

**PERANCANGAN ALAT UKUR KEKUATAN DAN KECEPATAN
PUKULAN PENCAK SILAT BERBASIS IOT**

SKRIPSI

DISUSUN OLEH

ADZANDYMA AL AZIZ

2109020085



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

MEDAN

2026

**PERANCANGAN ALAT UKUR KEKUATAN DAN KECEPATAN
PUKULAN PENCAK SILAT BERBASIS IOT**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer
(S.Kom) dalam Program Studi Teknologi Informasi. pada Fakultas Ilmu
Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara**

ADZANDYMA ALAZIZ

2109020085

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

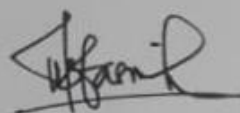
MEDAN

2026

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : PERANCANGAN ALAT UKUR KEKUATAN DAN
KECEPATAN PUKULAN PENCAK SILAT BERBASIS
IOT
Nama Mahasiswa : ADZANDYMA AL AZIZ
NPM : 2109020085
Program Studi : Teknologi Informasi

Menyetujui
Komisi Pembimbing



(Mhd. Basri, S.Si, M.Kom)
NIDN. 0111078802

Ketua Program Studi



(Fatma Sari Hutagalung, S.Kom, M.Kom)
NIDN. 0117019301

Dekan



(Dr. Al-Kelby Barizmi, S.Kom., M.Kom.)
MDN. 0127099201

PERNYATAAN ORISINALITAS

PERANCANGAN ALAT UKUR KEKUATAN DAN KECEPATAN PUKULAN PENCAK SILAT BERBASIS IOT

SKRIPSI

Saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah hasil karya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya.

Medan, April 2026

Yang membuat pernyataan



Adzandyma Al Aziz

NPM. 2109020085

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN
AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Adzandyma Al Aziz
NPM : 2109020085
Program Studi : Teknologi Informasi
Karya Ilmiah : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Hak Bebas Royalti Non-Eksekutif (*Non-Exclusive Royalty free Right*) atas penelitian skripsi saya yang berjudul:

**PERANCANGAN ALAT UKUR KEKUATAN DAN KECEPATAN
PUKULAN PENCAK SILAT BERBASIS IOT**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksekutif ini, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara berhak menyimpan, mengalih media, memformat, mengelola dalam bentuk database, merawat dan mempublikasikan Skripsi saya ini tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemegang dan atau sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Medan, April 2026

Yang membuat pernyataan



Adzandyma Al Aziz

NPM: 2109020085

RIWAYAT HIDUP

DATA PRIBADI

Nama Lengkap : Adzandyma Al Aziz
Tempat dan Tanggal Lahir : Medan, 26 Maret 2003
Alamat Rumah : Marindal 1 ,Patumbak Kab.Deli Serdang
Telepon/Faks/HP : 083141552472
E-mail : adzanaziz2@gmail.com
Instansi Tempat Kerja : -
Alamat Kantor : -

DATA PENDIDIKAN

SD : SDN 106815 TAMAT: 2012
SMP : MTS MUALLIMIN TAMAT: 2018
SMA : MAS MUALLIMIN TAMAT: 2021

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum.wr.wb

Penulis tentunya berterima kasih kepada berbagai pihak dalam dukungan serta doa dalam penyelesaian skripsi. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Akrim. M.Pd., Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU)
2. Bapak Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom. Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU.
3. Ibu Fatma Sari Hutagalung, S.Kom., M.Kom Ketua Program Studi Teknologi Informasi
4. Bapak Okvi Nugroho, S.Kom., M.Kom Sekretaris Program Studi Teknologi Informasi.
5. Rasa hormat dan terima kasih yang mendalam penulis sampaikan kepada Bapak Mhd. Basri, S.Si, M.Kom selaku Dosen Pembimbing. Dedikasi beliau dalam memberikan motivasi, serta ketelitian dalam memberikan koreksi dan masukan selama proses bimbingan, sangat berarti bagi penulis. Tanpa arahan bijak dari beliau, karya ilmiah ini tidak akan mencapai bentuk terbaiknya
6. Kepada kedua orang tuaku tercinta. Terima kasih atas doa yang tak pernah putus dan dukungan yang tak pernah surut. Keberhasilan penulis hari ini adalah buah dari kesabaran dan kasih sayang kalian

PERANCANGAN ALAT UKUR KEKUATAN DAN KECEPATAN PUKULAN PENCAK SILAT BERBASIS IOT

ABSTRAK

Pencak silat merupakan salah satu cabang olahraga bela diri yang membutuhkan kemampuan fisik berupa kekuatan dan kecepatan pukulan. Dalam proses latihan, penilaian performa pukulan masih dilakukan secara subjektif sehingga sulit untuk mengukur perkembangan secara akurat. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat ukur kekuatan dan kecepatan pukulan pencak silat berbasis Internet of Things (IoT).

Alat yang dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pemrosesan data, sensor Load Cell yang dikombinasikan dengan modul HX711 untuk mengukur kekuatan pukulan, serta dua sensor Proximity E18-D80NK untuk mengukur kecepatan pukulan berdasarkan waktu tempuh. Data hasil pengukuran ditampilkan secara real-time melalui dashboard berbasis web dan disimpan secara otomatis ke Google Sheets melalui jaringan WiFi.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode prototipe, yang meliputi tahap perancangan, implementasi, dan pengujian sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat mampu mengukur kekuatan dan kecepatan pukulan serta menampilkan data secara real-time. Namun, sistem masih memiliki keterbatasan pada tingkat akurasi dan konsistensi pembacaan sensor.

Dengan demikian, alat yang dirancang dapat digunakan sebagai media bantu dalam mengukur performa pukulan pencak silat secara lebih objektif, meskipun masih memerlukan pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan akurasi dan kestabilan sistem.

Kata Kunci: IoT, ESP32, Load Cell, Proximity Sensor, Pencak Silat

DESIGN OF AN IOT-BASED PENCAK SILAT STRENGTH AND SPEED MEASURING INSTRUMENT

ABSTRACT

Pencak silat is a traditional martial art that requires physical abilities such as punching strength and speed. In training activities, the evaluation of punching performance is still conducted subjectively, making it difficult to measure progress accurately. Therefore, this study aims to design and develop an Internet of Things (IoT)-based device to measure punching strength and speed in pencak silat.

The system utilizes an ESP32 microcontroller as the main processing unit, a Load Cell sensor combined with an HX711 module to measure punching strength, and two E18-D80NK proximity sensors to measure punching speed based on travel time. The measurement data are displayed in real-time through a web-based dashboard and automatically stored in Google Sheets via a WiFi network.

The research method used is the prototype method, which includes system design, implementation, and testing stages. The results show that the device is capable of measuring punching strength and speed and displaying the data in real-time. However, the system still has limitations in terms of accuracy and consistency of sensor readings.

In conclusion, the developed device can be used as a supporting tool to objectively measure punching performance in pencak silat, although further improvements are needed to enhance accuracy and system stability.

Keywords: IoT, ESP32, Load Cell, Proximity Sensor, Pencak Silat

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iv
RIWAYAT HIDUP	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1.Latar Belakang Masalah	1
1.2.Rumusan Masalah	2
1.3.Batasan Masalah.....	3
1.4.Tujuan Penelitian.....	3
1.5.Manfaat Penelitian.....	3
BAB II LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Hakikat Pencak Silat.....	5
2.2 Kekuatan dan Kecepatan Pukulan dalam Pencak Silat	5
2.2.1. Kekuatan Pukulan	5
2.2.2. Kecepatan Pukulan.....	6
2.3 Internet Of Things	7
2.4 ESP32	7
2.5 Sensor Load Cell	8
2.6 Modul HX711	9
2.7 Sensor Proximity E18-D80NK.....	9
2.8 BreadBoard	9
2.9 Kabel Jumper	10
2.10 Kabel Mikro USB.....	10
2.11 Arduino IDE (Integrated Development Environment)	11
2.12 Visual Studio Code.....	11
2.13 Web.....	12
2.13.1. HTML	12
2.13.2. CSS.....	12
2.13.3. Javascript	12
2.14 Google Sheets.....	13
2.15 Penelitian Terdahulu.....	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1 Metode Penelitian.....	16
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	16
3.2.1 Waktu Penelitian	16
3.2.2 Tempat Penelitian	17

3.3 Bahan Dan Peralatan Yang Digunakan	17
3.3.1. Peralatan Perangkat Keras (Hardware)	17
3.3.2. Peralatan Perangkat Lunak (Software).....	17
3.4 Tahapan Penelitian	17
3.5 Use Case Diagram	20
3.6 Rancangan Arsitektur Sistem.....	21
3.6.1. Perancangan Rangkaian.....	21
3.6.2. Desain Diagram.....	21
3.6.3. Perancangan Mekanik	22
3.6.4. Rancangan Website	23
3.6.5.Flowchart Sistem.	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
4.1. Implementasi Sistem.....	26
4.1.1. Implementasi Perangkat Keras (Hardware).....	26
4.1.2. Implementasi Perangkat Lunak (Software)	30
4.1.3. Implementasi Website Dashboard.....	32
4.1.4. Implementasi Integrasi Google Sheets	35
4.2.Pengujian Sistem	35
4.2.1. Pengujian Sensor Load Cell.....	36
4.2.2. Pengujian Sensor Proximity	37
4.2.3. Pengujian Sistem Secara Keseluruhan	37
4.2.4. Pengujian Penyimpanan Data ke Google Sheets	38
4.2.5. Pengujian Penggunaan Alat oleh Pengguna	39
4.3.Analisis Hasil Pengujian	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	43
5.1. KESIMPULAN	43
5.2. SARAN	43
DAFTAR PUSTAKA	45

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	13
Tabel 3.1 Jadwal Penelitian	15
Tabel 4.1 Penjelasan Program ESP32	32
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Load Cell.....	36
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kecepatan.....	37
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Sistem	38
Tabel 4.5 Pengujian Gabungan Kecepatan dan Kekuatan.....	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 ESP32	7
Gambar 2.2 Sensor Load Cell	8
Gambar 2.3 Modul HX711	8
Gambar 2.4 Sensor Proximity E18-D80NK	9
Gambar 2.5 BreadBoard	9
Gambar 2.6 Kabel Jumper	10
Gambar 2.7 Kabel Mikro USB	10
Gambar 2.8 Arduino IDE	11
Gambar 2.9 Visual Studio Code.....	11
Gambar 2.10 Google Sheets	13
Gambar 3.1 Tahapan Penelitian	17
Gambar 3.2 Use Case Diagram.....	19
Gambar 3.3 Perancangan Rangkaian.....	21
Gambar 3.4 Diagram Blok.....	21
Gambar 3.5 Rancangan Alat Ukur	23
Gambar 3.6 Rancangan Website	24
Gambar 3.7 Flowchart Sistem.....	24
Gambar 4.1 Implementasi Perangkat Keras(Hardware).....	27
Gambar 4.2 Tampilan Keseluruhan alat	28
Gambar 4.3 Rangkaian Elektronik Sistem.....	29
Gambar 4.4 Sensor Proximity dan Jarak Antar Sensor	30
Gambar 4.5 Program Pada ESP32 Menggunakan Arduino IDE	32
Gambar 4.6 Tampilan Input Data Peserta.....	33
Gambar 4.7 Tampilan Tes Koneksi ESP32	34
Gambar 4.8 Tampilan Hasil Pengukuran.....	34
Gambar 4.9 Tampilan Data Pada Google Sheets	35
Gambar 4.10 Tampilan Serial Monitor Pembacaan Sensor Load Cell	36
Gambar 4.11 Tampilan Serial Monitor Pembacaan Sensor Proximity	37
Gambar 4.12 Script Integrasi Google Sheets(Apps Scripts)	38
Gambar 4.13 Tampilan Data Hasil Ringkasan Pengukuran Pada Google Sheets	39
Gambar 4.14 Proses Pengujian Alat Oleh Pengguna	39
Gambar 4.15 Tampilan Hasil Pengukuran Tiga Pukulan Pada Dashboard	40

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pencak Silat merupakan salah satu warisan budaya kebanggaan Indonesia yang memadukan aspek kekuatan fisik dengan keindahan intrinsik. Sebagai bagian dari identitas bangsa, Pencak Silat mengandung nilai-nilai luhur yang diturunkan oleh nenek moyang untuk memotivasi para atletnya agar selalu berbuat baik (Anifah et al., 2023). Di lingkungan pendidikan, Pencak Silat bukan sekadar bela diri, melainkan sarana pembentukan karakter dan prestasi siswa. Perkembangannya yang pesat di kancah internasional menuntut adanya pola pembinaan yang lebih profesional sejak dini, khususnya di tingkat sekolah, agar generasi muda dapat terus bersaing sebagai atlet prestasi yang diakui secara global.

Dalam cabang olahraga prestasi, performa seorang atlet ditentukan oleh parameter fisik yang terukur. Dua parameter paling fundamental dalam menilai efektivitas serangan adalah kekuatan (power) dan kecepatan (speed) pukulan. Bagi siswa yang sedang berlatih, kemampuan untuk menghasilkan pukulan yang kuat dan cepat secara konsisten merupakan kunci utama untuk mencetak poin dan meraih keunggulan dalam pertandingan. Namun, realita di banyak sekolah dan pusat latihan menunjukkan bahwa metode evaluasi performa masih sangat bergantung pada pendekatan konvensional.

