



Sistem Keamanan Rak Sepatu Berbasis IoT

Tugas Akhir

**Oleh:
Bentar Dili Yudha (4212331005)**

**Program Studi Teknik Mekatronika
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Batam
2025**

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya yang berjudul : "Sistem Keamanan Rak Sepatu Berbasis IoT" 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, 22-07-2025



Bentar Dili Yudha Ananda Pratama
NIM: 4212331005

Lembar Pengesahan

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

Disusun oleh:
Bentar Dili Yudha (4212331005)

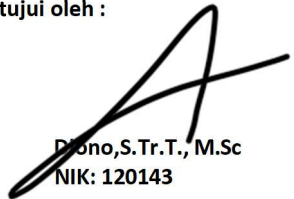
Tanggal Sidang: 14-07-2025

Disetujui oleh :


1. Adlian Jefiza, S.Pd., M.T
NIK: 199112022019031016



2. Fadli Firdaus, S.Pd., Mpd
NIK: 122271


D. Ono, S.Tr.T., M.Sc
NIK: 120143

Sistem Keamanan Rak Sepatu Berbasis IoT

Abstrak

Seiring meningkatnya nilai jual sepatu, terutama dari merek ternama, kebutuhan akan sistem keamanan rumah tangga yang andal semakin penting. Penelitian ini mengembangkan sistem keamanan rak sepatu berbasis Internet of Things (IoT) dengan integrasi sensor berat (*load cell*), mikrokontroler ESP32, dan Firebase sebagai basis data real-time. Sistem ini menggunakan logika fuzzy untuk menganalisis perubahan berat sepatu pada rak dan menentukan status sistem (Normal, Notification, atau Alarm), yang kemudian dikirimkan ke pengguna melalui aplikasi Android. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi perubahan berat secara real-time dengan akurasi tinggi, di mana sebagian besar pembacaan menghasilkan *error* 0%, dan sisanya berkisar antara 1,16% hingga 1,35%. Waktu pendaftaran barang tercatat antara 20 hingga 32 detik dengan rata-rata 28,3 detik, dan waktu pengambilan barang antara 19 hingga 27 detik dengan rata-rata 23,8 detik. Hasil ini membuktikan bahwa sistem bekerja secara akurat, cepat, dan stabil, serta dapat diandalkan untuk pemantauan keamanan barang di rumah.

Kata kunci: IoT, *Load cell*, ESP32, Keamanan Sepatu, Logika Fuzzy

IoT-Based Shoe Rack Security System

Abstract

As the market value of shoes, especially those from well-known brands, continues to rise, the need for reliable home security systems becomes increasingly important. This study develops a shoe rack security system based on the Internet of Things (IoT), integrating a *load cell* sensor, ESP32 microcontroller, and Firebase as a real-time database. The system utilizes fuzzy logic to analyze changes in shoe weight on the rack and determine the system status (Normal, Notification, or Alarm), which is then sent to the user via an Android application. Testing results show that the system can detect weight changes in real time with high accuracy, where most readings resulted in 0% *error*, and the rest ranged between 1.16% and 1.35%. The item registration time ranged from 20 to 32 seconds with an average of 28.3 seconds, while the item retrieval time ranged from 19 to 27 seconds with an average of 23.8 seconds. These results demonstrate that the system operates accurately, quickly, and stably, making it reliable for monitoring the security of household items.

Keywords: Security System, IoT, Load cell, ESP32

Kata Pengantar

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Sistem Keamanan Rak Sepatu Berbasis IoT”**.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan pada program Studi Teknik Mekatronika, Politeknik Negeri Batam. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat dan terima kasih, penulis ingin menyampaikan penghargaan kepada:

1. Allah S.W.T, atas kekuatan dan petunjuk yang diberikan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Orang tua tercinta yang selalu memberikan dukungan moril dan materil serta doa yang tiada henti. Terima kasih atas kesabaran, kasih sayang, dan segala pengorbanan yang telah diberikan sepanjang perjalanan pendidikan ini.
3. Direktur Politeknik Negeri Batam Ir. Bambang Hendrawan, ST., MSM., CIPMP., CISCIP. yang telah memberikan dukungan dan fasilitas yang sangat berharga selama penulisan tugas akhir ini.
4. Ketua Jurusan Teknik Elektro Ir. Indra Hardian Mulyadi, S.T., M.Eng., yang telah memberikan arahan dan dukungan selama proses akademik penulis sekaligus sebagai dosen wali yang selalu memberikan dukungan moral dan akademik di Politeknik Negeri Batam,
5. Ketua Program Studi Mekatronika Diono S.Tr.T., M.Sc yang telah memberikan masukan berharga yang memperkaya perspektif penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini, sekaligus menjadi pembimbing yang memberikan bimbingan, masukan, dan arahan yang sangat berarti dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh dosen dan staf pengajar di Politeknik Negeri Batam, atas ilmu, pengalaman, dan dedikasi yang diberikan selama masa perkuliahan.
7. Teman-teman seperjuangan, yang selalu memberikan semangat, bantuan, dan kebersamaan selama masa penyelesaian Tugas Akhir.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun demi pengembangan karya ini di masa depan. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak, khususnya dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang mekatronika.

Batam, 14 Juli 2025



Bentar Dili Yudha

Daftar Isi

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir	i
Lembar Pengesahan	ii
Abstrak	iii
<i>Abstract</i>	iv
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vi
Daftar Gambar	ix
Daftar Tabel	x
Bab 1. Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Manfaat	2
1.5. Batasan Masalah	2
Bab 2. Tinjauan Pustaka	4
2.1. IoT (Internet Of Things)	4
2.2. Mikrokontroler ESP32	4
2.3. Sensor <i>Load cell</i>	5
2.4. <i>Firestore Database</i>	5
2.5. Fuzzy Logic	6
2.6. Penelitian terkait	6
Bab 3. Metodologi Penelitian	12
3.1. Perancangan	12
3.1.1. Perancangan Sistem	13
3.1.2. Perancangan <i>Hardware</i>	14
3.1.3. Perancangan Design Elektrikal	16
3.1.4. Perancangan Aplikasi Android	16

3.2. Alat dan Bahan.....	17
3.3 Implementasi Fuzzy	17
3.3.1. Pembentukan Himpunan fuzzy.....	17
3.3.1.1 Variabel Input Error.....	17
3.3.1.2 Variabel Input Delta Error	17
3.3.1.3 Penerapan Aturan Fuzzy	17
3.3.1.4 Defuzzifikasi.....	21
3.4. Pengujian	23
3.4.1. Pengujian Dengan Timbangan Digital.....	24
3.4.2. Pengujian Waktu Pendaftaran Barang.....	24
3.4.3. Pengujian Waktu Pengambilan Barang	24
3.4.4. Pengujian Kondisi <i>Output</i>	24
3.4.5. Pengujian Alat Dengan Pengguna lain	25
3.4.6. Pengujian Database yang Didaftarkan.....	25
Bab 4. Hasil dan Pembahasan	25
4.1. Implementasi Hasil Penelitian.....	25
4.1.1 Implementasi <i>Hardware</i>	25
4.1.2 Implementasi Aplikasi	26
4.2. Data Hasil Penelitian	29
4.2.1. Data Hasil Pengujian Dengan Timbangan Dsigital	30
4.2.2. Data Hasil Waktu Pendaftaran Barang	37
4.2.3. Data Hasil Waktu Pengambilan Barang	37
4.2.4. Data Hasil Pengujian Kondisi output	38
4.2.5. Data Hasil Pengujian Alat Dengan Pengguna lain.....	48
4.2.6. Data Hasil Database Yang Telah Didaftarkan.....	50
Bab 5. Kesimpulan dan saran	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	52
Daftar Pustaka.....	53

Lampiran55

Daftar Gambar

Gambar 1. Pinout Mikrokontroler ESP 32	4
Gambar 2. Sensor <i>load cell</i>	5
Gambar 3. Flowchart Perancangan Penelitian	12
Gambar 4. Flowchart Perancangan Sistem.....	13
Gambar 5. Diagram Blok Perancangan Sistem	14
Gambar 6. Perancangan Design Mekanikal 1	15
Gambar 7. Perancangan Design Mekanikal 2	15
Gambar 8. Perancangan Design elektrikal.....	16
Gambar 9. Grafik Membership Error	18
Gambar 10. Grafik Membership <i>Delta Error</i>	19
Gambar 11. Hasil Pembuatan Hardware 1	25
Gambar 12. Hasil Pembuatan Hardware 1	26
Gambar 13. Tampilan Awal Aplikasi	26
Gambar 14. Tampilan Menambahkan Barang.....	27
Gambar 15. Tampilan LC Saat Menambahkan Barang	27
Gambar 16. Tampilan Aplikasi Saat Nilai Tersimpan	28
Gambar 17. Tampilan Pengambilan Barang	28
Gambar 18. Tampilan LCD Saat Pengambilan Barang	29
Gambar 19 Lokasi Penempatan Alat.	30
Gambar 20. Timbangan Digital	30
Gambar 21 Pengujian Sepatu 1 menggunakan Timbangan digital	31
Gambar 22 Pengujian Sepatu 2 menggunakan Timbangan digital	32
Gambar 23 Pengujian Sepatu 3 menggunakan Timbangan digital	33
Gambar 24 .Pengujian Sepatu 4 menggunakan Timbangan digital	34
Gambar 25 .Pengujian Sepatu 5 menggunakan Timbangan digital	35
Gambar 26. Pengujian Sepatu 6 menggunakan Timbangan digital	36
Gambar 27. Pengujian Dengan Pengguna 1	48
Gambar 28. Pengujian Dengan Pengguna 2	49
Gambar 29. Pengujian Dengan Pengguna 3	50
Gambar 30. Tampilan Database	50

Daftar Tabel

Tabel 1. Penelitian terkait	6
Tabel 2. Estimasi biaya	17
Tabel 3. Hasil Pengujian Sepatu 1 dengan <i>load cell</i>	31
Tabel 4. Hasil Pengujian Sepatu 2 dengan <i>load cell</i>	32
Tabel 5. Hasil Pengujian Sepatu 3 dengan <i>load cell</i>	33
Tabel 6. Hasil Pengujian Sepatu 4 dengan <i>load cell</i>	34
Tabel 7. Hasil Pengujian Sepatu 5 dengan <i>load cell</i>	35
Tabel 8. Hasil Pengujian Sepatu 6 dengan <i>load cell</i>	36
Tabel 9. Hasil Waktu Pendaftaran Barang	37
Tabel 10. Hasil Waktu Pengambilan Barang.....	37
Tabel 11. Hasil Pengujian Kondisi Output.....	38

Bab 1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Sepatu dan sandal, terutama dari merek luar negeri, saat ini memiliki nilai jual yang semakin tinggi, baik karena model baru maupun kualitas bahan yang premium. Dengan kenaikan harga ini, kebutuhan akan sistem keamanan yang dapat melindungi barang-barang berharga, seperti sepatu, menjadi semakin penting. Dalam situasi seperti ini, perlindungan ataupun keamanan barang berharga yang berada didalam rumah harus semakin penting, dalam hal ini sepatu dan sandal yang biasa kita simpan didalam kamar ataupun diluar kamar. Terkadang jika hanya diletakan pada peletakan biasa ataupun bisa disebut konvensional dialam rak sepatu, bisa saja dapat diambil tanpa izin ataupun dicuri jika kurangnya pengawasan kita dalam mengawasinya, dan juga pada kondisi ini pun kita tidak dapat mengawasinya selama 24 jam.

Dalam hal ini CCTV atau *Closed-Circuit Television* merupakan salah satu sistem keamanan yang sangat banyak digunakan pada masyarakat dengan alasan karena bisa mendeteksi pergerakan dadakan dari seseorang yang tidak diinginkan atau biasa disebut pergerakan maling. Akan tetapi juga memiliki kelemahan jika menggunakan CCTV membutuhkan peralatan dan perangkat yang lebih mahal dan memori penyimpanan yang cukup besar[1]. Kelemahan pada sistem ini juga adalah dalam hal melakukan monitoring hasil rekaman yang tersimpan, dimana untuk melihat hasil perekaman dari sistem CCTV ini, maka pengguna harus memutar keseluruhan isi rekaman yang tersimpan dalam perangkat PC. [2]

Untuk itu penulis memanfaatkan teknologi *Internet Of Things (IoT)*, IoT memungkinkan perangkat-perangkat fisik dihubungkan ke internet dan berinteraksi satu sama lain secara otomatis.[3] Dalam konteks keamanan rak sepatu, teknologi ini dapat digunakan untuk mendeteksi perubahan berat sepatu ataupun sandal yang berada pada rak dan mengirimkan notifikasi secara *real-time* kepada pemilik rumah.

