

CAPSTONE PROJECT IEE

Perancangan Sistem Monitoring Kampus Terpusat Berbasis IoT

MARTIN EMMANUEL CHANG - 212100199
WESLEY HAKIM - 212100211



DAFTAR ISI

- 01 - Latar Belakang
- 02 - Fitur Sistem
- 03 - Rancangan Sistem Umum
- 04 - Rancangan Station
- 05 - Rancangan Protokol Komunikasi
- 06 - Rancangan Alat Server
- 07 - Rancangan Dasbor Web
- 08 - Checklist Fitur Sistem
- 09 - Pengujian
- 10 - Kesimpulan dan Saran



LATAR BELAKANG

Internet of Things (IoT) membuka peluang untuk meningkatkan **sistem pemantauan lingkungan** termasuk **kampus**, memungkinkan pengawasan secara real-time. Dengan ini, IoT dapat mendorong **efisiensi operasional** dan memberikan **kenyamanan** bagi seluruh civitas akademika kampus.

Tantangan yang dihadapi:

- Keterbatasan interoperabilitas perangkat
- Latensi data
- Sistem yang skalabel



FITUR SISTEM



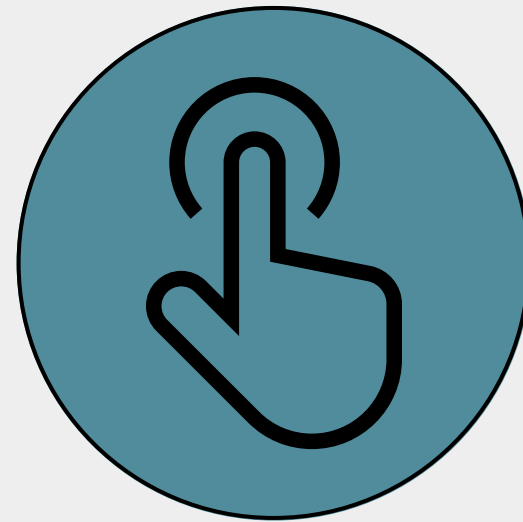
Real-time Monitoring

Pantau kondisi ruang dan lingkungan kampus **secara langsung** untuk deteksi dan respons cepat.



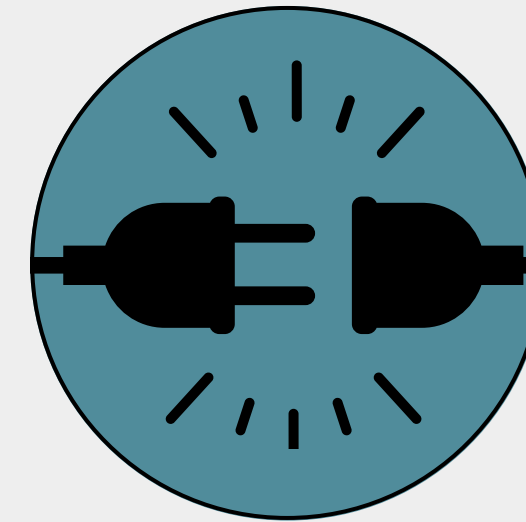
Data Log

Simpan data sensor historis secara terstruktur untuk **analisis tren** dan **ekspor** laporan (**CSV**).



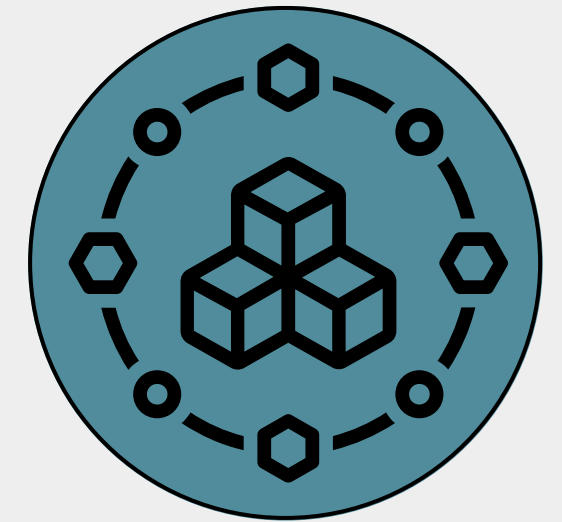
Accessibility

Antarmuka responsif yang bisa **diakses** dari **berbagai perangkat** tanpa instalasi tambahan.



Plug and Play Sensors

Sensor mudah **dipasang** dan **dilepas** tanpa gangguan sistem, mendukung fleksibilitas.



Modularity

Sistem modular memungkinkan **penambahan station** tanpa mengganggu komponen yang ada.

RANCANGAN SISTEM UMUM

Proyek terdiri dari beberapa modul utama:

- **Station Pemantauan:**

- Menggunakan ESP8266 sebagai mikrokontroler
- Membaca data dari sensor.
- Mengirim data secara berkala ke MQTT Broker melalui jaringan Wi-Fi.

- **Protokol Komunikasi - MQTT**

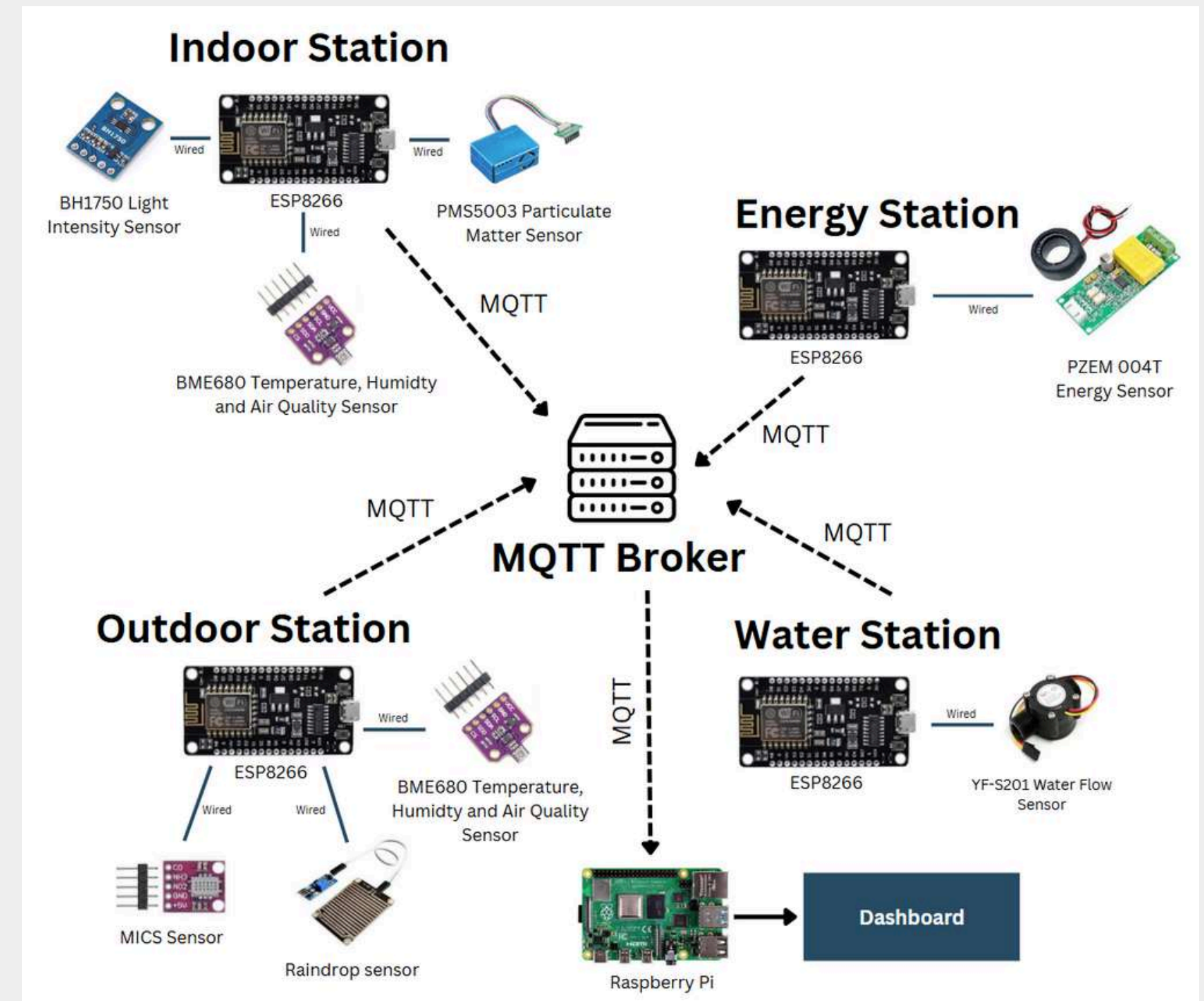
- MQTT Broker sebagai perantara komunikasi
- Data ditransmisi secara real-time
- Memungkinkan sinkronisasi data langsung antara station dan dasbor

- **Alat Server**

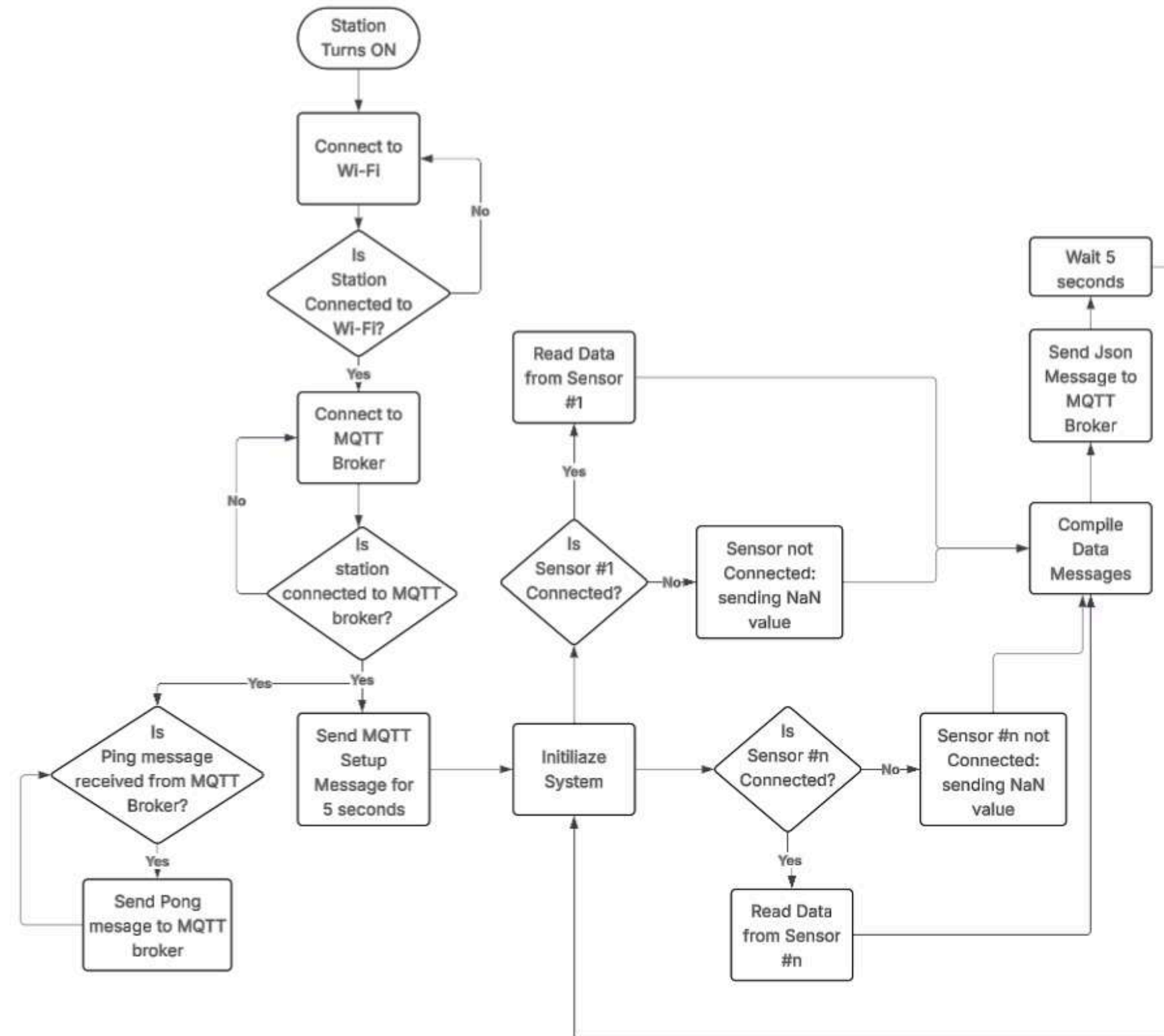
- Raspberry Pi sebagai alat yang menjalankan dasbor

- **Dasbor Web**

- Dapat diakses dari manapun sekeliling kampus
- Melayani dua jenis pengguna, User dan Admin



