mengetahui lokasi booth secara *real-time*. Sistem bekerja dengan memanfaatkan sensor keamanan sebagai pendeteksi kondisi tidak normal, seperti pembukaan pintu atau adanya pergerakan di sekitar *booth*. Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan modul pelacakan lokasi untuk mengetahui posisi *booth container*.

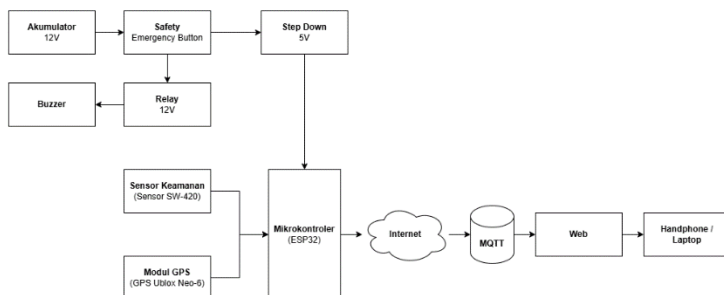
Seluruh data yang diperoleh dari sensor dan modul lokasi diproses oleh mikrokontroler yang terhubung ke jaringan internet. Informasi tersebut kemudian dikirimkan ke *smartphone* pengguna sehingga pemilik UMKM dapat melakukan pemantauan dan pengawasan keamanan *booth* dari jarak jauh. Berikut gambar *flowchart* perancangan sistem.



Gambar 15. *Flowchart* Perancangan Sistem

Pada gambar 15 menunjukkan *Flowchart* sistem digunakan untuk menggambarkan alur kerja sistem keamanan *booth container* UMKM secara visual dan terstruktur. *Flowchart* ini menunjukkan proses kerja sistem mulai dari tahap inisialisasi, koneksi jaringan, pemantauan keamanan, hingga pengiriman notifikasi kepada pengguna. Proses diawali dengan menyalakan sistem, kemudian mikrokontroler ESP32 melakukan koneksi ke jaringan WiFi. Apabila koneksi belum berhasil, sistem akan mengulangi proses hingga koneksi internet terhubung dengan baik. Setelah ESP32 berhasil terhubung ke jaringan, sistem melakukan koneksi ke *server* sebagai media pertukaran data.

Selanjutnya sistem masuk ke mode pemantauan keamanan. Pada tahap ini, sensor getar SW-420 akan mendeteksi adanya getaran pada *booth container*. Jika tidak terdeteksi getaran, sistem akan tetap berada pada mode pemantauan. Namun apabila terdeteksi getaran, sistem akan mengaktifkan buzzer sebagai peringatan awal. Setelah itu, sistem mengambil data lokasi dari modul GPS dan mengirimkan data tersebut ke web monitoring. Selain itu, sistem juga mengirimkan notifikasi peringatan kepada pengguna melalui aplikasi Telegram. Setelah notifikasi berhasil dikirimkan, selanjutnya apakah notifikasi terkirim? Jika tidak kembali ke mode pemantauan jika iya, pemilik *booth container* dapat melakukan tindakan selanjutnya.



Gambar 16. Diagram Blok Perancangan Sistem

Diagram blok sistem digunakan untuk menggambarkan hubungan dan alur kerja antar komponen pada sistem keamanan *booth container* UMKM. Pada Gambar 16, diagram ini menunjukkan aliran sistem secara terintegrasi mulai dari sumber daya hingga antarmuka pengguna. Sistem menggunakan akumulator 12V sebagai sumber daya utama yang dilengkapi dengan *safety emergency button* untuk memutus aliran listrik saat kondisi darurat. Tegangan kemudian diturunkan

menggunakan *step down converter* menjadi 5V untuk menyuplai komponen elektronik, khususnya mikrokontroler ESP32 yang berfungsi sebagai pusat pengendali dan pengolah data sistem.

Pada sisi input, sensor getar SW-420 digunakan untuk mendeteksi gangguan fisik pada *booth container*, sedangkan modul GPS Ublox Neo-6 berfungsi memberikan informasi lokasi secara *real-time*. Data dari kedua sensor diproses oleh ESP32 untuk menentukan kondisi keamanan. Jika terdeteksi gangguan, sistem akan mengaktifkan *buzzer* sebagai alarm lokal melalui *relay* 12V. Secara bersamaan, ESP32 mengirimkan data keamanan dan lokasi ke *server* melalui koneksi internet menggunakan protokol MQTT, sehingga informasi tersebut dapat ditampilkan pada *web monitoring* yang dapat diakses pengguna melalui handphone atau laptop untuk memantau status dan lokasi *booth container*.

3.3. Alat dan Bahan

Tabel 5. Estimasi biaya

No.	Alat/bahan	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah	Total (Rp.)	Keterangan
1	ESP32 DEVKIT V1	65.000	1 pcs	65.000	Dana pribadi
2	Sensor Getar SW-420	5.000	1 pcs	5.000	Dana pribadi
3	Buzzer SPEAKER AKTIF ACTIVE BUZZER DC 3V-24V 9V 12V SFM-27 3CM	5.000	1 pcs	5.000	Dana pribadi
4	Modul GPS Ublox Neo-6	38.000	1 pcs	38.000	Dana pribadi
5	Aki 12V 8Ah	100.000	1 pcs	129.000	Dana pribadi
6	STEP DOWN MINI560 DC-DC 7-20V TO 5V 5A	12.000	1 pcs	12.000	Dana pribadi
7	Modul Relay	10.000	1 pcs	10.000	Dana pribadi
8	Akrilik	130.000	1 pcs	130.00	Dana pribadi
9	Baut+ Nut ukuran 2.5mm	1000	25 pcs	25.000	Dana pribadi
10	Kabel AWG 22	5000	5m	25.000	Dana pribadi
11	Laptop	-	-	-	Dana pribadi
Total				444.000	Dana pribadi

3.3. Pengujian

3.3.1. Pengujian GPS Ublox Neo-6M

Pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi performansi akurasi modul GPS Ublox Neo-6M dalam menentukan koordinat posisi pada sistem keamanan *booth*

container. Metodologi pengujian melibatkan komparasi data koordinat hasil pembacaan sensor terhadap titik referensi aktual (*ground truth*) yang diperoleh melalui Google Maps, dengan mencakup dua skenario operasional yaitu kondisi statis dan kondisi pasca-mobilisasi objek. Besarnya deviasi posisi dihitung menggunakan metode jarak *Euclidean* guna mengonversi selisih derajat koordinat menjadi satuan metrik (meter), yang merepresentasikan margin galat (*error*) dari sistem. Nilai rata-rata selisih lokasi yang dihasilkan berfungsi sebagai parameter kuantitatif untuk menilai reliabilitas dan presisi modul dalam mendeteksi pergeseran posisi, serta menjadi dasar dalam menentukan tingkat keandalan sistem pelacakan terhadap gangguan sinyal maupun faktor lingkungan di sekitar lokasi pengujian.