Masalah utama yang dihadapi adalah proses penilaian yang bersifat subjektif, di mana guru atau pelatih hanya mengandalkan pengamatan visual dan intuisi. Hal ini menyebabkan perkembangan kemampuan siswa tidak dapat dikuantifikasi secara presisi. Tanpa adanya data objektif, siswa seringkali kesulitan mengetahui sejauh mana kemajuan mereka atau mengidentifikasi kelemahan spesifik yang perlu diperbaiki. Di sisi lain, guru olahraga memerlukan instrumen yang akurat untuk memberikan penilaian hasil belajar maupun untuk menyeleksi siswa yang berpotensi mengikuti perlombaan.

Seiring kemajuan zaman, perkembangan dunia olahraga tidak dapat dipisahkan dari peran Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK). Penerapan ini

ITEK menawarkan solusi untuk mempermudah pemantauan prestasi yang sebelumnya sulit dilakukan secara manual (Harry Hardiansyah, 2024). Konsep Internet of Things (IoT) hadir sebagai solusi relevan untuk menjembatani kebutuhan ini. Dengan memanfaatkan teknologi

sensor, parameter kunci seperti kekuatan dalam satuan Newton (N) dan kecepatan dalam satuan meter per detik (m/s) dapat diukur secara kuantitatif dan akurat.

Penelitian ini berfokus pada perancangan alat ukur yang memanfaatkan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pemrosesan data. Alat ini akan mengintegrasikan sensor Load Cell untuk merekam kekuatan dan sensor Proximity untuk mengukur kecepatan secara real-time. Keunggulan sistem ini terletak pada kemampuannya untuk mengirimkan data secara otomatis ke dashboard interaktif dan Google Sheets. Hal ini memungkinkan siswa untuk melihat hasil data pukulan mereka secara langsung, sementara guru dapat memiliki database yang terstruktur untuk memantau progres latihan siswa secara berkala.

Dalam perancangan alat ini, konsep IoT tersebut akan diimplementasikan dengan memanfaatkan sensor-sensor untuk merekam parameter kekuatan dan kecepatan pukulan. Seluruh proses akuisisi dan pengiriman data ini akan dikendalikan oleh sebuah pusat pemrosesan utama. Untuk peran ini, mikrokontroler ESP32 dipilih sebagai komponen inti. Sebagaimana dijelaskan oleh (Nizam et al., 2022), ESP32 memiliki kemampuan untuk mendukung terkoneksi ke WI-FI secara langsung, sebuah fitur yang sangat memudahkan pengembangan sistem berbasis Internet of Things (IoT) yang fungsional dan efisien.

Dengan adanya alat ini, diharapkan proses penilaian latihan Pencak Silat di sekolah menjadi lebih modern, transparan, dan berbasis data. Berdasarkan urgensi tersebut, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul: “Perancangan Alat Ukur Kekuatan Dan Kecepatan Pukulan Pencak Silat Berbasis IoT”.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang dan membangun alat yang mampu mengukur kekuatan dan kecepatan pukulan pada pencak silat ?

2. Bagaimana merancang sebuah antarmuka (dashboard) berbasis web yang interaktif untuk menampilkan data hasil pengukuran performa pukulan dan kecepatan secara real-time?
3. Bagaimana mengintegrasikan sistem alat ukur dengan platform Google Sheets menggunakan Google Apps Script agar seluruh data sesi latihan dapat tersimpan secara otomatis dan terstruktur?

1.3 Batasan Masalah

Ada pun batasan masalah dalam perancangan ini sebagai berikut :

1. Penelitian ini hanya berfokus pada pengukuran pukulan lurus (straight punch) dalam Pencak Silat untuk menjaga konsistensi data. Alat ini tidak dirancang untuk mengukur teknik serangan lain seperti tendangan, sikutan, atau jenis pukulan lainnya (misalnya, hook atau uppercut).
2. Penelitian ini dikhususkan untuk penilaian hasil latihan siswa di sekolah dan sebagai instrumen pendukung dalam memantau kesiapan fisik atlet menjelang perlombaan.
3. Alat menggunakan mikrokontroler atau pengendali mikro berupa ESP32 menggunakan sensor Load Cell 40 kg dan Proximity E18-D80NK.
4. Alat yang dirancang adalah sebuah prototipe untuk penggunaan luar atau dalam ruangan, seperti di lapangan atau diruangan terbuka dan juga di uji dengan menggunakan jaringan WiFi yang stabil.
5. Dashboard yang dikembangkan adalah aplikasi berbasis web dan tidak mencakup pembuatan aplikasi mobile (Android/iOS) serta Penyimpanan hasil data hanya menggunakan platform Google Sheets.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Merancang dan membangun alat ukur yang mampu mengukur kekuatan dan kecepatan pukulan pencak silat berbasis IoT.
2. Merancang serta mengembangkan sebuah antarmuka (dashboard) berbasis web untuk menampilkan data hasil pengukuran pukulan dan kecepatan secara real-time.

3. Mengintegrasikan sistem alat ukur dengan platform Google Sheets menggunakan Google Apps Script agar seluruh data sesi latihan dapat tersimpan secara otomatis dan terstruktur.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat diantaranya :

1. Dapat mengukur kekuatan dan kecepatan pukulan pencak silat berbasis IoT.
2. Menyediakan data akurat yang ditampilkan melalui dashboard web interaktif secara real-time.
3. Menyimpan data hasil pengukuran secara otomatis dan terstruktur pada platform Google Sheets.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Hakikat Pencak Silat

Pencak silat pada hakikatnya adalah substansi dan sarana pendidikan rohani dan jasmani untuk membentuk manusia tangkas yang mampu menghayati dan mengamalkan nilai-nilai moral masyarakat yang luhur (Ediyono & Widodo, 2019). Hakikat yang luhur ini terwujud dalam empat aspek fundamental yang saling terintegrasi, membentuk satu kesatuan utuh dalam ajaran Pencak Silat. Keempat aspek tersebut adalah aspek Mental-Spiritual, Seni Budaya, Bela Diri, dan Olahraga. Aspek Mental-Spiritual berfokus pada pembentukan sikap kesatria dan pengendalian diri. Aspek Seni Budaya tercermin dari keindahan dan keselarasan gerak yang sering ditampilkan dalam berbagai upacara adat. Aspek Bela Diri merupakan inti praktis dari Pencak Silat untuk mempertahankan diri secara efektif. Terakhir, aspek Olahraga menjadi wadah untuk mengukur kemampuan teknik dan fisik melalui suatu sistem kompetisi yang terstruktur.

2.2 Kekuatan dan Kecepatan Pukulan dalam Pencak Silat

Kekuatan dan kecepatan pukulan merupakan dua faktor penting dalam menilai efektivitas serangan dalam Pencak Silat. Keduanya tidak hanya dipengaruhi oleh kekuatan fisik, tetapi juga oleh teknik yang tepat, pengendalian diri, dan strategi dalam pertempuran. Untuk itu, pemahaman tentang kedua parameter ini sangat penting dalam membentuk atlet Pencak Silat yang unggul.

2.2.1 Kekuatan Pukulan

Kekuatan pukulan dalam pencak silat adalah salah satu aspek yang berpengaruh dalam pertandingan. Semakin kuat pukulan seorang atlet pencak silat maka semakin besar juga dampak yang akan diterima oleh lawan. Selain itu kekuatan pukulan dapat diukur dari berat badan seorang atlet. Ketika seseorang melakukan pukulan maka akan ada massa yang terbentuk (Yasi & Nurcholis, 2019). Untuk memahami kekuatan pukulan secara ilmiah, kita perlu merujuk pada konsep dasar dalam ilmu fisika. Kekuatan pukulan secara ilmiah didefinisikan sebagai besaran gaya (Force) yang dihasilkan oleh massa yang

bergerak dengan percepatan tertentu. Dasar teori yang digunakan adalah **Hukum II Newton**, yang menyatakan bahwa gaya berbanding lurus dengan massa objek dan percepatannya. Secara matematis, hubungan tersebut dinyatakan sebagai berikut:

$$F = m \times a$$

Keterangan:

- F : Gaya atau kekuatan yang dihasilkan (Newton).
- m : Massa objek, dalam hal ini massa efektif dari lengan atau beban yang menghantam target (Kilogram).
- a : Percepatan, yaitu laju perubahan kecepatan saat pukulan dilepaskan hingga mengenai target (m/s²).

2.2.2 Kecepatan Pukulan

Selain kekuatan, kecepatan merupakan parameter krusial kedua yang menentukan efektivitas sebuah serangan dalam Pencak Silat. Pukulan yang cepat memiliki keunggulan taktis karena memberikan lawan waktu reaksi yang sangat singkat untuk menghindar atau menangkis. Secara ilmiah, Kecepatan merupakan besaran vektor yang menunjukkan seberapa cepat sebuah objek berpindah posisi dalam selang waktu tertentu. Dalam Pencak Silat, kecepatan pukulan sangat krusial karena semakin singkat waktu serangan, semakin kecil peluang lawan untuk melakukan pembelaan. Perhitungan kecepatan linier pada gerak lurus menggunakan rumus:

$$V = \frac{d}{t}$$

- v = Kecepatan (*Velocity*) dalam satuan meter per detik (m/s)
- d = Jarak (*Distance*) Jarak perpindahan atau jarak antar titik acuan (Meter)
- t = Interval waktu yang dibutuhkan untuk menempuh jarak tersebut (s)

Dalam perancangan alat ini, prinsip inilah yang diterapkan. Kecepatan pukulan diukur dengan menghitung waktu tempuh (t) saat tangan melewati dua titik sensor yang dipasang pada jarak (d) yang telah diketahui secara pasti. Semakin singkat

waktu tempuh antara kedua sensor, maka semakin tinggi kecepatan pukulan yang tercatat.

2.3 Internet Of Things

IoT, yang merupakan singkatan dari *Internet of Things*, menggambarkan konsep di mana benda-benda yang dilengkapi dengan teknologi seperti sensor dan perangkat lunak dapat saling berkomunikasi dan bertukar data melalui perangkat lain yang terhubung ke internet. Konsep ini menegaskan peran aktif internet dalam mendukung berbagai aktivitas digital sehari-hari (Sari et al., 2022). Pada intinya, IoT adalah sebuah konsep di mana objek fisik atau "benda" (things) di dunia nyata mulai dari peralatan rumah tangga hingga mesin industri ditanamkan dengan sensor, perangkat lunak, dan teknologi lainnya. Tujuan utamanya adalah agar benda-benda tersebut dapat saling terhubung, mengumpulkan, dan bertukar data melalui jaringan internet. Ekosistem IoT secara fundamental terdiri dari empat komponen utama: perangkat fisik, sensor dan aktuator, konektivitas internet, serta platform cloud untuk pemrosesan dan penyimpanan data.

2.4 ESP32

Mikrokontroler ESP32 merupakan sebuah System on Chip (SoC) yang terintegrasi dengan fitur komunikasi seperti WiFi 802.11 b/g/n dan Bluetooth versi 4.2, serta dilengkapi berbagai periferal pendukung. ESP32 termasuk chip yang memiliki kelengkapan tinggi karena di dalamnya sudah terdapat prosesor, memori penyimpanan, serta akses ke pin GPIO (General Purpose Input Output). Selain itu, ESP32 juga dapat dimanfaatkan sebagai alternatif pengganti Arduino dalam perancangan rangkaian elektronika (Savitri & Is, 2022).



Gambar 2.1 ESP32

ESP32 memiliki spesifikasi :

- a. Mikrokontroler : ESP32
- b. Ukuran Board : ± 51 mm x 25 mm (tergantung tipe, misalnya DevKit V1)
- c. Tegangan Input : 3.0V – 3.6V (operasi), 5V via USB
- d. GPIO : 34 PIN (tidak semua bisa digunakan sebagai output)
- e. Kanal PWM : 16 Kanal
- f. ADC : 12-bit (hingga 18 channel)
- g. DAC : 2 Channel (8-bit)
- h. Flash Memory : 4 MB (umumnya, bisa berbeda tergantung modul)
- i. Clock Speed : hingga 240 MHz
- j. WiFi : IEEE 802.11 b/g/n
- k. Bluetooth : Bluetooth v4.2 (Classic + BLE)
- l. Frekuensi : 2.4 GHz
- m. USB Port : Micro USB
- n. USB to Serial Converter : CP2102 / CH340 (tergantung board)

2.5 Sensor Load Cell

Load cell adalah transduser yang mengubah gaya mekanis menjadi sinyal listrik. Gaya mekanis yang diterima oleh load cell adalah gaya tekan yang menyebabkan regangan pada logam, mengubah tahanan secara variabel. Load cell dirancang untuk mengukur tekanan beban dalam satu arah saja. Ketika beban diterapkan, sinyal tegangan yang dihasilkan akan berubah sesuai dengan besarnya gaya beban (Muhammad Irkham,2021). Dalam penggunaannya sensor load cell disertai modul HX711 yang memiliki prinsip kerja mengkonversi perubahan yang terukur dalam perubahan resistansi dan mengkonversinya ke dalam besaran tegangan melalui rangkaian yang ada. Pada **Gambar 2.2**, terlihat bahwa load cell yang di gunakan memiliki kapasitas 40 kg.