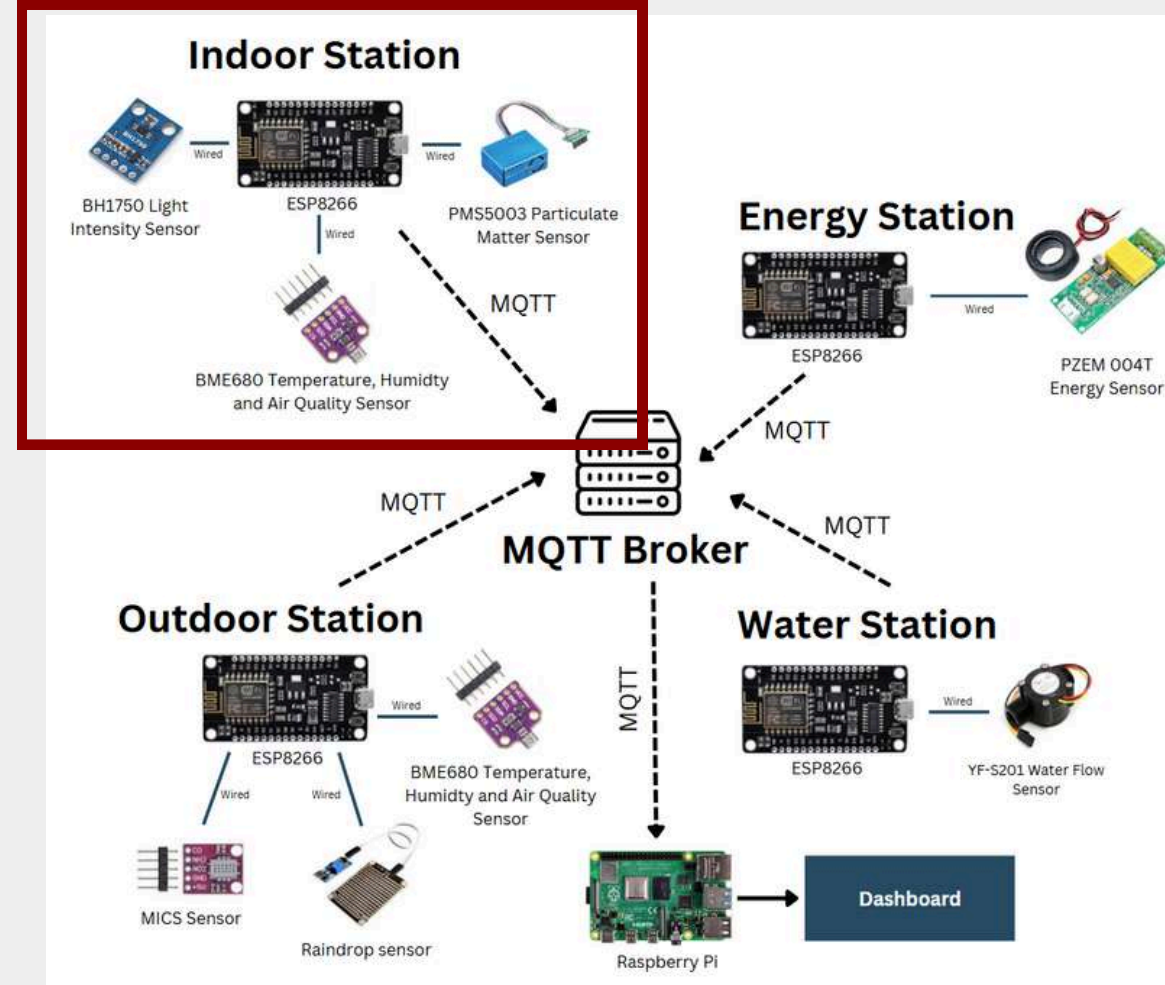
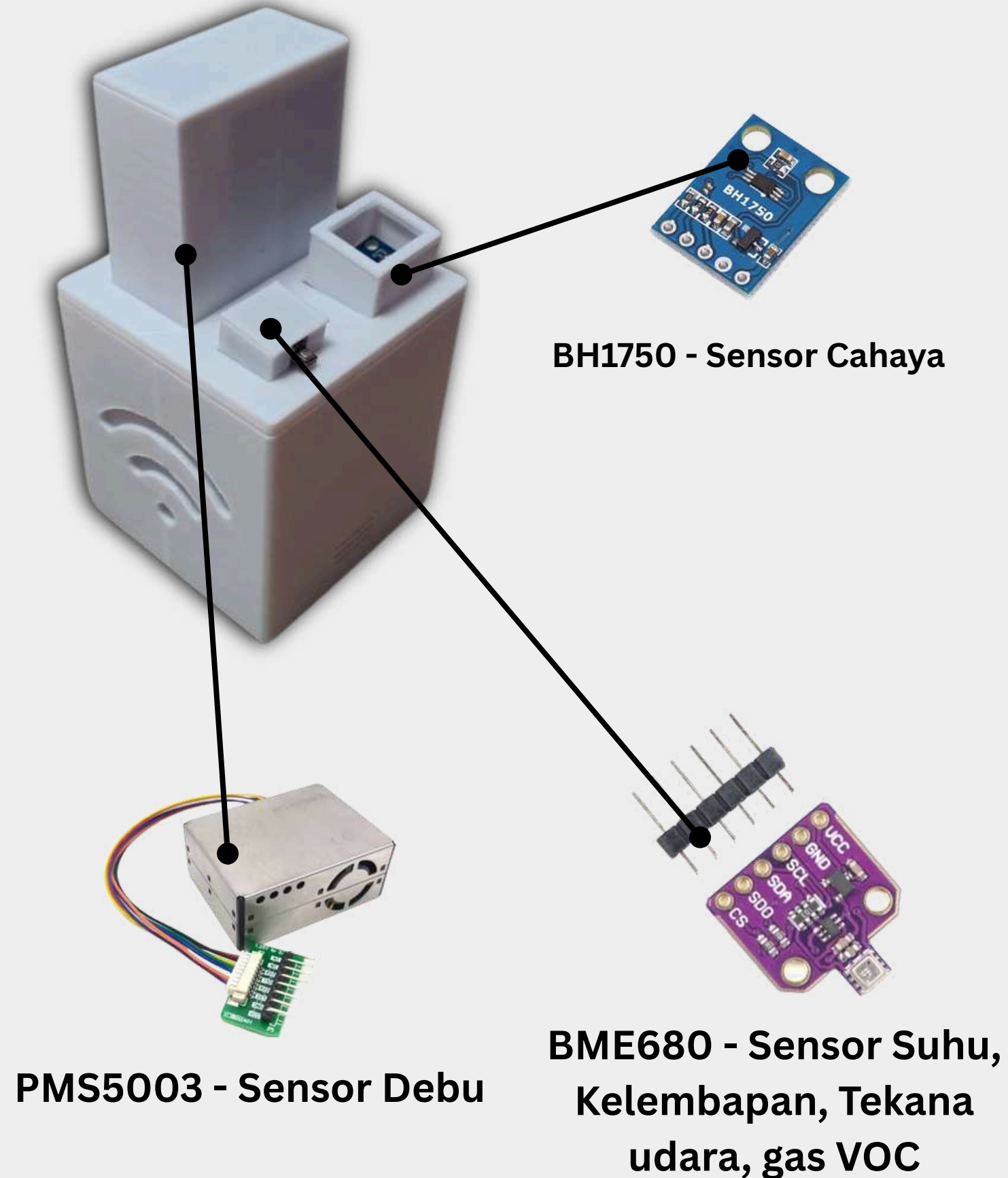
RANCANGAN STATION (1)



RANCANGAN STATION (2)

Indoor Monitoring Station

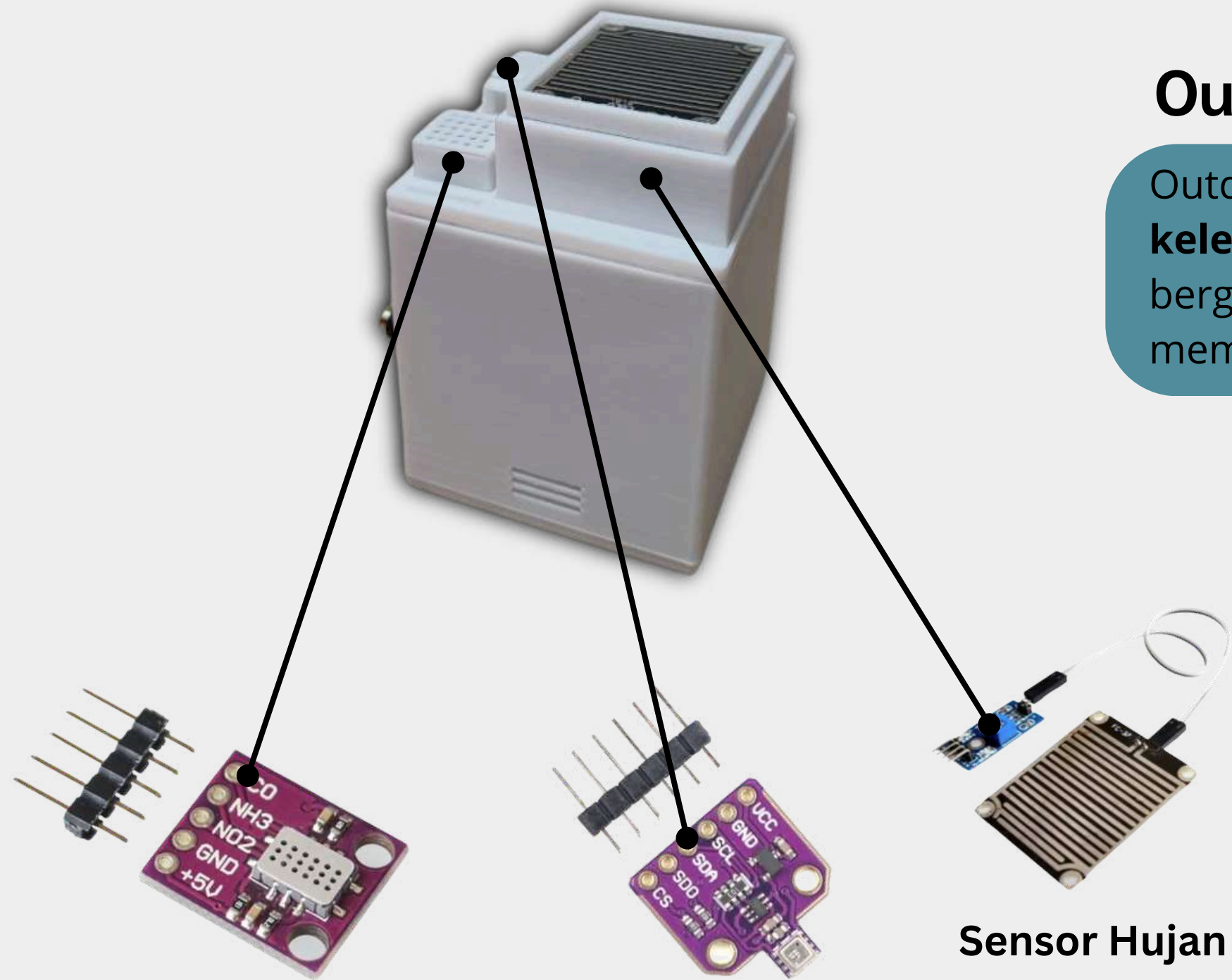
Indoor Station bertugas mengukur **suhu, kelembaban, intensitas cahaya**, dan **kualitas udara** di dalam ruangan. Data yang dikumpulkan membantu pengelola kampus memastikan kenyamanan dan kesehatan lingkungan belajar.



RANCANGAN STATION (3)

Outdoor Monitoring Station

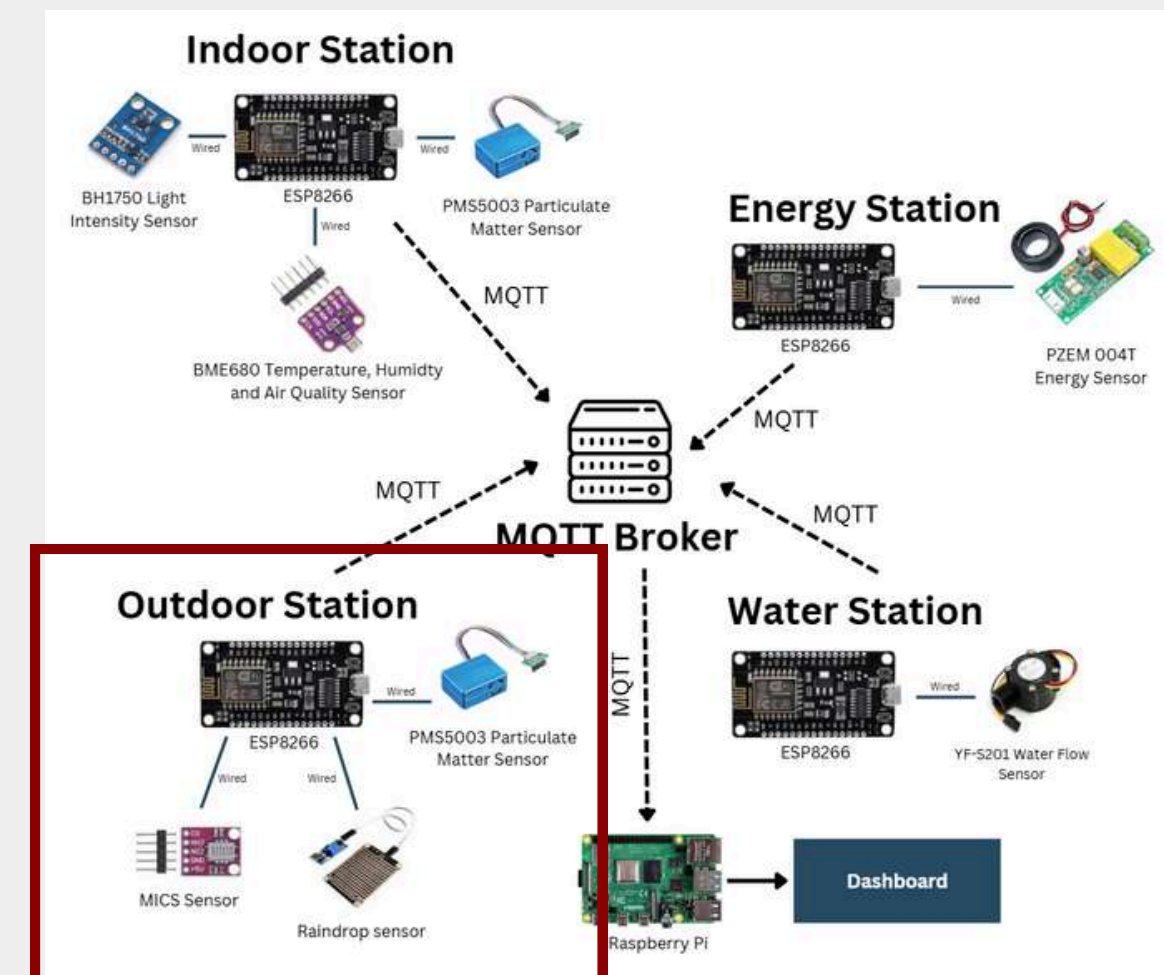
Outdoor Station dirancang untuk memantau **suhu luar ruangan, kelembaban, curah hujan**, dan tingkat **polusi udara**. Informasi ini berguna untuk meningkatkan keselamatan aktivitas luar ruang dan memberikan informasi akan kondisi lingkungan sekitar kampus.



