

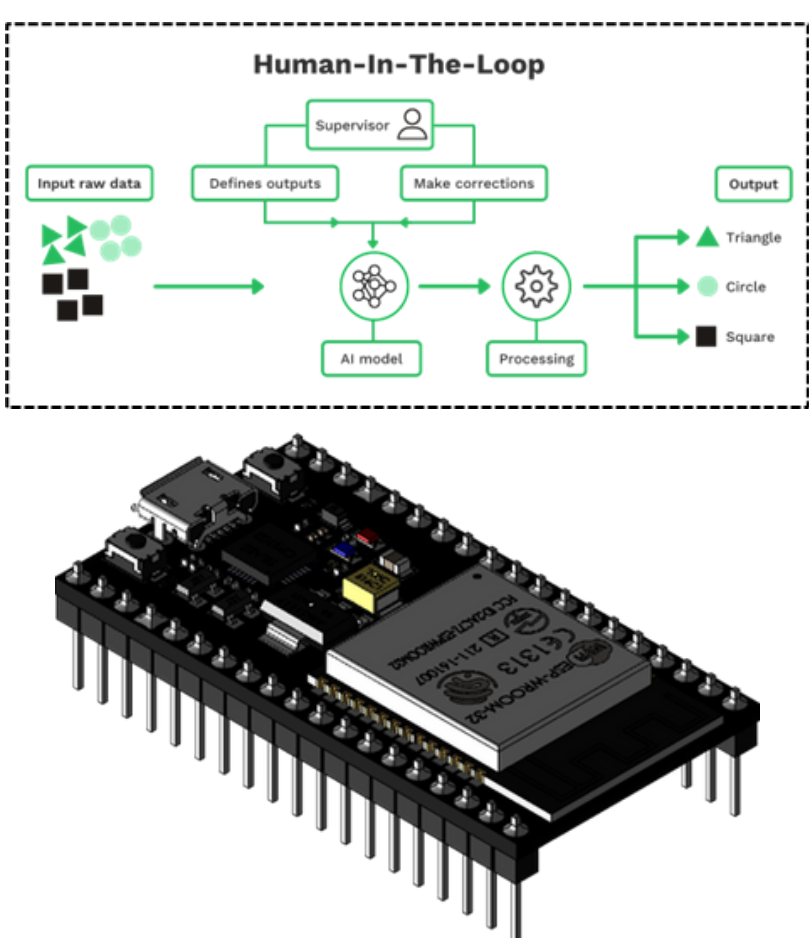
PERANCANGAN SISTEM KONTROL KENYAMANAN TERMAL BERBASIS UMPAN BALIK PENGGUNA PADA PERANGKAT TEPI DI LABORATORIUM MANAJEMEN ENERGI TEKNIK FISIKA ITB

Putri Bunga Daeng - I3321014 | Dosen Pembimbing: 1.Dr.-Ing Justin Pradipta S.T., M.T., ; 2. Rizki Armanto Mangkuto S.T., M.T., Ph.D



LATAR BELAKANG

- Sektor bangunan tercatat sebagai salah satu konsumen energi terbesar, menyumbang **sekitar 30%** dari total konsumsi energi global dan emisi CO₂.
- Di negara beriklim tropis seperti Indonesia, fenomena pemanasan global juga memperparah kasus panas berlebih (overheating) pada bangunan, sehingga **kebutuhan akan sistem pendingin ruangan (HVAC) menjadi semakin tinggi**. Namun, masalah dari sistem kontrol AC konvensional adalah pendekatannya yang **kaku dan statis** sehingga **gagal memperhitungkan faktor-faktor personal yang dinamis**.
- Kegagalan sistem konvensional dalam memahami subjektivitas kenyamanan inilah yang mendorong munculnya paradigma kontrol modern, yaitu **Human-in-the-Loop Control (HILC)** yang mengubah peran pengguna, dari semula dianggap sebagai **gangguan menjadi komponen sensorik yang aktif** di dalam lingkaran kendali (control loop) itu sendiri dan dapat **diimplementasikan** pada sebuah **edge computing** agar dapat **memproses data secara lokal** pada perangkat mikrokontroler **ESP32**.