Gambar 2.2 Sensor Load Cell

2.6 Modul HX711

Modul HX711 adalah antarmuka krusial antara sensor Load Cell dengan mikrokontroler. Modul ini merupakan Analog-to-Digital Converter (ADC) presisi tinggi 24-bit yang juga berfungsi sebagai penguat sinyal (amplifier). Sinyal listrik yang dihasilkan oleh Load Cell sangatlah lemah sehingga tidak dapat dibaca langsung oleh mikrokontroler. Oleh karena itu, HX711 bertugas untuk memperkuat sinyal tersebut dan mengubahnya menjadi data digital yang akurat.



Gambar 2.3 Modul HX711

2.7 Sensor Proximity E18-D80NK

Sensor Proximity E18-D80NK merupakan sebuah komponen elektronik yang mampu mendeteksi objek dari jarak jauh tanpa perlu adanya sentuhan (non-kontak). Prinsip kerjanya didasarkan pada teknologi inframerah, di mana sensor ini secara aktif memancarkan seberkas cahaya inframerah. Jika cahaya tersebut mengenai sebuah objek, pantulannya akan ditangkap kembali oleh fototransistor yang ada pada sensor, yang kemudian akan menghasilkan sebuah sinyal keluaran (output signal) (Syahrul Ramadhan,2024).



Gambar 2.4 Sensor Proximity E18-D80NK

2.8 BreadBoard

Breadboard, sebuah papan konstruksi yang digunakan untuk membuat dan menguji coba prototipe rangkaian elektronik tanpa memerlukan proses penyolderan (solderless). Papan ini memiliki lubang-lubang kecil yang terhubung secara

internal, yang memungkinkan komponen-komponen dapat dipasang dan dihubungkan dengan mudah menggunakan kabel jumper.



Gambar 2.5 BreadBoard

2.9 Kabel Jumper

Kabel jumper berfungsi untuk menghubungkan komponen-komponen dalam rangkaian elektronik, khususnya pada prototipe yang menggunakan breadboard.



Gambar 2.6 Kabel Jumper
(Sumber : <https://shorturl.at/0GsxM>)

2.10 Kabel Mikro USB

Kabel Micro USB memainkan peran yang sangat penting dalam pengembangan dan penerapan sistem Internet of Things (IoT), khususnya dalam menghubungkan perangkat-perangkat IoT berbasis mikrokontroler seperti ESP32 dengan komputer atau sumber daya lainnya. Mikrokontroler yang merupakan inti dari banyak aplikasi IoT, sering kali membutuhkan koneksi fisik untuk berbagai keperluan yang mana kabel Micro USB menjadi solusi utama.



Gambar 2.7 Kabel Mikro USB
(Sumber : <https://shorturl.at/548Qy>)

2.11 Arduino IDE (Integrated Development Environment)

Arduino IDE (Integrated Development Environment) adalah perangkat lunak yang digunakan untuk merancang logika pemrograman yang terintegrasi dalam pengembangan berbagai perangkat keras. Arduino IDE berfungsi untuk menulis program, mengompilasinya menjadi kode biner, dan mengunggahnya ke dalam memori microcontroller. Bahasa pemrograman yang digunakan dalam Arduino IDE adalah C, yang digunakan untuk membuat logika input dan output pada sistem (Rohman et al., 2021).



Gambar 2.8 Arduino IDE
(Sumber : <https://shorturl.at/tEuBR>)

2.12 Visual Studio Code

Visual Studio Code merupakan editor kode sumber yang ringan namun sangat tangguh, tersedia untuk berbagai sistem operasi seperti Windows, macOS, dan Linux. Secara default, editor ini mendukung beberapa bahasa pemrograman utama seperti JavaScript, TypeScript, dan Node.js, menjadikannya pilihan ideal untuk pengembangan aplikasi dan web. Selain fitur dasar tersebut, Visual Studio Code juga memiliki banyak ekstensi yang dapat diinstal untuk mendukung bahasa pemrograman lainnya, seperti C++, C#, Java, Python, PHP, dan Go, serta berbagai runtime seperti .NET dan Unity.



Gambar 2.9 Visual Studio Code
(Sumber : <https://shorturl.at/HAnA0>)

2.13 Web

World Wide Web (W3) atau yang biasa disebut web merupakan bagian dari internet yang bisa diakses melalui peramban (browser). Meskipun web merupakan komponen terbesar dari internet, keduanya memiliki pengertian yang berbeda. Secara fundamental, web adalah suatu sistem server internet yang berfungsi untuk menyimpan dan menampilkan dokumen-dokumen yang dibuat menggunakan bahasa markup bernama HTML (HyperText Markup Language) (Pohan et al., 2024).

2.13.1 HTML

HTML (HyperText Markup Language) merupakan bahasa markup standar yang digunakan untuk membangun struktur halaman web. Bahasa ini bekerja dengan menggunakan serangkaian elemen atau tag yang memberi tahu browser bagaimana cara menampilkan konten.

2.13.2 CSS

CSS (Cascading Style Sheets) adalah bahasa stylesheet yang berfungsi untuk mengatur tampilan visual dari elemen-elemen HTML. Dengan CSS, pengembang web dapat mengontrol aspek desain seperti warna, font, ukuran teks, jarak antar elemen, dan tata letak halaman secara keseluruhan.

2.13.3 Javascript

JavaScript adalah bahasa pemrograman yang memberikan interaktivitas dan dinamika pada halaman web. Berbeda dengan HTML yang bersifat statis, JavaScript memungkinkan website merespons aksi pengguna seperti klik tombol, input form, atau gerakan mouse. Bahasa ini dapat memanipulasi konten HTML dan CSS secara real-time tanpa perlu memuat ulang halaman.

2.14 Google Sheets

Google Sheets adalah aplikasi pengolah data spreadsheet berbasis cloud yang dikembangkan oleh Google sebagai bagian dari layanan Google Workspace. Sebagai program spreadsheet berbasis web dari Google, Google Sheets menawarkan keunggulan signifikan dibandingkan aplikasi desktop tradisional seperti Microsoft Excel, terutama dalam hal kolaborasi dan aksesibilitas. Dengan memanfaatkan teknologi komputasi awan (cloud computing), Google Sheets memungkinkan pengguna untuk membuat dan mengedit file yang sama secara bersamaan dari perangkat apa pun termasuk komputer dan handphone selama terhubung ke internet (Mufti Mufti et al., 2024). Karena layanan ini tersedia secara gratis tanpa memerlukan lisensi, Google Sheets menjadi solusi yang efisien dan kuat untuk berbagai kebutuhan, termasuk sebagai platform penyimpanan data.



Google Sheets

Gambar 2.10 Google Sheets
(Sumber : <https://shorturl.at/qgvAI>)

2.15 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti (Tahun)	Judul	State of The Art
1	Harry Hardiansyah (2024)	Pengembangan Alat Pengukur Kekuatan Tendangan Bela Diri Pencak Silat Dengan Sensor Load Cell	<ul style="list-style-type: none"> • Mikrokontroller NODEMCU ESP8266 • Menggunakan Sensor Load Cell dan Modul HX711
2	Syahrul Ramadhan, et al (2024)	Alat Ukur Kemampuan Atlet Bela Diri Berbasis Arduino Uno	<ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan Arduino Uno • Menggunakan Sensor Proximity E18- D80NK • Menggunakan Sensor FSR(Force Sensing Resistor)
3	Muhammad Zakka Ramadhan (2022)	Perancangan Alat Ukur Kekuatan Tendangan Berbasis Mikrokontroler Untuk Monitoring Perkembangan Latihan Pesilat	<ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan Mikrokontroller ESP32 • Menggunakan Sensor piezoelektrik • Menggunakan FireBase dan SpreadSheet untuk monitoring

4	Ulfa Lunnisa, et al (2022)	Perancangan Alat Pengukur Kecepatan dan Kekuatan Tendangan Serta Pukulan pada Beladiri dengan Sensor Force Sensing Resistor (FSR) Dan Nodemcu ESP32	<ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan Mikrokontroller ESP32 • Menggunakan Sensor FRS((Force Sensing Resistor) • Menggunakan Aplikasi Blynk
---	----------------------------	---	--

Dari beberapa penelitian yang telah ditelusuri, terdapat konsep serupa terkait sistem pengukuran performa berbasis IoT. Penelitian terdahulu umumnya hanya mengukur satu parameter seperti kekuatan tendangan atau kecepatan reaksi secara terpisah. Melihat hal tersebut, peneliti mengembangkan sistem pengukuran yang lebih komprehensif dengan merancang alat yang mampu mengukur kekuatan dan kecepatan pukulan secara bersamaan menggunakan kombinasi sensor Load

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode pengembangan Prototype. Metode ini dipilih karena memungkinkan adanya interaksi berkelanjutan antara peneliti dan pengguna untuk memastikan alat yang dikembangkan sesuai dengan kebutuhan di lapangan. Mengingat alat ini merupakan sebuah prototipe fungsional untuk mengukur kekuatan dan kecepatan, metode ini sangat efektif untuk menangani perubahan atau perbaikan teknis pada sensor dan sistem IoT selama proses pengembangan.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

3.2.1 Waktu Penelitian

Waktu Penelitian ini direncanakan akan dilaksanakan mulai bulan 7 ,2025 sampai bulan 3, tahun 2026 . dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian

No	Agenda Kegiatan	Bulan								
		07	08	09	10	11	12	01	02	03
1	Pergantian Judul									
2	Studi Literatur									
3	Seminar Proposal dan Revisi									
4	Merancang dan Menguji Sistem									
5	Penyelesaian Skripsi									

3.2.2 Tempat Penelitian

Tempat penelitian merupakan lokasi dimana suatu penelitian dilakukan. penelitian ini akan di lakukan di Jalan Kongsig dua Marindal 1 Kecamatan Patumbak Kabupaten Deli Serdang.

3.3 Bahan Dan Peralatan Yang Digunakan

3.3.1 Peralatan Perangkat Keras (Hardware)

Daftar peralatan perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

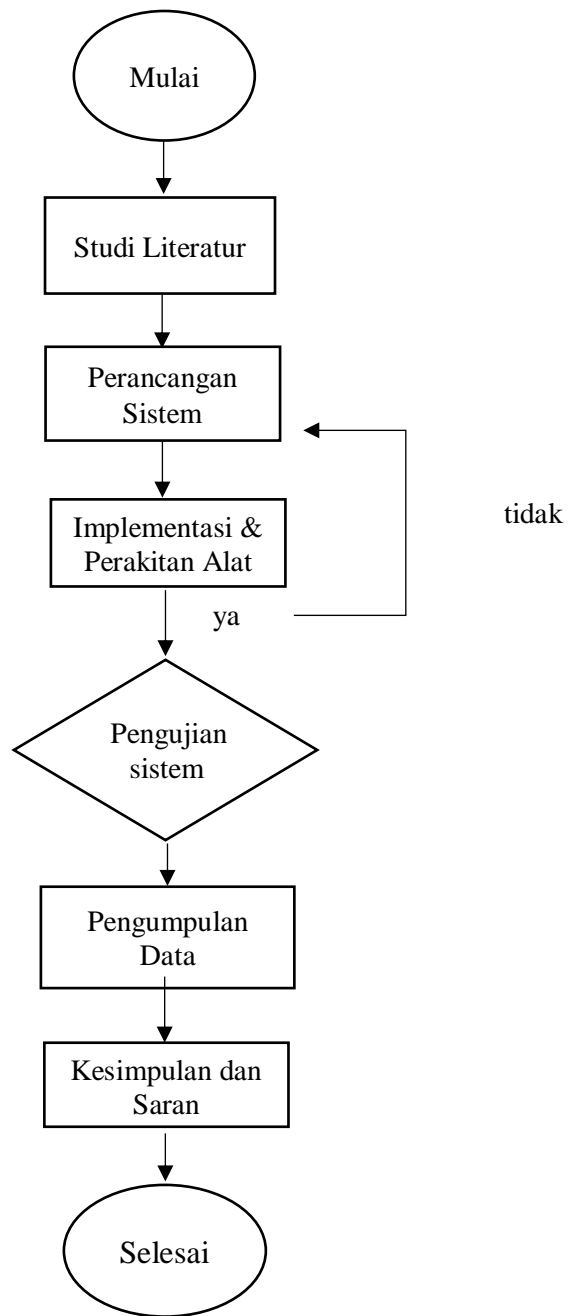
- a. Laptop Asus dengan spesifikasi processor Intel core i5 8250U 1.62 GHz
8 CPU Core
- b. 1 buah Sensor Load Cell dengan kapasitas 40kg
- c. ESP32
- d. 1 buah Modul Amplifier yaitu HX711
- e. 2 buah Sensor Proximity E18-D80NK
- f. 2 buah Breadboard
- g. Kabel Jumper Female-Male
- h. Kabel U lunak Jumper Male-Male
- i. Kabel Micro USB
- j. 1 buah Samsak atau Pecing Pad petak target pukulan

3.3.2 Peralatan Perangkat Lunak (Software)

- a. Arduino IDE (Integrated Development Environment)
- b. Visual Studio Code

3.4 Tahapan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan secara sistematis dan terstruktur dengan mengikuti beberapa tahapan utama untuk memastikan bahwa setiap proses, mulai dari perancangan hingga evaluasi, berjalan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Tahapan-tahapan ini mencakup studi literatur, perancangan sistem, implementasi, hingga kesimpulan hasil data. Secara ringkas, keseluruhan tahapan penelitian mulai dari identifikasi masalah hingga penarikan kesimpulan disajikan pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

Berikut merupakan penjelasan dari tahapan-tahapan penelitian yang terdapat pada **Gambar 3.1**.