MICS6814 -
Sensor Polusi

BME680 - Sensor Suhu,
Kelembapan, Tekana
udara, gas VOC

Sensor Hujan



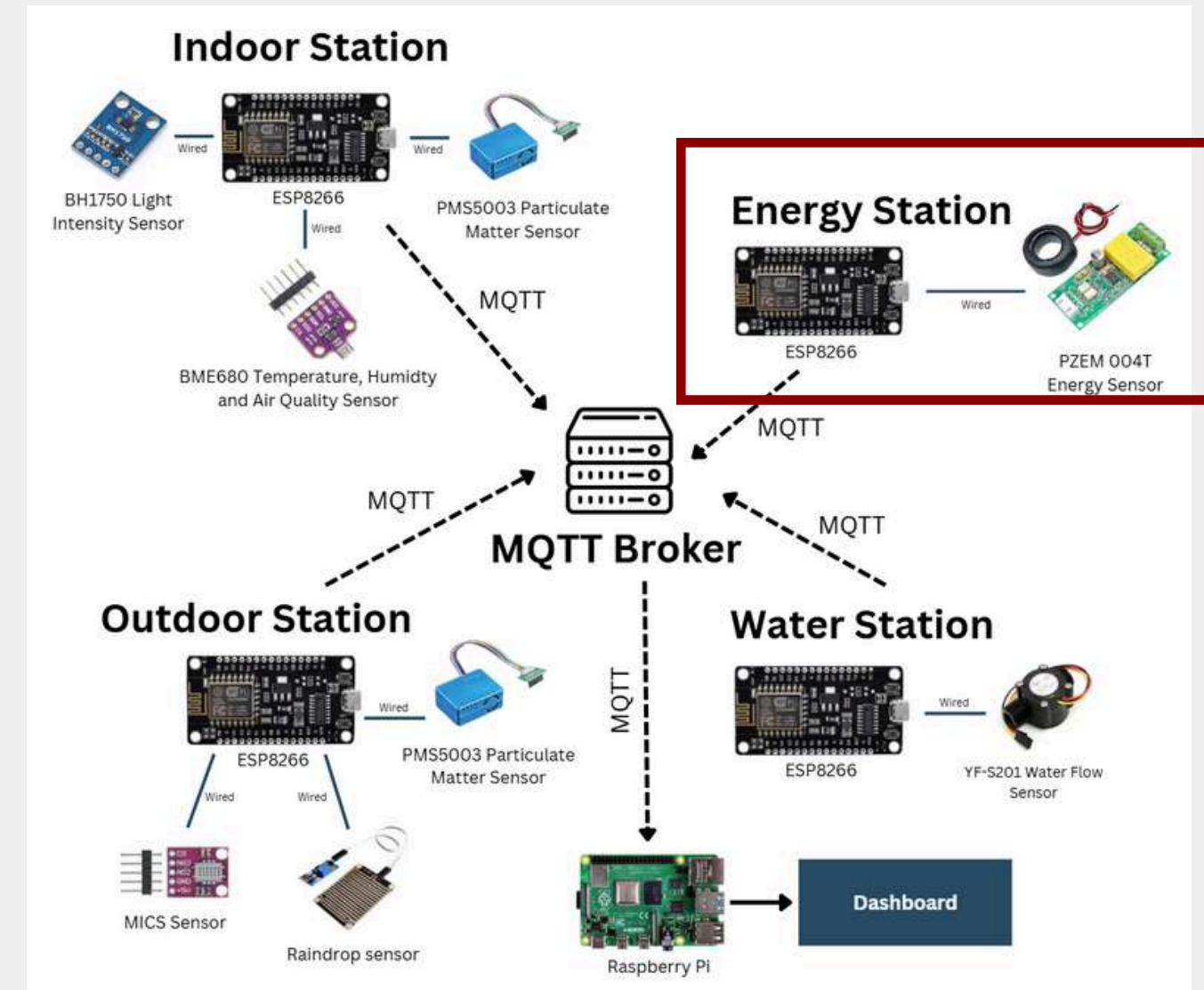
RANCANGAN STATION (4)

Energy Monitoring Station

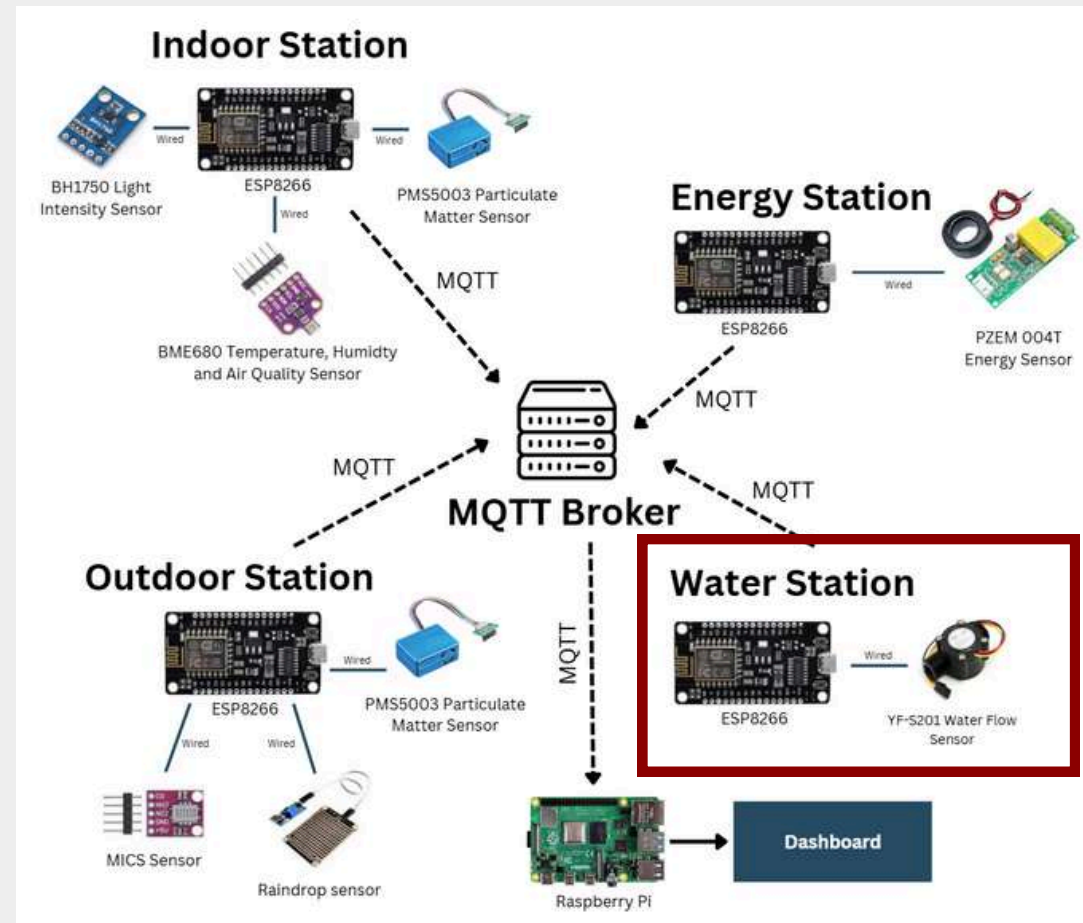
Energy Station mengukur **konsumsi energi listrik** secara real-time, termasuk **tegangan, arus, dan daya** yang digunakan. Dengan data ini, kampus dapat mengoptimalkan penggunaan energi untuk meningkatkan efisiensi operasional.



PZEM 004T - Sensor Listrik



RANCANGAN STATION (5)



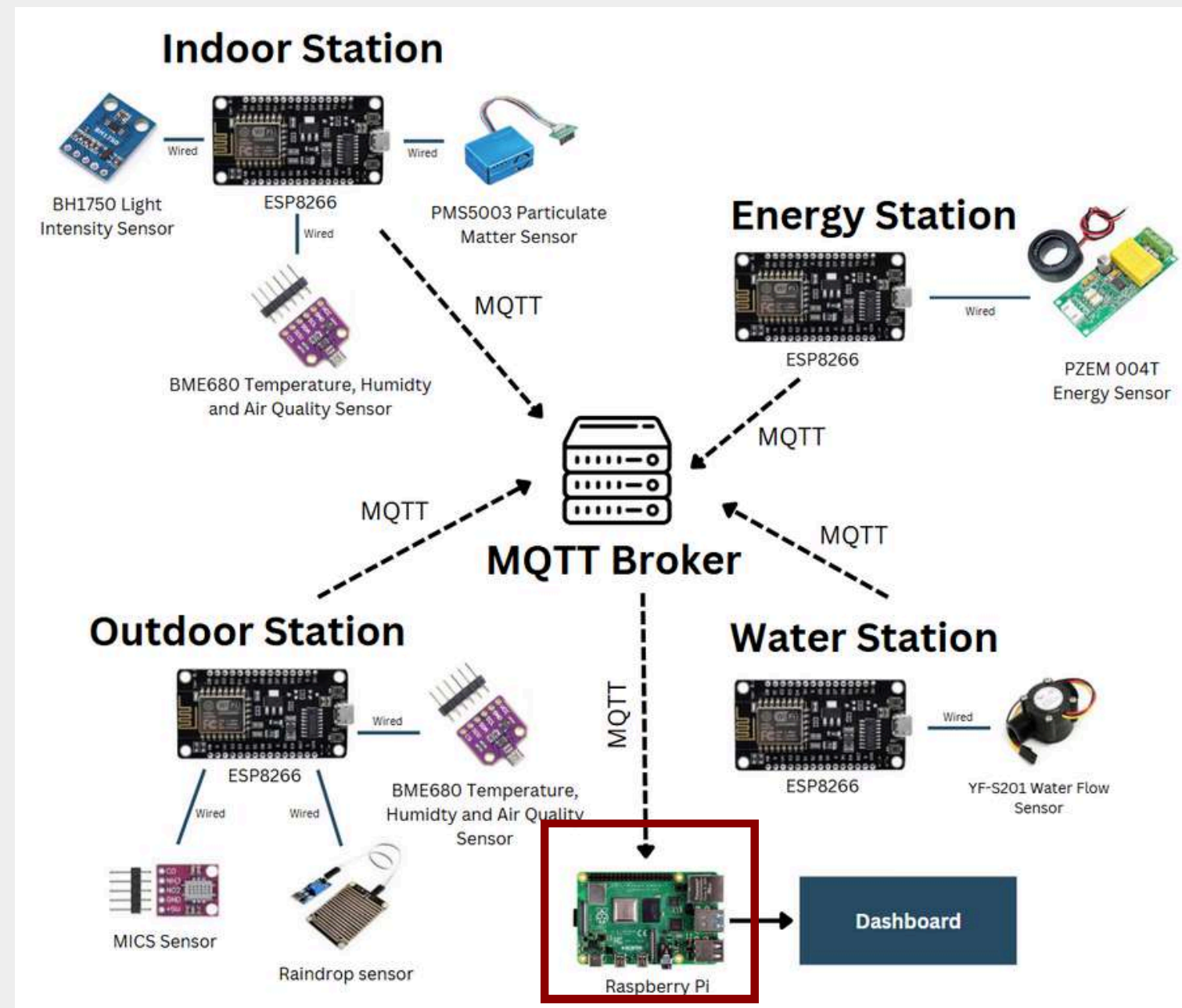
Water Monitoring Station

Water Station memantau **aliran** dan **konsumsi air** di area tertentu secara akurat. Sistem ini membantu mendeteksi kebocoran atau penggunaan berlebihan dan mendukung penggunaan air yang lebih hemat dan berkelanjutan.



YFS201 - Sensor Aliran Air

RANCANGAN ALAT SERVER



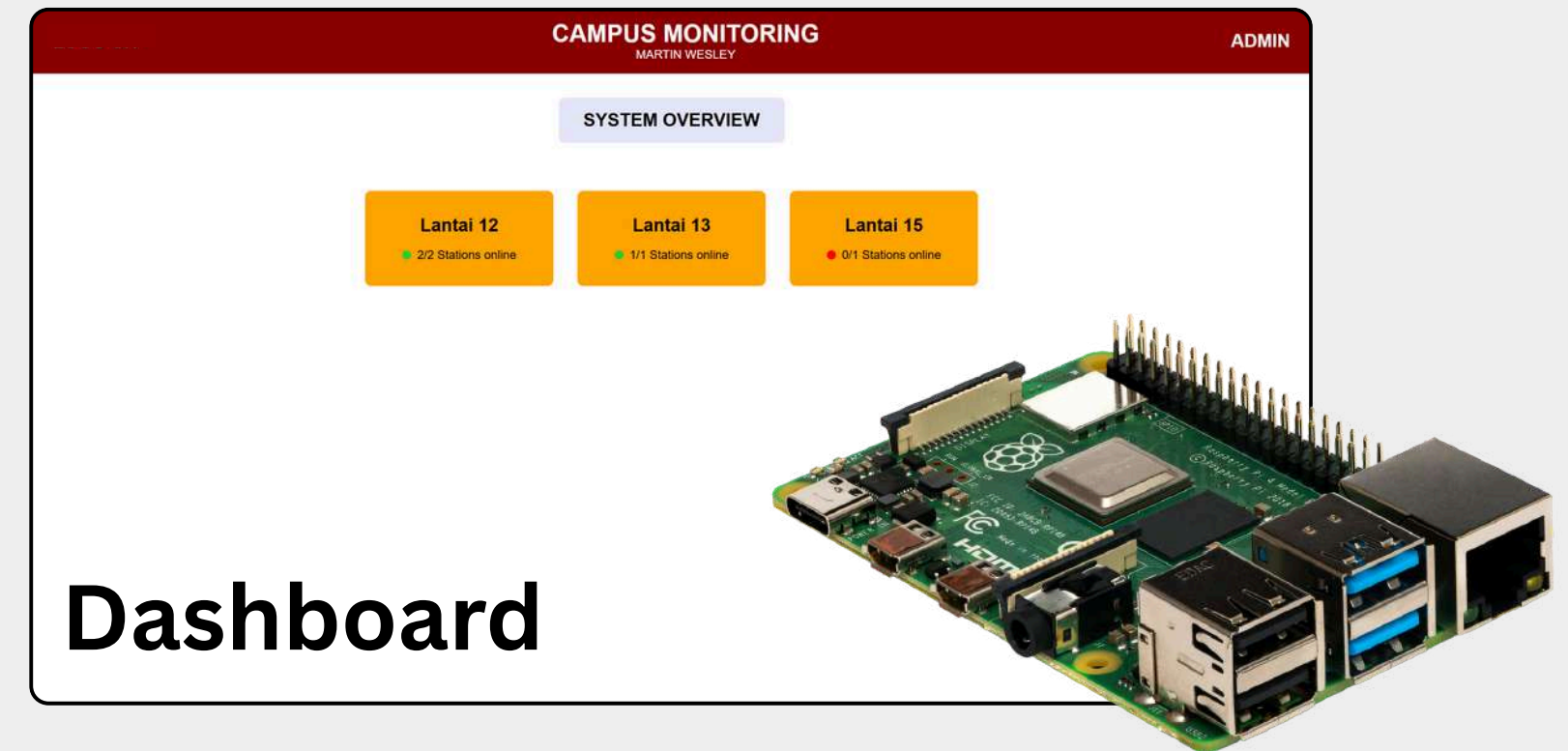
Menggunakan Raspberry Pi yang bertindak sebagai server untuk sistem dengan tugas:

- Menjalankan web dashboard Django
- Sebagai klien MQTT dan menerima data
- Menyimpan data station
- Menjalankan dashboard menggunakan Apache

RANCANGAN PROTOKOL KOMUNIKASI

Proyek pemantauan kampus menggunakan **protokol MQTT** melalui jaringan **Wi-Fi** sebagai inti komunikasi data.

