

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kesadaran masyarakat terhadap pentingnya menjaga kebugaran fisik dan kesehatan jangka panjang pascapandemi telah memicu lonjakan drastis dalam industri kebugaran (*fitness*), khususnya pada aktivitas latihan beban (*resistance training*). Olahraga ini diminati karena terbukti efektif dalam meningkatkan massa otot, menjaga densitas tulang, serta mengoptimalkan metabolisme tubuh. Namun, di tengah masifnya antusiasme ini, sebagian besar pelaku olahraga mandiri di pusat kebugaran (*gym*) masih melakukan aktivitas fisik tanpa adanya pengawasan dari pelatih profesional (*personal trainer*). Ketiadaan pemantauan yang terukur dan objektif ini sering kali membuat batas aman latihan terabaikan, sehingga esensi olahraga yang seharusnya menyehatkan justru berpotensi memicu masalah kesehatan baru jika tidak diimbangi dengan pemantauan yang memadai.

Urgensi yang terjadi saat ini menunjukkan bahwa tren gaya hidup sehat melalui latihan beban sering kali diikuti oleh fenomena *ego lifting*, yaitu memaksakan beban di luar kapasitas fisik yang sebenarnya. Kondisi ini berisiko tinggi menyebabkan cedera otot, robekan ligamen, hingga gangguan kardiovaskular akut karena pengguna cenderung mengabaikan sinyal kelelahan (*fatigue*) tubuh demi mengejar target angkatan yang tidak realistis. Padahal, secara fisiologis, tubuh memberikan indikator objektif yang sangat jelas seperti lonjakan detak jantung (*BPM*) yang tidak stabil dan penurunan saturasi oksigen (*SpO2*) secara drastis, di mana kondisi-kondisi kritis tersebut membutuhkan sebuah sistem pemantauan (*monitoring*) yang akurat dan *real-time* (Moshawrab et al., 2022).

Berdasarkan urgensi tersebut, pengambilan data eksperimen dalam penelitian ini dilaksanakan secara terpusat di Bomber Gym yang berlokasi di Margamekar, Kecamatan Pangalengan, Kabupaten Bandung. Pemilihan lokasi ini

dilakukan secara sengaja (*purposive*) karena merupakan tempat latihan rutin peneliti yang memiliki ekosistem pengguna aktif latihan beban (*resistance training*). Selain itu, adanya dukungan dari komunitas rekan gym di lokasi tersebut memberikan keuntungan strategis bagi peneliti dalam memudahkan proses perolehan data biometrik serta data gerakan yang valid untuk memenuhi kebutuhan pengujian perangkat secara akurat.

Meskipun pengujian dilakukan langsung pada ekosistem pengguna aktif di pusat kebugaran tersebut, tantangan teknis muncul karena perangkat *wearable* komersial saat ini (seperti *smartwatch*) umumnya dioptimalkan untuk aktivitas *aerobik statis*. Penempatan pada pergelangan tangan (*wrist*) saat latihan beban sering menghasilkan data yang tidak akurat akibat pergeseran alat (*motion artifacts*) saat otot berkontraksi. Selain itu, perangkat komersial yang ada belum mampu mengintegrasikan data biometrik dengan analisis mekanika gerak spesifik seperti duras persesi atau *Time Under Tension* (TUT) yang dihitung secara mandiri per set. Oleh karena itu, diperlukan kustomisasi perangkat untuk melacak variasi waktu kontraksi secara presisi pada gerakan isolasi *Bicep Curl* dan *Tricep Pushdown* di akhir sesi latihan guna menghasilkan analisis akumulasi kelelahan yang komprehensif

Penempatan sensor pada area punggung lengan bawah (*dorsal forearm*) secara longitudinal menawarkan stabilitas yang lebih baik dan minim gangguan gerak dibandingkan pergelangan tangan (Syeftiani et al., 2024). Dengan memanfaatkan *mikrokontroler ESP32* dan protokol komunikasi yang efisien, data biometrik dan mekanika gerak dapat dikirimkan secara *real-time* ke sebuah sistem monitoring tanpa harus bergantung pada infrastruktur Wi-Fi publik yang sering kali tidak stabil di lingkungan pusat kebugaran (Budhisantosa et al., 2026.).