1. Studi Literatur

Peneliti melakukan studi literatur secara mendalam untuk mengumpulkan landasan teori yang kokoh. Tahapan ini mencakup pengkajian berbagai sumber seperti jurnal ilmiah, buku, dan skripsi terdahulu untuk memahami konsep Pencak

Silat, teori fisika tentang kekuatan dan kecepatan, serta teknologi yang akan digunakan seperti Internet of Things (IoT) dan komponen-komponen elektronik.

2. Perancangan Sistem

Peneliti merancang keseluruhan sistem secara konseptual dan teknis sebelum memulai perakitan. Pada tahap ini, peneliti membuat diagram blok arsitektur sistem, skema rangkaian detail untuk koneksi perangkat keras, serta diagram alur (flowchart) untuk menggambarkan logika dari perangkat lunak yang akan dibuat.

3. Implementasi & Perakitan Alat

Peneliti mengimplementasikan rancangan yang telah dibuat dengan merakit semua komponen perangkat keras menjadi sebuah prototipe fungsional. Bersamaan dengan itu, peneliti juga melakukan proses penulisan kode program (*coding*) dan mengunggahnya ke dalam mikrokontroler.

4. Pengujian Sistem

Peneliti menguji prototipe yang telah selesai dirakit untuk memastikan setiap fungsi berjalan sesuai harapan. Jika dalam pengujian ditemukan *error* atau ketidaksesuaian (alur "Tidak"), peneliti akan kembali ke tahap implementasi untuk melakukan perbaikan. Proses ini diulang hingga sistem dinyatakan berfungsi dengan baik (alur "Ya").

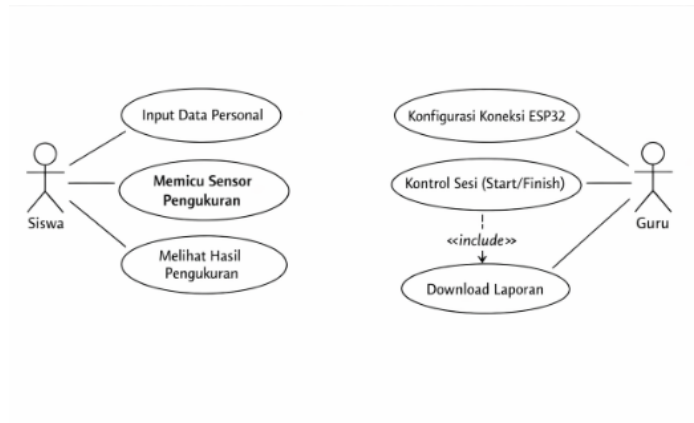
5. Pengumpulan Data

Peneliti mengumpulkan data primer dengan cara menguji coba alat yang sudah fungsional kepada para anggota Pencak Silat. Data kekuatan dan kecepatan yang terekam masuk ke dalam Google Sheets.

6. Kesimpulan dan Saran

Setelah semuanya selesai lanjut kesimpulan dan saran. Kesimpulan diambil dari keseluruhan penelitian dan memberikan saran untuk penelitian selanjutnya.

3.5 Use Case Diagram



Gambar 3.2 Use case diagram

Use case diagram pada **Gambar 3.2**, menggambarkan interaksi fungsional antara dua aktor, yaitu Siswa dan Guru, terhadap sistem pengukuran kekuatan dan kecepatan pukulan berbasis IoT. Siswa bertindak sebagai pengguna utama yang berinteraksi dengan sistem melalui dua tahapan, yaitu menginput data personal pada dashboard web dan memicu sensor pengukuran (Load Cell dan Proximity) melalui benturan pada target. Sistem kemudian memproses sinyal dari kedua sensor tersebut, menampilkan hasil kalkulasi berupa nilai kekuatan dan kecepatan secara real-time pada antarmuka web, serta menyimpan data tersebut ke dalam database sebagai riwayat pengukuran.

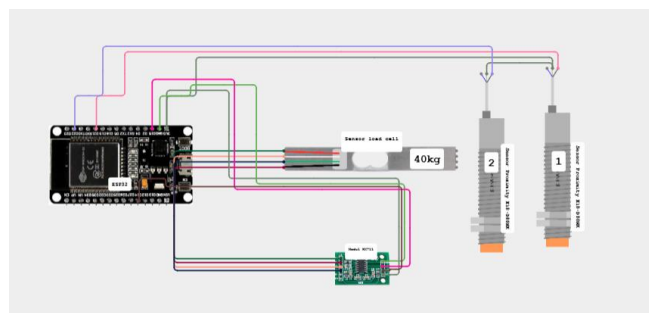
Guru berperan sebagai pengelola (admin) sistem yang memiliki hak akses untuk melakukan konfigurasi awal, yaitu menguji koneksi jaringan dengan memasukkan alamat IP ESP32 sebelum sesi latihan dimulai. Selain itu, Guru memegang kendali penuh atas jalannya sesi pengukuran melalui fitur Start dan Finish, memantau progres latihan siswa melalui data yang tersimpan, serta mengunduh laporan rekapitulasi hasil pengukuran secara otomatis dalam format file .xls.

Perancangan use case ini diselaraskan dengan metode pengembangan Prototype, di mana kebutuhan fungsional dari masing-masing pengguna diterjemahkan ke dalam rancangan antarmuka dan alur sistem secara bertahap. Pendekatan ini memungkinkan evaluasi dan pengujian langsung terhadap interaksi pengguna, sehingga alur kerja sistem dapat dioptimalkan sesuai dengan kebutuhan operasional di lapangan sebelum diimplementasikan secara penuh.

3.6 Rancangan Arsitektur Sistem

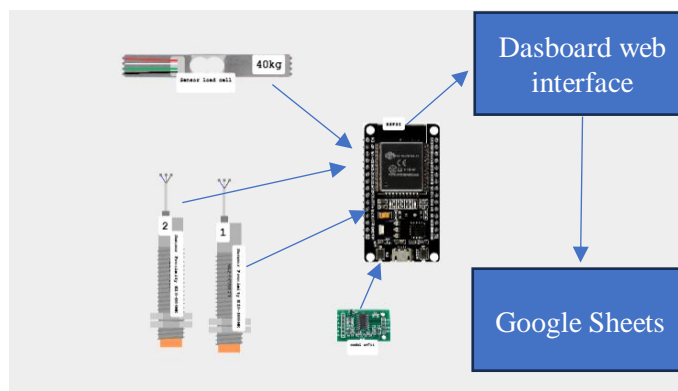
3.6.1 Perancangan Rangkaian

Berikut adalah desain skematik lengkap yang merinci koneksi antar komponen elektronik untuk sistem pengukuran kekuatan dan kecepatan pukulan pada Pencak Silat :



Gambar 3.3 Perancangan Rangkaian

3.6.2 Desain Diagram



Gambar 3.4 Diagram Blok

Diagram blok sistem pada **Gambar 3.4** ,menggambarkan arsitektur lengkap alur kerja sistem pengukuran kekuatan dan kecepatan pukulan berbasis IoT yang

terintegrasi dengan Google Sheets. Sistem dimulai dari lapisan input pengguna dimana peserta mengisi data personal (nama, umur, berat badan, dan jenis kelamin) melalui dashboard web yang dikembangkan menggunakan HTML, CSS, dan JavaScript, kemudian dilanjutkan dengan aktivasi sistem pengukuran melalui tombol "Start" yang mengaktifkan tiga komponen sensor utama yaitu dua buah sensor proximity E18-D80NK yang dipasang dengan jarak 20 cm untuk mengukur kecepatan dan satu sensor Load Cell 40kg yang dikombinasikan dengan modul HX711 sebagai amplifiier untuk mengukur kekuatan pukulan. Data yang terkumpul

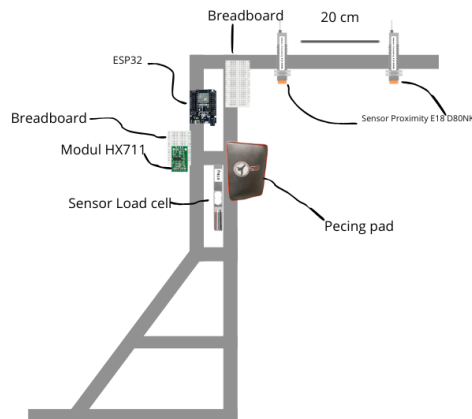
dari ketiga sensor tersebut selanjutnya diproses oleh mikrokontroler ESP32 yang berfungsi sebagai unit pemrosesan pusat untuk menghitung nilai kecepatan menggunakan rumus $v = d/t$ dan mengkonversi data analog dari load cell menjadi nilai kekuatan dalam satuan Newton, kemudian data hasil pengukuran ditransmisikan secara real-time melalui koneksi WiFi menuju dashboard web untuk ditampilkan kepada pengguna dan secara otomatis tersimpan ke platform Google Sheets sebagai database penyimpanan permanen. Setelah sesi pengukuran selesai dengan menekan tombol "Finish", sistem akan otomatis menggenerate laporan lengkap yang berisi data personal peserta beserta seluruh hasil pengukuran pukulan dan langsung memicu proses download file tanpa memerlukan interaksi tambahan dari pengguna, sehingga menciptakan workflow yang efisien dan terintegrasi penuh untuk evaluasi performa anggota Pencak Silat.

3.6.3 Perancangan Mekanik

Peneliti merancang struktur mekanik alat ukur untuk menempatkan komponen ESP32, sensor Load Cell dengan modul HX711, dan dua sensor Proximity E18-D80NK agar terlindungi dan kokoh selama pengukuran. Perancangan ini juga menentukan posisi optimal sensor dan batasan area pengukuran untuk pengguna.

Kerangka utama menggunakan besi hollow 2x3 cm sebagai struktur pondasi yang menopang pecing pad sebagai target pukulan. Sensor Load Cell dipasang di belakang pecing pad dengan mounting bracket yang kuat untuk menahan impact pukulan. Kedua sensor Proximity dipasang horizontal dengan jarak 20 cm satu sama lain pada ketinggian setinggi dada pengguna untuk mengukur kecepatan tangan saat melakukan pukulan. Komponen elektronik ESP32 beserta rangkaian

kabel jumper dan modul HX711 dirakit di atas dua buah breadboard. Breadboard tersebut direkatkan secara langsung pada kerangka besi menggunakan perekat (double tape) yang tebal sebagai isolator untuk mencegah terjadinya hubungan arus pendek (korsleting).



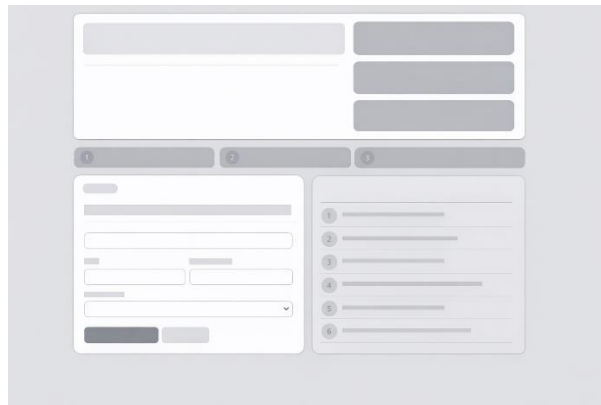
Gambar 3.5 Rancangan Alat Ukur

3.6.4 Rancangan Website

Fitur utama yang nantinya direncanakan yaitu:

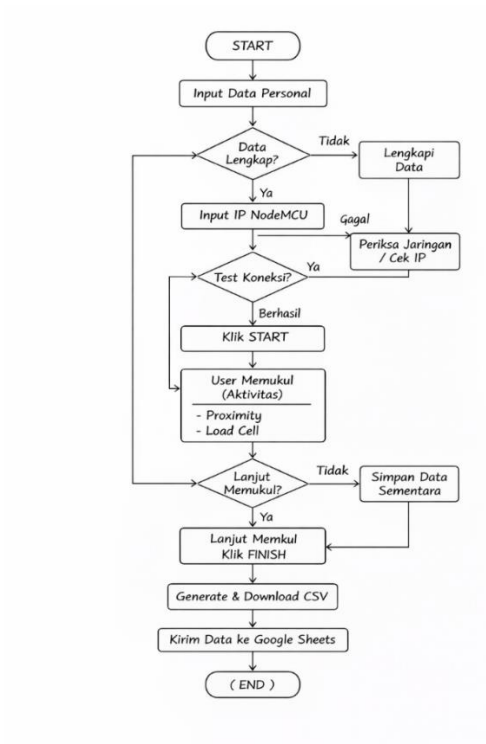
1. Formulir Input Data Peserta: Menyediakan kolom identitas peserta (nama, umur, berat badan, jenis kelamin) yang wajib diisi. Sistem dilengkapi dengan validasi otomatis yang mengharuskan kelengkapan data sebelum pengguna dapat mengoperasikan sistem.
2. Panel Tes Koneksi ESP32: Terdapat kolom Input IP ESP32 dan tombol Tes Koneksi untuk memastikan komunikasi antara website dan mikrokontroler melalui jaringan WiFi sudah terhubung dengan baik sebelum sesi dimulai.
3. Visualisasi Hasil dan Kontrol Pengukuran: Menyediakan panel interaktif yang memuat tombol Start dan Finish untuk mengontrol sesi latihan. Panel ini menampilkan statistik real-time (jumlah pukulan, kekuatan tertinggi, kecepatan tertinggi) serta dilengkapi fitur konversi satuan interaktif (Newton ke Kgf, dan m/s ke km/jam).
4. Panel Debug Sensor: Menyediakan pemantauan status langsung (raw status) dari kedua sensor Proximity, modul HX711. Fitur ini berfungsi untuk

5. memudahkan proses identifikasi masalah (troubleshooting) pada perangkat keras.
6. Otomatisasi Penyimpanan dan Ekspor Data: Mengintegrasikan sistem dengan Google Sheets melalui jaringan internet untuk sinkronisasi database *cloud* secara otomatis saat tombol *Finish* ditekan. Selain itu, sistem juga akan langsung menghasilkan dan mengunduh laporan sesi dalam format xls.