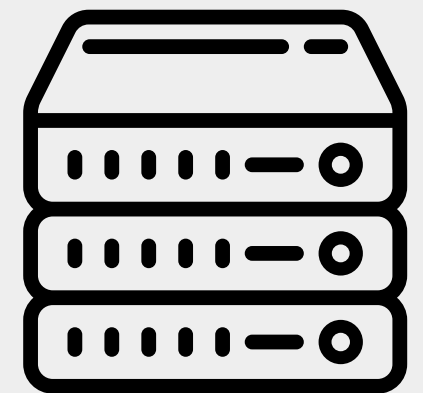
- Setiap station berperan sebagai publisher yang:
 - Membaca data dari beberapa sensor.
 - Mengirimkan data secara berkala ke MQTT Broker melalui topik-topik tertentu.
- MQTT Broker bertindak sebagai perantara yang:
 - Mengelola aliran data antar komponen.
 - Memastikan distribusi data dari station berlangsung efisien dan real-time.



Dashboard

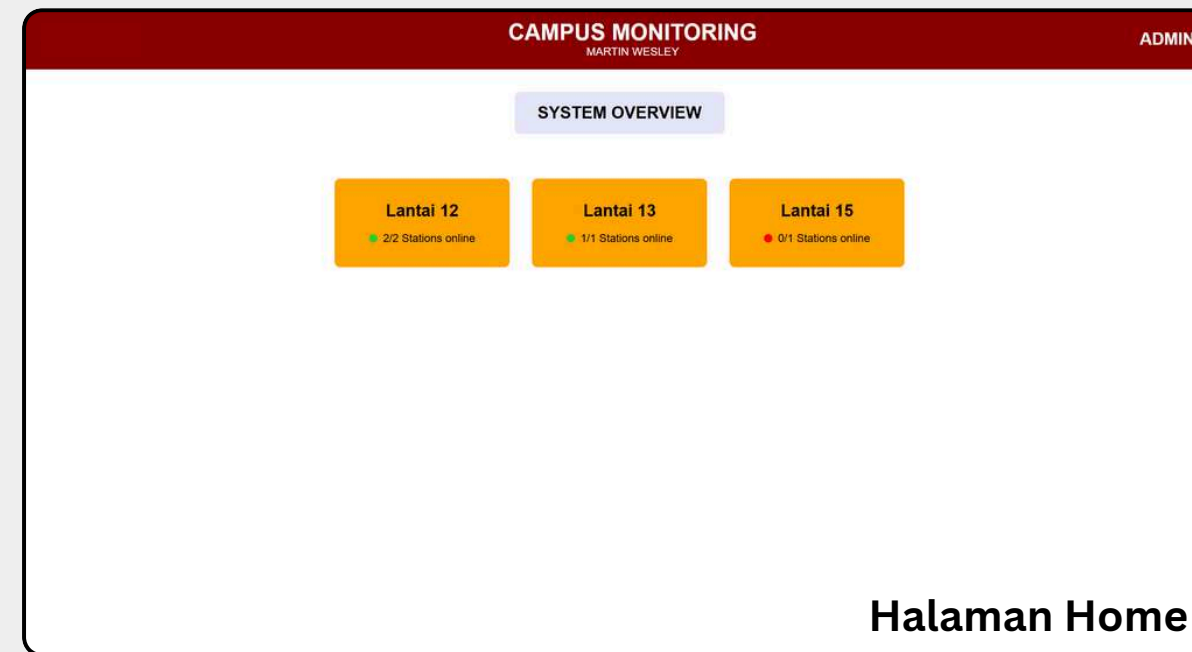
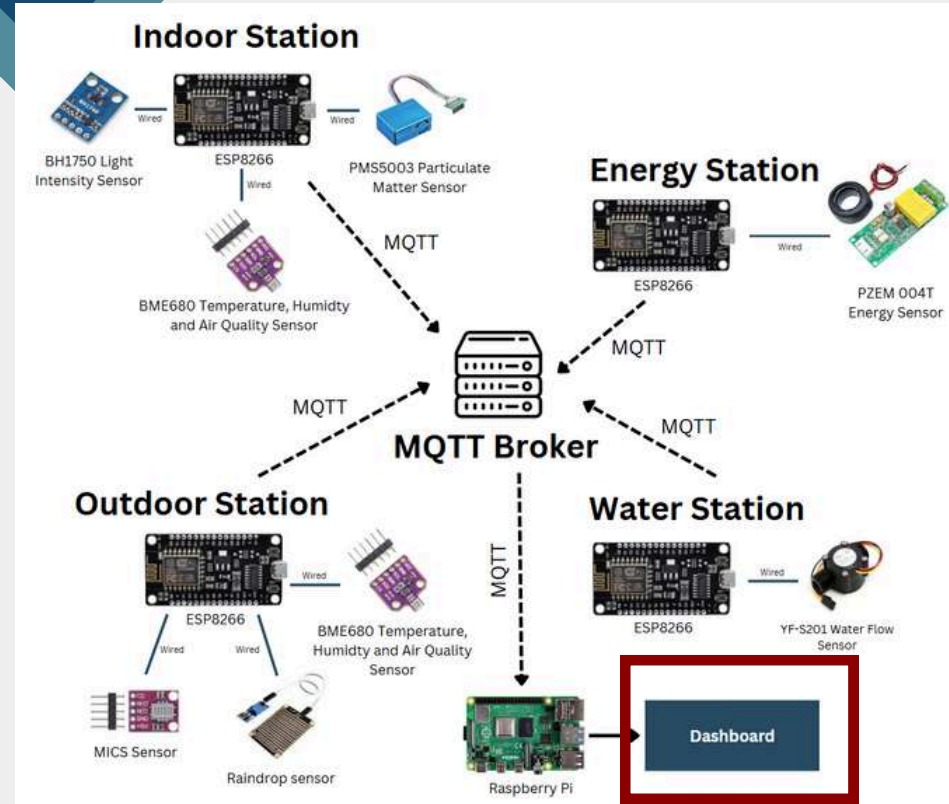
Alat Server