Untuk mendeteksi perubahan berat yang berada pada rak sepatu penulis menggunakan sensor yaitu *Load cell* dengan maksimal berat yang digunakan kali ini yaitu 10 kg. Untuk sistem mikrokontrolernya penulis menggunakan ESP32 yang berfungsi untuk integrasi antar perangkat lunak ke perangkat keras untuk mengirim data ke *Database Google Firebase* dan untuk menampilkan aplikasinya menggunakan kodular.

Untuk keadaan normal, pada aplikasi akan muncul status normal. Jika berat didalam rak sepatu terdapat perubahan yang tidak di inginkan, baik sepatu ataupun sandal yang telah didaftarkan berat , maka pada aplikasi akan muncul "*abnormal weight*" di aplikasi dan *alarm* akan berbunyi dan kondisi di LCD dalam kondisi *Alarm*, untuk memverifikasi nya, dilakukan di aplikasi.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi keamanan berupa pengawasan terhadap barang-barang berharga yang berada di rumah menjadi lebih baik, dalam hal ini rak sepatu. Selain itu, penelitian ini juga memberikan pengalaman dalam mengintegrasikan berbagai teknologi modern, yang dapat menjadi dasar bagi pengembangan lebih lanjut dalam sistem keamanan berbasis IoT dan aplikasi lainnya yang serupa.

1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas didapatkan beberapa rumusan masalah yaitu :

1. Bagaimana merancang sistem keamanan rak sepatu berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu mendeteksi perubahan berat secara real-time menggunakan sensor *load cell* dan mikrokontroler ESP32?
2. Bagaimana penerapan logika fuzzy dalam sistem untuk menentukan status kondisi rak Sepatu ?

1.3. Tujuan

Adapun tujuan dari tugas akhir ini antara lain :

1. Mengimplementasikan sistem yang dapat mendeteksi perubahan berat pada rak sepatu secara *real-time* menggunakan sensor *Load cell*, sehingga pengguna dapat memantau kondisi rak sepatu dan segera merespons perubahan berat yang terjadi dengan logika fuzzy
2. Membuat aplikasi android yang dapat digunakan serta diakses dimanapun dan kapanpun. Memungkinkan pengguna untuk mengakses fitur pendaftaran sepatu, melihat status rak, dan menerima notifikasi .

1.4. Manfaat

Untuk manfaat dalam penelitian ini adalah menghadirkan solusi sistem keamanan rak sepatu berbasis Internet of Things (IoT) yang akurat. Dengan memanfaatkan sensor *load cell* dan mikrokontroler ESP32, sistem ini mampu mendeteksi perubahan berat secara real-time dan mengolahnya menggunakan logika fuzzy untuk menentukan status kondisi rak sepatu. Dan juga mendapatkan akses melalui aplikasi Android yang memungkinkan pemantauan, pendaftaran, serta penerimaan notifikasi dari mana saja dan kapan saja. serta memungkinkan untuk mengawasi serta melindungi barang-barang di rumah dengan teknologi modern.

1.5. Batasan Masalah

Untuk Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Maksimal berat keseluruhan sepatu dan rak hanya sampai 10kg dikarenakan batas *load cell* yang digunakan
2. Alat akan beroperasi jika terdapat jaringan wifi dan keadaan listrik normal
3. Jika pengambilan barang dilakukan pada alat saat jaringan wifi mati atau Listrik terputus maka alat akan mulai Kembali berfungsi saat jaringan wifi dan Listrik Kembali normal.
4. Hanya pengguna aplikasi yang bisa menggunakannya

Bab 2. Tinjauan Pustaka

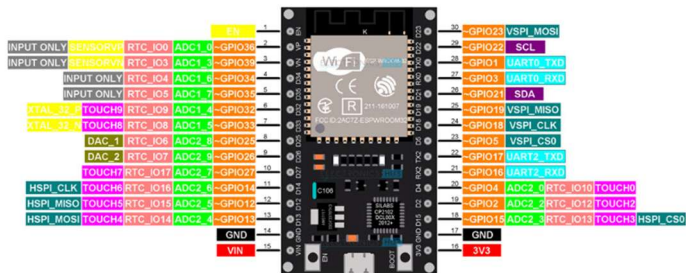
2.1. IoT (Internet Of Things)

Internet of Things (IoT) adalah suatu konsep perangkat yang mampu mentransfer data tanpa terhubung dengan manusia, melainkan internet sebagai medianya. Kemampuan untuk pindah data melalui jaringan tanpa memerlukan dua arah antara manusia ke manusia yaitu sumber ke tujuan atau interaksi manusia ke komputer. *Internet of Things* (IoT) merupakan perkembangan teknologi yang menjanjikan dapat mengoptimalkan kehidupan dengan sensor-sensor cerdas dan benda yang memiliki jaringan dan bekerja sama dengan jaringan internet[4].

Internet of things telah banyak digunakan berbagai bidang untuk melakukan kontrol maupun *monitoring*. Dalam penelitian kali ini IoT berperan penting untuk mengintegrasikan antara perangkat keras dan perangkat lunak untuk menciptakan solusi yang lebih efisien dan cerdas dalam berbagai aplikasi, termasuk sistem keamanan rumah dalam penelitian ini berfokus ke rak sepatu pintar serta penelitian IoT juga berperan dalam menghubungkan alat ,*database*, serta aplikasi yang akan digunakan.

2.2. Mikrokontroler ESP32

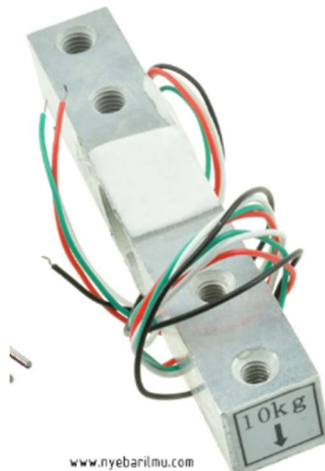
ESP32 adalah *System on Chip* (SoC) Mikrokontroler berbiaya rendah dari Espressif Systems, pengembang SoC ESP8266 yang terkenal. Produk ini merupakan penerus SoC ESP8266 dan hadir dalam variasi inti tunggal dan inti ganda dari Mikroprosesor Xtensa LX6 32-bit Tensilica dengan Wi-Fi dan Bluetooth terintegrasi.[5] Oleh karena itu penelitian ini menggunakan mikrokontroler sebagai otak mengelola system yang ada, baik untuk menerima sinyal ataupun mengirim sinyal, untuk penelitian ini menggunakan ESP32 yang memiliki 30 pin.



Gambar 1. Pinout Mikrokontroler ESP 32
(Sumber : www.electronicshub.org)

2.3. Sensor *Load cell*

Sensor *load cell* merupakan sensor yang dirancang untuk mendeteksi tekanan atau berat sebuah beban, sensor *load cell* umumnya digunakan sebagai komponen utama dalam timbangan ,pengukuran yang dilakukan oleh *Load cell* menggunakan prinsip tekanan. Sensor ini memiliki beberapa kelebihan yaitu struktur yang sederhana, mudah untuk digunakan, memiliki sensitivitas tinggi, mampu mengukur perubahan dengan cepat [6].



Gambar 2. Sensor *load cell*
(sumber : www.nyebarilmu.com)

Pada *load cell* terdapat 4 buah kabel berwarna merah, hitam, hijau, dan putih yang dimana dibagi berdasarkan fungsinya yaitu :

1. Kawat eksitasi: Kawat eksitasi positif (merah) dan eksitasi negatif (hitam) digunakan untuk memasok daya (diukur dalam V) ke *load cell* dan komponen sistem lainnya.
2. Kawat sinyal: Kawat sinyal positif (hijau) dan sinyal negatif (putih) digunakan untuk mengirimkan sinyal output (diukur dalam mV) dari *load cell* ke amplifier atau indikator.[7].

2.4. *Firestore Database*

Pada penelitian ini *database* diolah pada *Firestore Database* yang memungkinkan pembuat untuk menyimpan dan menyinkronkan data antar pengguna secara realtime. *Firestore Database* adalah *database* yang

dihosting di *cloud*. Data disimpan sebagai JSON dan disinkronkan secara realtime dengan setiap klien yang terhubung [8]. Ini sangat berguna untuk aplikasi yang membutuhkan perbaruan data secara langsung dan interaksi pengguna yang responsive [9].

2.5. Fuzzy Logic

Fuzzy Logic pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi Zadeh seorang kebangsaan Iran yang menjadi guru besar di University of California at Berkeley pada tahun 1965. Fuzzy logic merupakan merupakan proses perubahan nilai data dari setiap sensor menjadi bentuk himpunan fuzzy berdasarkan fungsi keanggotaannya, proses ini berfungsi untuk menempatkan setiap nilai sesuai dengan derajat keanggotaannya, yaitu 0 dan 1. Apabila nilai yang berada di antara 0 dan 1, maka disebut samar atau fuzzy [10].

2.6. Penelitian terkait

Tabel 1. Penelitian terkait

No	Jurnal	Penulis	Tahun	Metode	Kelemahan
1	Rancang Bangun Model Timbangan Digital Menggunakan Sensor <i>Load cell</i> dan Pencatatan Hasil Timbangan Berbasis IoT	Yonathan Tri Handiko	2022	Mengukur berat suatu barang dan mencatat hasil pengukuran melalui <i>database</i> yang ditampilkan dalam suatu website.	Hanya menampilkan hasil yang didapatkan dari hasil timbangan didalam website
2	Pengukur Tinggi Dan Berat Badan Secara Otomatis Menggunakan Sensor <i>Load cell</i> Serta Ultrasonik Dengan lot	Erlangga Firdaus & Gatot Purwanto	2022	Mengukur tinggi badan dan berat badan dengan nilai maksimal tertentu dan menampilkan di aplikasi Blynk	Tidak tersedianya <i>database</i> , karena hanya menampilkan hasil alat dan langsung ke aplikasi Blynk

3	Sistem Pengukur Beban Menggunakan <i>Load cell</i> Berbasis Iot Dengan Modul Esp32	Tommi Prapangasta	2023	Pengukuran beban yang dilakukan dengan penyimpanan data dapat secara langsung lalu dikirim ke <i>database</i> .	Hanya berfokus kehasil yang didapatkan dari hasil timbangan tidak dengan pengolahan datanya
4	Tempat Sampah Otomatis Menggunakan Fingerprint Berbasis Esp32	Dwi Indraswari & Heru Supriyono	2024	Tempat sampah otomatis berbasis ESP32 dengan menggunakan Fingerprint sebagai akses yang berguna untuk membuka dan menutup tempat sampah.	Terlalu rumit jika menginginkan ke efisiensi alat, tidak bisa di monitoring dari jauh
5	Monitoring Cairan Infus Menggunakan <i>Load cell</i> Berbasis Internet of Things (IoT)	Phisca Aditya Rosyady, dkk	2023	Monitoring cairan infus ini menggunakan sensor Load Cell untuk mengukur volume infus dan sensor InfraRed untuk mendeteksi jumlah tetesan infus per menit aliran	Hanya memonitoring hasil deteksi yang berasal dari <i>Load cell</i> , tidak dapat melakukan <i>feedback</i> di aplikasi, jika terjadi <i>feedback</i> dilakukan secara langsung

6	Prototype Sistem Monitoring Keamanan Rumah Menggunakan Multisensor Berbasis Website	Muhamad Nasir & Muhammad Izan Qurniawan	2021	sistem monitoring keamanan rumah yang dapat memantau keadaan rumah melalui website dan notifikasi telegram. Dengan sistem ini, pemilik rumah dapat memonitor suhu ruangan, intensitas gas, dan pergerakan di dalam ruangan melalui website.	Karena berfokus terhadap banyak keadaan <i>real</i> yang berada didalam rumah, maka dari hanya memonitoring kondisi, tidak dapat melakukan <i>feedback</i> pada website
7	Sistem Monitoring Keamanan Berbasis Kamera Dan Iot	Wiwi Caturiani	2022	Sistem monitoring keamanan menggunakan kamera CCTV yang diintegrasikan dengan teknologi IoT, seperti RFID untuk presensi petugas dan sensor PIR untuk deteksi gerakan, secara <i>real-</i>	Hanya memonitoring tidak dapat melakukan <i>feedback</i>

				<p><i>time</i> dan notifikasi otomatis melalui aplikasi, serta menyimpan data ke database, serta memberikan notifikasi ke smartphone</p>	
8	<p>Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Sensor PIR (Passive Infrared) Dan SMS Sebagai Notifikasi</p>	<p>Haribu Tempongbunga.</p>	2015	<p>Sistem monitoring yang bekerja setiap gerakan yang disertai suhu dalam ruang yang dideteksi akan mengaktifkan perekam video sekaligus mengirim notifikasi sms ke nomor handphone pemilik rumah.</p>	<p>Hanya memonitoring tidak dapat melakukan <i>feedback</i> ,karena hanya mendeteksi perubahan suhu pada sensor serta pergerakan , dan juga memakan banyak penyimpanan pada memori.</p>

9	Perancangan Sistem Pemantau Keamanan Rumah Dengan Sensor Pir dan Kamera Berbasis Mikrokontroler dan Internet Of Things (Iot)	Redo Dwi Putra & Riki Mukhaiyar	2022	Sistem monitoring keamanan rumah dengan menggunakan type ESP32-CAM serta sensor PIR berfungsi untuk mengirimkan notifikasi terhadap pengguna ketika mendeteksi adanya gerakan, lalu kamera OV2640 akan mengambil foto dan video kemudian mengirimkan hasilnya melalui smartphone menggunakan aplikasi Telegram	Hanya memonitoring tidak dapat melakukan <i>feedback</i> , karena hanya mendeteksi pergerakan dari sensor dan kamera.
10	Pemanfaatan ESP32 Pada Sistem Keamanan Rumah Tinggal Berbasis IoT	Ali Ramschie dkk.	2021	Sistem keamanan rumah berbasis IoT dengan ESP32 dan sensor PIR secara otomatis mendeteksi keberadaan	Hanya memonitoring tidak dapat melakukan <i>feedback</i> , karena hanya mendeteksi pergerakan melalui sensor.