Gambar 3.6 Rancangan Website

3.6.5 Flowchart Sistem



Gambar 3.7 Flowchart Sistem

Pada Flowchart diatas Sistem diawali dengan tahap inisialisasi di mana pengguna melakukan Input Data Personal melalui antarmuka website. Pada tahap ini, sistem melakukan validasi otomatis untuk memastikan apakah data yang dimasukkan sudah lengkap jika belum, pengguna akan diminta untuk melengkapi data kembali, namun jika sudah valid, pengguna dapat melanjutkan ke proses Input IP ESP32. Setelah alamat IP dimasukkan, sistem melakukan Uji Koneksi untuk memastikan komunikasi antara website dan perangkat keras terjalin dengan baik. Jika koneksi gagal, pengguna diarahkan untuk memeriksa jaringan atau alamat IP, tetapi jika berhasil, sistem akan berada dalam status siap dan pengguna dapat menekan tombol START untuk memulai sesi pengukuran.

Setelah tombol START aktif, siswa dapat memulai aktivitas memukul target. Secara otomatis, Sensor Proximity akan mendeteksi kecepatan dan Sensor Load Cell akan mendeteksi kekuatan dari pukulan tersebut secara bersamaan. Data hasil sensor ini kemudian diproses dan ditampilkan pada dashboard secara real-time. Sistem memberikan fleksibilitas melalui opsi pengulangan; jika siswa ingin melanjutkan pukulan berikutnya, proses akan kembali ke tahap aktivitas memukul. Namun, jika sesi pengukuran sudah dianggap cukup, sistem akan melakukan penyimpanan data sementara sebelum pengguna menekan tombol FINISH.

Tahap akhir dari alur sistem ini terjadi saat tombol FINISH ditekan, di mana sistem secara otomatis akan menghasilkan (generate) serta mengunduh file xls sebagai laporan lokal pengguna. Secara simultan, sistem juga melakukan sinkronisasi data ke Google Sheets melalui internet untuk disimpan ke dalam database cloud permanen yang di data lebih lanjut oleh guru atau pelatih. Seluruh rangkaian proses ini kemudian berakhir pada terminal END, menandakan bahwa data telah tersimpan dengan aman dan sesi pengukuran telah tuntas.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi Sistem

Tahap implementasi merupakan tahap realisasi dari perancangan sistem yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Pada tahap ini, seluruh komponen perangkat keras dan perangkat lunak dikembangkan serta diintegrasikan menjadi satu sistem yang dapat berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian.

Implementasi dilakukan dengan merakit komponen utama seperti ESP32 sebagai mikrokontroler, sensor Load Cell yang dikombinasikan dengan modul HX711 untuk mengukur kekuatan pukulan, serta sensor Proximity E18-D80NK untuk mengukur kecepatan pukulan. Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan dashboard berbasis web yang berfungsi untuk menampilkan hasil pengukuran secara real-time.

Pada tahap ini, tidak hanya dilakukan perakitan perangkat keras, tetapi juga pengembangan perangkat lunak berupa program pada ESP32 dan sistem antarmuka berbasis web. Seluruh komponen kemudian diintegrasikan melalui jaringan WiFi sehingga memungkinkan pengiriman data secara langsung ke dashboard dan penyimpanan data pada Google Sheets.

Dengan adanya tahap implementasi ini, sistem yang dirancang sebelumnya dapat diuji secara nyata untuk mengetahui kinerja alat dalam mengukur kekuatan dan kecepatan pukulan pencak silat.

4.1.1 Implementasi Perangkat Keras (Hardware)

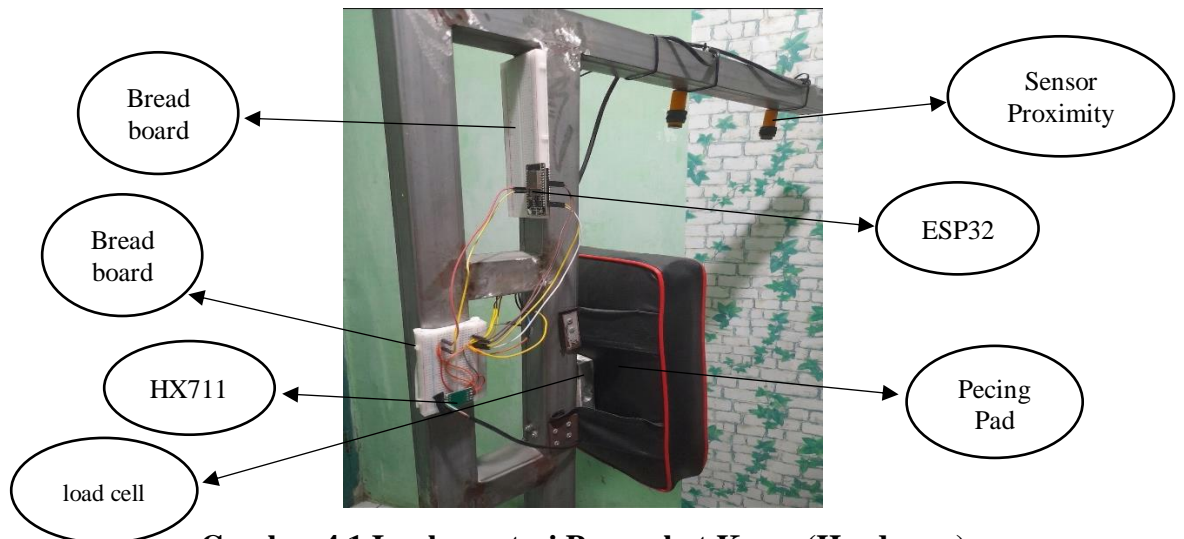
Implementasi perangkat keras dilakukan dengan merakit seluruh komponen yang telah dirancang pada tahap sebelumnya menjadi satu sistem yang terintegrasi. Komponen utama yang digunakan dalam perancangan alat ini meliputi ESP32 sebagai mikrokontroler, sensor Load Cell yang dikombinasikan dengan modul HX711 untuk mengukur kekuatan pukulan, serta sensor Proximity E18-D80NK yang digunakan untuk mengukur kecepatan pukulan.

Pada implementasinya, sensor Load Cell dipasang pada bagian belakang pecing pad sebagai media penangkap gaya dari pukulan. Ketika terjadi benturan, sensor akan mendeteksi tekanan yang kemudian dikonversi menjadi sinyal listrik.

Sinyal tersebut selanjutnya diperkuat oleh modul HX711 sebelum diproses oleh ESP32 menjadi nilai kekuatan.

Sementara itu, dua sensor proximity dipasang secara sejajar pada bagian depan alat dengan jarak sekitar 20 cm. Sensor ini berfungsi untuk mendeteksi pergerakan tangan saat melakukan pukulan, sehingga waktu tempuh antar sensor dapat digunakan untuk menghitung kecepatan pukulan.

Seluruh komponen dirangkai menggunakan breadboard dan kabel jumper tanpa proses penyolderan. Hal ini bertujuan untuk mempermudah proses perakitan, pengujian, serta perbaikan sistem apabila terjadi kesalahan selama tahap pengembangan. Hasil implementasi Hardware secara keseluruhan dapat dilihat pada **Gambar 4.1**.



Gambar 4.1 Implementasi Perangkat Keras (Hardware)

Berdasarkan **Gambar 4.1**, terlihat bagian sisi alat yang menunjukkan rangka utama berbahan besi sebagai penopang sistem. Pada bagian tengah terdapat pecing pad yang berfungsi sebagai target pukulan. Di belakang pecing pad terpasang sensor load cell yang digunakan untuk mendeteksi kekuatan pukulan.

Selain itu, terlihat komponen elektronik berupa ESP32 yang berfungsi sebagai mikrokontroler, serta modul HX711 yang digunakan untuk memperkuat sinyal dari sensor load cell. Kedua komponen tersebut dihubungkan menggunakan kabel jumper melalui breadboard sebagai media perakitan sementara.

Pada bagian atas alat juga terlihat sensor proximity yang dipasang untuk mendeteksi kecepatan pukulan. Penempatan seluruh komponen disusun sedemikian

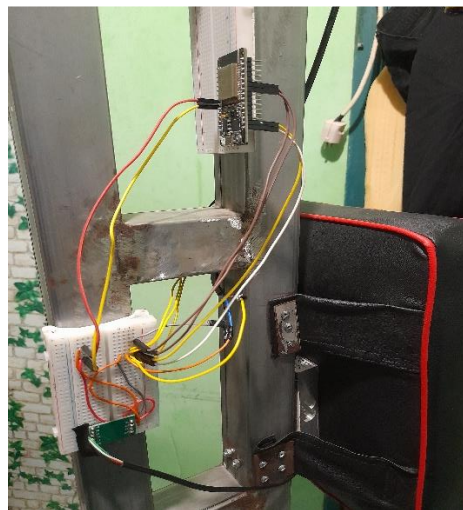
rupa agar sistem dapat bekerja secara optimal dalam melakukan pengukuran secara real-time.



Gambar 4.2 Tampilan Keseluruhan Alat

Berdasarkan **Gambar 4.2**, alat yang telah dirancang memiliki struktur rangka berbahan besi yang berfungsi sebagai penopang utama agar alat tetap stabil saat digunakan. Pada bagian tengah alat terdapat pecing pad yang digunakan sebagai media pukulan dalam proses pengukuran.

Selain itu, komponen elektronik seperti ESP32, sensor load cell, dan modul HX711 dipasang pada bagian rangka untuk memproses data kekuatan pukulan. Pada bagian atas alat juga terpasang sensor proximity yang digunakan untuk mendeteksi kecepatan pukulan. Keseluruhan sistem dirancang agar dapat bekerja secara terintegrasi dalam melakukan pengukuran secara real-time.



Gambar 4.3 Rangkaian Elektronik Sistem

Berdasarkan **Gambar 4.3**, terlihat rangkaian elektronik sistem alat ukur kekuatan dan kecepatan pukulan pencak silat berbasis IoT yang dirakit menggunakan breadboard sebagai media penghubung antar komponen. Pada rangkaian ini, ESP32 berfungsi sebagai pusat kendali utama yang menerima data dari dua sensor proximity E18-D80NK dan satu sensor load cell 40 kg.

Kedua sensor proximity dihubungkan ke ESP32 melalui breadboard, di mana sensor proximity pertama terhubung ke pin GPIO19 dan sensor proximity kedua terhubung ke pin GPIO18. Untuk catu daya, kabel brown pada masing-masing sensor dihubungkan ke jalur 3,3 V, kabel blue dihubungkan ke GND, dan kabel black dihubungkan ke pin input ESP32 sebagai sinyal keluaran sensor. Kedua sensor proximity tersebut dipasang dengan jarak sekitar 20 cm untuk mendeteksi selisih waktu tempuh pukulan.

Sementara itu, sensor load cell 40 kg dihubungkan ke modul HX711 sebagai penguat sinyal, kemudian modul HX711 dihubungkan ke ESP32 melalui breadboard. Pin DT (DOUT) terhubung ke GPIO25 dan pin SCK (CLK) terhubung ke GPIO26. Pin VCC pada HX711 dihubungkan ke 3,3V ESP32, sedangkan pin GND dihubungkan ke GND. Pada bagian load cell, kabel merah dihubungkan ke terminal E+, kabel hitam ke E-, kabel hijau ke A+, dan kabel putih ke A-.

Penggunaan breadboard pada rangkaian ini memudahkan proses perakitan, pengujian, serta modifikasi koneksi antar komponen selama tahap pengembangan prototipe. Dengan susunan rangkaian tersebut, ESP32 mampu membaca data dari sensor proximity dan load cell, kemudian mengolah dan mengirimkan hasil pengukuran ke dashboard web secara real-time.



Gambar 4.4 Sensor Proximity dan Jarak Antar Sensor

Berdasarkan **Gambar 4.4**, terlihat dua sensor proximity yang dipasang pada bagian atas alat dengan jarak sekitar 20 cm. Jarak antar sensor diukur menggunakan penggaris untuk memastikan kesesuaian dengan perancangan sistem.