Station

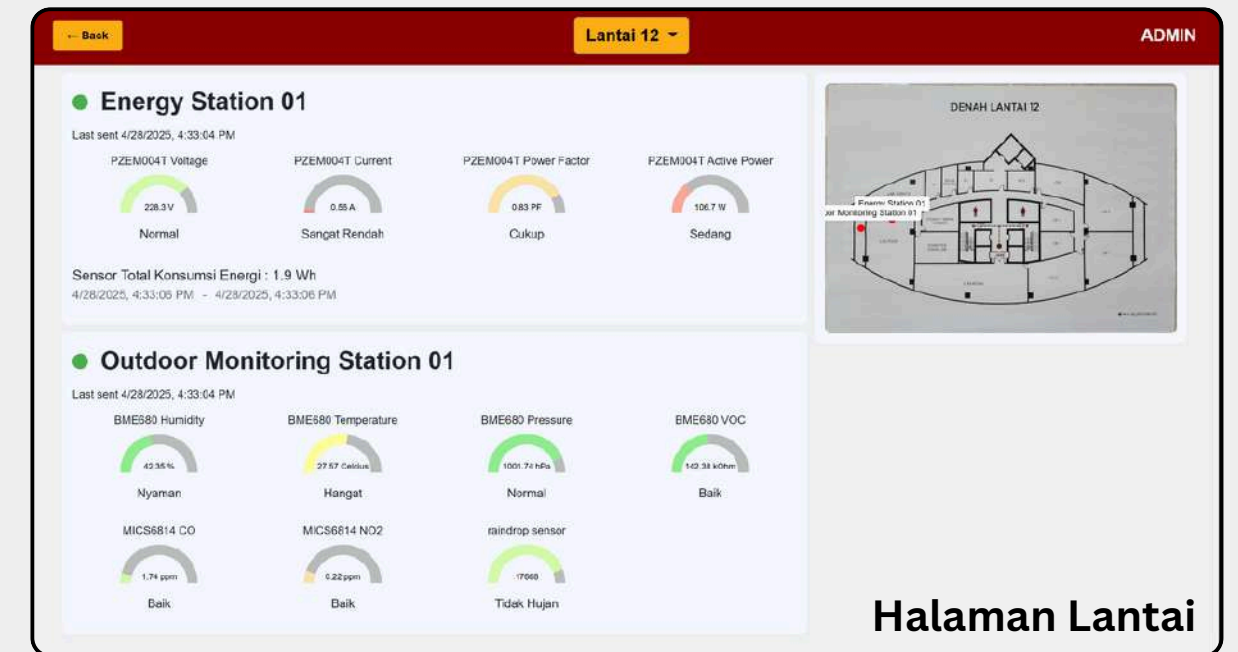


**MQTT
Broker**

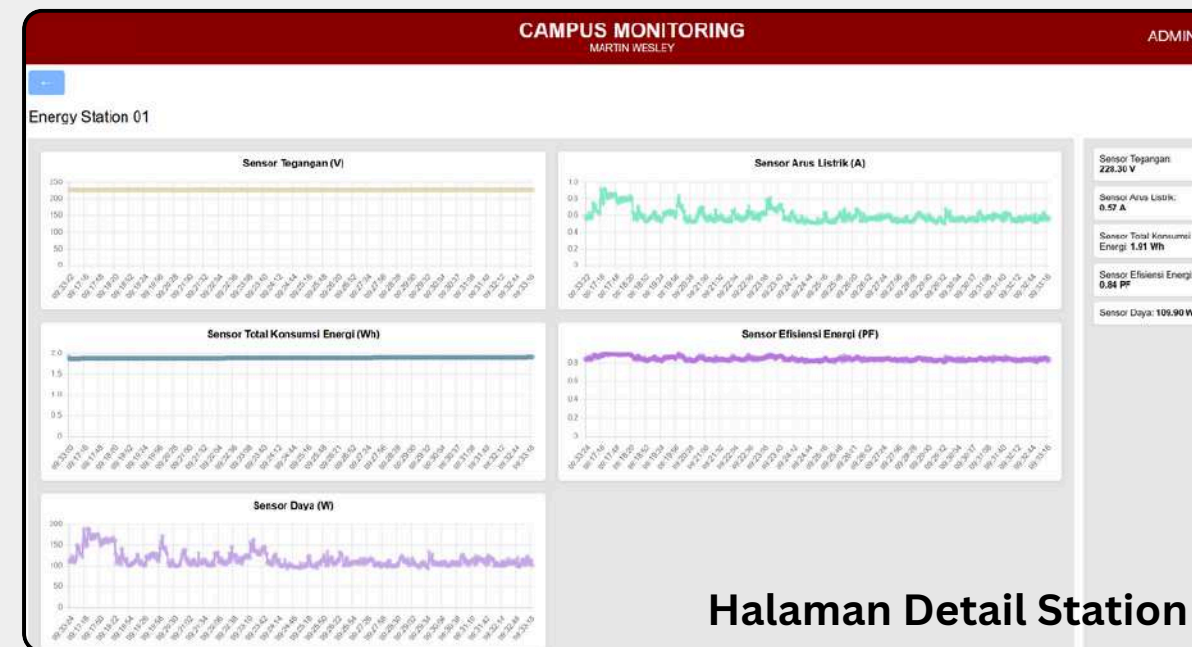




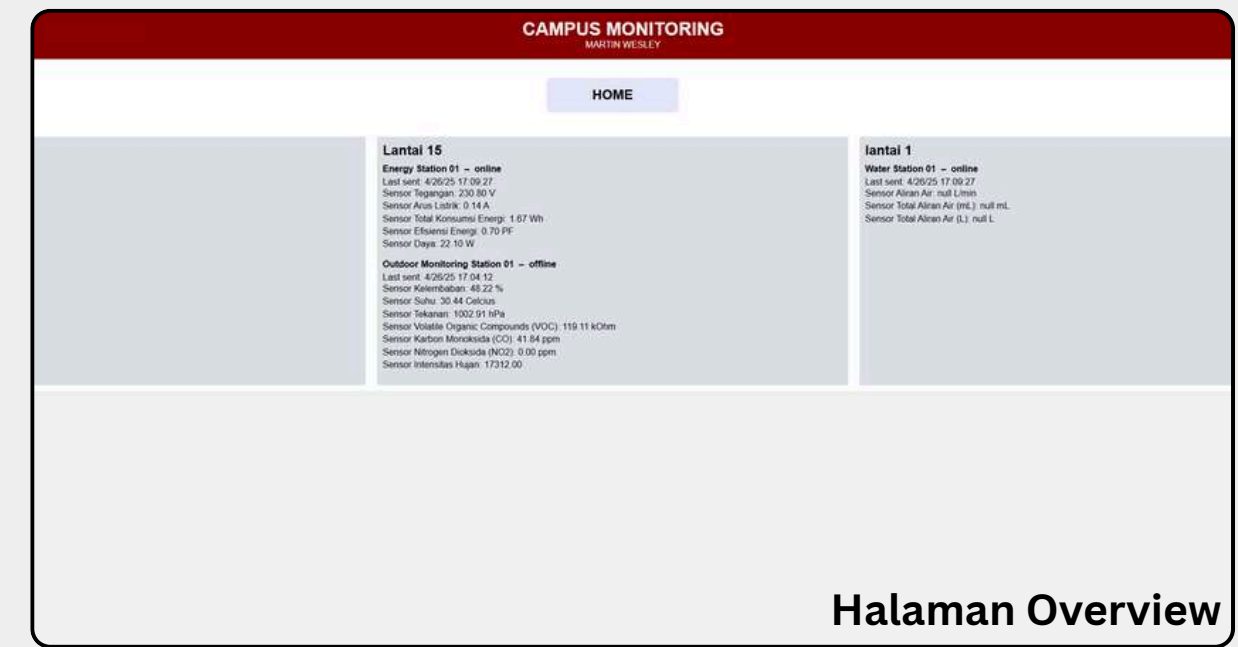
Halaman Home



Halaman Lantai



Halaman Detail Station



Halaman Overview

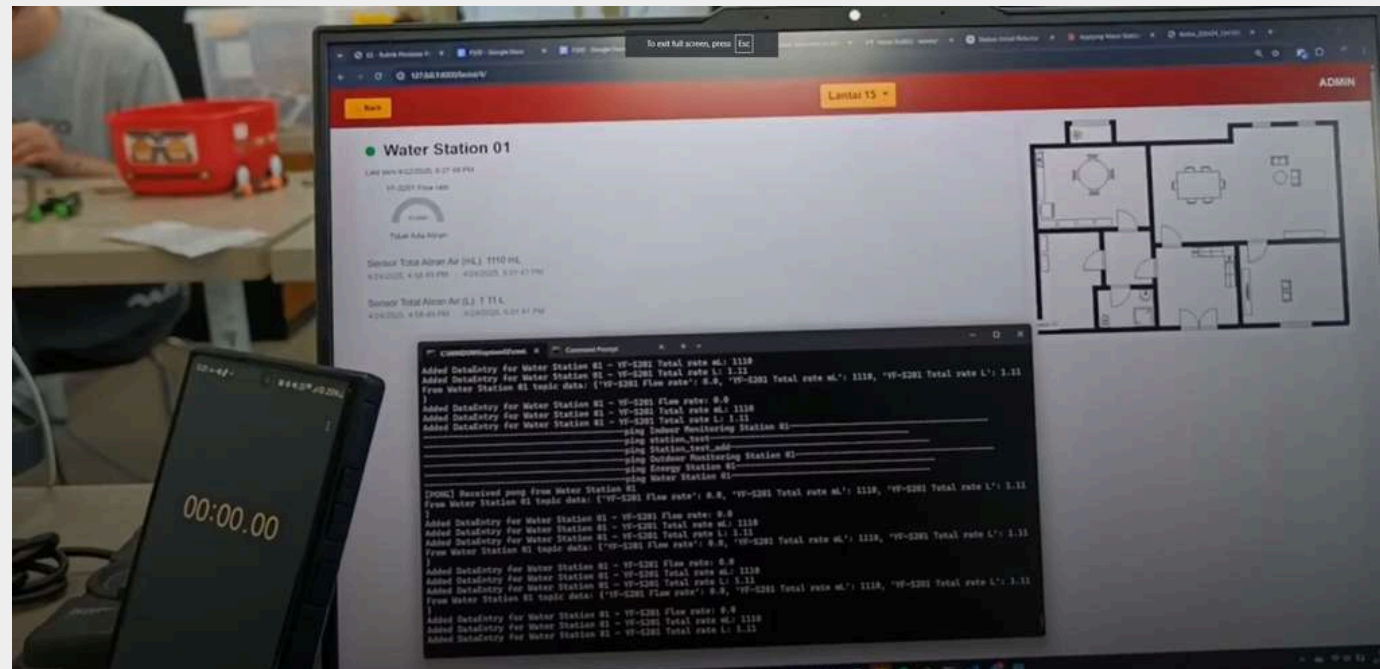
RANCANGAN DASBOR WEB

Dashboard yang dibangun dengan **Django Framework** menampilkan ringkasan kondisi lingkungan dan penggunaan sumber daya secara **real-time**, **visualisasi data historis** dalam bentuk **grafik**, serta pemantauan **status koneksi setiap station**. Dashboard ini juga mendukung **kontrol akses pengguna** dan dapat diakses melalui browser pada **perangkat yang terhubung** dengan jaringan **Wi-Fi kampus**.

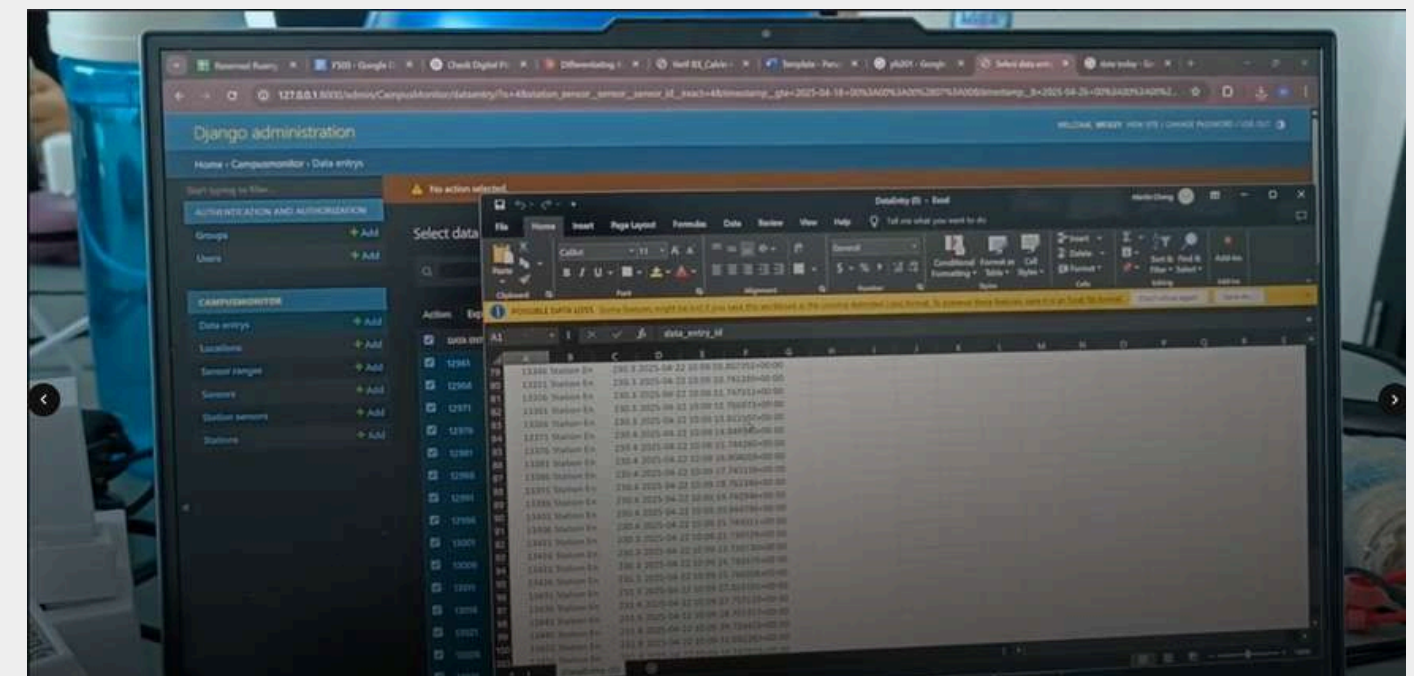
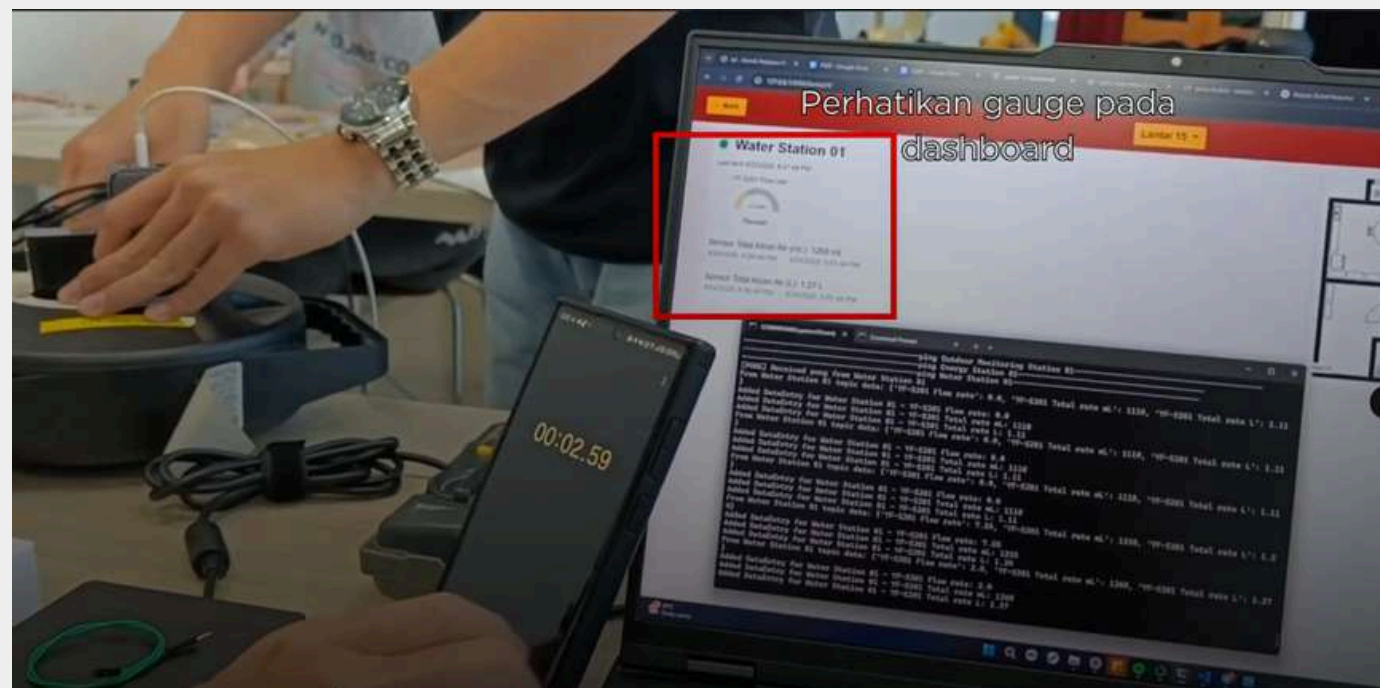
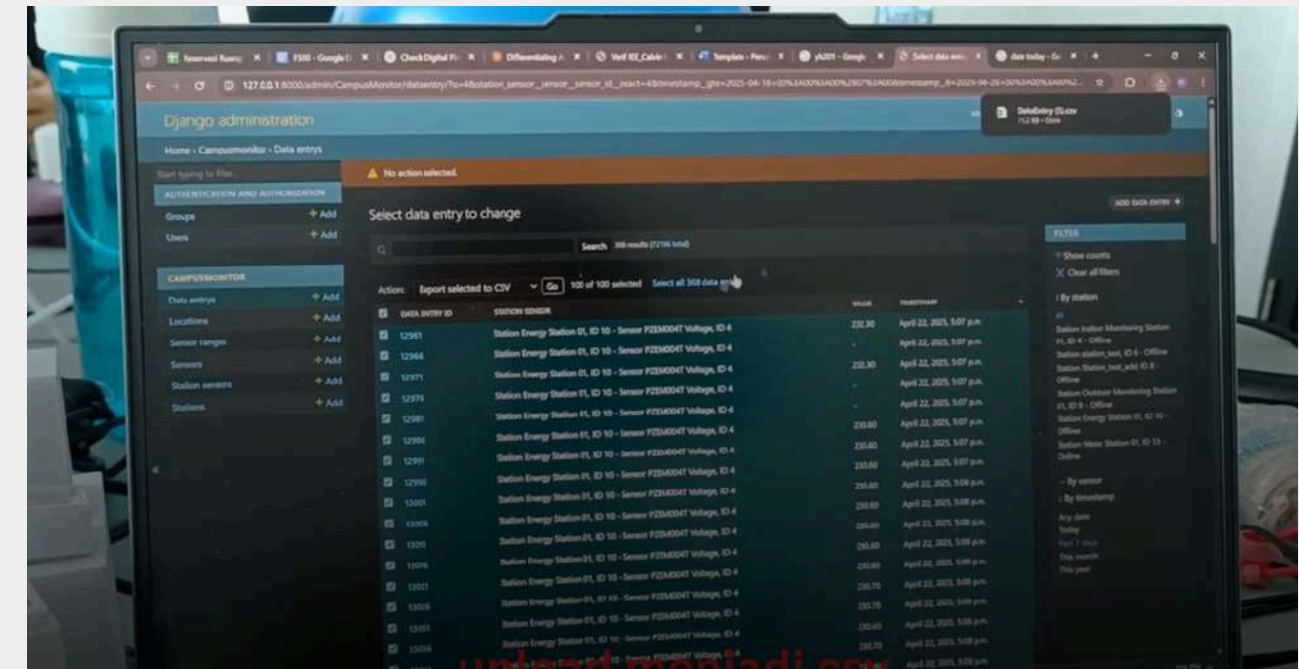
CHECKLIST FITUR SISTEM (1)



**Real-time
Monitoring**



Data Log



Video:
https://drive.google.com/file/d/17VyrlYcj7oRsCISaTwwgoyimLT8c8r9/view?usp=drive_link

Video:
https://drive.google.com/file/d/1NT3BPYMY5kOJSwUcvKBVGW-lqE6r0_zO/view?usp=drive_link

CHECKLIST FITUR SISTEM (2)



Accessibility



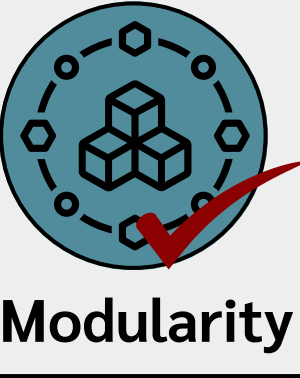
Lantai 12

Video: https://drive.google.com/file/d/1diI7zy0GacA-yaV78d1c7NwSPb_K7o6t/view?usp=drive_link

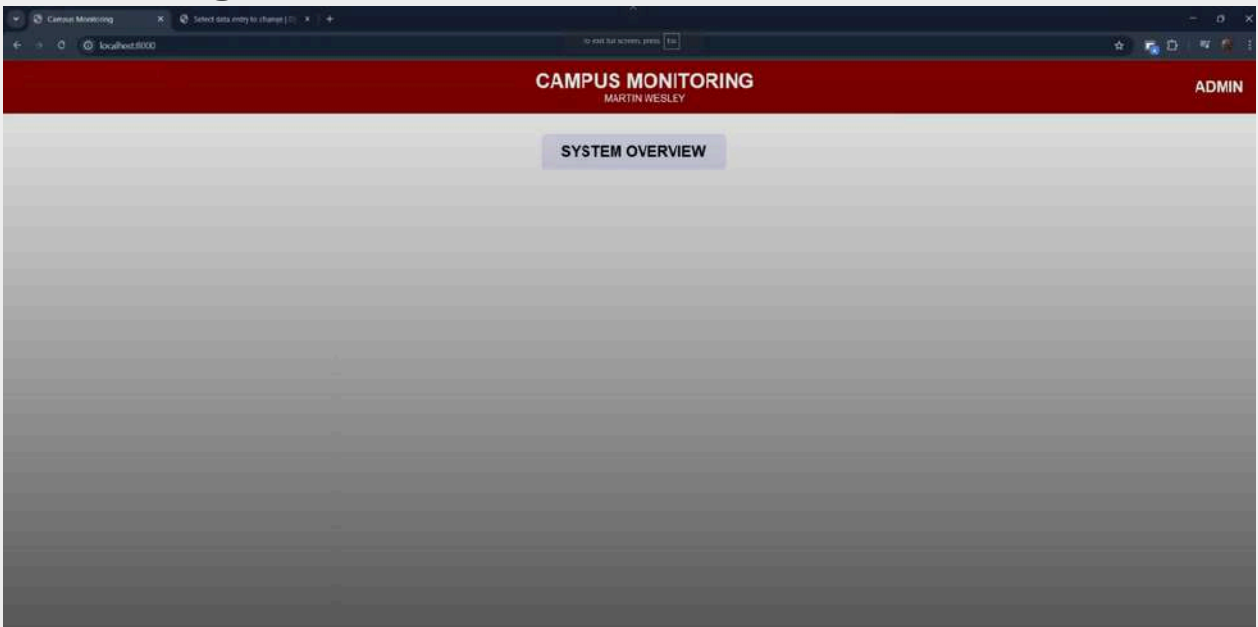


Lantai 14

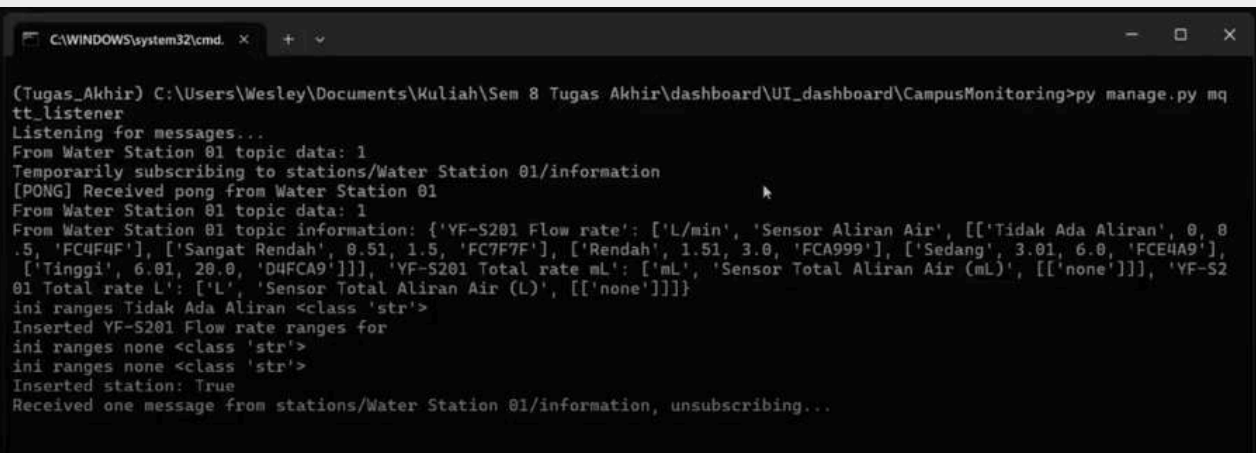
CHECKLIST FITUR SISTEM (3)