Dalam upaya menghasilkan perangkat yang presisi, penelitian ini mengadopsi metode pengembangan *Prototyping*. Penggunaan metode ini dinilai paling efektif karena pengembangan perangkat *wearable armband* berbasis IoT memerlukan proses evaluasi dan perbandingan yang berulang (*iterative*) untuk

mencapai fungsionalitas yang optimal. Dengan pendekatan *prototyping*, penulis dapat melakukan pengujian bertahap terhadap presisi sensor biometrik serta akurasi deteksi gerakan bersama pengguna di pusat kebugaran. Hal ini memungkinkan setiap kendala teknis pada sinkronisasi data menuju *dashboard* web dapat segera disempurnakan berdasarkan umpan balik langsung, sehingga sistem yang dihasilkan benar-benar reliabel dan sesuai dengan kebutuhan pengguna lapangan (Assaad et al., 2025).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun sebuah perangkat *Wearable Armband IoT* Berbasis Web yang mengintegrasikan sensor biometrik MAX30102, suhu DS18B20, dan sensor gerak MPU6050. Sistem ini diharapkan mampu memberikan analisis *biofeedback* yang akurat melalui indikator *Heart Rate Recovery* (HRR) dan TUT, guna mencegah cedera akibat kelelahan berlebih di lingkungan gym. Maka dilakukan penelitian berjudul ” **Rancang Bangun *Wearable Armband Iot* Berbasis Website Untuk Analisis Biofeedback Menggunakan Metode *Prototyping* Di Bomber Gym.**”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengintegrasikan parameter biometrik (HR, SpO2, Suhu) dengan metrik mekanika gerak berupa durasi lama set (*Time Under Tension*) pada latihan *Bicep Curl* dan *Tricep Pushdown* guna mendeteksi ambang batas akumulasi kelelahan secara objektif?
2. Bagaimana efektivitas penempatan perangkat secara *longitudinal* pada area dorsal *forearm* dalam mereduksi *motion artifacts* guna meningkatkan akurasi akuisisi data sensor?
3. Bagaimana merancang sistem monitoring berbasis web yang mampu menyajikan visualisasi *biofeedback* dan analisis pemulihan jantung (*Heart Rate Recovery*) secara *real-time*?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk merancang bangun sebuah perangkat *wearable armband* berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mengintegrasikan sensor biometrik dan sensor gerak guna menyediakan sistem analisis *biofeedback* yang akurat. Melalui implementasi indikator *Heart Rate Recovery* (HRR) dan *Time Under Tension* (TUT), sistem ini diharapkan mampu mendeteksi ambang batas kelelahan (*fatigue*) pengguna secara *real-time* untuk meminimalisir risiko cedera di lingkungan pusat kebugaran.

1.3.2 Tujuan Khusus

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengintegrasikan parameter biometrik (HR, SpO₂, Suhu) dengan fitur penghitung repetisi otomatis untuk menyediakan data objektif dalam menilai kualitas latihan serta mendeteksi ambang batas kelelahan (*fatigue*) guna mencegah risiko *ego lifting*.
2. Menganalisis efektivitas akuisisi data biometrik dengan merancang perangkat *wearable armband* pada area *dorsal forearm* guna mereduksi gangguan sinyal (*motion artifacts*) serta menguji efektivitas pengolahan data riil sensor (BPM, SpO₂, suhu kulit, dan mekanika gerak) pada latihan isolasi lengan di set akhir.
3. Membangun sistem monitoring berbasis web (*Laravel*) yang mampu melakukan *data logging* secara *real-time* serta mengolah data mentah menjadi informasi *biofeedback* dan analisis pemulihan jantung (*Heart Rate Recovery*) yang akurat bagi pengguna.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini tetap terarah dan tidak memperluas pembahasan, maka batasan masalah dalam Tugas Akhir ini ditentukan sebagai berikut:

1. Ruang Lingkup Latihan dan Aktivitas Fisik, Penelitian dibatasi pada gerakan isolasi lengan atas *single-arm* yaitu *Bicep Curl* dan *Tricep Pushdown* (tanpa gerakan *alternating*). Pengambilan data dilakukan di akhir sesi latihan (*end of training session*) menggunakan parameter *Heart Rate Recovery* (HRR) berdurasi 2–3 menit berdasarkan profil lama_gym.
2. Spesifikasi Perangkat Keras (Hardware), Sistem menggunakan 1 unit *wearable armband* berbasis mikrokontroler ESP32 yang mengintegrasikan sensor MAX30102 (untuk *Heart Rate* dan SpO_2), sensor suhu digital DS18B20 (untuk suhu permukaan kulit), serta sensor MPU6050 (untuk *reps*, busur lintasan, dan *Time Under Tension*).
3. Transmisi dan Infrastruktur Perangkat Lunak (Software), Transmisi data menggunakan protokol *Bluetooth Low Energy* (BLE) via Web Bluetooth API menuju server lokal berbasis *framework* Laravel untuk disimpan, diolah dengan model *Multiple Linear Regression* (MLR), dan divisualisasikan pada *dashboard*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis (Kontribusi pada Ilmu Pengetahuan)
 - a. Penerapan Multi-Sensor Fusion Efisien
Memberikan referensi ilmiah mengenai penggabungan data mekanika gerak secara berkala (*real-time processing*) menggunakan MPU6050 dan pembacaan parameter biometrik statis (MAX30102 dan DS18B20) pada fase pemulihan menggunakan mikrokontroler ESP32 untuk kebutuhan perangkat *wearable*.
 - b. Optimasi Transmisi Data IoT
Menjadi studi kasus dalam implementasi protokol komunikasi data *Bluetooth Low Energy* (BLE) yang efisien guna meminimalisir latensi pengiriman data uniform menuju *dashboard* lokal.
 - c. Pengembangan Konsep *Expert Biofeedback*