Tabel 6. Pengujian GPS

No	Nama Lokasi Uji	Koordinat GPS Neo-6M		Koordinat Aktual (Google Maps)		Selisih Lokasi (meter)
		Lat	Long	Lat	Long	
1	Lokasi booth container sebenarnya					
2						
3						
dst						
Rata-rata Selisih Lokasi						

Parameter Perbandingan Data koordinat yang dipancarkan oleh modul (Latitude dan Longitude) dibandingkan secara langsung dengan data referensi dari Google Maps yang bertindak sebagai *ground truth* (lokasi sebenarnya). Selisih antara kedua data tersebut dihitung menggunakan Metode *Euclidean* (atau penyederhanaan jarak koordinat ke meter) untuk mendapatkan nilai galat (*error*) dalam satuan meter. Analisis Data Nilai yang tertera pada kolom Selisih Lokasi (meter) merepresentasikan deviasi posisi. Semakin kecil nilai selisihnya, maka semakin tinggi tingkat keandalan modul GPS tersebut.

Rumus Dasar Jarak Penyederhanaan(Euclidean):

$$\text{Selisih} = \sqrt{(Lat_{Gps} - Lat_{Aktual})^2 + (Long_{Gps} - Long_{Aktual})^2}$$

Perhitungan Rata-rata Selisih (Mean Error):

$$\bar{x} = \frac{\sum \text{Selisih}}{n}$$

3.3.2. Pengujian Waktu Respons Notifikasi Sensor Getar

Pengujian ini bertujuan untuk memvalidasi kinerja sistem secara menyeluruh, mulai dari deteksi fisik hingga pengiriman informasi ke pengguna. Metode pengujian dilakukan dengan memberikan gangguan fisik berupa pukulan pada objek yang dipasang sensor untuk memicu nilai ambang batas getaran. Parameter status sensor getar dan durasi bunyi *buzzer* digunakan untuk memverifikasi respons lokal perangkat keras, di mana *buzzer* berfungsi sebagai alarm peringatan dini di lokasi kejadian. Selanjutnya, aspek integrasi sistem diuji dengan membandingkan Waktu Deteksi Web dan Waktu Notifikasi Telegram. Hal ini dilakukan untuk melihat sinkronisasi data antara perangkat *Internet of Things* (IoT) dengan database serta kecepatan pengiriman pesan melalui API Telegram.

Indikator utama dalam pengujian ini terletak pada kolom *Delay* (Detik), yang menghitung selisih waktu antara terdeteksinya getaran oleh sensor hingga notifikasi diterima pada perangkat pengguna. Melalui kolom Status Notifikasi Telegram, dapat disimpulkan tingkat reliabilitas sistem dalam mengirimkan peringatan jarak jauh. Seluruh data yang diperoleh dari pengujian ini akan menjadi acuan dalam mengevaluasi apakah sistem telah memenuhi kriteria *real-time* dan mampu berfungsi sebagai sistem keamanan yang efektif.

Tabel 7. Pengujian Waktu Respons Notifikasi Sensor Getar

No	Metode Pengujian	Status sensor Getar	Waktu Deteksi Web	Waktu Notifikasi Telegram	Delay Detik	Status Notifikasi Telegram
1	Pintu di goyang pelan					
2						
...						
1						
2						
..						

Rumus perhitungan presentase akurasi:

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah Deteksi Berhasil}}{\text{Total Percobaan}} \times 100\%$$

Perhitungan persentase keberhasilan (success rate) pengiriman notifikasi adalah sebagai berikut:

$$\text{SuccesRate} = \frac{\text{Jumlah Notifikasi Telegram}}{\text{Total Deteksi Sensor}} \times 100\%$$

Perhitungan rata-rata delay:

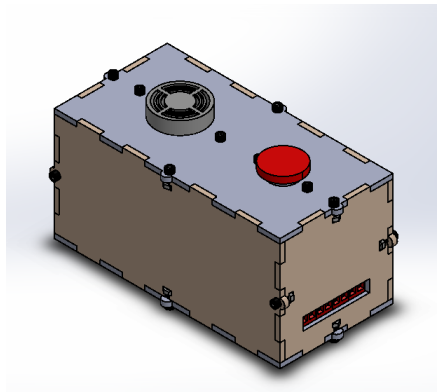
$$\text{Rata-RataDelay} = \frac{\sum \text{Selisih Waktu}}{\text{Jumlah Notifikasi Berhasil}}$$

Bab 4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil Implementasi Sistem

Pada bagian ini membahas hasil implementasi sistem keamanan *booth container* UMKM yang telah dirancang. Implementasi sistem meliputi perancangan mekanikal, perancangan elektrikal, dan perancangan web sebagai media pemantauan.

4.1.1 Hasil Perancangan Mekanikal



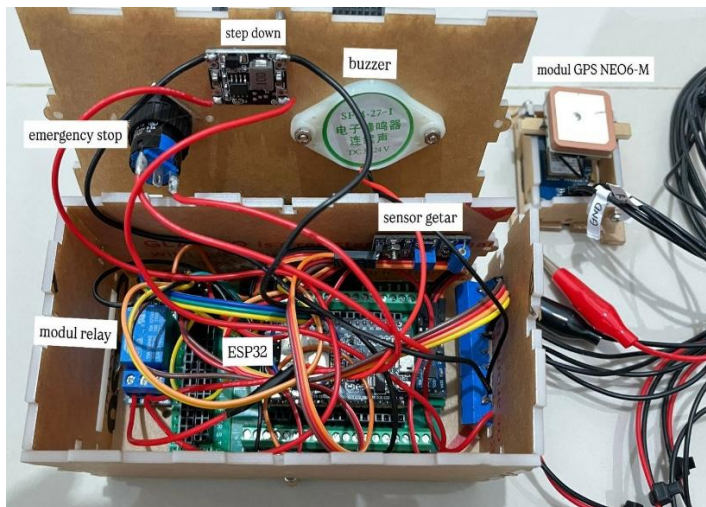
Gambar 17. Desain 3D Solidwork



Gambar 18. Hasil Mekanikal

Pada gambar 18, merupakan hasil perancangan mekanikal pada alat tugas akhir ini difokuskan pada pembuatan *box* yang berfungsi sebagai wadah utama untuk menampung seluruh komponen elektronik dan mekanis. *Box* ini dirancang dengan dimensi keseluruhan panjang 14 cm, lebar 7 cm, dan tinggi 7 cm, sehingga menghasilkan bentuk kotak persegi panjang yang kompak, ergonomis, dan mudah dibawa (portabel). Material yang digunakan untuk *box* nya adalah Akrilik yang dipotong menggunakan teknologi *laser cutting*. Pemilihan material ini didasarkan pada beberapa pertimbangan, yaitu kemudahan dalam proses pemotongan presisi, biaya yang relatif murah, kekuatan struktural yang cukup untuk melindungi komponen di dalamnya, serta sifatnya yang ringan sehingga tidak menambah beban signifikan pada alat secara keseluruhan.