PERMASALAHAN & TUJUAN

Rumusan Masalah

1. Bagaimana membangun prototipe sistem perangkat tepi menggunakan ESP32?
2. Bagaimanamengimplementasikan paradigma HILC pada sistem perangkat tepi yang telah dirancang?
3. Bagaimana menguji dan menganalisis kinerja sistem dalam aspek transmisi perintah inframerah dan pencatatan data feedback umpan balik pengguna?

Tujuan

1. Membangun sebuah prototipe fisik yang fungsional.
2. Menanamkan algoritma cerdas yang disebut graded response berdasarkan logika decisiontree.
3. Melakukan serangkaian pengujian kuantitatif untuk memvalidasi kinerja sistem dan menganalisis data yang terkumpul.

BATASAN & ASUMSI

Batasan

1. ESP32 DevKitC V1, sensor DHT22, tiga buah tombol tekan, IR LED
2. Arduino IDE (C++), logika *decision tree*. Tanpa *machine learning*.
3. AC merek Gree model: GUI00T/a-k di Lab.ME
4. Temperatur dan kelembapan relatif, dan satu-satunya pengendali

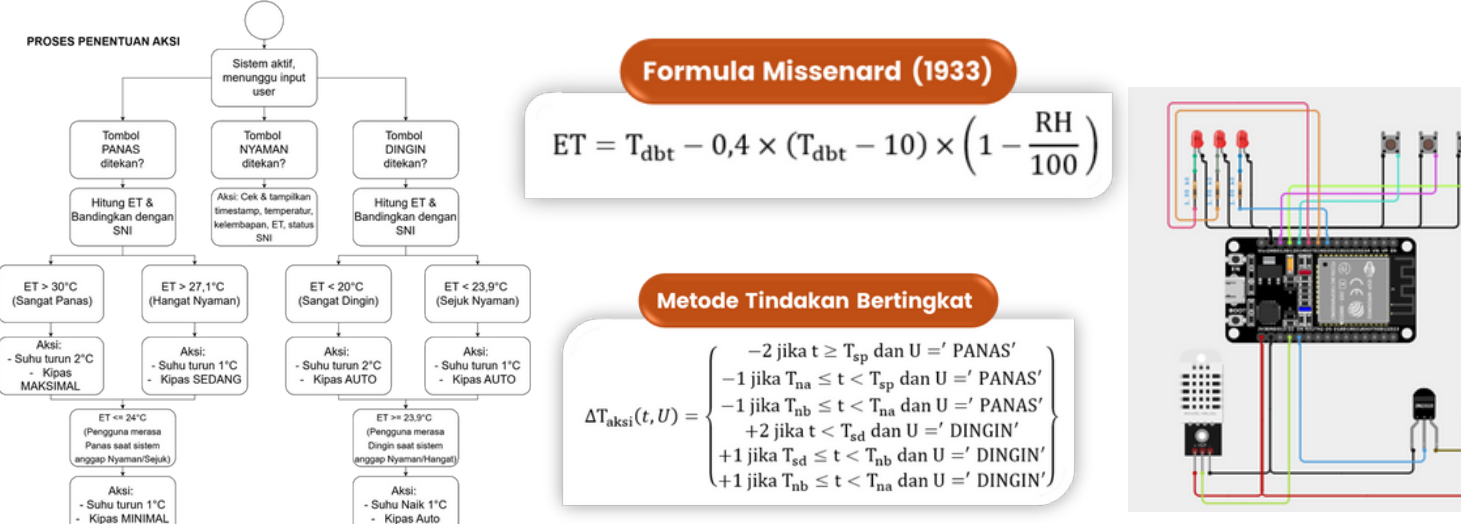
Asumsi

1. Tidak ada penambahan beban listrik baru yang signifikan di lokasi studi selama periode penelitian yang dapat memengaruhi kondisi termal secara drastis.
2. Pola aktivitas umum di dalam ruangan dianggap mengikuti jadwal kegiatan akademik yang berlaku.
3. Sensor DHT22 yang digunakan dianggap telah terkalibrasi dengan baik dan memberikan pembacaan temperatur serta kelembapan yang akurat.