Menjadi landasan bagi penelitian selanjutnya di bidang *Health Technology* dalam mentransformasikan luaran komputasi prediktif *Machine Learning* menjadi rekomendasi *Expert System* yang aplikatif bagi pengguna.

d. Kontribusi Akademik

Menambah literatur karya ilmiah di Program Studi Teknik Informatika Universitas Islam Nusantara, khususnya dalam bidang sistem tertanam (*embedded system*), *Decision Support System* (DSS), dan *Machine Learning*.

2. Manfaat Praktis (Solusi Terapan di Dunia Kerja/Industri)

a. Meningkatkan Keamanan Latihan

Menjadi alat bantu bagi praktisi kebugaran seperti Gym untuk mencegah cedera otot (*muscle strain*) dan risiko *overtraining* akibat fenomena *ego lifting* melalui sistem integrasi rekomendasi aktivitas fisik harian (*rest day/active recovery*).

b. Optimalisasi Strategi Latihan Dinamis

Membantu pengguna mengatur intensitas latihan dan durasi jeda antar-set secara presisi berdasarkan analisis komparatif model regresi untuk *Predicted Max Reps* dan *Optimal Recovery Time*.

c. Monitoring Objektif dan Evaluatif

Menyediakan sistem *data logging* bagi industri pusat kebugaran agar *member* dan *personal trainer* dapat mengevaluasi progres logis (Reps Valid, Reps Gagal, BPM, SpO2, Suhu) per nomor set secara digital, akurat, dan terstruktur.

1.6 Jadwal Penelitian

Rencana pelaksanaan penelitian ini disusun dalam kurun waktu 6 (enam) bulan dengan mengikuti tahapan model pengembangan *Prototyping*. Detail jadwal kegiatan disajikan pada Tabel berikut:

Tabel 1. 1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

No	Tahapan Penelitian (Prototyping)	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul
1	Identifikasi Kebutuhan & Observasi						
2	Studi Literatur & Analisis Jurnal (16 Suber Penelitian Terdahulu)						
3	Perancangan Cepat (<i>Quick Design</i>)						
4	Membangun Prototipe (Hardware & Software)						
5	Evaluasi Prototipe & Pengujian Internal						
6	Perbaikan Prototipe (Iterasi/Kalibrasi)						
7	Pengujian Lapangan (Bomber Gym) & Validasi						
8	Penyusunan Laporan Akhir & Sidang TA						

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam laporan Tugas Akhir ini disusun secara sistematis untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai tahapan penelitian, sebagai berikut:

1. BAB I PENDAHULUAN

Menguraikan Latar Belakang masalah mengenai fenomena *ego lifting* dan pentingnya monitoring biometrik di gym, Perumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Batasan Masalah guna menjaga fokus pengembangan sistem,

Manfaat Penelitian bagi pengguna dan pengelola pusat kebugaran, Jadwal Penelitian, serta Sistematika Penulisan laporan.

2. **BAB II LANDASAN TEORI**

Menyajikan teori-teori dasar yang mendukung penelitian, meliputi konsep *Internet of Things* (IoT) dan mikrokontroler ESP32. Bab ini juga membahas prinsip kerja komponen perangkat keras seperti sensor biometrik (MAX30102, DS18B20), sensor gerak (MPU6050), manajemen daya dengan modul TP4056, serta tinjauan medis mengenai *Heart Rate Recovery* (HRR) dan *Resting Heart Rate* (RHR) sebagai parameter kebugaran.

3. **BAB III ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM**

Menjelaskan tahapan pengembangan sistem menggunakan metode *Prototyping*. Tahapan ini mencakup analisis kebutuhan fungsional dan non-fungsional, perancangan perangkat keras (*hardware*) berupa skema rangkaian elektronik, serta perancangan perangkat lunak (*software*) menggunakan *framework* Laravel dan manajemen basis data MySQL.

4. **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berisi laporan mengenai realisasi fisik alat (*hardware*) dan antarmuka pengguna pada *website* (*software*). Bagian ini mendeskripsikan hasil pengujian keakurasian sensor, pengujian fungsionalitas sistem kontrol, serta analisis pengiriman data dari perangkat *wearable* ke *dashboard* untuk membuktikan keandalan sistem dalam kondisi nyata di lingkungan gym.

5. **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Menyajikan Kesimpulan akhir mengenai keberhasilan perancangan sistem monitoring biometrik dan mekanika gerak, serta memberikan Saran pengembangan bagi peneliti selanjutnya untuk peningkatan fitur atau cakupan sistem di masa mendatang.