4.1.2. Hasil Perancangan Elektrikal

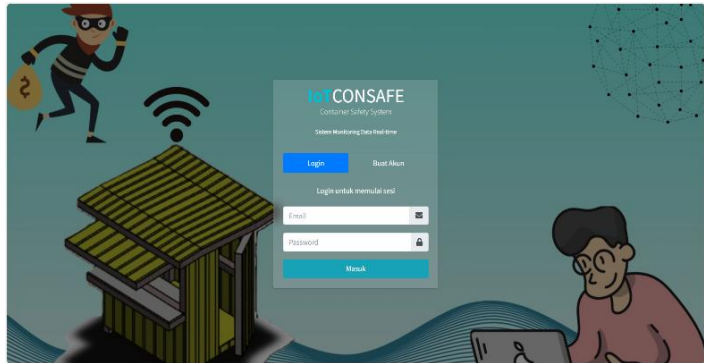


Gambar 19. Hasil Elektrikal

Gambar 19 merupakan gambar hasil perancangan elektrikal pada sistem keamanan *booth container* berfokus pada integrasi rangkaian elektronika di dalam *box*, dengan modul ESP32 sebagai mikrokontroler utama yang mengendalikan seluruh sistem. Rangkaian dibangun menggunakan *breadboard* dan kabel jumper untuk memudahkan proses perbaikan, dan modifikasi. serta telah disesuaikan sepenuhnya dengan diagram wiring yang dirancang.

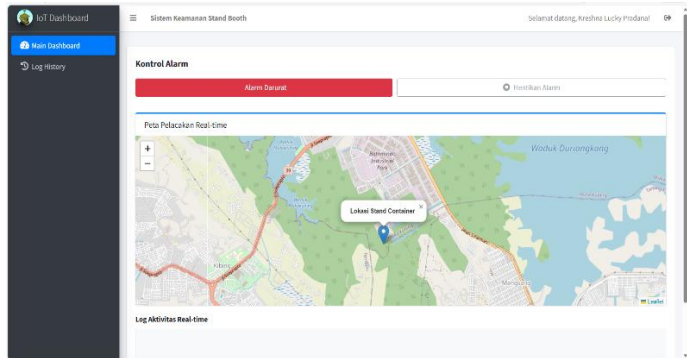
4.1.3. Hasil Perancangan Web

Antarmuka web pada sistem ini dirancang untuk memudahkan pemantauan dan pengelolaan data keamanan *booth container* secara *real-time*. Sistem web dapat diakses melalui peramban pada perangkat desktop maupun *mobile* dengan tampilan yang responsif. Melalui antarmuka ini, pengguna dapat memantau kondisi keamanan *booth container* secara optimal. Adapun hasil perancangan web yang di buat ada 3 yaitu (halaman *login*, Halaman *Main Dashboard*, halaman *log history*). Pada perancangan web ada penambahan tampilan yaitu tampilan login dan tampilan *log history*. Berikut merupakan hasil perancangan web serta penjelasan dari beberapa tampilan utama yang terdapat pada sistem web yang di buat.



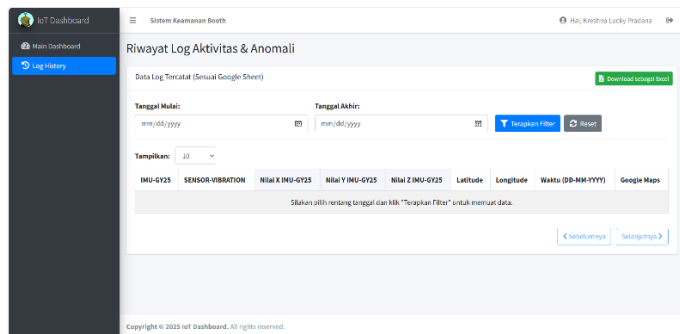
Gambar 20. Tampilan Login Web

Pada gambar 20, ditunjukkan tampilan awal halaman web IoT *CONSAFE* sebelum pengguna melakukan *login*. Halaman ini berfungsi sebagai akses awal sistem pemantauan keamanan *booth container*. Pengguna diarahkan untuk memasukkan email dan *password* pada kolom yang telah disediakan sebagai proses autentikasi pengguna. Apabila pengguna belum memiliki akun, sistem menyediakan fitur *Buat Akun* yang dapat digunakan untuk melakukan pendaftaran terlebih dahulu. Setelah proses login berhasil, pengguna dapat mengakses halaman utama web untuk memantau kondisi sistem keamanan dan informasi lokasi *booth container* secara *real-time*.



Gambar 21. Hasil Tampilan Main Dashboard

Pada gambar 21, merupakan tampilan main *dashboard* web yang di mana terdapat beberapa fitur. Yang pertama di bagian kanan terdapat panah keluar berfungsi untuk keluar dari akun. Pada bagian fitur *control* alarm terdapat 2 menu yaitu alarm darurat dan hentikan alarm. Alarm darurat berfungsi memudahkan pengguna untuk menyalakan alarm, sedangkan hentikan alarm berfungsi untuk mengirimkan untuk mematikan alarm tersebut. Fitur ini di buat untuk memudahkan pengguna untuk mengontrol alarm dari jarak jauh. Selanjutnya ada fitur pelacakan *real time*, fitur ini berfungsi untuk melacak lokasi *booth container* dari jarak jauh. Lalu fitur *log* aktivitas menginformasikan status koneksi antara perangkat IoT dengan *server* web. Fitur ini memastikan pengguna mengetahui bahwa data sedang diperbarui secara langsung tanpa *refresh* manual.



Gambar 22. Hasil Tampilan Log History

Pada gambar 22, merupakan hasil tampilan *log history* yang di mana pojok kanan atas terdapat fitur “*download sebagai excel*” yang berfungsi untuk medownload data sensor getar sw 420, *latitude dan longitude*, wakt kejadian, serta kolom Google Maps yang berisi link langsung untuk membuka lokasi pada peta, selanjut nya ada fitur filter tanggal mulai dan tanggal akhir serta pilihan jumlah data yang ditampilkan (misalnya 10 baris).

Ketiga tampilan tersebut saling terhubung dan dirancang dengan memperhatikan kemudahan penggunaan, dengan penekanan pada penyajian informasi yang cepat, akurat, serta mudah dipahami oleh pengguna akhir, seperti petugas keamanan maupun pengelola *booth*. Antarmuka web ini mampu mendukung fungsi pemantauan *real-time* dan analisis data historis secara optimal.