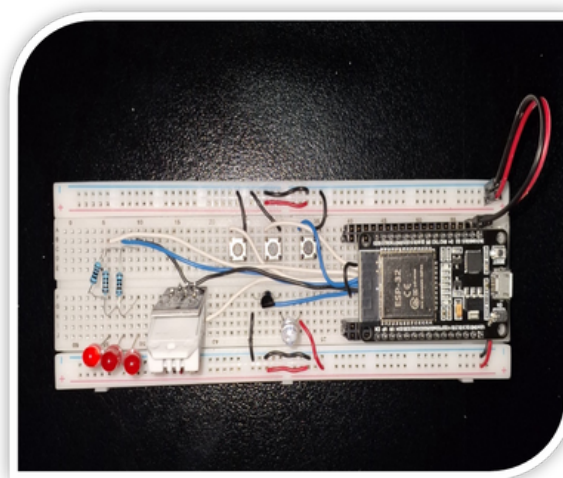
METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan di **Laboratorium Manajemen Energi** dengan luas ruangan **66 meter persegi** dengan tren kegiatan yang sering dilakukan adalah **mengerjakan tugas dan diskusi**. Objek AC yang dikendalikan bermerek **Gree, model GUI00T/a-k (tipe Cassette)** dan tipe remote adalah **YAWFI**.

Algoritma kontrol utama dirancang sebagai sebuah **loop tak berhingga**. Setiap siklus diawali dengan inisiasi pembacaan data lingkungan, ESP32 mengakuisisi data temperatur dan kelembapan dari sensor DHT22 dan integrasi WiFi untuk keperluan timestamp berfungsi dengan baik.