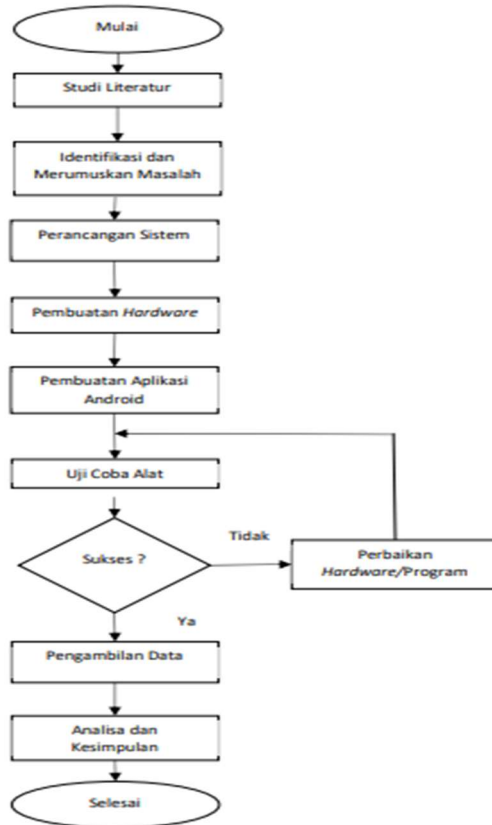
				orang, mengaktifkan <i>alarm</i> dan kamera, serta mengirimkan gambar dan notifikasi ke web server dan smartphone pemilik rumah.	
--	--	--	--	---	--

Dari 10 penelitian terkait pada tabel 1, 9 dari 10 penelitian hanya menampilkan hasil dari alat nya, tidak dapat melakukan feedback secara langsung jika terjadi sesuatu hal yang tidak diinginkan. Dan dari 1 penelitian yang terdapat feedback (yang terdapat pada nomor 4) agar alatnya lebih mudah digunakan dapat ditambahkan fitur yang ada pada aplikasi, dan tidak dapat dimonitoring dari jauh.

Bab 3. Metodologi Penelitian

3.1. Perancangan

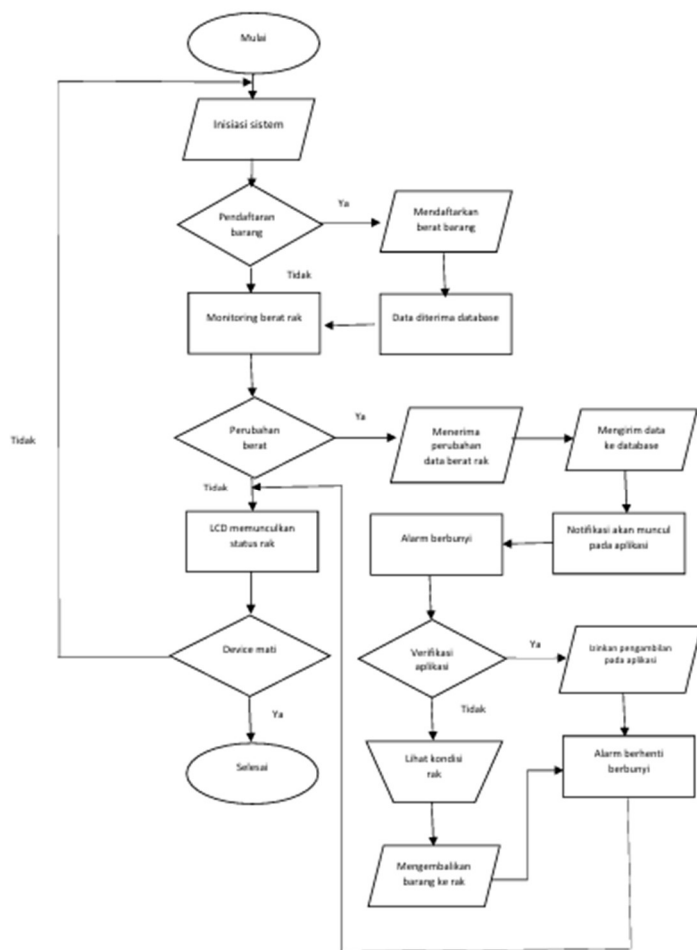
Dalam mengerjakan penelitian ini diperlukan perancangan penelitian agar dapat memudahkan dalam pengerjaannya, skema rencana tahapan rancangan penelitian dalam menyelesaikan penelitian ini digambarkan melalui diagram alir berikut.



Gambar 3. Flowchart Perancangan Penelitian

3.1.1. Perancangan Sistem

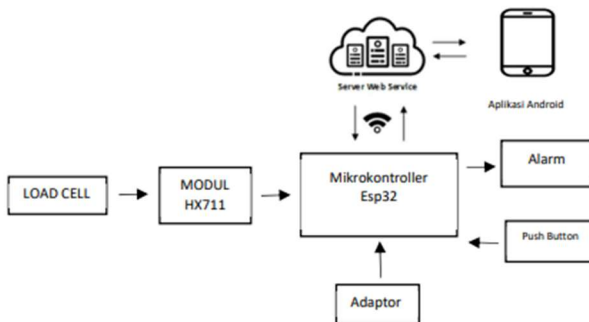
Berikut merupakan perancangan seluruh sistem dari penelitian kali ini :



Gambar 4. Flowchart Perancangan Sistem

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menjadi keamanan rak yaitu dengan mendeteksi perubahan berat yang terjadi pada rak baik jika sepatu ataupun sandal yang hilang atau diambil secara paksa, maka untuk perancangan awal sistemnya, pertama ketika alat digunakan pertama kali harus mendaftarkan sepatu atau sandal dengan menggunakan aplikasi android dengan menimbang berat barang yang ingin didaftarkan. Selanjutnya jika berat didalam rak masih stabil maka alat tersebut akan berstatus “normal” yang akan di tampilkan pada aplikasi android. Dan jika alat mendeteksi perubahan berat yang terjadi pada rak, maka *alarm* akan berbunyi dan notifikasi pada aplikasi android akan menampilkan status “Abnormal Weight” serta di LCD nya.

Untuk memverifikasinya maka dilakukan pada aplikasi android dengan mengembalikan Sepatu atau sandal yang diambil ke rak, dan jika *alarm* masih berbunyi maka harus dilakukan pengecekan kembali pada rak.



Gambar 5. Diagram Blok Perancangan Sistem

Dalam blok diagram pada gambar 5, data yang diberikan dari *Load cell* akan dikirim melalui modul HX711 ke mikrokontroler ESP32 yang mendapatkan sumber tegangan 5V dari adaptor yang akan mengirimkan data tersebut ke database yang terintegrasi dengan aplikasi android, serta dari mikrokontroler akan mengirim data ke *alarm* jika terjadi perubahan yang tidak diinginkan dari alat.

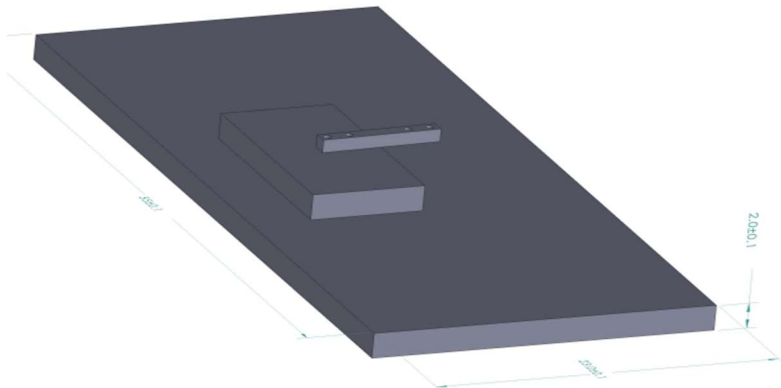
3.1.2. Perancangan *Hardware*

Dalam perancangan *hardware* pada penelitian kali ini, terdapat 2 design mekanikal yaitu:



Gambar 6. Perancangan Design Mekanikal 1

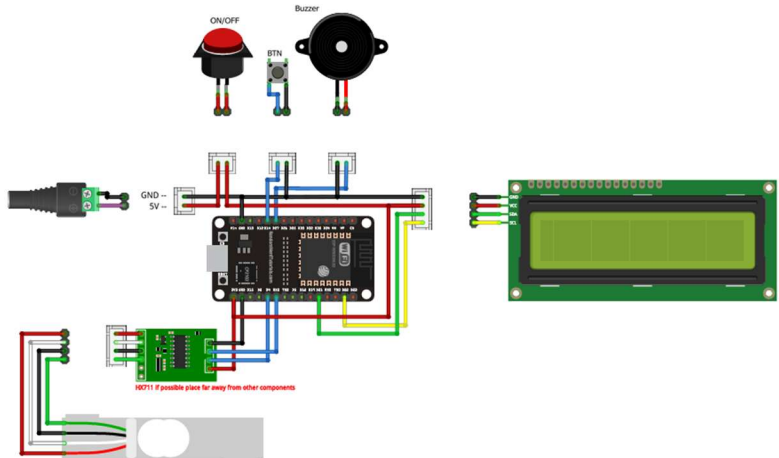
Dalam perancangan *hardware* pada penelitian kali ini, perancangan awal ialah merancang design mekanikal 1 untuk peletakan komponen, untuk itu digunakan kotak hitam berukuran 12.5x8.5x5.0 cm yang didalamnya berisi mikrokontroler ESP32, LCD, *buzzer*, *button*, serta terdapat lubang dimana untuk memasukan kabel yang berasal dari *Load cell* serta untuk input power mikrokontroler.



Gambar 7. Perancangan Design Mekanikal 2

Untuk Gambar 7 merupakan perancangan design mekanikal untuk peletakan antara *load cell* dengan rak sepatu, dengan ukuran 55x23x2 cm, sesuai dengan ukuran rak yang akan digunakan untuk penelitian.

3.1.3. Perancangan Design Elektrikal



Gambar 8. Perancangan Design elektrikal

Pada gambar 8, dijelaskan skematik elektrikal dari penelitian kali ini, HX711 yang terhubung langsung dengan *load cell* jika terjadi perubahan berat akan mengirim data ke mikrokontroler ESP32, yang juga akan mengirim data ke *Buzzer* untuk membunyikan *alarm* serta menampilkan status pada LCD, dan untuk *power* menggunakan input tegangan 5V dan terdapat switch untuk mematikan dan menghidupkannya.

3.1.4. Perancangan Aplikasi Android

Perangkat lunak dirancang untuk mengelola perangkat keras dan memastikan Perangkat lunak dirancang untuk dapat memonitoring berat barang yang berada pada rak ,dapat menambahkan barang serta mengurangi barang yang berada pada rak, dan dapat menampilkan kondisi rak pada saat kondisi berat tidak semestinya serta menampilkan status fuzzy baik kondisi normal ataupun *alarm*.