Sensor proximity berfungsi untuk mendeteksi pergerakan tangan saat melakukan pukulan dengan prinsip pemantulan cahaya inframerah. Ketika tangan melewati kedua sensor tersebut, sistem akan mencatat waktu tempuh yang kemudian digunakan untuk menghitung kecepatan pukulan.

Penentuan jarak antar sensor yang tepat sangat penting agar hasil pengukuran kecepatan dapat diperoleh secara akurat dan sesuai dengan perhitungan yang telah dirancang.

4.1.2 Implementasi Perangkat Lunak (Software)

Implementasi perangkat lunak pada sistem ini dilakukan dengan menggunakan Arduino IDE sebagai media pemrograman untuk ESP32. Program yang dibuat bertujuan untuk mengatur pembacaan data dari sensor load cell dan sensor proximity, serta melakukan pengolahan data sebelum dikirimkan ke sistem dashboard.

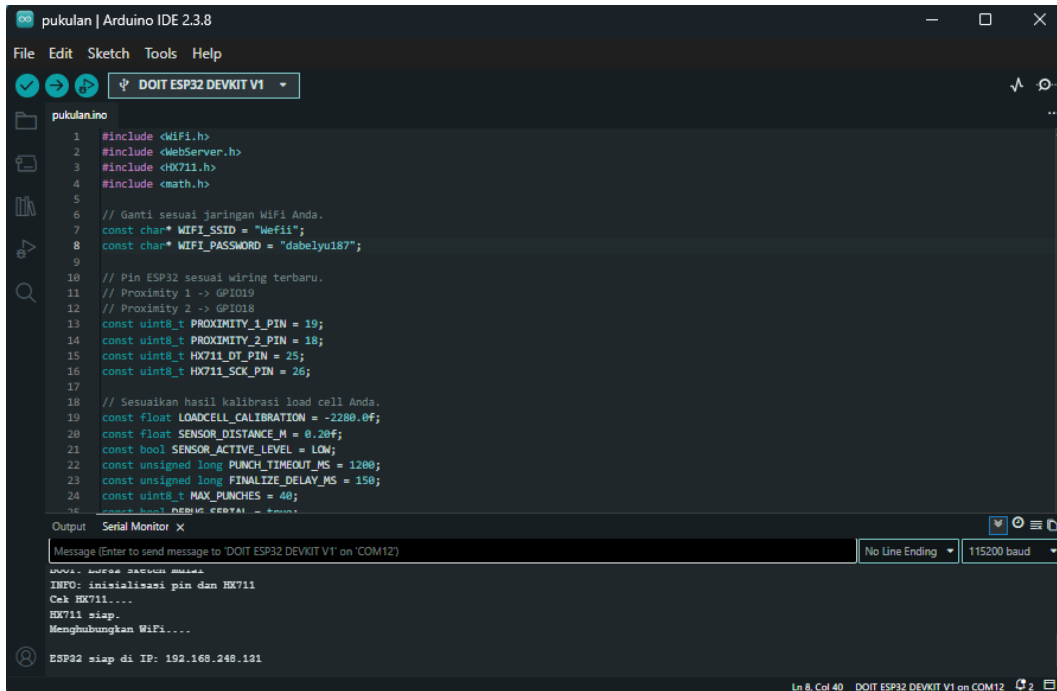
Pada bagian pembacaan kekuatan pukulan, ESP32 menerima data dari sensor load cell melalui modul HX711. Data yang diperoleh berupa nilai sinyal yang kemudian dikonversi menjadi nilai kekuatan pukulan melalui proses kalibrasi yang telah dilakukan sebelumnya.

Sementara itu, untuk pengukuran kecepatan pukulan, ESP32 membaca sinyal dari dua sensor proximity yang dipasang secara sejajar. Ketika tangan melewati sensor pertama dan sensor kedua, sistem akan mencatat waktu tempuh yang kemudian digunakan untuk menghitung kecepatan pukulan.

Selain itu, ESP32 juga dikonfigurasi untuk terhubung dengan jaringan WiFi. Koneksi ini memungkinkan sistem untuk mengirimkan data hasil pengukuran ke dashboard berbasis web secara real-time menggunakan metode komunikasi HTTP.

Data yang dikirimkan meliputi nilai kekuatan dan kecepatan pukulan. Data tersebut kemudian ditampilkan pada dashboard web dan disimpan pada Google Sheets sebagai media penyimpanan untuk keperluan lebih lanjut.

Dengan adanya implementasi perangkat lunak ini, sistem dapat bekerja secara otomatis dalam membaca, mengolah, dan menampilkan data hasil pengukuran secara real-time.



Gambar 4.5 Program pada ESP32 menggunakan Arduino IDE

Berdasarkan **Gambar 4.5**, terlihat program yang digunakan pada ESP32 untuk mengatur keseluruhan sistem. Program tersebut mencakup proses pembacaan data dari sensor load cell dan sensor proximity, serta pengolahan data menjadi nilai kekuatan dan kecepatan pukulan.

Selain itu, program juga mengatur koneksi ESP32 dengan jaringan WiFi sehingga data hasil pengukuran dapat dikirimkan ke dashboard web secara real-time. Pada tampilan serial monitor juga terlihat bahwa ESP32 telah berhasil terhubung ke jaringan dan siap digunakan untuk proses pengukuran.

Tabel 4.1 Penjelasan Program ESP32

No	Bagian Program	pin /Komponen	Fungsi
1	Library	WiFi, WebServer, HX711	Mendukung koneksi WiFi, web server, dan pembacaan load cell

2	Konfigurasi WiFi	-	Digunakan untuk koneksi jaringan dan pembacaan sensor
3	Sensor Proximity 1	GPIO19	Mendeteksi awal pergerakan pukulan
4	Sensor Proximity 2	GPIO18	Mendeteksi akhir pergerakan pukulan
5	Sensor Load Cell (HX711)	DT: GPIO25, SCK: GPIO26	Membaca dan memperkuat sinyal dari load cell
6	Setup()	-	Inisialisasi sistem, sensor, dan koneksi WiFi
7	Loop()	-	Menjalankan proses pembacaan dan pengolahan data
8	Perhitungan Kecepatan	Jarak 20 cm	Menghitung kecepatan berdasarkan waktu tempuh
9	Pengolahan Data	-	Mengolah data kekuatan dan kecepatan
10	Web Server	Port 80	Mengirim data ke dashboard web
11	Penyimpanan Data	Array	Menyimpan hasil pukulan
12	Pengiriman Data	WiFi	Mengirim data secara real-time

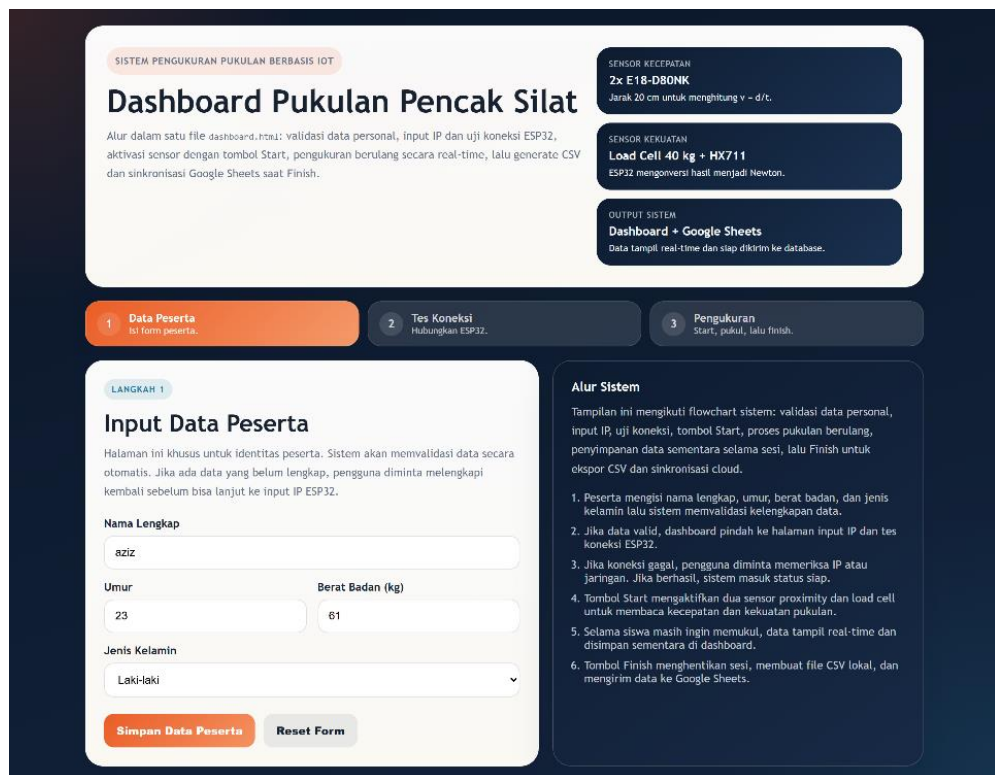
Tabel 4.1, menunjukkan bagian utama dari program ESP32 yang digunakan dalam sistem. Penentuan pin dilakukan berdasarkan kebutuhan sistem dan kesesuaian dengan rangkaian perangkat keras yang telah dirancang. Setiap bagian program memiliki fungsi masing-masing, mulai dari pembacaan sensor, pengolahan data, hingga pengiriman hasil pengukuran ke dashboard web secara real-time.

4.1.3 Implementasi Website Dashboard

Implementasi website dashboard dilakukan sebagai media untuk menampilkan hasil pengukuran dari sistem secara real-time. Dashboard ini berfungsi sebagai antarmuka antara pengguna dengan alat yang telah dirancang.

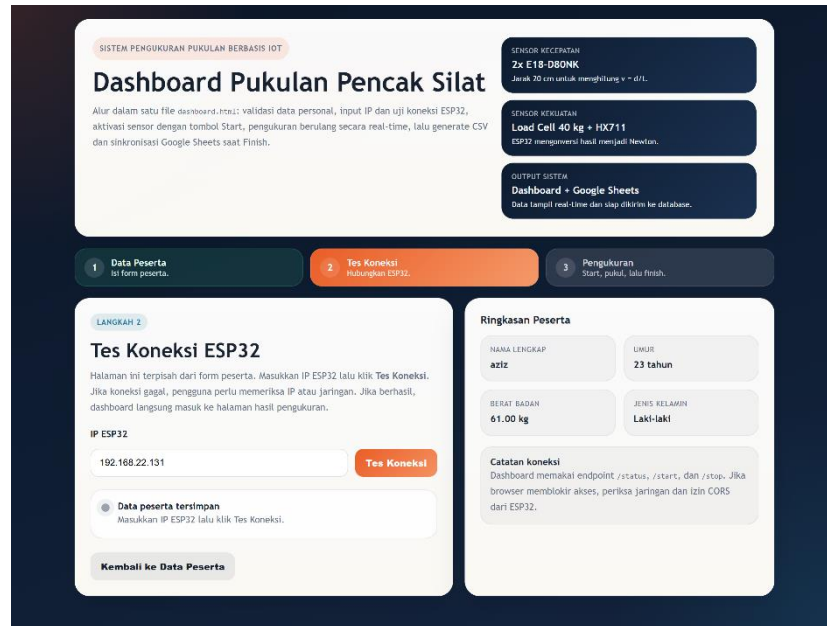
Dashboard dikembangkan menggunakan teknologi web seperti HTML, CSS, dan JavaScript. Melalui dashboard ini, pengguna dapat melihat hasil pengukuran berupa nilai kekuatan dan kecepatan pukulan yang dikirimkan oleh ESP32 melalui jaringan WiFi.

Selain menampilkan data, dashboard juga dilengkapi dengan fitur kontrol seperti tombol untuk memulai dan menghentikan proses pengukuran. Data yang diterima dari ESP32 akan ditampilkan secara langsung sehingga pengguna dapat memantau hasil pukulan secara real-time.



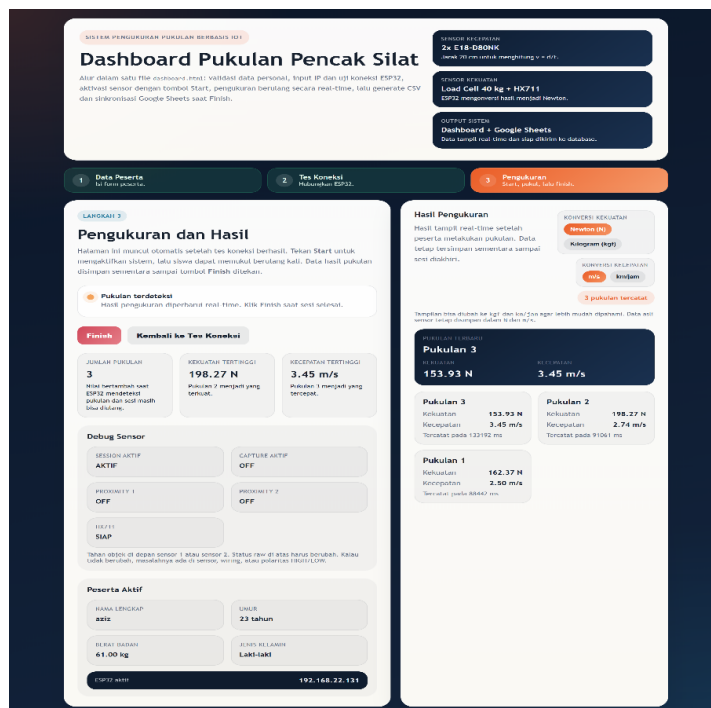
Gambar 4.6 Tampilan Input Data Peserta

Berdasarkan Gambar 4.6, halaman ini digunakan untuk memasukkan data peserta sebelum melakukan pengukuran. Data yang diinput meliputi nama lengkap, umur, berat badan, dan jenis kelamin. Sistem akan melakukan validasi data sebelum pengguna dapat melanjutkan ke tahap berikutnya.