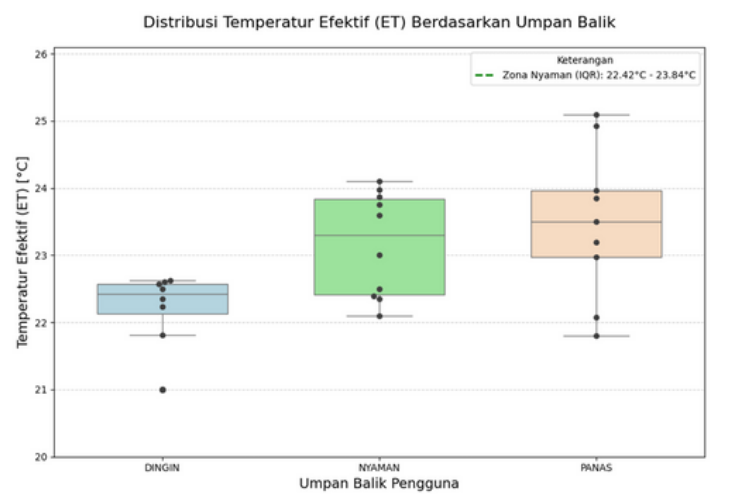
HASIL & PEMBAHASAN



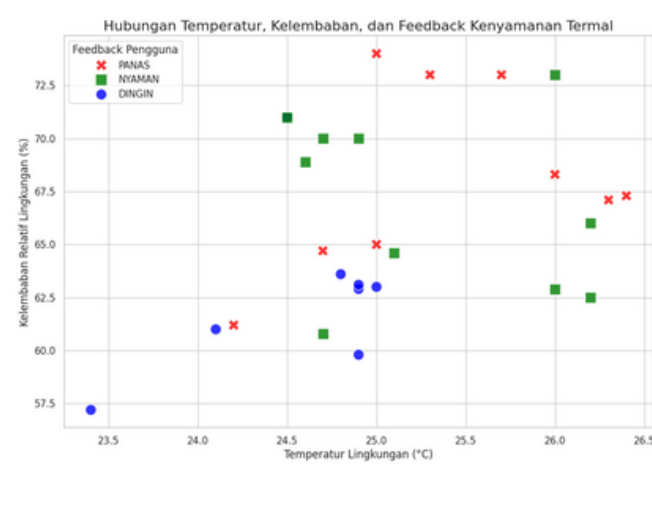
Prototipe sistem perangkat tepi yang **berhasil** dibuat pada sebuah breadboard.

Jarak (m)	Tinggi AC dari posisi berdiri (m)	Derajat Kemiringan (°) Sistem terhadap AC	Jumlah Uji	Jumlah Berhasil
1	1	0,45,90,135,180	10	10
2	1	0,45,90,135,180	10	10
3	1	0,45,90,135,180	10	10
5	1	0,45,90,135,180	10	10

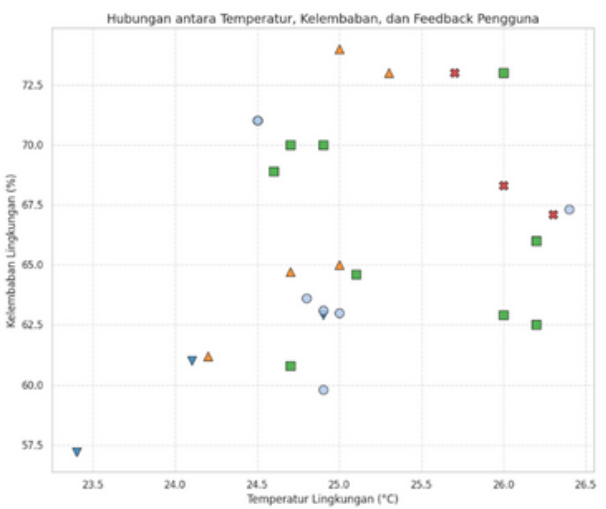
Sistem memiliki tingkat keberhasilan **fungsional 100%** dengan waktu proses internal rata-rata adalah sekitar **176,69 milidetik (ms)**.



Sistem **berhasil mengimplementasikan paradigma HILC**. Indeks zona kenyamanan termal pada rentang Effective Temperature (ET) **22,42°C - 23,84°C**.



Grafik sebelah kiri menunjukkan **peran krusial** parameter **kelembapan relatif** sesuai dengan masukan ET sehingga sistem dapat **mengambil keputusan yang lebih akurat** sesuai persepsi pengguna.



Umpan balik **kualitatif** pengguna diterjemahkan menjadi sebuah aksi kontrol yang nyata. Pengguna tidak lagi menjadi subjek **pasif**, melainkan menjadi **supervisor aktif** yang mengajari dan memandu sistem menuju kondisi optimal.

KESIMPULAN

1. Berhasil merancang dan merealisasikan sebuah prototipe sistem kontrol kenyamanan termal yang fungsional di Laboratorium Manajemen Energi ITB yang dibangun pada edge device (mikrokontroler ESP32).
2. Pendekatan HILC telah berhasil diimplementasikan melalui algoritma graded response yang didasarkan pada logika decision tree manual yang menerjemahkan umpan balik kualitatif pengguna (misalnya, "PANAS" atau "DINGIN") menjadi aksi kontrol kuantitatif yakni -2,-1,+1, dan +2 yang bertingkat pada unit AC.
3. Pengujian fungsional menunjukkan tingkat keandalan dan responsivitas sistem yang sangat tinggi yakni 100% dengan rata-rata 176,69 milidetik untuk memproses umpan balik dan mengirimkan sinyal ke AC dan indeks zona NYAMAN berada pada rentang ET 22,42°C hingga 23,84°C.