3.2. Alat dan Bahan

Tabel 2. Estimasi biaya

No.	Alat/bahan	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah	Total (Rp.)	Keterangan
1	Mikrokontroler ESP 32	100.000	1	100.000	Dana Pribadi
2	Load cell 40 KG + modul HX 711	60.000	1	60.000	Dana Pribadi
3	LCD 16x2 Biru	35.000	1	35.000	Dana Pribadi
4	Alarm buzzer	2.000	1	2.000	Dana Pribadi
5	PCB kosong	10.000	1	10.000	Dana Pribadi
6	Kabel (per 20pcs)	18.000	1	18.000	Dana Pribadi
7	Button	5.000	1	5.000	Dana Pribadi
8	Bracket Load cell	60.000	1	60.000	Dana Pribadi
9	Rak Sepatu	65.000	1	65.000	Dana Pribadi
10	Adaptor	39.000	1	39.000	Dana Pribadi
11	Switch push on/off	5.000	1	5.000	
	Total			399.000	Dana Pribadi

3.3 Implementasi Fuzzy

Implementasi fuzzy pada tugas akhir ini digunakan untuk memproses perubahan data berat barang serta mendeteksi adanya pengambilan. Sistem ini menggunakan metode Fuzzy Mamdani yang melibatkan tahapan: pembentukan himpunan fuzzy, penerapan aturan fuzzy, dan defuzzifikasi. Proses ini mendukung sistem keamanan rak sepatu berbasis IoT dengan berdasarkan perubahan nilai dari sensor *Load cell*.

3.3.1. Pembentukan Himpunan fuzzy

Dalam mengimplementasikan fuzzy diperlukan pembentukan himpunan fuzzy terdapat dua variabel input utama yang digunakan untuk menentukan kondisi perubahan berat pada rak sepatu, yaitu :

1. *Error*
2. *Delta Error* (ΔE)

Serta untuk variable output terdapat 3 kondisi yaitu :

1. *Normal*
2. *Notification*
3. *Alarm*

3.3.1.1. Variabel *Input Error*

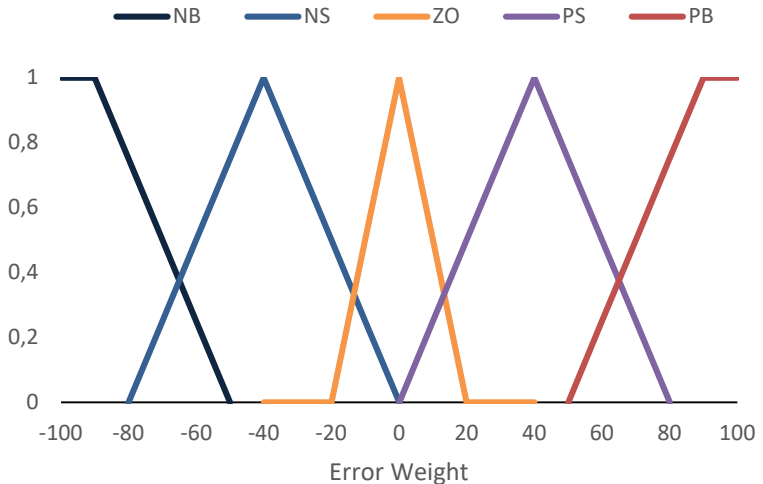
Error adalah selisih antara nilai *setpoint* yaitu berat awal sepatu yang telah didaftarkan dikurang dengan nilai berat aktual yang terbaca oleh sensor. Nilai ini merepresentasikan seberapa besar perbedaan berat sepatu saat ini dengan berat yang diharapkan.

$$Error (\%) = \frac{SP}{SP} \times 100$$

Dengan:

- SP (*Set Point*) adalah berat sepatu saat didaftarkan,
- PV (*Process Value*) adalah nilai berat terbaru dari sensor.

Nilai *error* yang besar dan positif menandakan bahwa berat sepatu saat ini jauh lebih ringan dari berat seharusnya, yang bisa diartikan bahwa sepatu telah diambil. Sebaliknya, nilai *error* negatif menandakan adanya penambahan beban atau kemungkinan barang baru diletakkan di rak.



Gambar 9. Grafik Membership Error

Pada Gambar 9, grafik melambangkan terdapat variabel input eror memiliki 5 himpunan linguistik yaitu :

- **NB (*Negative Big*)** yaitu nilai *error* yang sangat negatif (besar dalam arah negatif), dengan keanggotaan penuh pada rentang -100% hingga -80%, dan mulai menurun hingga -60%.

- **NS (Negative Small)** yaitu nilai *error* negatif kecil, dengan puncak keanggotaan maksimum pada -60%, dan keanggotaannya menurun hingga 0%. Rentangnya dari sekitar -80% sampai 0%.
- **ZO (Zero)** yaitu Nilai *error* mendekati nol, puncak di 0, dengan rentang keanggotaan dari sekitar -20% sampai +20%.
- **PS (Positive Small)** yaitu mewakili nilai *error* sedikit positif, dengan keanggotaan maksimum di sekitar +40% dan menyebar dari +20% hingga +60%
- **PB (Positive Big)** yaitu nilai *error* sangat besar (positif), dominan mulai dari +80% ke atas.

3.3.1.2 Variabel Input Delta Error

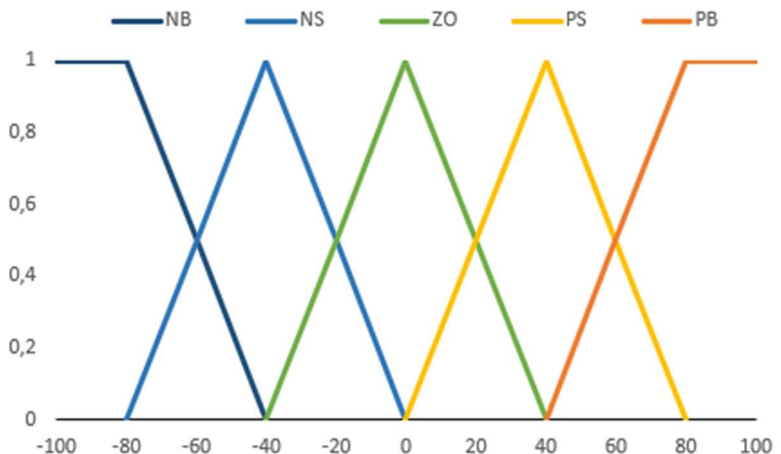
Delta Error merupakan perubahan nilai *error* terhadap waktu, yaitu perbandingan antara *error* pada saat ini dengan *error* pada waktu sebelumnya.

$$\Delta E = Error(n) - Error(n - 1)$$

Dengan:

- $Error(n)$ adalah perubahan *error* saat ini,
- $Error(n - 1)$ adalah perubahan saat error sebelumnya.

Jika nilai ΔE besar dan positif, maka sistem menilai adanya perubahan mendadak yang signifikan, seperti pengambilan sepatu. Sebaliknya, nilai ΔE negatif menunjukkan bahwa berat bertambah, misalnya sepatu dikembalikan atau ada tambahan beban.



Gambar 10. Grafik Membership *Delta Error*

Pada Gambar 10, grafik melambangkan terdapat variabel input error memiliki 5 himpunan linguistik yaitu :

- **NB (*Negative Big*)** yaitu nilai *delta error* sangat kecil atau mengalami penurunan tajam Perubahan dari -100% hingga -80%, yang menunjukkan adanya perubahan negatif besar secara tiba-tiba dari nilai *error* sebelumnya.
- **NS (*Negative Small*)** yaitu mewakili perubahan *delta error* yang sedikit menurun. Puncak fungsi keanggotaan berada di sekitar -60%, dengan rentang yang tumpang tindih dari -80% hingga 0%.
- **ZO (*Zero*)** yaitu nilai *delta error* mendekati nol, yang berarti tidak ada perubahan signifikan dari nilai *error* sebelumnya. Himpunan ini memiliki puncak keanggotaan di 0%, dan rentang keanggotaannya mencakup nilai sekitar -40% hingga +40%.
- **PS (*Positive Small*)** yaitu mewakili kenaikan kecil pada nilai *error*, dengan puncak fungsi keanggotaan di sekitar +60% dan rentang keanggotaan dari +40% hingga +80%.
- **PB (*Positive Big*)** yaitu nilai *delta error* sangat besar atau mengalami peningkatan tajam. Himpunan ini mencakup nilai mulai dari +80% ke atas, yang menunjukkan adanya lonjakan besar pada perubahan *error*.

3.3.1.3 Penerapan aturan fuzzy

Penerapan aturan fuzzy dilakukan untuk menghubungkan variabel input (*Error* dan *Delta Error*) dengan variabel output (*status sistem*) menggunakan metode inferensi Mamdani. Proses ini menggunakan aturan-aturan logis berbasis linguistik untuk menentukan tindakan sistem berdasarkan kombinasi perubahan berat sepatu dan perubahannya dari waktu ke waktu.

Aturan fuzzy yang digunakan dirancang dengan mempertimbangkan kondisi normal, peringatan, dan kondisi berbahaya yang dapat terjadi pada rak sepatu. Aturan-aturan tersebut dirumuskan sebagai berikut:

1. Jika *error* NB dan *delta error* NB maka status sistem Normal
2. Jika *error* NB dan *delta error* NS maka status sistem Normal
3. Jika *error* NB dan *delta error* ZO maka status sistem Normal
4. Jika *error* NB dan *delta error* PS maka status sistem *Notification*
5. Jika *error* NB dan *delta error* PB maka status sistem *Alarm*
6. Jika *error* NS dan *delta error* NB maka status sistem Normal
7. Jika *error* NS dan *delta error* NS maka status sistem Normal
8. Jika *error* NS dan *delta error* ZO maka status sistem Normal

9. Jika *error* NS dan *delta error* PS maka status sistem *Notification*
10. Jika *error* NS dan *delta error* PB maka status sistem *Alarm*
11. Jika *error* ZO dan *delta error* NB maka status sistem Normal
12. Jika *error* ZO dan *delta error* NS maka status sistem Normal
13. Jika *error* ZO dan *delta error* ZO maka status sistem Normal
14. Jika *error* ZO dan *delta error* PS maka status sistem *Alarm*
15. Jika *error* ZO dan *delta error* PB maka status sistem *Alarm*
16. Jika *error* PS dan *delta error* NB maka status sistem *Notification*
17. Jika *error* PS dan *delta error* NS maka status sistem *Notification*
18. Jika *error* PS dan *delta error* ZO maka status sistem *Alarm*
19. Jika *error* PS dan *delta error* PS maka status sistem *Alarm*
20. Jika *error* PS dan *delta error* PB maka status sistem *Alarm*
21. Jika *error* PB dan *delta error* NB maka status sistem *Alarm*
22. Jika *error* PB dan *delta error* NS maka status sistem *Alarm*
23. Jika *error* PB dan *delta error* ZO maka status sistem *Alarm*
24. Jika *error* PB dan *delta error* PS maka status sistem *Alarm*
25. Jika *error* PB dan *delta error* PB maka status sistem *Alarm*

3.3.1.4 Variabel Output

Variabel *output* dikelompokkan ke dalam tiga kategori berbasis fungsi keanggotaan fuzzy untuk menunjukkan apakah kondisi rak sepatu dianggap normal, memerlukan peringatan (notifikasi), atau harus direspon sebagai situasi darurat (*alarm*).

3.3.2 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses terakhir dalam sistem fuzzy. Pada tahap ini, sistem akan mengubah hasil fuzzy (yang berupa kategori seperti "Normal", "*Notification*", atau "*Alarm*") menjadi angka pasti (*crisp value*) yang bisa digunakan oleh mikrokontroler untuk menentukan tindakan nyata. Dalam sistem ini digunakan metode defuzzifikasi **Centroid** (pusat massa), karena metode ini paling umum dan memberikan hasil yang seimbang dari semua kemungkinan output.

$$Z = \frac{\sum \mu_i \cdot z_i}{\sum \mu_i}$$

Keterangan:

- Z = nilai output akhir (*crisp*)
- μ_i = derajat keanggotaan dari masing-masing output
- z_i = nilai representatif dari setiap kategori output

Dalam sistem ini, setiap kategori output fuzzy dikaitkan dengan sebuah nilai representatif (z_i) yang digunakan dalam proses defuzzifikasi. Nilai z_i ini menggambarkan nilai tengah (centroid) dari masing-masing himpunan fuzzy dan ditetapkan oleh perancang sistem.

Berikut penjelasan masing-masing kategori:

1. **Normal** menggambarkan kondisi di mana tidak ada perubahan berat yang signifikan. Dalam sistem ini, kondisi "Normal" direpresentasikan dengan nilai $z = 0.0$. Nilai ini mencerminkan bahwa sistem berada dalam kondisi stabil dan tidak perlu mengambil tindakan.
2. **Notification** mewakili kondisi di mana terdapat perubahan yang cukup signifikan, tetapi belum masuk ke kategori berbahaya. Dalam hal ini, sistem memberikan peringatan ringan. Nilai representatif untuk kategori ini ditetapkan sebesar $z = 1.0$.
3. **Alarm** digunakan ketika sistem mendeteksi perubahan berat yang besar dan mendadak. Situasi ini menunjukkan adanya potensi pencurian atau gangguan pada rak sepatu. Nilai representatif untuk kategori ini adalah $z = 2.0$, yang merupakan nilai tertinggi dalam sistem fuzzy ini. Dengan nilai ini, sistem akan memicu *alarm* dan notifikasi ke pengguna.