4.2. Hasil Pengujian dan Pembahasan Sistem

4.2.1. Hasil Data Pengujian GPS Ublox Neo-6M

Tabel 8. Hasil Pengujian Lokasi GPS Ublox Neo-6M

No	Lokasi Uji	Koordinat GPS Neo-6M		Koordinat Aktual (Google Maps)		Selisih Lokasi (meter)
		Lat	Long	Lat	Long	
1	Booth container	1.041.816	103.979.568	1.041.816	103.979.568	0.0 m
2	Titik 1	1.041.576	103.979.439	1.041.578	103.979.438	0.22 m
3	Titik 2	1.041.313	103.979.976	1.041.310	103.979.980	0.49 m
4	Titik 3	1.041.710	103.980.263	1.041.712	103.980.260	0.34 m
5	Titik 4	1.042.594	103.981.308	1.042.590	103.981.312	0.61 m
6	Titik 5	1.042.197	103.981.880	1.042.200	103.981.875	0.56 m
7	Titik 6	1.041.413	103.983.162	1.041.410	103.983.160	0.33 m
8	Titik 7	1.040.522	103.982.704	1.040.525	103.982.700	0.44 m
9	Titik 8	1.040.166	103.981.766	1.040.165	103.981.770	0.44 m
10	Titik 9	1.040.804	103.980.629	1.040.800	103.980.630	0.44 m
Rata-rata Selisih Lokasi						0.39m

Berdasarkan data yang ditampilkan pada Tabel 8, dilakukan pengujian untuk membandingkan akurasi koordinat yang dibaca oleh modul GPS Ublox Neo-6M dengan koordinat referensi yang diperoleh dari Google Maps. Pengambilan data dilakukan sebanyak 10 kali pada titik lokasi yang berbeda, dengan area pengujian di Lapangan SP Batu Aji. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui selisih serta tingkat ketelitian pembacaan koordinat GPS terhadap posisi aktual.

Pengujian modul GPS Ublox Neo-6M dilaksanakan dengan membawa alat menyusuri area pengujian (di jalan) dan melakukan pengambilan data pada

beberapa titik tertentu. Setiap titik pengujian ditentukan berdasarkan posisi alat pada saat pengujian berlangsung, di mana alat dihentikan sementara untuk memperoleh hasil pembacaan koordinat yang stabil. Penamaan titik lokasi menggunakan penomoran berurutan, yaitu Titik 1 hingga Titik 9, dengan satu titik utama di lokasi *booth container*. Posisi masing-masing titik pengujian direpresentasikan oleh nilai koordinat latitude dan longitude yang tercantum pada tabel hasil pengujian.

Untuk menghitung selisih lokasi antara koordinat GPS Neo-6M dengan koordinat aktual (Google Maps), digunakan pendekatan jarak *Euclidean* untuk mengukur deviasi posisi. Perhitungan dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

1. Rumus Dasar Jarak Penyederhanaan(*Euclidean*):

$$\text{Selisih} = \sqrt{(Lat_{Gps} - Lat_{Aktual})^2 + (Long_{Gps} - Long_{Aktual})^2}$$

Perhitungan (Data No.2):

$$Lat_{Gps} = 1.041.576$$

$$Lat_{Aktual} = 1.041.578$$

$$Long_{Gps} = 103.979.439$$

$$Long_{Aktual} = 103.979.438$$

$$\Delta Lat = 1.041.576 - 1.041.578 = -0.000002$$

$$\Delta Long = 103.979.439 - 103.979.438 = 0.000001$$

$$\text{Hasil} = \sqrt{(-0.000002)^2 + (0.000001)^2} = 0.000002236 \text{derajat}$$

Konversi ke meter (1 derajat = 111 km), di peroleh:

$$\text{Selisih} = 0.000002236 \times 111.000\text{m} = 0.22\text{m}$$

2. Perhitungan Rata-rata Selisih (*Mean Error*):

$$\bar{x} = \frac{\sum \text{Selisih}}{n} = \frac{0.0+0.22+0.49+0.34+0.61+0.56+0.33+0.44+0.44+0.44}{10} = 0.387 \text{ meter}$$

di bulatkan menjadi 0.39m

Perhitungan serupa dilakukan untuk semua titik, dan hasilnya menunjukkan selisih lokasi berkisar antara 0,22 meter hingga 0,61 meter. Rata-rata selisih lokasi yang diperoleh adalah 0,39 meter, yang menunjukkan bahwa modul GPS Ublox Neo-6M memiliki akurasi yang sangat baik untuk keperluan pelacakan *booth container*.

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 8, dapat diambil beberapa poin analisis penting:

1. Akurasi yang Tinggi: Modul GPS Ublox Neo-6M menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi dengan rata-rata selisih lokasi hanya 0,39 meter. Nilai ini masih dalam batas yang dapat diterima untuk aplikasi pelacakan lokasi *booth container*, mengingat akurasi GPS komersial umumnya berkisar antara 3-5 meter.
2. Konsistensi Pembacaan: Meskipun terdapat variasi selisih lokasi antar titik, modul GPS mampu memberikan pembacaan yang konsisten tanpa fluktuasi nilai yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa modul dapat melakukan penguncian sinyal (GPS lock) dengan baik meskipun diuji pada beberapa lokasi berbeda.
3. Pengaruh Lingkungan: Hasil pengujian menunjukkan bahwa modul GPS dapat berfungsi dengan baik di lingkungan pengujian yang relatif terbuka. Tidak ada gangguan signifikan yang memengaruhi akurasi, meskipun pengujian dilakukan dalam kondisi cuaca yang bervariasi.

Secara keseluruhan, pengujian terhadap GPS Ublox Neo-6M menunjukkan performansi yang optimal dengan tingkat kesalahan (*error rate*) yang rendah. Modul ini telah memenuhi kriteria keberhasilan sistem pelacakan untuk sistem keamanan yang dibangun, sehingga data koordinat yang dikirimkan dapat dipercaya sebagai representasi lokasi aktual *booth container*.

4.2.2. Hasil Data Pengujian Waktu Respons Integrasi Notifikasi Sensor Getar

Tabel 9. Pengujian Waktu Respons Integrasi Notifikasi Sensor Getar

No	Metode Pengujian	Status sensor Getar	Waktu Deteksi Web	Waktu Notifikasi Telegram	Delay Detik	Status Notifikasi Telegram
1	Pintu di goyang pelan	Terdeteksi	2026-01-26 17:27:58 WIB	2026-01-26 17:28:14 WIB	16	Berhasil
2		Terdeteksi	2026-01-26 17:32:33 WIB	2026-01-26 17:32:33 WIB	0	Berhasil
3		Terdeteksi	2026-01-26 17:33:32 WIB	2026-01-26 17:33:32 WIB	0	Berhasil

4	Pintu pada booth container di buka	Terdeteksi	2026-01-26 18:01:21 WIB	2026-01-26 18:01:21 WIB	0	Berhasil
5		Terdeteksi	2026-01-26 18:02:32 WIB	2026-01-26 18:02:32 WIB	0	Berhasil
6		Terdeteksi	2026-01-26 18:03:47 WIB	2026-01-26 18:03:47 WIB	0	Berhasil
7		Terdeteksi	2026-01-26 18:04:58 WIB	2026-01-26 18:04:58 WIB	0	Berhasil
8		Terdeteksi	2026-01-26 18:06:30 WIB	2026-01-26 18:06:30 WIB	0	Berhasil
9		Terdeteksi	2026-01-26 18:12:33 WIB	2026-01-26 18:12:33 WIB	0	Berhasil
10		Terdeteksi	2026-01-26 18:13:39 WIB	2026-01-26 18:13:39 WIB	0	Berhasil

Berdasarkan data pengujian yang dilakukan dengan memberikan gangguan fisik sebanyak 10 kali melalui dua skenario (pintu di goyang pelan dan pintu di buka), diperoleh data respons sistem seperti yang tercantum pada tabel 9 di atas.