Home Page Awal

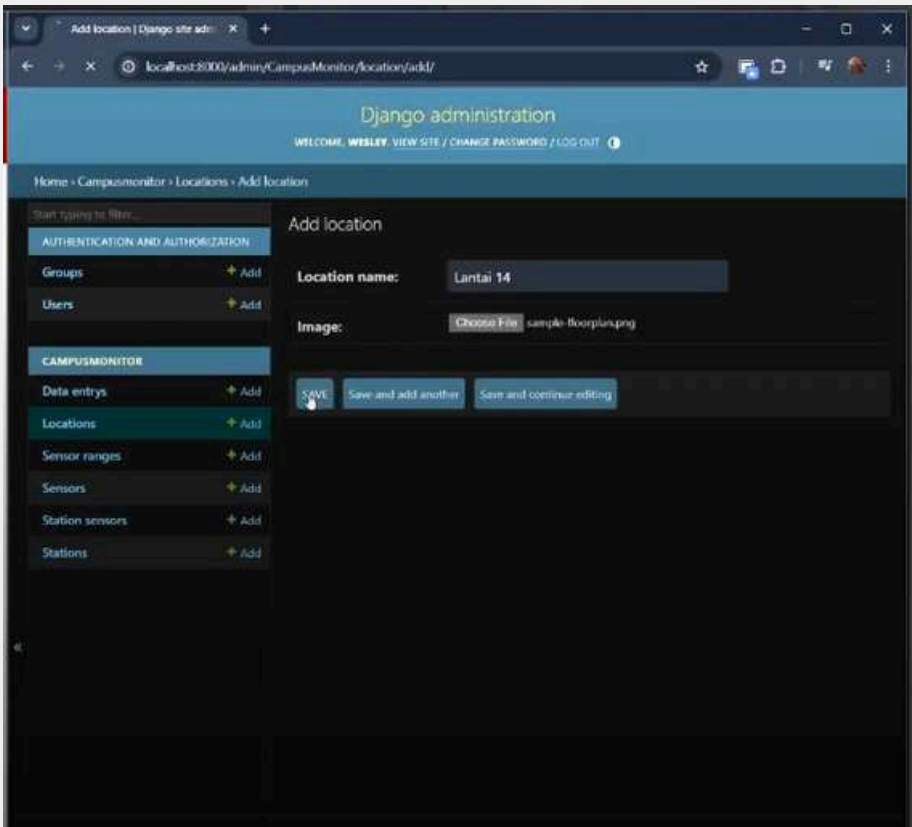


Station diaktifkan dan diterima MQTT Listener

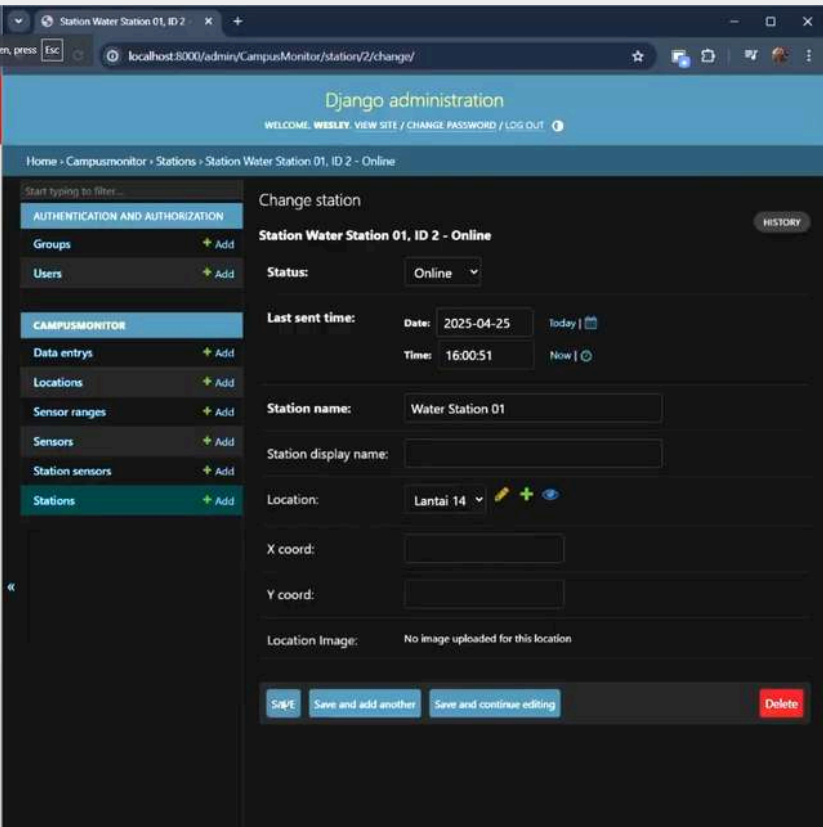


Video:
https://drive.google.com/file/d/1os-OEZx2uCG9rxhok9mAgv4QVVC_cY0y/view

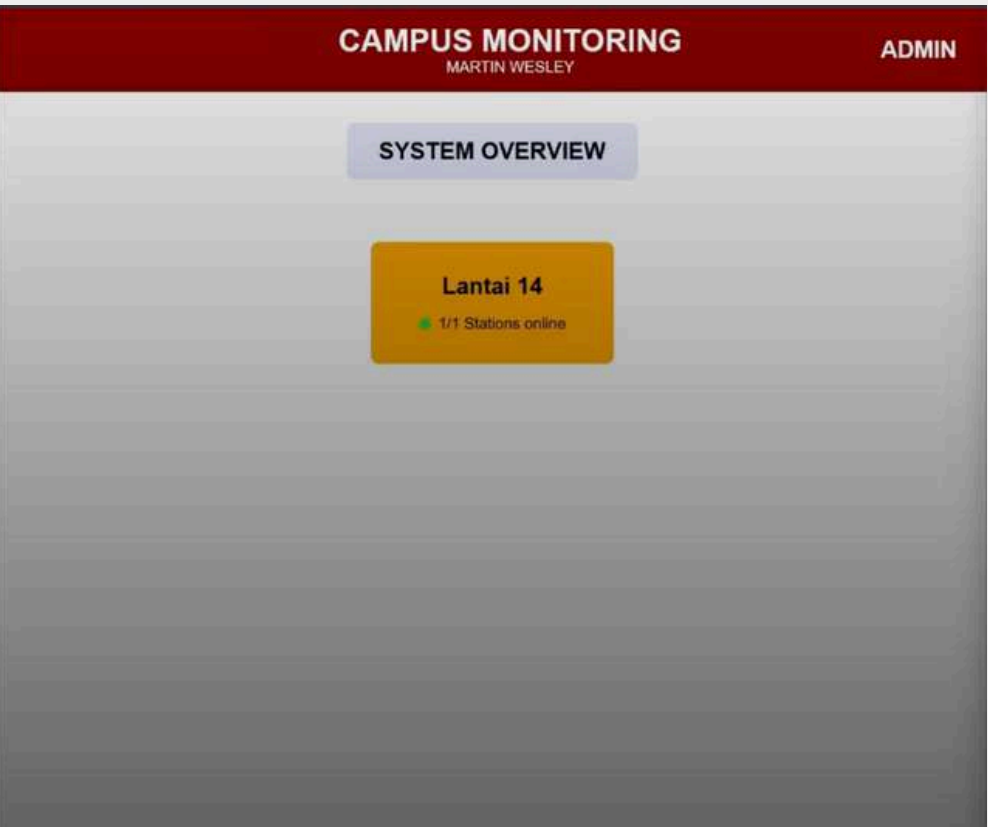
Pendaftaran Lantai



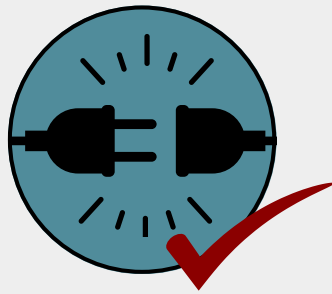
Pendaftaran Station



Home Page Akhir



CHECKLIST FITUR SISTEM (4)



Plug and Play
Sensors

Video:

https://drive.google.com/file/d/18kYNbq71TCFBlzv2CxeP7GnYAG_YvFaC/view?usp=drive_link

```
[PONG] Received pong from Indoor Monitoring Station 01
From Indoor Monitoring Station 01 topic data: {'BH1750 Light': 'none', 'PMS5003 PM1': 'none', 'PMS5003 PM2.5': 'none', 'PMS5003 PM10': 'none', 'BME680 Humidity': 'none', 'BME680 Temperature': 'none', 'BME680 Pressure': 'none', 'BME680 VOC': 'none'}
Added DataEntry for Indoor Monitoring Station 01 - BH1750 Light: none
Added DataEntry for Indoor Monitoring Station 01 - PMS5003 PM1: none
Added DataEntry for Indoor Monitoring Station 01 - PMS5003 PM2.5: none
Added DataEntry for Indoor Monitoring Station 01 - PMS5003 PM10: none
Added DataEntry for Indoor Monitoring Station 01 - BME680 Humidity: none
Added DataEntry for Indoor Monitoring Station 01 - BME680 Temperature: none
Added DataEntry for Indoor Monitoring Station 01 - BME680 Pressure: none
Added DataEntry for Indoor Monitoring Station 01 - BME680 VOC: none
[PONG] Received pong from Indoor Monitoring Station 01
From Indoor Monitoring Station 01 topic data: {'BH1750 Light': 'none', 'PMS5003 PM1': 'none', 'PMS5003 PM2.5': 'none', 'PMS5003 PM10': 'none', 'BME680 Humidity': 'none', 'BME680 Temperature': 'none', 'BME680 Pressure': 'none', 'BME680 VOC': 'none'}
Added DataEntry for Indoor Monitoring Station 01 - BH1750 Light: none
Added DataEntry for Indoor Monitoring Station 01 - PMS5003 PM1: none
Added DataEntry for Indoor Monitoring Station 01 - PMS5003 PM2.5: none
Added DataEntry for Indoor Monitoring Station 01 - PMS5003 PM10: none
Added DataEntry for Indoor Monitoring Station 01 - BME680 Humidity: none
Added DataEntry for Indoor Monitoring Station 01 - BME680 Temperature: none
Added DataEntry for Indoor Monitoring Station 01 - BME680 Pressure: none
Added DataEntry for Indoor Monitoring Station 01 - BME680 VOC: none
[PONG] Pong received recently, marking Indoor Monitoring Station 01 as ONLINE
```

Sebelum sensor dipasang

```
[PONG] Received pong from Indoor Monitoring Station 01
From Indoor Monitoring Station 01 topic data: {'BH1750 Light': 105.0, 'PMS5003 PM1': 3, 'PMS5003 PM2.5': 12, 'PMS5003 PM10': 12, 'BME680 Humidity': 40.3, 'BME680 Temperature': 30.87, 'BME680 Pressure': 1003.22, 'BME680 VOC': 101.58}
Added DataEntry for Indoor Monitoring Station 01 - BH1750 Light: 105.0
Added DataEntry for Indoor Monitoring Station 01 - PMS5003 PM1: 3
Added DataEntry for Indoor Monitoring Station 01 - PMS5003 PM2.5: 12
Added DataEntry for Indoor Monitoring Station 01 - PMS5003 PM10: 12
Added DataEntry for Indoor Monitoring Station 01 - BME680 Humidity: 40.3
Added DataEntry for Indoor Monitoring Station 01 - BME680 Temperature: 30.87
Added DataEntry for Indoor Monitoring Station 01 - BME680 Pressure: 1003.22
Added DataEntry for Indoor Monitoring Station 01 - BME680 VOC: 101.58
[PONG] Received pong from Indoor Monitoring Station 01
From Indoor Monitoring Station 01 topic data: {'BH1750 Light': 105.0, 'PMS5003 PM1': 3, 'PMS5003 PM2.5': 12, 'PMS5003 PM10': 12, 'BME680 Humidity': 40.3, 'BME680 Temperature': 30.87, 'BME680 Pressure': 1003.22, 'BME680 VOC': 101.58}
Added DataEntry for Indoor Monitoring Station 01 - BH1750 Light: 105.0
Added DataEntry for Indoor Monitoring Station 01 - PMS5003 PM1: 3
Added DataEntry for Indoor Monitoring Station 01 - PMS5003 PM2.5: 12
Added DataEntry for Indoor Monitoring Station 01 - PMS5003 PM10: 12
Added DataEntry for Indoor Monitoring Station 01 - BME680 Humidity: 40.3
Added DataEntry for Indoor Monitoring Station 01 - BME680 Temperature: 30.87
Added DataEntry for Indoor Monitoring Station 01 - BME680 Pressure: 1003.22
Added DataEntry for Indoor Monitoring Station 01 - BME680 VOC: 101.58
ping Indoor Monitoring Station 01-----
ping station_test-----
ping Station_test_add-----
ping Outdoor Monitoring Station 01-----
ping Energy Station 01-----
ping Water Station 01-----
From Indoor Monitoring Station 01 topic data: {'BH1750 Light': 105.0, 'PMS5003 PM1': 3, 'PMS5003 PM2.5': 12, 'PMS5003 PM10': 12, 'BME680 Humidity': 40.3, 'BME680 Temperature': 30.87, 'BME680 Pressure': 1003.22, 'BME680 VOC': 101.58}
```

Sesudah sensor dipasang



Proses Plug and Play sensor

PENGUJIAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa secara kualitatif, dashboard menampilkan berbagai grafik dan gauge yang memudahkan analisis data secara real-time. Secara kuantitatif, sistem menunjukkan kinerja yang andal: waktu respons dari pembacaan sensor hingga tampil di dashboard maksimum **4 detik** pada jaringan Wi-Fi stabil, broker MQTT dengan uptime mendekati **100%**, serta rata-rata delivery rate pesan station sebesar **95%**.