Berikut contoh kasus dibaca sistem :

Kondisi ketika pada alat terdapat 2 barang yang telah terdaftar, dan terdapat satu barang yang sudah diambil :

1. Fuzzifikasi Input

- Berat awal (SP): 1,52 kg
- Berat terbaca saat ini (PV): 0,78 kg

Maka *Error*:

$$Error (\%) = \frac{(1.52 - 0,78) \times 100}{1.52} \approx 48.68\%$$

Maka ΔE :

$$\Delta E = 0$$

Maka untuk derajat keanggotaannya :

- *Error* 48,68 % masuk ke kategori **PS (Positive Small)** dengan derajat keanggotaan:

$$\mu_{PS} = \frac{80 - 48,68}{80 - 40} \approx 0.78$$

- *Delta Error* 0% Karena tidak terjadi perubahan berat dibandingkan pembacaan sebelumnya, dikategorikan ke dalam himpunan fuzzy **ZO (Zero)** dengan derajat keanggotaan:

$$\mu_{ZO} = 1.0$$

2. Penerapan Aturan Fuzzy

Berdasarkan aturan fuzzy, jika *error* PS dan *delta error* ZO maka status sistem *Alarm* :

$$\mu_{Alarm} == \min(0.78, 1.0) = 0.78$$

3. Komposisi Output

Karena hanya satu aturan yang aktif dan menghasilkan kategori Alarm, maka tidak terjadi tumpang tindih dengan kategori output lainnya. Hasil inferensi fuzzy hanya memunculkan satu keluaran, sehingga output fuzzy yang terbentuk hanya berupa satu kurva keanggotaan pada kategori Alarm.

4. Defuzzifikasi

$$Z = \frac{0.78 \times 2.0}{0.78} = 2.0$$

Berdasarkan nilai crisp $Z = 2.0$, sistem menyimpulkan status dalam kondisi *Alarm*, sehingga alat membunyikan *alarm* dan aplikasi akan menampilkan *alarm*.

3.4. Pengujian

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui apakah sistem bekerja sesuai dengan yang direncanakan. Dalam penelitian ini pengujian dilakukan dengan pengukuran berat dari timbangan digital. Pengujian ini dilakukan dengan analisa perbandingan perbedaan pembacaan antara alat yang telah dibuat dengan

timbangan digital. Analisis ini dilakukan dengan menghitung persentase kesalahan. Dengan rumus :

$$Error (\%) = \frac{(\text{nilai pembacaan} - \text{nilai sebenarnya})}{\text{nilai sebenarnya}} \times 100\%$$

3.4.1. Pengujian Dengan Timbangan Digital

Pengujian dengan timbangan digital dilakukan dengan mengukur barang satu persatu ditiap rak yang ingin didaftarkan lalu di bandingkan dengan kondisi saat barang yang telah berada dialat yang telah dibuat, dalam hal ini yang diuji adalah pengujian sensor *load cell*. Analisis ini dilakukan dengan menghitung persentase *error*. Dengan rumus :

$$Error (\%) = \frac{(\text{nilai pembacaan timbangan digital} - \text{nilai pembacaan loadcell})}{\text{nilai pembacaan timbangan digital}} \times 100\%$$

3.4.2. Pengujian Waktu Pendaftaran Barang

Pengujian dilakukan dengan mengukur menggunakan *stopwatch* yang berada dihandphone, waktu yang dibutuhkan untuk pendaftaran barang, yang akan dilakukan secara bertahap.

3.4.3. Pengujian Waktu Pengambilan Barang

Pengujian dilakukan dengan mengukur menggunakan *stopwatch* yang berada dihandphone, waktu yang dibutuhkan untuk pengambilan barang, yang akan dilakukan dengan mendaftarkan tiap satu Sepatu di tiap rak satu per satu , lalu mengambilnya melalui aplikasi.

3.4.4. Pengujian Kondisi *Output*

Pengujian alat ini dilakukan apakah jika beberapa barang yang telah terdaftar pada aplikasi lalu diambil, dan melihat kondisi alat akan berada pada kondisi normal,notification atau alarm. Analisis ini dilakukan juga dengan menghitung persentase *error* yang terjadi Ketika barang diambil dari rak.

$$Error (\%) = \frac{(\text{total berat awal} - \text{berat diambil})}{\text{total berat awal}} \times 100\%$$

3.4.5. Pengujian Alat Dengan Pengguna lain

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sistem dapat tetap berjalan dengan baik apabila digunakan oleh orang lain. Pengguna lain diminta untuk melakukan proses pendaftaran, pengambilan barang serta pengujian alarm pada rak sepatu. Hasil dari pengujian ini akan menunjukkan apakah sistem mampu mendeteksi perubahan berat dan menampilkan status rak. Pengujian ini untuk menilai keandalan sistem dalam situasi penggunaan nyata oleh pengguna lain.

3.4.6. Pengujian Database yang Didaftarkan

Pengujian dilakukan dengan menampilkan data yang telah didaftarkan pada Firebase DataBase yang terhubung dengan aplikasi kodular,terdapat berat yang telah didaftarkan sesuai dengan nomor yang didaftarkan, kondisi rak saat barang yang telah didaftarkan normal ataupun tidak normal

Bab 4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Implementasi Hasil Penelitian

4.1.1 Implementasi *Hardware*

Berikut adalah implementasi hardware yang telah dirancang dan dirakit untuk sistem keamanan rak sepatu berbasis IoT, untuk gambar 11 merupakan hardware yang didalamnya berisikan ESP32,*push button*,*buzzer*, serta LCD. Dan pada gambar 12 merupakan implementasi dari perancangan sistem yang terdapat sensor *load cell* yang ditopang akrilik untuk meletakkan rak sepatu yang akan digunakan sebagai rak penyimpanan sepatu atau sendal.



Gambar 11. Hasil Pembuatan *Hardware* 1

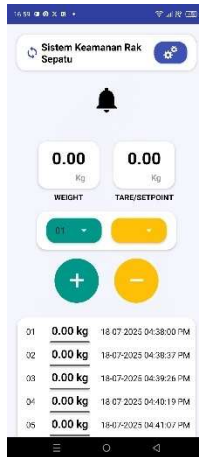


Gambar 12. Hasil Pembuatan *Hardware* 2

4.1.2 Implementasi Aplikasi

Berikut ini adalah implementasi dari:

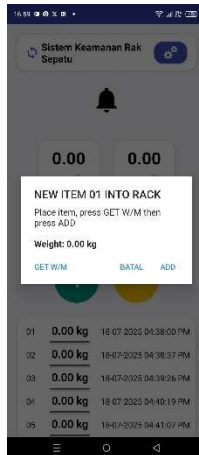
1. Tampilan Awal Aplikasi



Gambar 13. Tampilan Awal Aplikasi

Pada tampilan awal terdapat WEIGHT yang merupakan aktual total keseluruhan barang yang ada pada alat tersebut, TARE/SET POINT merupakan kondisi terakhir saat pendaftaran setelah barang didaftarkan dan disimpan, tombol tambah (+) untuk menambahkan barang, tombol kurang (-) untuk mengurangi atau mengambil barang. Serta dibawahnya tertera barang yang telah didaftarkan beserta berat dan tanggal pendaftaran.

2. Tampilan Saat mendaftarkan barang

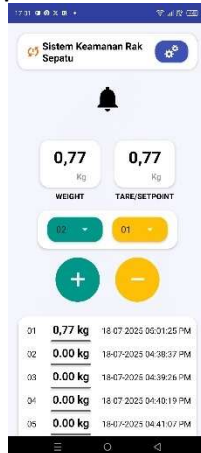


Gambar 14. Tampilan Menambahkan Barang

Pada saat menambahkan barang pada tampilan awal aplikasi sebelumnya pilih logo tambah (+) maka akan muncul tampilan pada gambar 14, maka pada tampilan LCD pada alat akan muncul "ADD ITEMS" lalu tunggu hingga muncul "PUT NEW ITEM 01" lalu letakan Sepatu di rak yang ingin ditambahkan, lalu pada aplikasi pilih "GET W/M" lalu setelah terbaca pada aplikasi maka pilih "ADD" dan jika sudah maka nilai dari barang yang didaftarkan akan berada diaplikasi

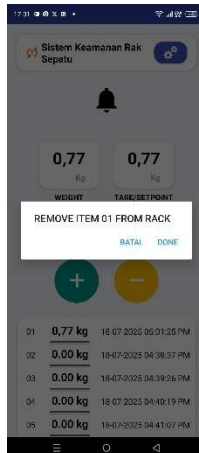


Gambar 15. Tampilan LCD Saat Menambahkan Barang



Gambar 16. Tampilan Aplikasi Saat Nilai Tersimpan

3. Tampilan saat pengambilan barang



Gambar 17. Tampilan Pengambilan Barang

Pada saat pengambilan barang, pada tampilan awal aplikasi pilih terlebih dahulu rak nomor berapa yang ingin diambil barangnya, lalu pilih tanda kurang (-). Akan muncul seperti gambar 17 lalu LCD pada alat akan muncul "REMOVE ITEM

01”, lalu ambil barang pada rak tersebut, jika sudah pilih “DONE” jika sudah tidak ada nilai pada nomor rak pada aplikasi maka pengambilan barang berhasil.



Gambar 18. Tampilan LCD Saat Pengambilan Barang

4.2. Data Hasil Penelitian

Pada proses pengambilan data penimbangan berat dilakukan menggunakan sensor *load cell* yang terhubung dengan mikrokontroler. Data dikumpulkan selama periode Dapat dilihat pada gambar 16 menunjukkan Lokasi penempatan alat di rumah penulis tepat nya diletakan persis didepan kamar penulis.



Gambar 19. Lokasi Penempatan Alat

Pada gambar 19 penempatan alat diletakan didekat kamar penulis, dengan pertimbangan karena terdapat akses listrik untuk memudahkan akses, dan juga jika kondisi *alarm* terjadi pada alat, maka langsung terdengar.

4.2.1. Data Hasil Pengujian Dengan Timbangan Dsigital

Pada saat sebelum pengujian, timbangan digital ditimbang dengan pemberat kalibrasi sebesar 1000 gram yang terdapat pada gambar 20, pengujian data bertujuan untuk mendapatkan selisih ataupun *error* antara timbangan digital dan sensor *load cell*.



Gambar 20. Timbangan Digital

Dalam pengambilan data hasil pengujian dengan timbangan digital, dilakukan pengambilan data dengan pengujian setiap Sepatu terhadap semua rak dari rak 1 hingga rak ke 6 diantaranya:

1. Penimbangan sepatu 1



Gambar 21. Pengujian Sepatu 1 menggunakan Timbangan digital

Tabel 3. Hasil Pengujian Sepatu 1 dengan *load cell*

No	Penimbangan dengan <i>load cell</i>	<i>error</i> (%)
1	0,73	0
2	0,74	1,35
3	0,73	0
4	0,74	1,35
5	0,73	0
6	0,74	1,35

Penimbangan sepatu 1 dilakukan dengan berat timbangan digital sebesar 734 gram atau 0,73 kg. Hasil pengukuran menggunakan sensor *load cell* dilakukan sebanyak 6 kali pada tiap rak. Dari hasil tersebut, sebanyak 3 kali pengukuran menunjukkan nilai yang sama dengan timbangan digital, yaitu 0,73 kg, sehingga *error* yang dihasilkan adalah 0%. Namun, terjadi *error* sebanyak 3 kali yaitu hasil *load cell* sebesar 0,74 kg, yang menghasilkan nilai *error* sebesar 1,35%.

2. Penimbangan sepatu 2



Gambar 22. Pengujian Sepatu 2 menggunakan Timbangan digital

Tabel 4. Hasil Pengujian Sepatu 2 dengan *load cell*

No	Penimbangan dengan <i>load cell</i>	<i>error</i> (%)
1	0,77	0
2	0,78	1,28
3	0,77	0
4	0,78	1,28
5	0,78	1,28
6	0,77	0

Penimbangan sepatu 2 menunjukkan bahwa berat pada timbangan digital adalah 773 gram atau 0,77 kg. Pengukuran menggunakan sensor *load cell* dilakukan sebanyak 6 kali pada tiap rak. Dari hasil tersebut, sebanyak 3 kali pengukuran menunjukkan hasil sebesar 0,78 kg, yang menghasilkan *error* sebesar 1,28%. Sementara itu, 3 kali pengukuran menunjukkan nilai yang sama dengan timbangan digital, yaitu 0,77 kg, sehingga *error* yang diperoleh adalah 0%.