Berikut analisis hasil pengujian:

1. Analisis akurasi deteksi sensor:

Berdasarkan data hasil pengujian pada Tabel 9, dilakukan analisis terhadap tingkat akurasi sensor getar dan sistem peringatan lokal (*buzzer*). Dalam 10 kali percobaan, sensor berhasil mendeteksi setiap gangguan fisik yang diberikan. Tidak ada satu pun percobaan yang gagal terdeteksi. Hal ini membuktikan bahwa sensor memiliki sensitivitas yang sangat baik dan sistem lokal berjalan dengan stabil dalam mendeteksi getaran secara *real-time*.

Hal ini dapat dibuktikan melalui perhitungan persentase akurasi berikut:

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah Deteksi Berhasil}}{\text{Total Percobaan}} \times 100\%$$

$$\text{Akurasi} = \frac{10}{10} \times 100\% = 100\%$$

2. Analisis Keberhasilan Notifikasi Telegram:

Analisis ini bertujuan untuk menilai keandalan sistem dalam meneruskan informasi dari sensor ke pengguna melalui Telegram. Dari 10 kali percobaan, semua deteksi berhasil dikirimkan sebagai notifikasi Telegram dengan status “Berhasil”. Hal ini menunjukkan integrasi yang sangat baik antara sistem IoT, API Telegram, dan konektivitas jaringan.

Perhitungan persentase keberhasilan (*success rate*) pengiriman notifikasi adalah sebagai berikut:

$$\text{SuccesRate} = \frac{\text{Jumlah Notifikasi Telegram}}{\text{Total Deteksi Sensor}} \times 100\%$$

$$\text{SuccesRate} = \frac{10}{10} \times 100\% = 100\%$$

Tingkat keberhasilan 100% ini menunjukkan bahwa integrasi antara sistem dengan Telegram API berjalan dengan sangat baik. Jalur komunikasi IoT yang dibangun mampu mengirimkan peringatan bahaya secara efektif tanpa adanya kendala rate *limiting* atau kehilangan data (*data loss*) selama pengujian.

3. Analisis Waktu Respons (*Delay*)

Analisis waktu *respons (delay)* dilakukan untuk mengetahui kecepatan sistem dalam mengirimkan informasi dari saat getaran terdeteksi oleh perangkat hingga notifikasi diterima oleh pengguna. Berdasarkan data pengujian (nomor 1 sampai 10), dilakukan perbandingan antara kolom "Waktu Deteksi Web" dengan "Waktu Notifikasi Telegram". Dari data yang di tampilkan, dapat kita lihat bahwa, 9 dari 10 percobaan memiliki delay 0 detik, yang artinya notifikasi di kirim dan di terima secara bersamaan dengan waktu deteksi. 1 percobaan (no 1) memiliki delay 16 detik, kemungkinan di sebabakan oleh latensi jaringan atau waktu sinkronisasi sistem pada awal pengujian

$$\text{Rata-RataDelay} = \frac{\sum \text{Selisih Waktu}}{\text{Jumlah Notifikasi Berhasil}}$$

$$\text{Rata-RataDelay} = \frac{16+0+0+0+0+0+0+0+0+0}{10} = 1,6 \text{ detik}$$

Hasil rata-rata delay sebesar 1,6 detik ini menunjukkan bahwa sistem bekerja secara sangat responsif. Kecepatan ini sangat krusial dalam sistem keamanan agar pengguna dapat segera mengetahui adanya gangguan fisik pada objek yang dipantau.

Bab 5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, serta analisis yang telah dilakukan pada sistem keamanan *booth container* UMKM berbasis *Internet of Things* (IoT), maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem keamanan *booth container* UMKM berhasil dirancang dan direalisasikan dengan mengintegrasikan mikrokontroler ESP32, sensor getar SW-420, *buzzer* sebagai alarm, dan modul GPS Ublox Neo-6M yang terhubung dengan antarmuka web berbasis *smartphone*. Seluruh komponen sistem dapat bekerja secara terintegrasi dan sistem bersifat portable sehingga sesuai untuk diterapkan pada *booth container* UMKM.
2. Berdasarkan hasil pengujian sensor getar SW-420, sistem mampu mendeteksi gangguan fisik berupa getaran pada *booth container* dengan tingkat keberhasilan deteksi sebesar 100% pada seluruh skenario pengujian. Ketika getaran terdeteksi, sistem secara otomatis mengaktifkan *buzzer* dan mengirimkan notifikasi ke pengguna melalui antarmuka web. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa notifikasi dapat diterima pengguna dengan rata-rata waktu respons sebesar 1,6 detik, sehingga sistem mampu memberikan peringatan secara *real-time*.
3. Hasil pengujian modul GPS Ublox Neo-6M menunjukkan bahwa sistem mampu menampilkan dan memperbarui koordinat lokasi *booth container* dengan baik. Pada kondisi pengujian statis dan Ketika alat nya di bawa di titik lokasi yang berbeda, selisih lokasi antara data GPS dan koordinat referensi (*Google Maps*) menunjukkan nilai 0.39 meter, yang menandakan akurasi pelacakan lokasi sangat baik dan stabil untuk kebutuhan pemantauan posisi *booth container*.
4. Integrasi sistem keamanan dengan antarmuka web memungkinkan pengguna untuk memantau status sistem, melihat riwayat kejadian (log aktivitas), serta memantau lokasi *booth container* secara jarak jauh melalui *smartphone*. Berdasarkan hasil pengujian fungsi monitoring dan notifikasi, sistem yang dirancang telah memenuhi tujuan penelitian dalam menyediakan sistem keamanan *booth container* yang dapat diakses tanpa pengawasan langsung di lokasi dan mampu meningkatkan keamanan aset UMKM.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan keterbatasan yang masih terdapat pada sistem, penulis memiliki beberapa saran untuk pengembangan selanjutnya yaitu:

1. Sistem keamanan dapat dikembangkan dengan menambahkan kamera sebagai media pemantauan visual, sehingga pengguna tidak hanya menerima informasi berupa alarm dan data getaran, tetapi juga dapat melihat kondisi aktual *booth container* saat terjadi indikasi pembobolan. Penambahan kamera ini diharapkan dapat meningkatkan validasi kejadian serta membantu pengguna dalam mengambil keputusan secara cepat.
2. Modul GPS dapat ditingkatkan dengan menggunakan jenis GPS yang memiliki akurasi lebih tinggi dan mendukung *multi-constellation* untuk mengurangi selisih lokasi, terutama pada area dengan hambatan sinyal.
3. Sistem catu daya dapat dikembangkan dengan menambahkan sumber energi panel surya atau sistem monitoring level baterai dengan notifikasi otomatis ke pengguna ketika daya aki mendekati batas minimum, sehingga keandalan sistem dapat terjaga dalam jangka waktu yang lebih lama.