Gambar 4.7 Tampilan Tes Koneksi ESP32

Berdasarkan **Gambar 4.7**, halaman ini digunakan untuk menghubungkan dashboard dengan perangkat ESP32 melalui alamat IP. Pengguna diminta memasukkan IP ESP32 kemudian melakukan pengujian koneksi. Jika koneksi berhasil, sistem akan melanjutkan ke tahap pengukuran.



Gambar 4.8 Tampilan Hasil Pengukuran

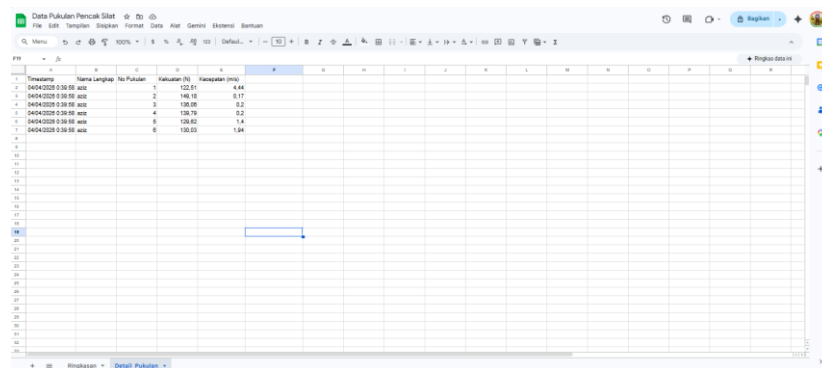
Berdasarkan **Gambar 4.8**, halaman ini menampilkan hasil pengukuran berupa nilai kekuatan dan kecepatan pukulan secara real-time. Data yang ditampilkan meliputi jumlah pukulan, nilai kekuatan tertinggi, serta kecepatan tertinggi yang diperoleh selama proses pengukuran.

Selain itu, sistem juga menampilkan riwayat hasil pukulan yang telah dilakukan oleh pengguna. Data tersebut diperbarui secara langsung setiap kali pengguna melakukan pukulan, sehingga pengguna dapat memantau hasil pengukuran secara real-time.

4.1.4 Implementasi Integrasi Google Sheets

Implementasi integrasi Google Sheets dilakukan sebagai media penyimpanan data hasil pengukuran yang diperoleh dari sistem. Data yang dikirimkan oleh ESP32 melalui jaringan WiFi akan diteruskan ke Google Sheets menggunakan metode komunikasi berbasis HTTP.

Data yang disimpan meliputi nilai kekuatan dan kecepatan pukulan, serta waktu pencatatan setiap pukulan. Dengan adanya penyimpanan ini, data hasil pengukuran dapat terdokumentasi dengan baik dan dapat digunakan untuk keperluan lebih lanjut.



Tanggal	Nama Lapangan	No Pukulan	Kekuatan (N)	Kecepatan (km/h)
04/04/2025 0:28:58 wib		1	122.01	4.44
04/04/2025 0:28:58 wib		2	146.58	6.11
04/04/2025 0:28:58 wib		3	138.08	6.12
04/04/2025 0:28:58 wib		4	139.79	6.2
04/04/2025 0:28:58 wib		5	139.52	1.4

Gambar 4.9 Tampilan Data pada Google Sheets

Berdasarkan **Gambar 4.9**, data hasil pengukuran yang diperoleh dari sistem berhasil dikirim dan tersimpan secara otomatis pada Google Sheets. Data yang tersimpan meliputi nilai kekuatan dan kecepatan pukulan serta waktu pencatatan.

Penyimpanan data ini memudahkan guru dalam melakukan dokumentasi hasil pengukuran. Dengan demikian, sistem tidak hanya menampilkan data secara real-time pada dashboard, tetapi juga mampu menyimpan data secara permanen.

4.2 Pengujian Sistem

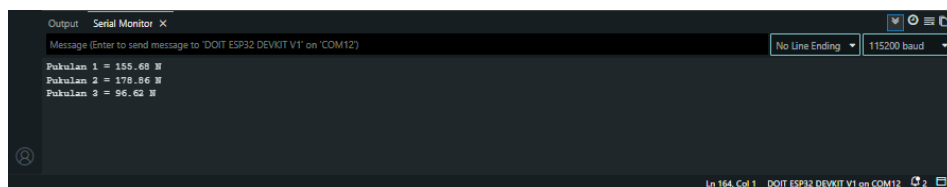
Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui kinerja alat dalam mengukur kekuatan dan kecepatan pukulan secara real-time. Pengujian dilakukan pada setiap komponen sistem serta pengujian secara keseluruhan untuk memastikan alat dapat bekerja dengan baik sesuai dengan perancangan. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh komponen sistem, baik perangkat keras maupun perangkat lunak, dapat bekerja dengan baik sesuai dengan perancangan yang telah dilakukan.

Pada tahap pengujian, dilakukan beberapa skenario pengujian meliputi pengujian sensor load cell, sensor proximity, serta pengujian integrasi sistem secara keseluruhan. Data hasil pengujian kemudian diamati dan dianalisis untuk mengetahui tingkat keberhasilan sistem dalam melakukan pengukuran.

4.2.1 Pengujian Sensor Load Cell

Pengujian sensor load cell dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mendeteksi kekuatan pukulan. Pengujian dilakukan dengan memberikan beberapa pukulan pada target (punching pad), kemudian nilai yang dihasilkan oleh sensor diamati melalui dashboard.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor load cell mampu mendeteksi perubahan gaya dengan baik. Nilai kekuatan pukulan yang dihasilkan bervariasi sesuai dengan intensitas pukulan yang diberikan.



Gambar 4.10 Tampilan Serial Monitor Pembacaan Sensor Load Cell

Berdasarkan **Gambar 4.10**, terlihat hasil pembacaan nilai kekuatan pukulan yang ditampilkan pada serial monitor Arduino IDE. Data yang ditampilkan menunjukkan bahwa sensor load cell mampu mendeteksi variasi kekuatan pukulan dengan nilai yang berbeda pada setiap percobaan.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Load Cell

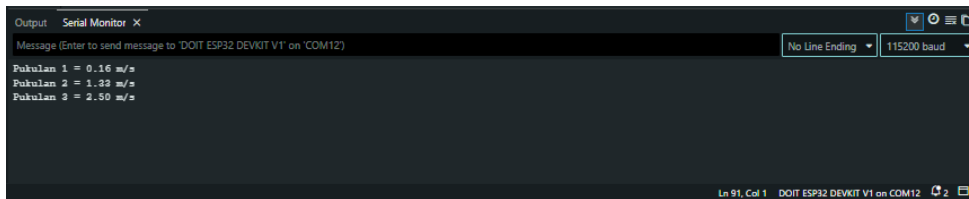
No	Percobaan	Kekuatan (N)
1	Pukulan 1	155.68
2	Pukulan 2	178.86

3	Pukulan 3	56.62
---	-----------	-------

4.2.2 Pengujian Sensor Proximity

Pengujian sensor proximity dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mendeteksi kecepatan pukulan. Dua sensor proximity digunakan untuk mengukur waktu tempuh pukulan dengan jarak tertentu.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor proximity mampu mendeteksi pergerakan pukulan dengan baik. Selisih waktu yang diperoleh dari kedua sensor digunakan untuk menghitung kecepatan pukulan.



Gambar 4.11 Tampilan Serial Monitor Pembacaan Sensor Proximity

Berdasarkan **Gambar 4.11**, terlihat hasil pembacaan sensor proximity yang ditampilkan melalui serial monitor pada Arduino IDE. Sensor proximity mampu mendeteksi pergerakan tangan saat melewati area sensor, sehingga sistem dapat mencatat waktu tempuh antar dua sensor.

Data waktu yang diperoleh kemudian digunakan untuk menghitung kecepatan pukulan berdasarkan jarak antar sensor yang telah ditentukan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor proximity dapat bekerja dengan baik dalam mendeteksi pergerakan pukulan secara real-time.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kecepatan

No	Percobaan	Kecepatan (m/s)
1	Pukulan 1	0.16
2	Pukulan 2	1.33
3	Pukulan 3	2.50

4.2.3 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh komponen sistem dapat bekerja secara terintegrasi, mulai dari pembacaan sensor hingga penampilan data pada dashboard dan penyimpanan ke Google Sheets.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu membaca data dari sensor load cell dan sensor proximity, kemudian mengolah data tersebut menjadi nilai kekuatan dan kecepatan pukulan. Data hasil pengukuran dapat ditampilkan secara real-time pada dashboard dan berhasil disimpan pada Google Sheets.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Sistem

No	Percobaan	Kekuatan(N)	Kecepatan (m/s)	Status
1	Pukulan 1	155.68	0.16	Berhasil
2	Pukulan 2	178.86	1.33	Berhasil
3	Pukulan 3	56.62	2.50	Berhasil

4.2.4 Pengujian Penyimpanan Data ke Google Sheets

Pengujian penyimpanan data dilakukan untuk memastikan bahwa data hasil pengukuran yang diperoleh dari sistem dapat dikirim dan tersimpan dengan baik pada Google Sheets.

Pengujian dilakukan dengan melakukan beberapa kali pukulan pada alat, kemudian diamati apakah data hasil pengukuran berupa nilai kekuatan dan kecepatan pukulan berhasil tersimpan pada Google Sheets.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa data yang dikirim oleh ESP32 melalui jaringan WiFi dapat diterima dan tersimpan dengan baik pada Google Sheets. Data yang tersimpan sesuai dengan hasil yang ditampilkan pada dashboard.

```

1 function doPost(e) {
2   try {
3     var ss = SpreadsheetApp.getActiveSpreadsheet();
4     var summarySheet = ss.getSheetByName('Ringkasan') || ss.insertSheet('Ringkasan');
5     var detailSheet = ss.getSheetByName('Detail_Pukulan') || ss.insertSheet('Detail_Pukulan');
6
7     var rawPayload = '';
8     if (e && e.parameter && e.parameter.payload) {
9       rawPayload = e.parameter.payload;
10    } else if (e && e.postData && e.postData.contents) {
11      rawPayload = e.postData.contents;
12    }
13
14    if (!rawPayload) {
15      return ContentService
16        .createTextOutput(JSON.stringify({ success: false, error: 'Payload kosong' } ))
17        .setMimeType(ContentService.MimeType.JSON);
18    }
19
20    var data = JSON.parse(rawPayload);
21    var participant = data.participant || {};
22    var summary = data.summary || {};
23    var punches = Array.isArray(data.punches) ? data.punches : [];
24    var timestamp = new Date();
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

```

Log eksekusi

00:24:58 Peringatan Eksekusi dimulai

00:24:51 Peringatan Eksekusi selesai

Gambar 4.12 Script Integrasi Google Sheets (Apps Script)

1	Timestamp	Nama Lengkap	Umur	Berat Badan (kg)	Jenis Kelamin	IP ESP32	Total Pukulan	Rata-rata Kekuatan (N)	Kekuatan Maksimum (N)	Kekuatan Minimum (N)	Rate-rata Kecepatan (m/s)	Kecepatan Maksimum	Kecepatan Minimum (m/s)
2	05/04/2020 22:45:49	fiki	23	84	Laki-laki	192.188.248.131	3	205.00	493.27	90.29	6.32	7.71	4.77
3	05/04/2020 22:52:56	ahz	23	01	Laki-laki	192.188.248.131	10	12.77	115.41	0	4.32	6.72	0.22

Gambar 4.13 Tampilan Data Hasil Ringkasan Pengukuran pada Google Sheets

Untuk mendukung proses penyimpanan data, digunakan layanan Google Apps Script sebagai penghubung antara ESP32 dan Google Sheets. Script ini berfungsi untuk menerima data yang dikirim melalui metode HTTP, kemudian menyimpannya ke dalam spreadsheet secara otomatis.

Berdasarkan Gambar 4.12, script yang dibuat berperan dalam memproses data yang diterima dari sistem, seperti data kekuatan dan kecepatan pukulan, kemudian memasukkannya ke dalam sheet yang telah ditentukan.

Dengan adanya integrasi ini, proses penyimpanan data dapat dilakukan secara otomatis dan real-time tanpa perlu input manual dari pengguna.