3. Penimbangan sepatu 3



Gambar 23. Pengujian Sepatu 3 menggunakan Timbangan digital

Tabel 5. Hasil Pengujian Sepatu 2 dengan *load cell*

No	Penimbangan dengan <i>load cell</i>	<i>error</i> (%)
1	0,8	0
2	0,8	0
3	0,79	1,27
4	0,79	1,27
5	0,79	1,27
6	0,8	0

Penimbangan sepatu 3 menunjukkan bahwa berat pada timbangan digital adalah 797 gram atau 0,80 kg. Pengukuran menggunakan sensor *load cell* dilakukan sebanyak 6 kali pada tiap rak. Dari hasil tersebut, sebanyak 3 kali pengukuran menunjukkan hasil sebesar 0,79 kg, yang menghasilkan *error* sebesar 1,27%. Sementara itu, 3 kali pengukuran menunjukkan nilai yang sama dengan timbangan digital, yaitu 0,8 kg, sehingga *error* yang diperoleh adalah 0%.

4. Penimbangan sepatu 4



Gambar 24. Pengujian Sepatu 4 menggunakan Timbangan digital

Tabel 6. Hasil Pengujian Sepatu 4 dengan *load cell*

No	Penimbangan dengan <i>load cell</i>	<i>error</i> (%)
1	0,8	1,25
2	0,81	0
3	0,8	1,25
4	0,81	0
5	0,81	0
6	0,81	0

Penimbangan sepatu 4 menunjukkan bahwa berat pada timbangan digital adalah 807 gram atau 0,81 kg. Pengukuran menggunakan *load cell* dilakukan sebanyak 6 kali pada tiap rak. Dari hasil tersebut, 4 kali pengukuran menunjukkan nilai yang sama dengan timbangan digital, yaitu 0,81 kg, sehingga menghasilkan *error* sebesar 0%. Sedangkan pada 2 kali pengukuran, *load cell* menunjukkan hasil sebesar 0,80 kg, yang menghasilkan *error* sebesar 1,25%.

5. Penimbangan sepatu 5



Gambar 25. Pengujian Sepatu 5 menggunakan Timbangan digital

Tabel 7. Hasil Pengujian Sepatu 5 dengan *load cell*

No	Penimbangan dengan <i>load cell</i>	<i>error</i> (%)
1	0,84	0
2	0,85	1,19
3	0,84	0
4	0,85	1,19
5	0,85	1,19
6	0,84	0

Penimbangan sepatu 5 menunjukkan bahwa berat pada timbangan digital adalah 840 gram atau 0,84 kg. Pengukuran menggunakan sensor *load cell* dilakukan sebanyak 6 kali pada tiap rak. Dari hasil tersebut, sebanyak 3 kali pengukuran menunjukkan hasil sebesar 0,85 kg, yang menghasilkan *error* sebesar 1,19%. Sementara itu, 3 kali pengukuran menunjukkan nilai yang sama dengan timbangan digital, yaitu 0,8 kg, sehingga *error* yang diperoleh adalah 0%.

6. Penimbangan sepatu 6



Gambar 26. Pengujian Sepatu 6 menggunakan Timbangan digital

Tabel 8. Hasil Pengujian Sepatu 5 dengan *load cell*

No	Penimbangan dengan <i>load cell</i>	<i>error</i> (%)
1	0,87	0
2	0,87	0
3	0,87	0
4	0,87	0
5	0,86	1,16
6	0,86	1,16

Penimbangan sepatu 6 menunjukkan bahwa berat pada timbangan digital adalah 870 gram atau 0,87 kg. Pengukuran menggunakan sensor *load cell* dilakukan sebanyak 6 kali pada tiap rak. Dari hasil tersebut, 4 kali pengukuran memberikan nilai yang sama dengan timbangan digital, yaitu 0,87 kg, sehingga menghasilkan *error* sebesar 0%. Sedangkan pada 2 kali pengukuran lainnya, *load cell* menunjukkan nilai sebesar 0,86 kg, yang menghasilkan *error* sebesar 1,16%.

Berdasarkan hasil pengujian enam pasang sepatu menggunakan sensor *load cell* dan timbangan digital, sistem menunjukkan tingkat akurasi yang cukup tinggi. Dari enam kali pengukuran yang dilakukan untuk masing-masing sepatu, sebagian besar menunjukkan hasil yang identik dengan timbangan digital. Sepatu 1, 2, 3, 4, dan 6 mencatatkan setidaknya tiga hingga empat kali pengukuran dengan hasil 0% *error*, menunjukkan bahwa pembacaan sensor *load cell* sesuai dengan berat

sebenarnya. Sementara itu, selisih pengukuran yang terjadi hanya terjadi dua hingga tiga kali pada masing-masing sepatu, dengan nilai *error* berkisar antara 1,16% hingga 1,35%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu mengukur berat dengan *error* yang sangat kecil dan masih dalam batas toleransi. Dengan rentang *error* yang sangat kecil, membuat sensor *load cell* bekerja dengan cukup akurat dan stabil.

4.2.2. Data Hasil Waktu Pendaftaran Barang

Tabel 9. Hasil Waktu Pendaftaran Barang

No	pendaftaran 1 (detik)	pendaftaran 2 (detik)	pendaftaran 3 (detik)	pendaftaran 4 (detik)	pendaftaran 5 (detik)
sepatu 1	29	30	27	29	31
sepatu 2	28	29	24	29	28
sepatu 3	31	29	32	30	28
sepatu 4	32	26	20	31	29
sepatu 5	32	28	28	26	26
sepatu 6	25	25	30	28	28

Pengambilan data dilakukan dengan cara mendaftarkan sepatu pada tiap rak secara acak tapi teratur lalu diambil waktunya menggunakan stopwatch, proses pendaftaran memakan waktu tercepat 20 detik pada Sepatu 4 pendaftaran ke 4 dan terlama di 32 detik pada Sepatu 5 pendaftaran ke 1, ini semua tergantung pada kondisi pembacaan sensor dan kestabilan komunikasi antar sistem. Dengan rata-rata dari total 30 data di 28,3 detik, hasil ini menunjukkan bahwa sistem dapat mendaftarkan barang dengan cukup cepat.

4.2.3. Data Hasil Waktu Pengambilan Barang

Tabel 10. Hasil Waktu Pengambilan Barang

No	Pengambilan rak 1 (detik)	Pengambilan rak 2 (detik)	Pengambilan rak 3 (detik)	Pengambilan rak 4 (detik)	Pengambilan rak 5 (detik)	Pengambilan rak 6 (detik)
sepatu 1	27	28	24	28	26	24
sepatu 2	29	19	21	22	21	22

sepatu 3	27	28	22	21	24	27
sepatu 4	21	27	22	19	24	25
sepatu 5	22	24	22	21	19	26
sepatu 6	23	25	27	25	23	20

Pengambilan data dilakukan dengan cara mendaftarkan sepatu pada tiap rak satu persatu, lalu pengambilan barang nya dilakukan satu persatu, setelah mendaftarkan barang lalu diambil. Diperoleh bahwa waktu pengambilan tercepat terjadi pada sepatu 2 pengambilan rak ke 2 dan sepatu 5 di pengambilan rak ke 5 dengan waktu 19 detik, sementara waktu pengambilan terlama terjadi pada sepatu 6 pengambilan rak ke 3 dengan durasi 27 detik. Dari total 36 data pengukuran yang diperoleh, rata-rata waktu pengambilan barang adalah 23,8 detik, yang menunjukkan bahwa proses pengambilan berjalan secara efisien. Secara keseluruhan, variasi waktu pengambilan masih berada dalam batas yang wajar, dan sistem dapat berfungsi dengan baik serta konsisten dalam mendeteksi dan menanggapi proses pengambilan barang pada setiap rak.

4.2.4. Data Hasil Pengujian Kondisi output

Berdasarkan pada tabel 5, terdapat total ada 6 data yang akan dilakukan pengambilan data dengan berapa jumlah berat barang yang ada pada rak lalu dikurangi dengan barang yang diambil, dilakukan beberapa kondisi yang terdapat pada tabel

Tabel 11. Hasil Pengujian Kondisi Output

No	Total Barang (pcs)	Total berat (kg)	Barang diambil (pcs)	Berat diambil (kg)	Berat setelah diambil (kg)	Total eror (%)	Kondisi
1	1 (rak nomor 1)	0,77	0	0	0,77	0	Normal
			1 (rak nomor 1)	0,77	0	100	Alarm
2		1,52	0	0	1,52	0	normal

	2 (rak nomor 1 & 2)		1 (rak nomor 1)	0,74	0,78	48,68	Alarm
			1 (rak nomor 2)	0,78	0,74	51,32	Alarm
			2 (rak nomor 1 & 2)	1,52	0	100	Alarm
3	3 (rak nomor 1,2 & 3)	2,32	0	0	2,32	0	Normal
			1 (rak nomor 1)	0,74	1,58	31,9	Alarm
			1 (rak nomor 2)	0,78	1,54	33,62	Alarm
			1 (rak nomor 3)	0,8	1,52	34,48	Alarm
			2 (rak nomor 1 & 2)	1,52	0,8	65,52	Alarm
			2 (rak nomor 1 & 3)	1,44	0,88	62,07	Alarm
			2 (rak nomor 2 & 3)	1,56	0,76	67,24	Alarm
			3 (rak nomor 1,2 & 3)	2,32	0	100	Alarm
4	4 (rak nomor 1,2,3 & 4)	3,13	0	0	3,13	0	Normal
			1 (rak nomor 1)	0,74	2,39	23,64	Alarm
			1 (rak nomor 2)	0,78	2,35	24,92	Alarm

		1 (rak nomor 3)	0,8	2,33	25,56	Alarm
		1 (rak nomor 4)	0,81	2,32	25,88	Alarm
		2 (rak nomor 1 & 2)	1,52	1,61	48,56	Alarm
		2 (rak nomor 1 & 3)	1,44	1,69	46,01	Alarm
		2 (rak nomor 1 & 4)	1,55	1,58	49,52	Alarm
		2 (rak nomor 2 & 3)	1,56	1,57	49,84	Alarm
		2 (rak nomor 2 & 4)	1,59	1,54	50,8	Alarm
		2 (rak nomor 3 & 4)	1,61	1,52	51,44	Alarm
		3 (rak nomor 1,2 & 3)	2,32	0,81	74,12	Alarm
		3 (rak nomor 1,2 & 4)	2,33	0,8	74,44	Alarm
		3 (rak nomor 2,3 & 4)	2,39	0,74	76,36	Alarm
		3 (rak nomor 1,3 & 4)	2,35	0,78	75,08	Alarm
		4 (rak nomor 1,2,3 & 4)	3,13	0	100	Alarm

5	5 (rak nomor 1,2,3,4 & 5)	3,97	0	0	3,97	0	Normal
			1 (rak nomor 1)	0,74	3,23	18,64	Alarm
			1 (rak nomor 2)	0,78	3,19	19,65	Alarm
			1 (rak nomor 3)	0,8	3,17	20,15	Alarm
			1 (rak nomor 4)	0,81	3,16	20,4	Alarm
			1 (rak nomor 5)	0,84	3,13	21,16	Alarm
			2 (rak nomor 1 & 2)	1,52	2,45	38,29	Alarm
			2 (rak nomor 1 & 3)	1,44	2,53	36,27	Alarm
			2 (rak nomor 1 & 4)	1,55	2,42	39,04	Alarm
			2 (rak nomor 1 & 5)	1,58	2,39	39,8	Alarm
			2 (rak nomor 2 & 3)	1,56	2,41	39,29	Alarm
			2 (rak nomor 2 & 4)	1,59	2,38	40,05	Alarm
			2 (rak nomor 2 & 5)	1,62	2,35	40,81	Alarm
			2 (rak nomor 3 & 4)	1,61	2,36	40,55	Alarm

		2 (rak nomor 3 & 5)	1,64	2,33	41,31	Alarm
		2 (rak nomor 4 & 5)	1,65	2,32	41,56	Alarm
		3 (rak nomor 1,2 & 3)	2,32	1,65	58,44	Alarm
		3 (rak nomor 1,2 & 4)	2,33	1,64	58,69	Alarm
		3 (rak nomor 1,2 & 5)	2,36	1,61	59,45	Alarm
		3 (rak nomor 1,3 & 4)	2,35	1,62	59,19	Alarm
		3 (rak nomor 1,3 & 5)	2,38	1,59	59,95	Alarm
		3 (rak nomor 1,4 & 5)	2,39	1,58	60,2	Alarm
		3 (rak nomor 2,3 & 4)	2,39	1,58	60,2	Alarm
		3 (rak nomor 2,3 & 5)	2,42	1,55	60,96	Alarm
		3 (rak nomor 3,4 & 5)	2,45	1,52	61,71	Alarm
		4 (rak nomor 1,2,3 & 4)	3,13	0,84	78,84	Alarm
		4 (rak nomor 1,2,3 & 5)	3,16	0,81	79,6	Alarm