Daftar Pustaka

- [1] M. Ulfah *et al.*, “Pendampingan Lean Canvas Business sebagai Strategi Pertumbuhan Berkelanjutan UMKM Kuliner Kota Batam,” Batam, Dec. 2024.
- [2] S. M. Drs. F. ME. DR. Tona Aurora Lubis, “Tata Kelola dan Perilaku Bisnis Stand Booth Container,” Aug. 2020, [Online]. Available: https://repository.unja.ac.id/18371/1/2020_Buku_Tata%20Kelola%20dan%20Perilaku%20Bisnis%20Stand%20Booth%20Container.pdf
- [3] Z. A. H. W. I. Z. Rizky Akbar Koto, “Rancang Bangun Sistem Penyewaan Booth Store Dengan Memanfaatkan RFID Menggunakan Teknik Simpleks Berbasis NodeMCU,” *JURNAL SISTEM KOMPUTER TGD*, vol. 1, no. 6, pp. 1–9, Jun. 2022, [Online]. Available: <https://ojs.trigunadharma.ac.id/index.php/jskom>
- [4] Muchamad Sobri Sungkar, “SISTEM KEAMANAN RUMAH BERBASIS INTERNET OF THINGS,” *Jurnalnya Orang Pintar Komputer*, vol. 9, no. 2, pp. 1–3, Jun. 2020, [Online]. Available: <https://id.wikipedia.org/wiki/Keamanan>.
- [5] S. Agung Fathoni, R. Susanto, and R. Dwi Irawan, “Implementasi Tracing Location Sistem Pada Sepeda Motor Berbasis Internet Of Things Dengan Integrasi Aplikasi Mobile,” *Smart Comp: Jurnalnya Orang Pintar Komputer*, vol. 14, pp. 1–4, Apr. 2025, doi: 10.30591/smartcomp.v14i2.7226.
- [6] M. S. Romadlon Ardiyansyah and A. Bachri, “Rancang Bangun Sistem Keamanan Dan Pengendali Jarak Jauh Sepeda Motor Menggunakan Android Berbasis Nodemcu ESP32 dan GPS,” *Jurnal FORTECH*, vol. 3, no. 1, pp. 27–33, Mar. 2022, doi: 10.56795/fortech.v3i1.104.
- [7] H. A. Kusuma, S. B. Wijaya, and D. Nusyirwan, “SISTEM KEAMANAN RUMAH BERBASIS ESP32-CAM DAN TELEGRAM SEBAGAI NOTIFIKASI,” *Infotronik : Jurnal Teknologi Informasi dan Elektronika*, vol. 8, no. 1, p. 30, Jun. 2023, doi: 10.32897/infotronik.2023.8.1.2291.
- [8] J. Persada Sembiring *et al.*, “PELATIHAN INTERNET OF THINGS (IoT) BAGI SISWA/SISWI SMKN 1 SUKADANA, LAMPUNG TIMUR,” *Journal of Technology and Social for Community Service (JTSCS)*, vol. 3, no. 2, pp. 181–186, 2022, [Online]. Available: <https://ejurnal.teknokrat.ac.id/index.php/teknoabdimas>
- [9] U. A. Pringsewu, M. H. Assubhi, and R. Rahmadewi, “PERANCANGAN SISTEM KENDALI PADA SISTEM KEAMANAN SEPEDA MOTOR DENGAN MIKROKONTROLER ESP32,” *Journal Aisyah*, pp. 1–14, Feb. 2024, [Online]. Available: <http://jti.aisyahuniversity.ac.id/index.php/AJIEE>

- [10] Q. Jiang, M. F. Antwi-Afari, S. Fadaie, H. Y. Mi, S. Anwer, and J. Liu, "Self-powered wearable Internet of Things sensors for human-machine interfaces: A systematic literature review and science mapping analysis," Sep. 2024, *Elsevier Ltd*. doi: 10.1016/j.nanoen.2024.110252.
- [11] Y. L. Zhang *et al.*, "An Ultra-low-power High-precision Dynamic Gesture Recognition Coprocessor Based on RISC-V Architecture," in *2020 IEEE 15th International Conference on Solid-State and Integrated Circuit Technology, ICSICT 2020 - Proceedings*, China: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Nov. 2020, pp. 1–4. doi: 10.1109/ICSICT49897.2020.9278334.
- [12] N. Mitrović, M. Đorđević, S. Veljković, and D. Danković, "IMPLEMENTATION AND TESTING OF WEBSOCKET PROTOCOL IN ESP32 BASED IOT SYSTEMS," *Facta Universitatis, Series: Electronics and Energetics*, vol. 36, pp. 1–18, Jun. 2023, doi: 10.2298/FUEE2302267M.
- [13] D. Mourtzis, J. Angelopoulos, and N. Panopoulos, "The Future of the Human–Machine Interface (HMI) in Society 5.0," Apr. 2023, *MDPI*. doi: 10.3390/fi15050162.
- [14] N. N. Alimin, F. Samantha, M. Mulyadi, and A. Faizin, "A Study On The Use Of Shipping Container Booth As A Substitution Of Street Vendors Cart," *WIDYAKALA: JOURNAL OF PEMBANGUNAN JAYA UNIVERSITY*, vol. 8, p. 59, May 2021, doi: 10.36262/widyakala.v8i0.427.
- [15] J. Sistem and K. Tgd, "Rancang Bangun Sistem Penyewaan Booth Store Dengan Memanfaatkan RFID Menggunakan Teknik Simpleks Berbasis NodeMCU," vol. 1, no. 6, pp. 205–213, 2022, [Online]. Available: <https://ojs.trigunadharma.ac.id/index.php/jskom>
- [16] P. Harahap, B. Oktrialdi, and R. F. Siregar, "IMPLEMENTASI ALAT PENDETEKSI GEMPA BERBASIS ARDUINO UNO DENGAN MEMANFAATKAN SENSOR GETAR (VIBRATION)," *Medan Sumstera Utara*, Nov. 2023. [Online]. Available: <https://snte.fortei.org/list/index.php/snte/article/view/11>
- [17] R. E. Putri and D. Yendri, "Sistem Pengontrolan Dan Keamanan Rumah Pintar (Smart Home) Berbasis Android," *Journal on Information Technology and Computer Engineering*, vol. 2, no. 01, pp. 1–6, Mar. 2018, doi: 10.25077/jitce.2.01.1-6.2018.
- [18] H. N. Syaddad, "Perancangan Sistem Keamanan Sepeda Motor Menggunakan Gps Tracker Berbasis Mikrokontroler Pada Kendaraan Bermotor," *Media Jurnal Informatika*, vol. 11, no. 2, 2019, [Online]. Available: <http://jurnal.unsur.ac.id/mjinformatika>
- [19] M. A. Johan Manurung, "SISTEM KEAMANAN SEPEDA MOTOR BERBASIS GPS DAN ANDROID," *journal unrika*, pp. 1–8, Nov. 2019, Accessed: Jun. 20, 2025. [Online]. Available:

<https://www.journal.unrika.ac.id/index.php/sigmateknika/article/view/2086>

- [20] M. Erdiyansyah, S. A. Hulukati, M. Asri, and P. Teknik, "RANCANG BANGUN ALAT MONITORING TEGANGAN DAN SUHU PADA AKI BENTOR BERBASIS (INTERNET OF THINGS) IoT," Gorontalo, May 2025.

Biodata



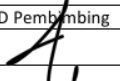
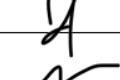
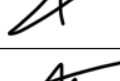
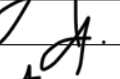
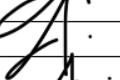
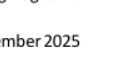
Nama	: Kreshna Lucky Pradana
TTL	: Parit Jelutung Karimun, 21 Mei 2004
Agama	: Islam
Alamat	: Parit Jelutung
Email	: kreshnakreshna123@gmail.com
Riwayat Pendidikan	SMA/SMK : SMAN 1 BURU
	SMP : SMPN 2 BURU

Lampiran

A. Formulir Bimbingan Tugas Akhir

FORMULIR LOGBOOK BIMBINGAN DAN PENGAJUAN SIDANG TUGAS AKHIR

Nama : Kreshna Lucky Pradana
NIM : 4212201056
Pembimbing : Diono, S.Tr. T.,M.Sc
Judul : Integrasi Sistem Keamanan Booth Container UMKM dengan Sistem Pintar Kontrol Lokasi Menggunakan Smartphone

No	Hari/Tgl	Rincian Kegiatan	TTD Pembimbing
1	Kamis, 4 September 2025	Bimbingan proses perakitan mekanikal	
2	Selasa, 23 September 2025	Bimbingan bagian mekanikal, menambahkan kunci L	
3	Senin, 29 September 2025	Bimbingan pada bagian web, yaitu web tetap di buat. Untuk notifikasi lewat aplikasi saja seperti email, telegram, atau Whatspp	
4	Jum'at, 3 Oktober 2025	Bimbingan terkait web monitoring, khususnya pada pengiriman notifikasi menggunakan telegram	
5	Rabu, 8 Oktober 2025	Bimbingan terkait di port server backend yang bermasalah	
6	Kamis, 16 Oktober 2025	Bimbingan terkait penambahan fitur log history pada bagian dashboard web	
7	Selasa, 21 Oktober 2025	Bimbingan sumber tegangan pada alat system keamanan, kalau bisa di kamuflekan	
8	Kamis, 27 November 2025	Bimbingan terkait alat di bagian modul gps, seerta arahan untuk tahap pengujian alat dan pengambilan data	
9	Selasa, 9 Desember 2025	Bimbingan perbaikan modul GPS	
10	Kamis, 18 Desember 2025	Penyusunan laporan akhir	

Berdasarkan hasil bimbingan yang telah dilaksanakan selama 4 bulan dan telah disetujui oleh dosen pembimbing, maka dengan ini saya mengajukan diri sebagai peserta Sidang Tugas Akhir.

Batam, 18 Desember 2025
Peserta



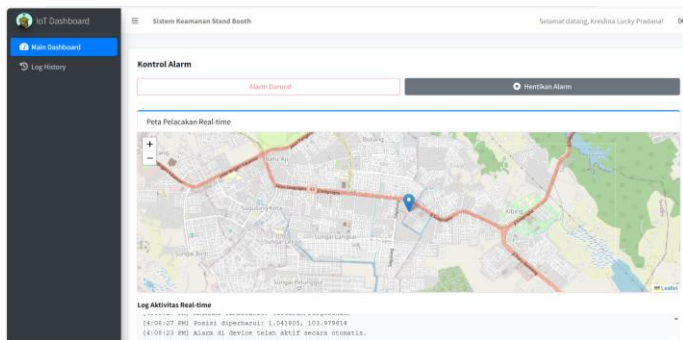
Kreshna Lucky Pradana
NIM: 4212201056

B. Hasil Implementasi

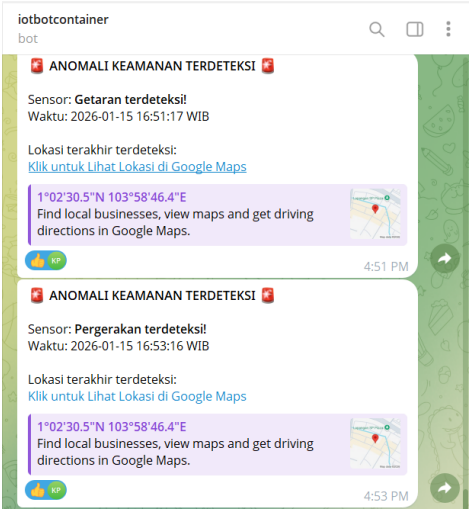
1. Alat pada Booth Container



2. WEB



3. Notifikasi ke Telegram



C. Program ESP32

-Konfigurasi Sistem & Inisialisasi Pin

```
// ===== Konfigurasi Zona Waktu & NTP =====
// WIB = UTC +7 jam (dalam detik: 7 * 3600 = 25200)
const long gmtoffset_sec = 7 * 3600;
const int daylightOffset_sec = 0;
const char* ntpServer = "pool.ntp.org";

// ===== Konfigurasi MQTT EMQX =====
const char* mqtt_server = "120f8a11.ala.eu-central-1.emqxsl.com";
const int mqtt_port = 8883; // SSL port
const char* mqtt_user = "iotstandashboard";
const char* mqtt_pass = "iotstandashboard123";

// Inisialisasi MQTT
WiFiClientSecure espClient;
PubSubClient client(espClient);

const char* ssid = "nadan";
const char* pass = "wkwk5552";
//const char* ssid = "Laev";
//const char* pass = "live0326";
const char* scriptURL = "https://script.google.com/macros/s/AKfycbZALGKsbsbYde3H4G6zJc171bX0GFT1bqVY0b0pD_BF-gng34UDf7SAT0wmx0S6kvC/exec";

#define SENSOR_PIN 34
#define RELAY_PIN 5
#define RELAY_ACTIVE_LOW true
#define ALARM_EXTEND 5000 // 5 detik
#define DEBOUNCE_MS 100 // abaikan pulsa beruntun <800ms
#define COOLDOWN_MS 5000 // waktu sensor diabaikan setelah getar (5 detik)
// GPS pins
#define RXD2 16
#define TXD2 17
TinyGPSPlus gps;
```