STRESS TEST

Tahap 1

Semua station dipasang di lokasi strategis. Simulasi perubahan kondisi, injeksi kesalahan, dan skenario tak terduga untuk menguji responsivitas dan adaptabilitas.

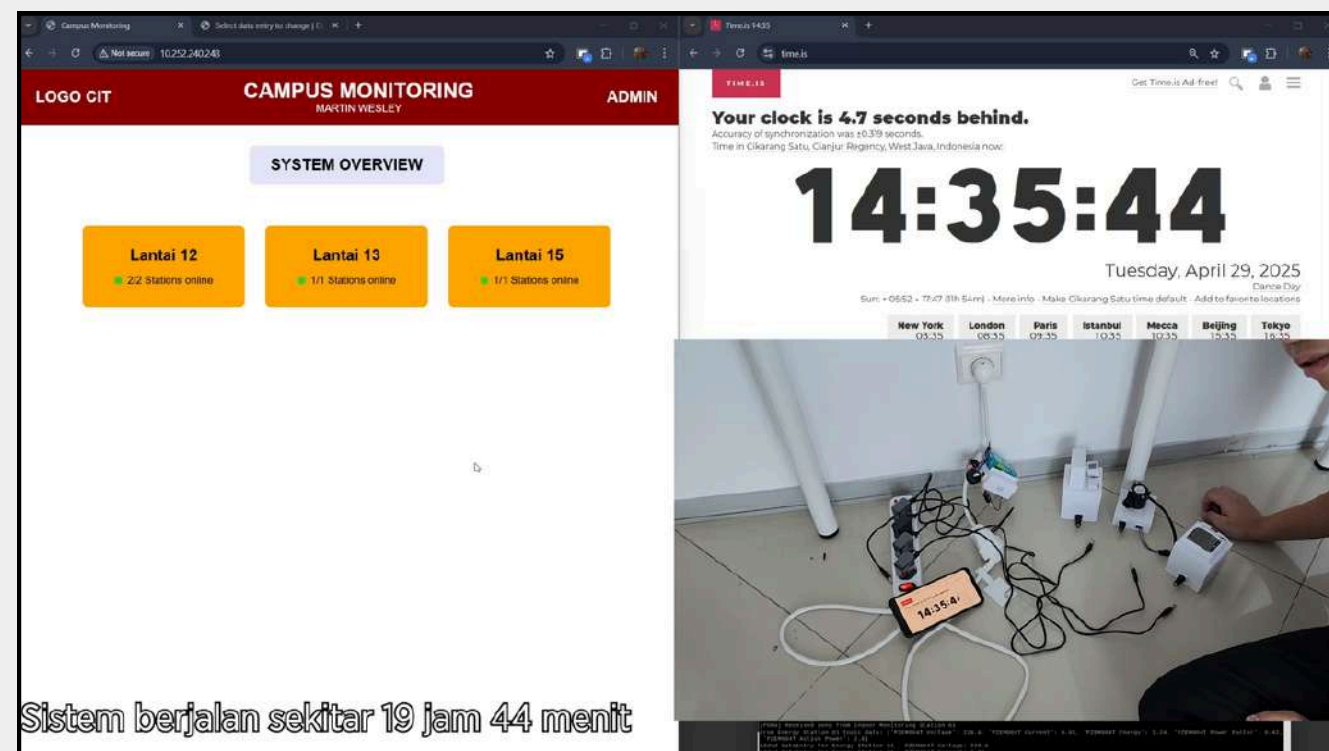
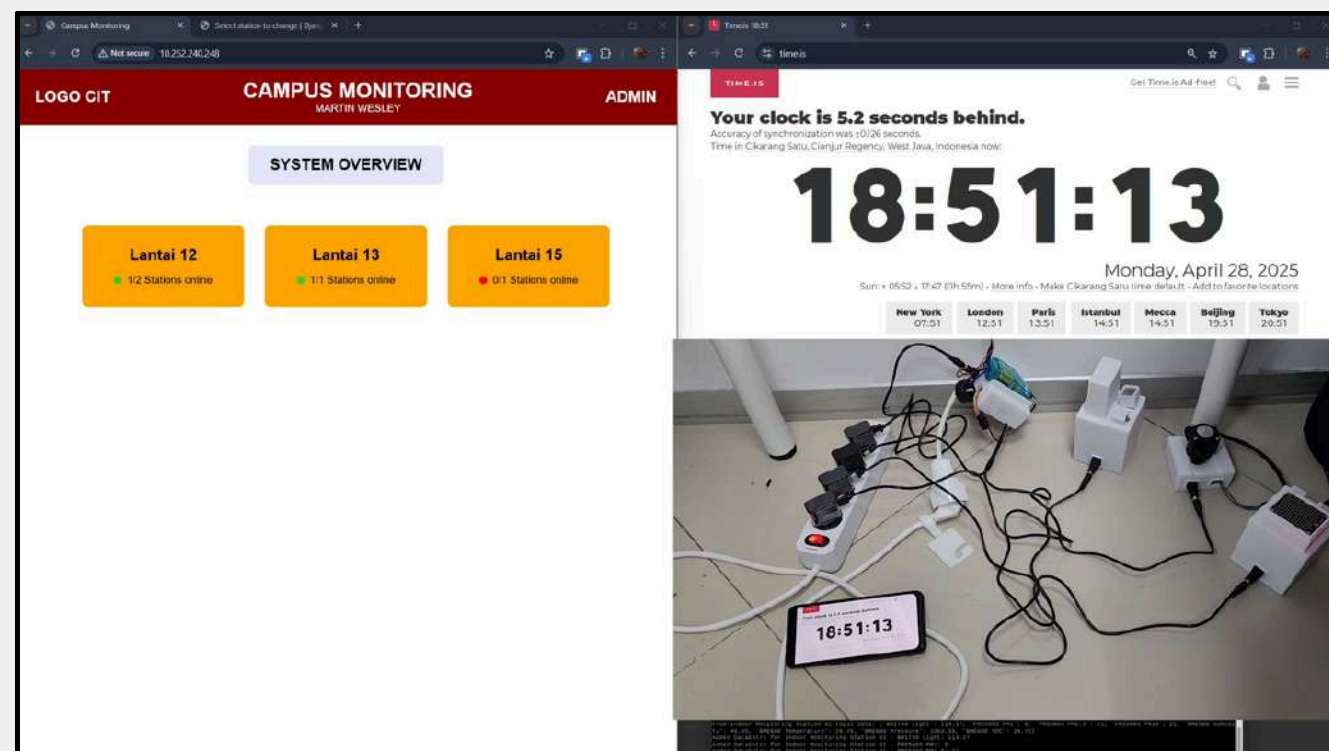
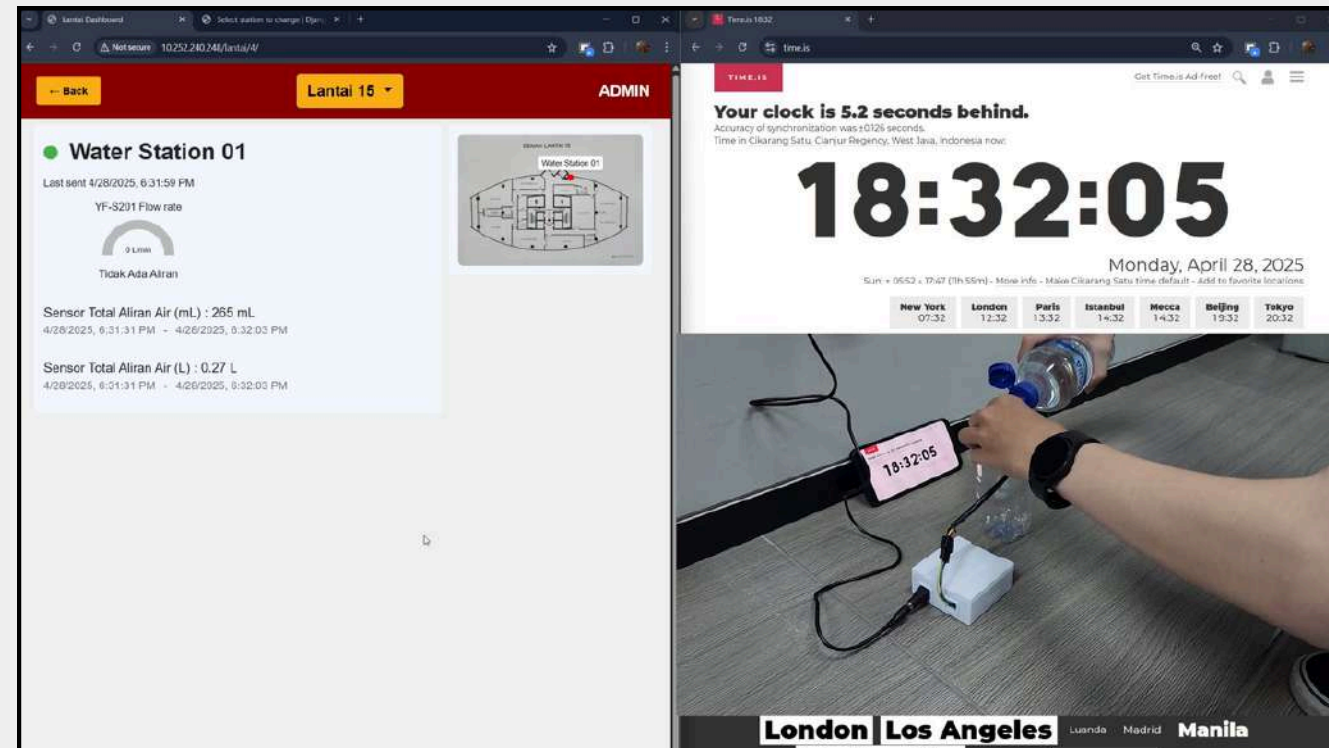
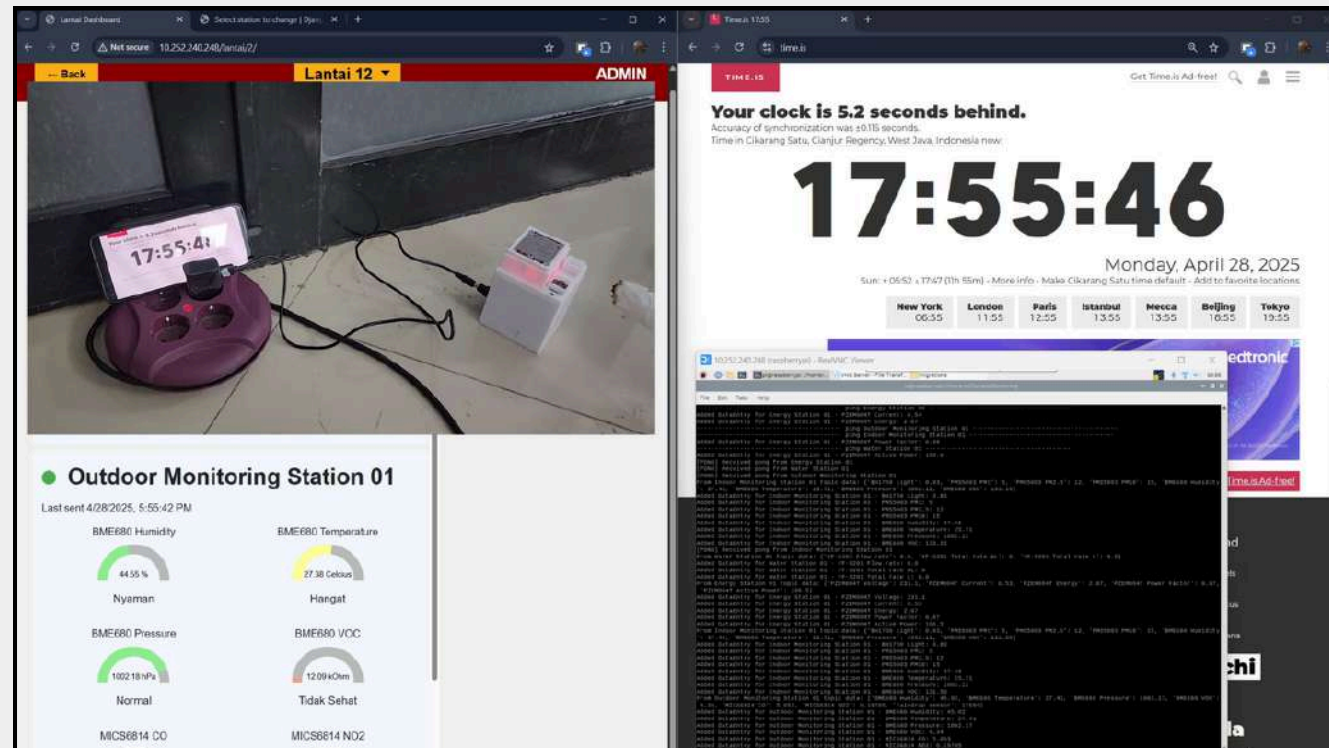
Hasil: Sistem responsif terhadap hampir semua simulasi

Tahap 2

Semua station dijalankan nonstop 19 jam. Data dikumpulkan dan dianalisis untuk menilai stabilitas, keandalan, dan kinerja jangka panjang.

Hasil: Sistem dapat berjalan dengan error minimal selama waktu pengujian

DOKUMENTASI STRESS TEST



Sistem berjalan sekitar 19 jam 44 menit

DOKUMENTASI DEMO



KESIMPULAN

- Dashboard dapat diakses dari perangkat apapun yang terhubung dengan jaringan internet kampus sehingga **tantangan keterbatasan interoperabilitas perangkat teratasi**.
- Menyediakan monitoring real-time untuk lingkungan dan konsumsi sumber daya dengan latensi data yang singkat untuk mengatasi **tantangan latensi data**.
- Sistem fleksibel dan skalabel: penambahan station dan mengatur penggunaan sensor sesuai dengan ukuran pemantauan lingkungan kampus (**mengatasi tantangan skalabilitas**).
- **Respons** cepat, **uptime** tinggi, dan pengiriman **data stabil**.
- **Dashboard otomatis & dinamis**, siap mendukung pengembangan lanjutan.