			4 (rak nomor 1,3,4 & 5)	3,19	0,78	80,35	Alarm
			4 (rak nomor 2,3,4 & 5)	3,23	0,74	81,36	Alarm
			5 (rak nomor 1,2,3,4 & 5)	3,97	0	100	Alarm
6	6 (rak nomor 1,2,3,4,5 & 6)	4,84	0	0	4,84	0	Normal
			1 (rak nomor 1)	0,74	4,1	15,29	Alarm
			1 (rak nomor 2)	0,78	4,06	16,12	Alarm
			1 (rak nomor 3)	0,8	4,04	16,53	Alarm
			1 (rak nomor 4)	0,81	4,03	16,74	Alarm
			1 (rak nomor 5)	0,84	4	17,36	Alarm
			1 (rak nomor 6)	0,87	3,97	17,98	Alarm
			2 (rak nomor 1 & 2)	1,52	3,32	31,4	Alarm
			2 (rak nomor 1 & 3)	1,44	3,4	29,75	Alarm
			2 (rak nomor 1 & 4)	1,55	3,29	32,02	Alarm

		2 (rak nomor 1 & 5)	1,58	3,26	32,64	Alarm
		2 (rak nomor 1 & 6)	1,61	3,23	33,26	Alarm
		2 (rak nomor 2 & 3)	1,56	3,28	32,23	Alarm
		2 (rak nomor 2 & 4)	1,59	3,25	32,85	Alarm
		2 (rak nomor 2 & 5)	1,62	3,22	33,47	Alarm
		2 (rak nomor 2 & 6)	1,65	3,19	34,09	Alarm
		2 (rak nomor 3 & 4)	1,61	3,23	33,26	Alarm
		2 (rak nomor 3 & 5)	1,64	3,2	33,88	Alarm
		2 (rak nomor 3 & 6)	1,67	3,17	34,5	Alarm
		2 (rak nomor 4 & 5)	1,65	3,19	34,09	Alarm
		3 (rak nomor 1,2 & 3)	2,32	2,52	47,93	Alarm
		3 (rak nomor 1,2 & 4)	2,33	2,51	48,14	Alarm
		3 (rak nomor 1,2 & 5)	2,36	2,48	48,76	Alarm

		3 (rak nomor 1,2 & 6)	2,39	2,45	49,38	Alarm
		3 (rak nomor 1,3 & 4)	2,35	2,49	48,55	Alarm
		3 (rak nomor 1,3 & 5)	2,38	2,46	49,17	Alarm
		3 (rak nomor 1,3 & 6)	2,41	2,43	49,79	Alarm
		3 (rak nomor 2,3 & 4)	2,39	2,45	49,38	Alarm
		3 (rak nomor 2,3 & 5)	2,42	2,42	50	Alarm
		3 (rak nomor 2,3 & 6)	2,25	2,59	46,49	Alarm
		3 (rak nomor 3,4 & 5)	2,45	2,39	50,62	Alarm
		3 (rak nomor 3,4 & 6)	2,48	2,36	51,24	Alarm
		3 (rak nomor 3,5 & 6)	2,51	2,33	51,86	Alarm
		3 (rak nomor 4,5 & 6)	2,52	2,32	52,07	Alarm
		4 (rak nomor 1,2,3 & 4)	3,13	1,71	64,67	Alarm
		4 (rak nomor 1,2,3 & 5)	3,16	1,68	65,29	Alarm

		4 (rak nomor 1,2,3 & 6)	3,19	1,65	65,91	Alarm
		4 (rak nomor 1,2,4 & 6)	3,2	1,64	66,12	Alarm
		4 (rak nomor 1,2,5 & 6)	3,23	1,61	66,74	Alarm
		4 (rak nomor 1,3,4 & 5)	3,19	1,65	65,91	Alarm
		4 (rak nomor 1,3,4 & 6)	3,22	1,62	66,53	Alarm
		4 (rak nomor 1,3,5 & 6)	3,25	1,59	67,15	Alarm
		4 (rak nomor 1,4,5 & 6)	3,26	1,58	67,36	Alarm
		4 (rak nomor 2,3,4 & 5)	3,23	1,61	66,74	Alarm
		4 (rak nomor 2,3,4 & 6)	3,26	1,58	67,36	Alarm
		4 (rak nomor 2,3,5 & 6)	3,29	1,55	67,98	Alarm

		4 (rak nomor 2,4,5 & 6)	3,3	1,54	68,18	Alarm
		4 (rak nomor 3,4,5 & 6)	3,32	1,52	68,6	Alarm
		5 (rak nomor 1,2,3,4 & 5)	3,97	0,87	82,02	Alarm
		5 (rak nomor 1,2,3,4 & 6)	4	0,84	82,64	Alarm
		5 (rak nomor 1,2,3,5 & 6)	4,03	0,81	83,26	Alarm
		5 (rak nomor 1,2,4,5 & 6)	4,04	0,8	83,47	Alarm
		5 (rak nomor 1,3,4,5 & 6)	4,06	0,78	83,88	Alarm
		5 (rak nomor 2,3,4,5 & 6)	4,01	0,83	82,85	Alarm
		6 (rak nomor 1,2,3,4,5 & 6)	4,84	0	100	Alarm

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem yang dirancang mampu mengenali setiap perubahan nilai berat secara akurat dan konsisten, ketika tidak ada barang yang diambil, sistem menunjukkan kondisi normal, dengan total *error* sebesar 0%, sesuai dengan berat yang terbaca pada alat. Namun, saat satu atau

lebih barang diambil pada rak, sistem mulai mendeteksi perubahan berat dan menghitung *error* terhadap total berat yang terdaftar. Ketika satu barang diambil dari rak, sistem menghasilkan nilai *error*, misalnya pada pengambilan satu barang dari tiga rak yang berbeda, total *error* bisa mencapai lebih dari 30%

Pada kondisi pengambilan dua barang dari empat rak yang berbeda, total *error* bisa mencapai lebih dari 50%, dan terus meningkat jumlah barang yang diambil bertambah. Nilai *error* tertinggi dalam pengambilan tiga barang dari empat atau lima rak mencapai kisaran 60–75%, sementara pengambilan empat atau lima barang dari enam rak menghasilkan *error* hingga 80% lebih.

Perubahan-perubahan ini membuktikan bahwa sistem berhasil mendeteksi pengambilan barang, baik secara satuan maupun bersamaan, karena setiap pengurangan berat menyebabkan ketidaksesuaian antara berat yang terdaftar (*set point*) dan berat yang terbaca pada alat (*Process Value*). Sistem ini secara aktif memantau kondisi berat dan memberikan status Alarm ketika perbedaan signifikan terdeteksi. Meskipun dalam pengujian terdapat sedikit delay dalam tampilan aplikasi, sistem dan perangkat keras tetap mampu memberikan informasi secara *real-time* terhadap perubahan berat yang terjadi.

4.2.5. Data Hasil Pengujian Alat Dengan Pengguna lain

Pengujian dilakukan dengan mengambil data sebanyak 3 orang, dan untuk tiap orang hanya mendaftarkan 2 sepatu berikut data hasilnya :

1. Pengujian pengguna 1



Gambar 27. Pengujian Dengan Pengguna 1

Dari pengambilan data, pengguna 1 berhasil mendaftarkan sepatu yang daftarkan berada pada rak 1 dan 2 untuk pengambilan datanya yaitu 0,51 kg pada rak 1 dan

0,77 pada rak 2. Dan Ketika dilakukan pengujian dengan mengambil salah satu Sepatu yang didaftarkan untuk pengujian sistem keamanan, terdapat alarm dan notifikasi pada aplikasi. Dan untuk pengambilan Sepatu sesuai dengan rak menggunakan aplikasi, pengguna dapat menggunakannya dengan baik.

2. Pengujian pengguna 2



Gambar 28. Pengujian Dengan Pengguna 2

Dari pengambilan data, pengguna 2 berhasil mendaftarkan sepatu dan sandal yang didaftarkan berada pada rak 5 dan 6 untuk pengambilan datanya yaitu 0,60 kg pada rak 5 dan 0,76 pada rak 6. Dan Ketika dilakukan pengujian dengan mengambil salah satu Sepatu yang didaftarkan untuk pengujian sistem keamanan, terdapat alarm dan notifikasi pada aplikasi. Dan untuk pengambilan Sepatu sesuai dengan rak menggunakan aplikasi, pengguna dapat menambahkan dan mengambil barang dengan cukup baik.

3. Pengujian pengguna 3



Gambar 29. Pengujian Dengan Pengguna 3

Dari pengambilan data, pengguna 3 berhasil mendaftarkan sepatu yang daftarkan berada pada rak 4 dan 5 untuk pengambilan datanya yaitu 0,52 kg pada rak 3 dan 0,50 pada rak 4. Dan Ketika dilakukan pengujian dengan mengambil salah satu Sepatu yang didaftarkan untuk pengujian sistem keamanan, terdapat alarm dan notifikasi pada aplikasi. Dan untuk pengambilan Sepatu sesuai dengan rak menggunakan aplikasi, pengguna dapat menambahkan dan mengambil barang dengan cukup baik akan tetapi harus diarahkan karena pengguna 3 belum mengetahui terdapat waktu tambahan untuk mengirim ke *database*.

4.2.6. Data Hasil Database Yang Telah Didaftarkan

Firebase Realtime Database digunakan sebagai media penyimpanan data dan komunikasi antara perangkat keras (ESP32) dengan aplikasi pengguna. Gambar 30 menunjukkan tampilan struktur data pada Firebase



Gambar 30. Tampilan Database

Pada struktur database pada gambar 30, terdapat node utama bernama AddRemove yang menyimpan informasi penting terkait sistem monitoring rak sepatu. Berikut penjelasan dari isi dari database :

- **alarm** yaitu status *alarm* sistem. Nilai "0" menunjukkan bahwa tidak ada kondisi mencurigakan yang terdeteksi. Jika terjadi status *alarm* maka akan bernilai "1"
- **count** yaitu waktu lamanya system atau alat bekerja secara online
- **fuzzStatus** yaitu status hasil evaluasi logika fuzzy. Dalam data ini, status berada dalam kondisi "Normal", menandakan tidak adanya perubahan berat yang mencurigakan atau signifikan.
- **itemList** yaitu berisi daftar berat masing-masing sepatu yang terdaftar dalam satuan kilogram, dipisahkan oleh tanda "|". Data pada database yaitu: "0.74|0.78|0.8|0.81|0.84|0.87". Dan dari kiri ke kanan menandakan paling kiri urutan 1 hingga ke 6.
- **scaleMode** yaitu mode penggunaan alat. Nilai "0" dapat berarti mode stand by, nilai "1" untuk kalibrasi ,nilai "2" untuk menambahkan barang, dan nilai "3" untuk mengurangi barang.
- **setpoint** yaitu nilai ambang batas berat total yang ditentukan sebagai acuan sistem, yaitu 4.82 kg.
- **weight** yaitu berat total aktual sepatu yang sedang terdeteksi pada rak, yang juga bernilai 4.82 kg. Karena nilai ini sama dengan setpoint, maka sistem tidak memicu *alarm*.

Dengan tersimpannya data secara *real-time* pada Firebase, dapat memonitor kondisi rak sepatu melalui aplikasi, dan sistem dapat memberikan notifikasi apabila terjadi penambahan atau pengurangan berat secara signifikan.

Bab 5. Kesimpulan dan saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan Analisa Sistem Keamanan Rak Sepatu Berbasis IoT dapat dilakukan Kesimpulan

1. Sistem berhasil mendeteksi perubahan berat secara real-time menggunakan sensor *Load cell* yang diolah oleh mikrokontroler ESP32 dan disimpan ke dalam Firebase Database. Setiap perubahan berat yang signifikan langsung diproses oleh sistem untuk memberikan status kondisi rak sepatu.
2. Logika fuzzy berhasil diimplementasikan untuk mengidentifikasi status sistem berdasarkan nilai *error* dan *delta error*. Kombinasi antara nilai

aktual dan perubahan berat terbukti mampu memberikan kondisi rak saat alat berjalan.