-Setup() - Inisialisasi Perangkat

```
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  pinMode(SENSOR_PIN, INPUT);
  pinMode(RELAY_PIN, OUTPUT);
  relayOff();

  Serial2.begin(9600, SERIAL_8N1, RXD2, TXD2);
  GY25.begin(115200, SERIAL_8N1, 26, 25);

  // Set mode ASCII
  GY25.write(0xA5); GY25.write(0x54); delay(1000);
  GY25.write(0xA5); GY25.write(0x55); delay(1000);
  GY25.write(0xA5); GY25.write(0x53); delay(500);

  Serial.println("🟢 Sistem siap. Ketik 'ResetTime' untuk menghentikan alarm manual.");

  WiFi.begin(ssid, pass);
  Serial.print("🔌 Menghubungkan ke WiFi...");
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("\n🟢 WiFi tersambung!");
  Serial.print("📶 IP Address: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());

  // ===== Sinkronisasi waktu NTP =====
  configTime(gmtoffset_sec, daylightOffset_sec, ntpServer);
  struct tm timeInfo;
  if (!getLocalTime(&timeInfo)) {
    Serial.println("⚠️ Gagal sinkronisasi waktu NTP, waktu masih kosong!");
  } else {
    Serial.print("🕒 Waktu NTP tersinkron: ");
    Serial.println(&timeInfo, "%Y.%m.%d %H:%M:%S");
  }

  espClient.setCACert(emqx_ca_cert);
  espClient.setCertificate(nullptr); // Tidak pakai sertifikat client
  espClient.setPrivateKey(nullptr);

  client.setServer(mqtt_server, mqtt_port);
  client.setCallback(mqttCallback);
  connectToMqtt();
}
```

-Deteksi Getaran dari Sensor Fisik

```
void deteksiGetaranSensor(unsigned long now) {
    static bool lastState = LOW;
    static bool cooldownActive = false;
    static unsigned long cooldownStart = 0;

    int currentState = digitalRead(SENSOR_PIN);

    // Jika masih dalam masa cooldown, jangan deteksi apa pun
    if (cooldownActive) {
        if (now - cooldownStart >= COOLDOWN_MS) {
            cooldownActive = false; // Reset cooldown
        } else {
            lastState = currentState; // tetap update status
            return;
        }
    }

    // Deteksi perubahan dari LOW -> HIGH (getaran baru)
    if (currentState == HIGH && lastState == LOW) {
        if (now - lastSensorVibration > DEBOUNCE_MS) {
            sensorDetected = true;
            aktifkanAlarm();
            lastSensorVibration = now;

            // ☒ BUKA WINDOW IMU DI SINI SAJA
            imuWindowActive = true;
            imuWindowStart = millis();

            yaw_min = yaw_max = YAW;
            pitch_min = pitch_max = PITCH;
            roll_min = roll_max = ROLL;

            // Aktifkan cooldown 5 detik
            cooldownActive = true;
            cooldownStart = now;
        }
    }

    lastState = currentState;
}
```

-Pengiriman Data ke MQTT Broker

```
static unsigned long lastTestPublish = 0;
if (millis() - lastTestPublish >= 10000) { // setiap 10 detik
    if (client.connected()) {
        // ☒ Ambil waktu lokal real dari NTP
        time_t nowTime = time(nullptr);
        struct tm* timeinfo = localtime(&nowTime);

        char timeStr[30];
        strftime(timeStr, sizeof(timeStr), "%Y-%m-%d %H:%M:%S WTB", timeinfo);

        // ☒ Gunakan waktu ini dalam payload
        String jsonPayload = "{\"IMU\": " + String(imuDetected ? 1 : 0) +
            ", \"Sensor\": " + String(sensorDetected ? 1 : 0) +
            ", \"Lat\": " + String(gps.location.lat(), 6) +
            ", \"Lon\": " + String(gps.location.lng(), 6) +
            ", \"Yaw\": " + String(YAW, 2) +
            ", \"Pitch\": " + String(PITCH, 2) +
            ", \"Roll\": " + String(ROLL, 2) +
            ", \"time\": \" " + String(timeStr) + "\"}";

        bool ok = client.publish("iotstandashboard/data", jsonPayload.c_str());
        Serial.println(" MQTT kirim data: " + jsonPayload);
        Serial.println(ok ? ☒ sukses : ☒ gagal");
    } else {
        Serial.println(" MQTT belum terhubung saat kirim data sensor");
    }
    lastTestPublish = millis();
}
```

-Pengiriman Data ke Google Sheets

```
void kirimDataSheet(int imuVal, int sensorVal, float lat, float lon, String timeStr, String mapLink) {
    if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
        HTTPClient http;
        http.begin(scriptURL);
        http.addHeader("Content-Type", "application/x-www-form-urlencoded");

        // Ubah nilai jadi teks "terdeteksi" atau "tidak"
        int imuStatus = imuDetected ? 1 : 0;
        int sensorStatus = sensorDetected ? 1 : 0;

        // Format waktu tanpa tanda "-" di tengah, contoh: "2025-10-13 14:13:46 WIB"
        timeStr.replace("-", "");

        // Format angka agar 6 digit desimal (sama kayak spreadsheet sebelumnya)
        String latStr = String(lat, 6);
        String lonStr = String(lon, 6);

        // Payload sesuai urutan spreadsheet
        String payload = String(imuStatus) + "|" +
            String(sensorStatus) + "|" +
            latStr + "|" +
            lonStr + "|" +
            timeStr + "|" +
            mapLink + "|" +
            String(deltaYaw, 2) + "|" +
            String(deltaPitch, 2) + "|" +
            String(deltaRoll, 2);

        Serial.println("📡 Mengirim data ke Google Sheets...");
        Serial.println(payload);
        int httpResponseCode = http.POST(payload);

        if (httpResponseCode > 0) {
            Serial.printf("✅ Data terkirim! HTTP %d\n", httpResponseCode);
        } else {
            Serial.printf("❌ Gagal kirim! Error: %d\n", httpResponseCode);
        }

        http.end();
    } else {
        Serial.println("🔥 WiFi belum tersambung, tidak bisa kirim data!");
    }
}
```

D. Berikut ini link lampiran Tugas Akhir:

https://drive.google.com/drive/folders/1N4hRzhyn6dwHFOcQX16DVEgE_WUxgXoZ?usp=sharing