SARAN

- **Analitik Prediktif**: Gunakan data historis dan prakiraan cuaca untuk memprediksi pola penggunaan energi dan mengoptimalkan jadwal HVAC serta pencahayaan.
- **Penjadwalan Dinamis**: Integrasi dengan jadwal ruangan agar sistem dapat menyesuaikan dengan penggunaan.
- **Notifikasi Anomali**: Tambahkan fitur notifikasi otomatis jika terdeteksi anomali penggunaan energi.
- Menggunakan alat **server** yang lebih mampu **secara daya komputasi**.
- **Frekuensi pengiriman data** yang lebih optimal untuk setiap station.



Terima Kasih

Extra Slides

VIDEO STRESS TEST DAN BUKTI PENGUJIAN

Stress Test: https://drive.google.com/file/d/1eKeL6dl60f_wBmNmIrbIU5ASAZY5Q5yV/view?usp=drive_link

```
MQTT Server Availability Report
=====
Start time: 2025-04-24 03:28:15.669361
End time: 2025-04-24 06:33:27.807730
Monitoring duration: 3h 5m 12s

Connection Statistics:
- Total connection attempts: 1582
- Successful connections: 1582
- Failed connections: 0
- Success rate: 100.00%

Availability:
- Current status: ONLINE
- Total uptime: 3h 5m 12s (100.00%)
- Total downtime: 0h 0m 0s (0.00%)
- Number of outages: 0

Longest outage: No outages recorded

Last 5 status changes:
```

Per-Station Analysis:

station_id	msg_count	expected_msgs	delivery_rate_pct	mean_interval_s	jitter_s	min_interval_s	max_interval_s
Energy Station 01	900	900	100.000000	2.000711	0.463147	0.000021	9.071450
Indoor Monitoring Station 01	881	888	99.211712	2.017267	0.268144	0.042410	5.239326
Outdoor Monitoring Station 01	712	900	79.111111	2.530167	0.425612	0.000029	7.954391
Water Station 01	890	900	98.888889	2.023713	0.785578	0.000073	23.175848

Waktu Respons:

https://drive.google.com/file/d/17VyrIYcj7oRsCISaTwwwgoyimILT8c8r9/view?usp=drive_link

SYSTEM OVERVIEW

Lantai 12

2/2 Stations online

Lantai 13

1/1 Stations online

Lantai 15

0/1 Stations online

● Energy Station 01

Last sent 4/28/2025, 4:33:04 PM

PZEM004T Voltage



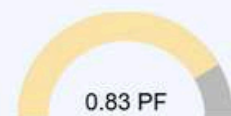
Normal

PZEM004T Current



Sangat Rendah

PZEM004T Power Factor



Cukup

PZEM004T Active Power



Sedang

Sensor Total Konsumsi Energi : 1.9 Wh

4/28/2025, 4:33:06 PM - 4/28/2025, 4:33:06 PM

● Outdoor Monitoring Station 01

Last sent 4/28/2025, 4:33:04 PM

BME680 Humidity



Nyaman

BME680 Temperature



Hangat

BME680 Pressure



Normal

BME680 VOC



Baik

MICS6814 CO



Baik

MICS6814 NO2



Baik

raindrop sensor

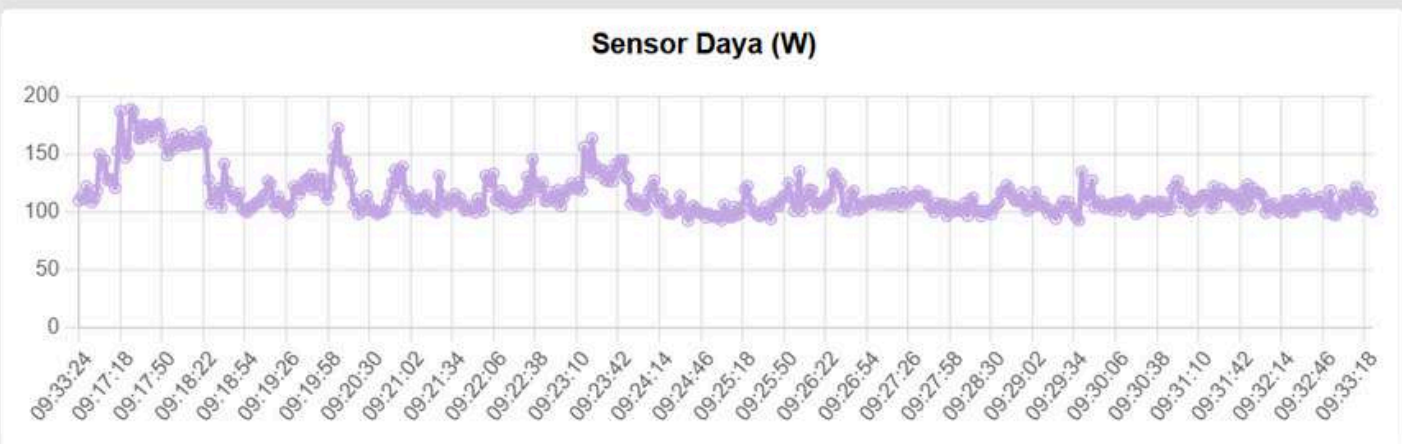
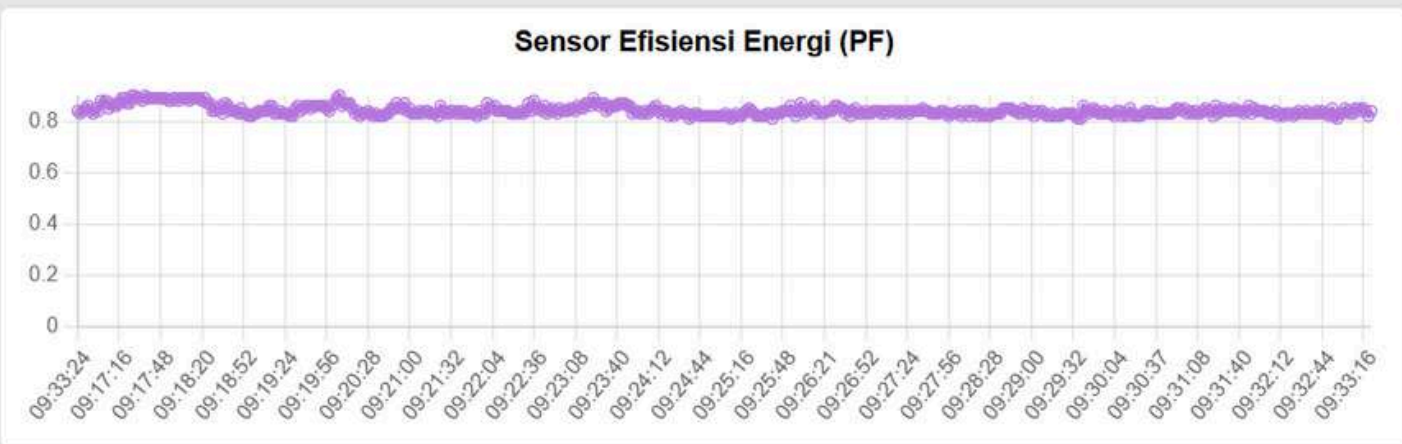
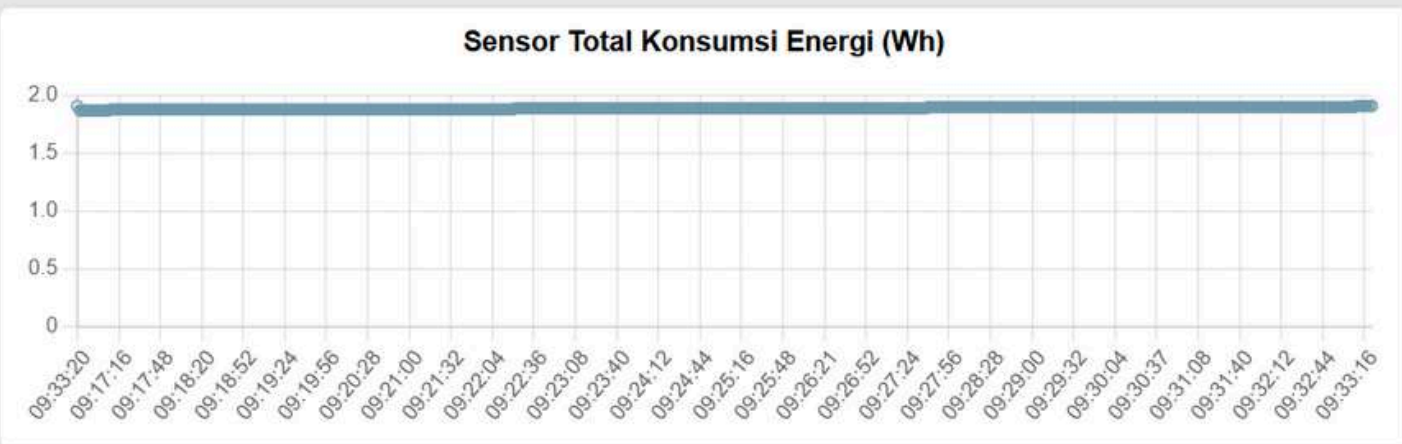
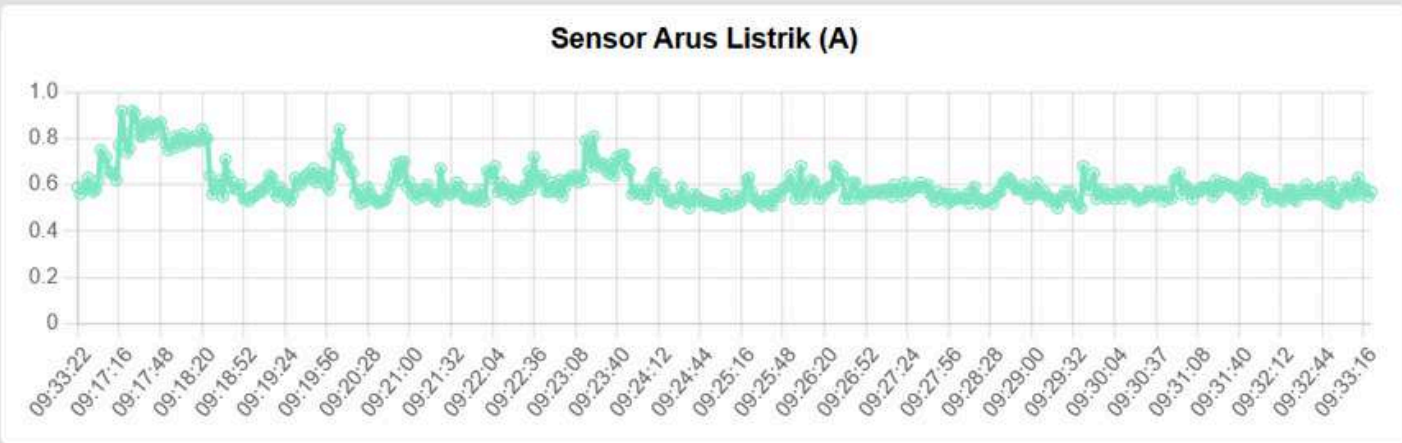
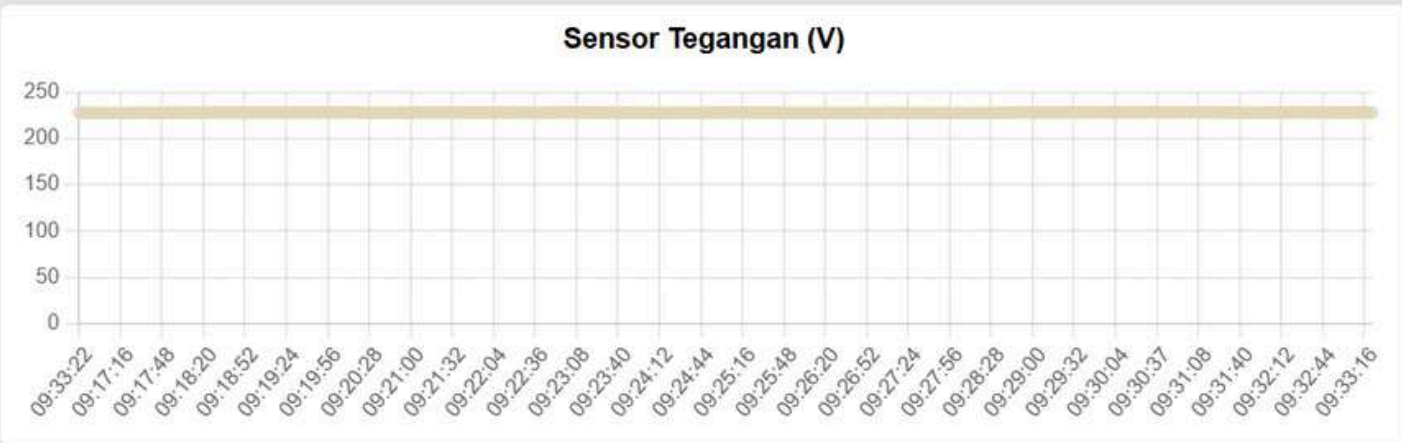


Tidak Hujan





Energy Station 01



Sensor Tegangan:
228.30 V

Sensor Arus Listrik:
0.57 A

Sensor Total Konsumsi Energi: 1.91 Wh

Sensor Efisiensi Energi: 0.84 PF

Sensor Daya: 109.90 W

CAMPUS MONITORING

MARTIN WESLEY

HOME

Lantai 15

Energy Station 01 – online

Last sent: 4/26/25 17:09:27
Sensor Tegangan: 230.80 V
Sensor Arus Listrik: 0.14 A
Sensor Total Konsumsi Energi: 1.67 Wh
Sensor Efisiensi Energi: 0.70 PF
Sensor Daya: 22.10 W

Outdoor Monitoring Station 01 – offline

Last sent: 4/26/25 17:04:12
Sensor Kelembaban: 48.22 %
Sensor Suhu: 30.44 Celcius
Sensor Tekanan: 1002.91 hPa
Sensor Volatile Organic Compounds (VOC): 119.11 kOhm
Sensor Karbon Monoksida (CO): 41.84 ppm
Sensor Nitrogen Dioksida (NO2): 0.00 ppm
Sensor Intensitas Hujan: 17312.00

lantai 1

Water Station 01 – online

Last sent: 4/26/25 17:09:27
Sensor Aliran Air: null L/min
Sensor Total Aliran Air (mL): null mL
Sensor Total Aliran Air (L): null L