3. Pengujian alat menunjukkan bahwa sensor *load cell* memiliki akurasi tinggi, dengan sebagian pengukuran menghasilkan *error* 0% dan sisanya hanya berkisar antara 1,16% hingga 1,35%. Serta waktu pendaftaran tercepat tercatat 20 detik dan terlama 32 detik, dengan rata-rata 28,3 detik, sedangkan waktu pengambilan berkisar antara 19 hingga 27 detik dengan rata-rata 23,8 detik. Hal ini membuktikan bahwa alat bekerja secara akurat, stabil, cukup cepat dan dapat diandalkan untuk pemantauan berat barang.. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara cepat dan konsisten, serta mampu mendeteksi dan merespons interaksi pengguna dengan baik.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan implementasi sistem keamanan rak sepatu berbasis IoT, terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk pengembangan lebih lanjut:

1. Menggunakan sensor *load cell* lebih dari 1 untuk pengujian lebih presisi dikarenakan penggunaan satu buah sensor *load cell* memang sudah mampu mendeteksi perubahan berat, namun untuk pengukuran yang lebih akurat dan menyeluruh, disarankan untuk menggunakan lebih dari satu *load cell* pada posisi yang berbeda. Hal ini bertujuan untuk memperkecil kemungkinan kesalahan pembacaan akibat beban yang tidak merata di atas rak serta meningkatkan keakuratan sistem secara keseluruhan, terutama jika digunakan untuk rak sepatu yang lebih besar atau bertingkat.
2. Menambahkan sensor pendukung, untuk meningkatkan kemampuan deteksi dan validasi sistem, dapat ditambahkan sensor pendukung seperti sensor ultrasonik untuk mengukur tinggi benda di rak, atau bahkan kamera mini untuk mengonfirmasi secara visual aktivitas pengambilan sepatu. Penambahan sensor ini dapat membuat sistem lebih cerdas dan responsif terhadap situasi mencurigakan.
3. Menambahkan sistem cadangan daya, sistem saat ini sepenuhnya bergantung pada sumber daya listrik dari adaptor. Disarankan untuk menambahkan modul baterai cadangan atau UPS mini agar sistem tetap bisa berjalan ketika listrik padam.

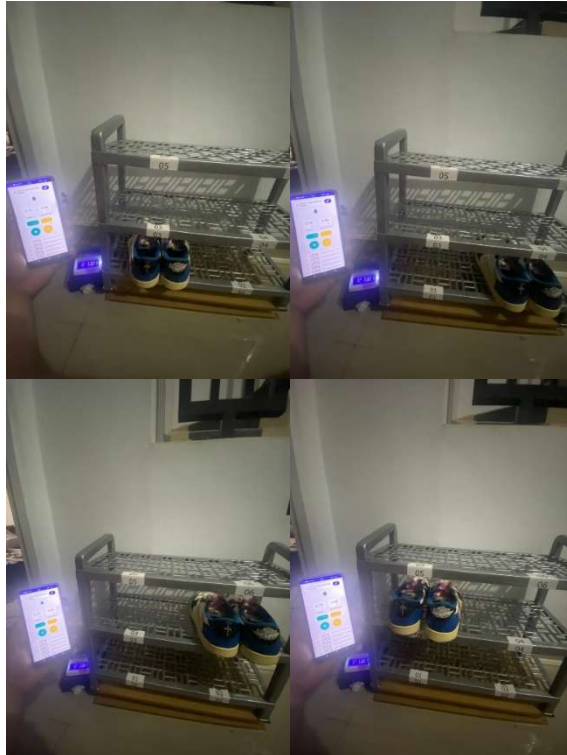
Daftar Pustaka

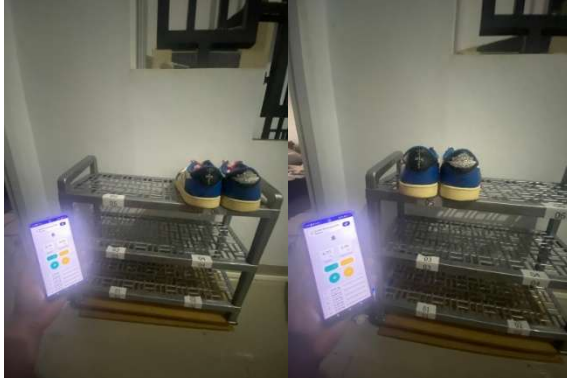
- [1] Nasir, M., & Qurniawan, M. I. (2021). Prototype Sistem Monitoring Keamanan Rumah Menggunakan Multisensor Berbasis Website. Teknik Informatika, Politeknik Negeri Bengkalis.
- [2] Ramschie, A., Makal, J., Katuuk, R., & Ponggawa, V. (2021). Pemanfaatan ESP32 Pada Sistem Keamanan Rumah Tinggal Berbasis IoT. Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Manado.
- [3] Maharani, T. (2023). Perkembangan dan penggunaan Internet of Things untuk masa yang akan datang (Tesis, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara).
- [4] R. Rizal and I. Karyana, "Innovation in Research of Informatics (INNOVATICS) Sistem Kendali dan Monitoring pada Smart Home Berbasis Internet of Things (IoT)," vol. 2, no. October, pp. 43–50, 2019.
- [5] Ravi Teja. (2024), Getting Started With ESP32, <https://www.electronicshub.org/getting-started-with-esp32> [Diterjemahkan dari Bahasa Inggris oleh Bentar Dili Yudha].
- [6] Nugraha, D. A. (2017). Timbangan Gantung Digital Dengan Sensor Hx711 (*Load cell*) Berbasis Arduino Uno. 711, 4–16.
- [7] Dara Trent. (2023), *Load cell* wiring, <https://www.800loadcel.com/blog/load-cell-wiring.html> [Diterjemahkan dari Bahasa Inggris oleh Bentar Dili Yudha].
- [8] Firebase.. Realtime Database Documentation. Google. <https://firebase.google.com/docs/database> [Diterjemahkan dari Bahasa Inggris oleh Bentar Dili Yudha]
- [9] Rozzi Kesuma D., Risawandi, Hamzah O. (2021). Aplikasi Mobile Salary Report Menggunakan Firebase Berbasis Android Pada PT ISMATIUR. Aceh: Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh.
- [10] Cahyadi, W., Sa'id, M. F., & Chaidir, A. R. (2020). Optimasi racing line pada ECU (Electronic Control Unit) mobil listrik berbasis fuzzy logic control. Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

[11] Nugraha, F. (2018). Optimasi biaya pelaksanaan konstruksi jalan dengan metode logika fuzzy inference system Takagi-Sugeno pada proyek jalan Trans

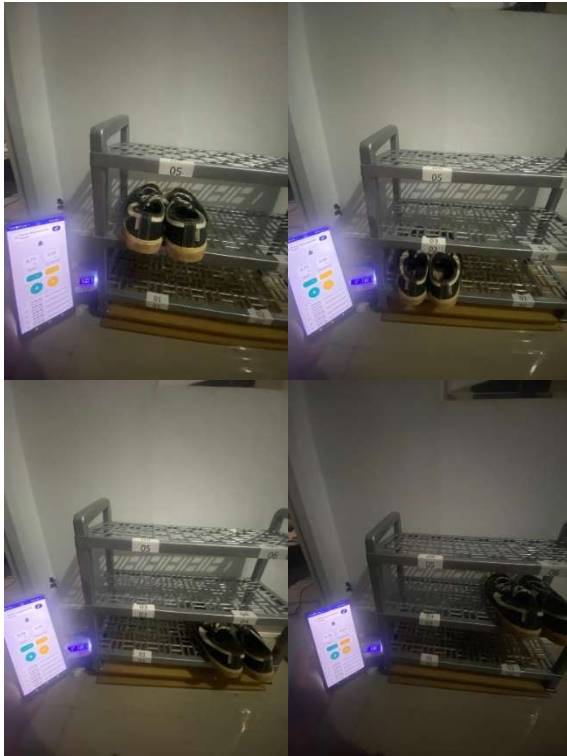
Lampiran

LAMPIRAN A DOKUMENTASI PENGAMBILAN DATA MENGGUNAKAN LOADCELL SEPATU 1





LAMPIRAN B
DOKUMENTASI PENGAMBILAN DATA MENGGUNAKAN LOADCELL
SEPATU 2





LAMPIRAN C
DOKUMENTASI PENGAMBILAN DATA MENGGUNAKAN LOADCELL
SEPATU 3



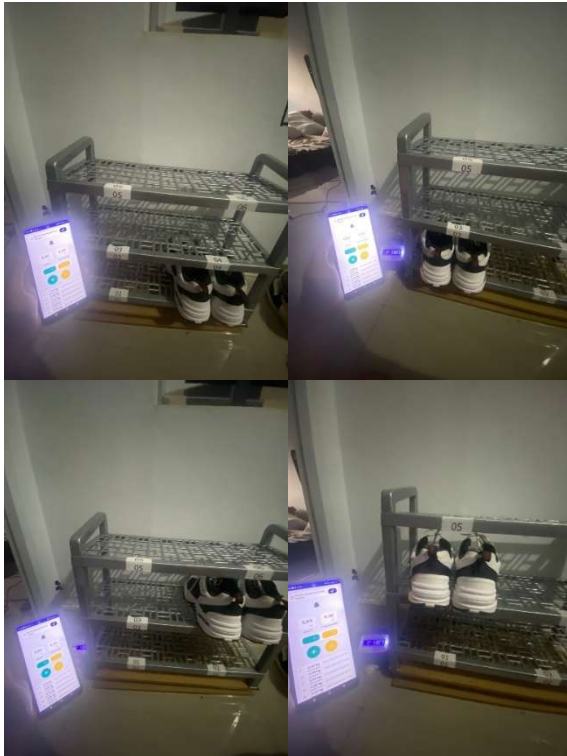


LAMPIRAN D
DOKUMENTASI PENGAMBILAN DATA MENGGUNAKAN LOADCELL
SEPATU 4





LAMPIRAN D
DOKUMENTASI PENGAMBILAN DATA MENGGUNAKAN LOADCELL
SEPATU 5





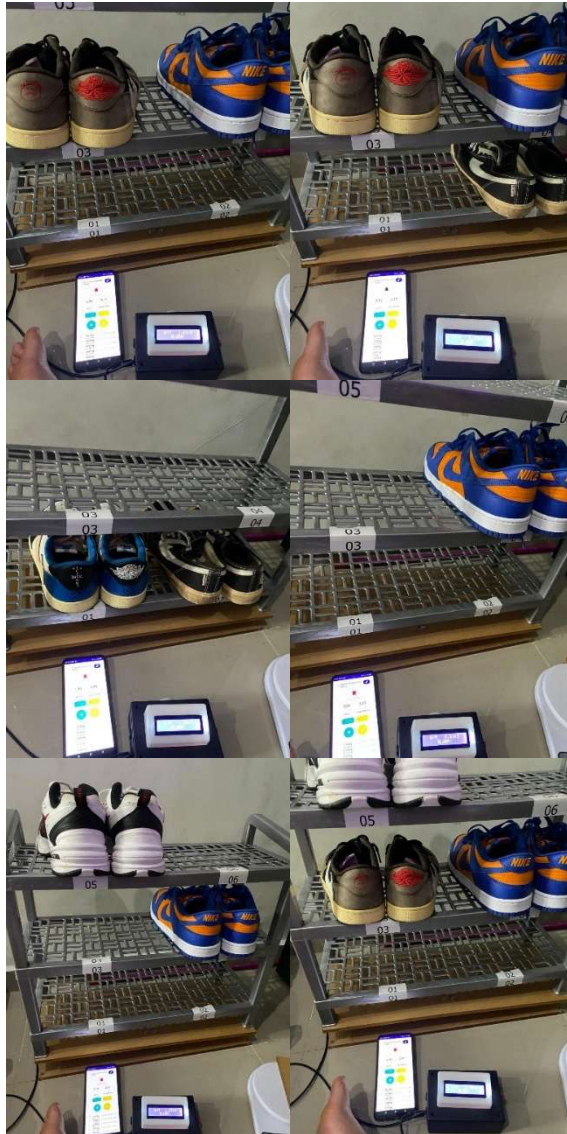
LAMPIRAN D
DOKUMENTASI PENGAMBILAN DATA MENGGUNAKAN LOADCELL
SEPATU 6





LAMPIRAN E
BEBERAPA DOKUMENTASI PENGAMBILAN DATA KONDISI OUTPUT







LAMPIRAN F
DOKUMENTASI PENGAMBILAN DATA DENGAN PENGGUNA LAIN



Biodata



Nama : Bentar Dili Yudha Ananda P.
TTL : Batam, 15 April 1998
Agama : Islam
Alamat : Perumahan Cipta Garden Blok F no 15
Email : Bentardiliyudha@gmail.com
Riwayat Pendidikan : D3 : Teknik Elektronika (lulus 2019)