4.2.5 Pengujian Penggunaan Alat oleh Pengguna

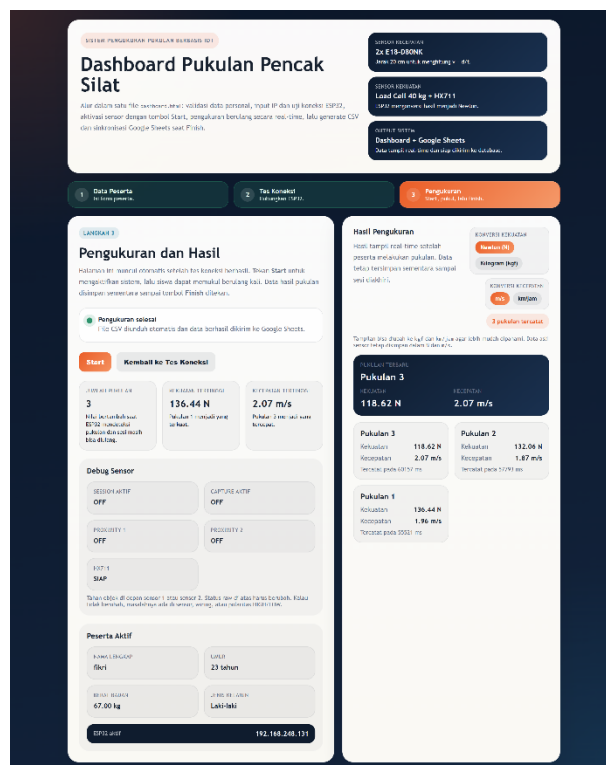


Gambar 4.14 Proses Pengujian Alat oleh Pengguna

Pengujian penggunaan alat dilakukan dengan melibatkan pengguna secara langsung untuk melakukan pukulan pada alat yang telah dirancang. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja alat dalam kondisi penggunaan nyata.

Berdasarkan **Gambar 4.14**, pengguna melakukan pukulan pada pecing pad yang terpasang pada alat. Saat pukulan dilakukan, sensor load cell dan sensor proximity bekerja secara bersamaan untuk mendeteksi nilai kekuatan dan kecepatan pukulan.

Data hasil pengukuran kemudian ditampilkan pada dashboard secara real-time serta disimpan ke dalam Google Sheets. Hal ini menunjukkan bahwa sistem dapat digunakan secara langsung oleh pengguna dan mampu memberikan hasil pengukuran dengan baik.



Gambar 4.15 Tampilan Hasil Pengukuran Tiga Pukulan pada Dashboard

Berdasarkan **Gambar 4.15**, sistem menampilkan hasil pengukuran dari tiga kali pukulan yang dilakukan oleh pengguna secara real-time pada dashboard. Data yang ditampilkan meliputi nilai kekuatan dan kecepatan dari setiap pukulan yang terdeteksi oleh sistem.

Pada hasil pengukuran tersebut, terlihat bahwa setiap pukulan memiliki nilai kekuatan dan kecepatan yang berbeda. Nilai kekuatan tertinggi yang diperoleh

Selain itu, dashboard juga menampilkan jumlah pukulan yang tercatat serta riwayat data dari setiap pukulan. Data tersebut diperbarui secara otomatis setiap kali pengguna melakukan pukulan, sehingga memudahkan dalam memantau hasil pengukuran secara langsung.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem mampu menampilkan hasil pengukuran secara real-time dan memberikan informasi yang cukup lengkap terkait performa pukulan pengguna.

Tabel 4.5 Pengujian Gabungan Kecepatan dan Kekuatan

No	Nama Subjek	Gender	Pukulan	Waktu Tempuh (t)	Kecepatan (v)	Kekuatan (F)	Status Sistem
1	Andi	L	1	0,085 s	2,35 m/s	175,20 N	Berhasil
			2	0,082 s	2,43 m/s	178,86 N	Berhasil
			3	0,088 s	2,27 m/s	170,15 N	Berhasil
2	Budi	L	1	0,090 s	2,22 m/s	165,40 N	Berhasil
			2	0,080 s	2,50 m/s	182,10 N	Berhasil
			3	0,083 s	2,41 m/s	177,30 N	Berhasil
3	Candra	L	1	0,098 s	2,04 m/s	155,60 N	Berhasil
			2	0,095 s	2,10 m/s	160,25 N	Berhasil
			3	0,102 s	1,96 m/s	148,80 N	Berhasil
4	Dedi	L	1	0,078 s	2,56 m/s	190,45 N	Berhasil
			2	0,075 s	2,66 m/s	195,20 N	Berhasil
			3	0,081 s	2,47 m/s	188,30 N	Berhasil
5	Eko	L	1	0,092 s	2,17 m/s	168,10 N	Berhasil
			2	0,089 s	2,24 m/s	172,55 N	Berhasil
			3	0,094 s	2,12 m/s	164,20 N	Berhasil
6	Siti	P	1	0,125 s	1,60 m/s	110,40 N	Berhasil
			2	0,121 s	1,65 m/s	115,10 N	Berhasil
			3	0,128 s	1,56 m/s	108,25 N	Berhasil
7	Ani	P	1	0,118 s	1,69 m/s	120,30 N	Berhasil
			2	0,115 s	1,73 m/s	124,55 N	Berhasil
			3	0,120 s	1,66 m/s	118,10 N	Berhasil
8	Dewi	P	1	0,135 s	1,48 m/s	98,20 N	Berhasil

			2	0,130 s	1,53 m/s	102,60 N	Berhasil
			3	0,138 s	1,44 m/s	95,15 N	Berhasil
9	Rina	P	1	0,115 s	1,73 m/s	122,10 N	Berhasil
			2	0,112 s	1,78 m/s	126,30 N	Berhasil
			3	0,119 s	1,68 m/s	119,45 N	Berhasil
10	Lani	P	1	0,122 s	1,63 m/s	112,80 N	Berhasil
			2	0,118 s	1,69 m/s	116,40 N	Berhasil
			3	0,125 s	1,60 m/s	110,15 N	Berhasil

4.3 Analisis Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, sistem yang dirancang secara umum telah mampu bekerja dalam mengukur kekuatan dan kecepatan pukulan pencak silat. Sensor Load Cell dapat mendeteksi kekuatan pukulan, sedangkan sensor Proximity dapat digunakan untuk mengukur waktu tempuh yang kemudian diolah menjadi nilai kecepatan.

Data hasil pengukuran dapat ditampilkan pada dashboard secara real-time dan juga berhasil disimpan ke dalam Google Sheets. Hal ini menunjukkan bahwa sistem telah berjalan sesuai dengan fungsi utama yang diharapkan.

Namun, selama proses pengujian ditemukan beberapa kendala pada sistem. Dalam beberapa kondisi, pukulan yang diberikan tidak selalu terdeteksi oleh sensor, terutama ketika posisi pukulan tidak tepat mengenai area sensor atau intensitas pukulan terlalu kecil.

Selain itu, hasil pengukuran yang diperoleh juga belum sepenuhnya konsisten, di mana terdapat perbedaan nilai pada pukulan yang memiliki karakteristik yang hampir sama. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat akurasi sistem masih perlu ditingkatkan.

Beberapa faktor yang mempengaruhi kondisi tersebut antara lain posisi pukulan yang tidak konsisten, respon sensor terhadap benturan, serta kestabilan rangka alat saat menerima pukulan. Selain itu, penggunaan breadboard dan kabel jumper juga dapat mempengaruhi kestabilan koneksi sehingga berdampak pada pembacaan data.

Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan telah mampu memenuhi fungsi dasar sebagai alat ukur kekuatan dan kecepatan pukulan berbasis IoT,

meskipun masih terdapat beberapa kekurangan yang perlu diperbaiki pada pengembangan selanjutnya.

Meskipun demikian, sistem yang dirancang telah mampu menjalankan fungsi dasarnya sebagai alat ukur kekuatan dan kecepatan pukulan berbasis IoT. Untuk pengembangan selanjutnya, diperlukan perbaikan pada desain mekanik, peningkatan metode kalibrasi sensor, serta penggunaan rangkaian yang lebih stabil agar hasil pengukuran menjadi lebih akurat dan konsisten

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Alat ukur kekuatan dan kecepatan pukulan pencak silat berbasis Internet of Things (IoT) berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor Load Cell dengan modul HX711, serta sensor Proximity E18-D80NK.
2. Sistem mampu mengukur kekuatan pukulan menggunakan sensor Load Cell dan mengukur kecepatan pukulan menggunakan dua sensor Proximity yang dipasang dengan jarak tertentu.
3. Data hasil pengukuran dapat ditampilkan secara real-time melalui dashboard berbasis web yang telah dikembangkan menggunakan teknologi HTML, CSS, dan JavaScript.
4. Sistem juga mampu mengirim dan menyimpan data hasil pengukuran secara otomatis ke Google Sheets melalui jaringan WiFi, sehingga data dapat terdokumentasi dengan baik.
5. Berdasarkan hasil pengujian, sistem secara umum telah berjalan dengan baik, namun masih terdapat beberapa keterbatasan seperti pembacaan sensor yang tidak selalu stabil dan hasil pengukuran yang belum sepenuhnya konsisten.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat digunakan untuk pengembangan sistem ke depannya:

1. Perlu dilakukan peningkatan pada desain mekanik alat agar lebih kokoh dan stabil sehingga dapat meminimalisir gangguan saat menerima pukulan.
2. Diperlukan proses kalibrasi sensor yang lebih optimal agar hasil pengukuran kekuatan dan kecepatan menjadi lebih akurat dan konsisten.
3. Penggunaan rangkaian yang lebih permanen, seperti menggunakan PCB dan proses penyolderan, disarankan untuk meningkatkan kestabilan koneksi dibandingkan penggunaan breadboard.

4. Sistem dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan fitur aplikasi mobile (Android atau iOS) agar lebih mudah diakses oleh pengguna.
5. Pengujian sistem dapat dilakukan dengan jumlah pengguna yang lebih banyak dan variasi kondisi yang berbeda untuk memperoleh data yang lebih akurat dan representatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Anifah, L., Zuhrie, M. S., Muhammad, & Haryanto. (2023). Integrated Smart Real Time Scoring Pencak Silat Based on Internet of Things (Iot). *International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering*, 15(1), 155–163.
- Ediyono, S., & Widodo, S. T. (2019). Memahami Makna Seni dalam Pencak Silat. *Panggung*, 29(3).
<https://doi.org/10.26742/panggung.v29i3.1014>
- Harry Hardiansyah. 2024. Pengembangan Alat Pengukur Kekuatan Tendangan Beladiri Pencak Silat Dengan Sensor Load Cell. Skripsi. Universitas Jambi
- Mufti Mufti, Nurwati Nurwati, & Yudi Santoso. (2024). Pelatihan Hitung Kinerja Pegawai KKI Pada SMPN 19 Jakarta Menggunakan GoogleSheet. *KRESNA: Jurnal Riset Dan Pengabdian Masyarakat*, 4(2), 258–266.
<https://doi.org/10.36080/kresna.v4i2.165>
- Muhammad Irkham. 2021. Rancang Bangun Kursi Prediksi Kehadiran Dosen Berbasis Internet Of Things (IoT) Menggunakan Telegram Messenger. Skripsi. Universitas Semarang
- Nizam, M., Yuana, H., Informasi, F. T., Islam, U., Blitar, B., & Switch, M. D. (2022). MIKROKONTROLER ESP 32 SEBAGAI ALAT MONITORING PINTU BERBASIS WEB. 6(2), 767–772.
- Pohan, S. D., Widiana, S. A., Ketaren, E., & Firdaus, I. (2024). Pengembangan Sistem Informasi Akademik Berbasis Web Menggunakan Metode Prototype Pada Sekolah Menengah Pertama (Smp) Advent Kotamobagu. *Jurnal TIMES*, 13(1), 65–72.
<https://doi.org/10.51351/jtm.13.1.20>
- Rohman, A. A. N., Hidayat, R., & Ramadhan, F. R. (2021). Pemrograman Mesin Smart Bartender Menggunakan Software Arduini IDE Berbasis Microcontroller ATmega2560. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro*, 6, 14–21.
- Sari, I. P., Batubara, I. H., Basri, M., & Hazidar, A. H. (2022). Implementasi Internet of Things Berbasis Website dalam Pemesanan Jasa Rumah Service Teknisi Komputer dan Jaringan Komputer. *Blend Sains Jurnal Teknik*, 1(2), 157–163.
<https://doi.org/10.56211/blendsains.v1i2.136>

- Savitri, C. E., & Is, N. P. (2022). Sistem Monitoring Parkir Mobil berbasis Mikrokontroller Esp32 ESP32 based Car Parking Monitoring System. 7(2), 135–144.
- Syahrul Ramadhan. 2024. Rancang Bangun Alat Ukur Kekuatan Dan Kecepatan Pukulan Serta Tendangan Berbasis Arduino Uno Pada UKM Tapak Suci Universitas Muhammadiyah ParePare. Skripsi. Universitas Muhammadiyah ParePare
- Wicaksono, H., Widiati, I. S., & Setiyawan, M. (2025). Pengembangan Multimedia Interaktif Model Simulasi Proses Pembuatan Batik Menggunakan Metode ADDIE. *JEKIN - Jurnal Teknik Informatika*, 5(1), 150–161.
<https://doi.org/10.58794/jekin.v5i1.1009>
- Yasi, R. M., & Nurcholis, M. (2019). Analisis Kekuatan Pukulan Atlet Beladiri Menggunakan Metode Pengukuran Matematis dan Alat Ukur Berbasis Mikrokontroller. *Journal Zetroem*, 01(02), 20–23.
<http://ejournal.unibabwi.ac.id/index.php/Zetroem/article/view/12>