Sistem Wearable White-Box:
Pemantauan Beban Eksternal dan Internal Lari

Arsitektur Perangkat Keras & Pemasangan



Unit Utama XIAO ESP32-C3
Memproses data di perangkat & telemetri MOTT 1 Hz

Sensor Fusi Inersia & Fisiologis
- LSM6DSO IMU
- Barometer BMP388
- Modul EKG MAX30003

Pengikatan Dada Ringkas
Dipasang dekat pusat massa tubuh



Prinsip Observabilitas White-Box (O1-O4)

Persistensi & Provenans (O1-O2)
Variabel perantara disimpan bersama stempel waktu; asal-usul setiap parameter dideklarasikan.

Rekonstruksibilitas & Atribusibilitas (O3-04)
Output dapat dihitung ulang secara pasti; kesalahan dapat dilacak ke komponen spesifik.

Model Daya Lari & Indeks Efisiensi

$$P_{total} = P_{aero} + P_{climb} + P_{acc} + P_{vert}$$

Persamaan Daya Lari 4-Term
Total daya mekanis adalah penjumlahan propulsif (Pacc) dan osilasi vertikal (Pvert), Peero, Polimb.

$$EI = \frac{HR}{P_{total}}$$

Indeks Efisiensi Cardiac Drift
Rasio detak jantung terhadap daya total mendeteksi penurunan efisiensi fisiologis.

Hasil Validasi Eksperimental

Akurasi Detak Jantung Tinggi
MAPE 4,4% dan ICC 0,812 (terhadap referensi)

Dominasi Komponen Propulsif
Komponen akselerasi horizontal (Pacc) menyumbang 84,4% dari total daya mekanis lari.

Tabel Validasi Parameter Biomekanis & Fisiologis

Parameter	MAPE Dalam Ruangan (%)	ICC(2,1)	Status Kesesusian
Detak Jantung (HR)	4,4%	0,812	Sangat Tinggi
Kadens (Cadence)	7,1%	0,702	Tinggi
Kecepatan (Speed)	15,8%	0,366	Moderat
Daya Lari (vs Stryd)	18,2%	0,506	Moderat

Gemini Notebook