© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ANALISIS AKURASI SISTEM AKUISISI DATA *LEVEL* AIR BERBASIS IOT SEBAGAI SISTEM *MONITORING* BASEMENT GARDU INDUK SAWANGAN

SKRIPSI

ARFANDI WIRATAMA

2203411031

PROGRAM STUDI TEKNIK OTOMASI LISTRIK INDUSTRI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2026

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ANALISIS AKURASI SISTEM AKUISISI DATA *LEVEL* AIR BERBASIS IOT SEBAGAI SISTEM *MONITORING* BASEMENT GARDU INDUK

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

Sarjana Terapan

ARFANDI WIRATAMA

2203411031

PROGRAM STUDI TEKNIK OTOMASI LISTRIK INDUSTRI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2026

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Arfandi Wiratama
NIM : 2203411031

Tanda Tangan :

Tanggal : Jumat, 17 Juli 2026

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Tugas Akhir diajukan oleh :

Nama : Arfandi Wiratama

NIM : 2203411031

Program Studi : Teknik Otomasi Listrik Industri

Judul Tugas Akhir : Analisis Akurasi Sistem Akuisisi Data Level Air Berbasis IoT sebagai Sistem Monitoring Basement Gardu Induk Sawangan.

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada Senin, 29 Juni 2026 dan dinyatakan LULUS.

Pembimbing I : Arum Kusuma Wardhany, S.T., M.T.
(NIP.199107132020122013) .....

Pembimbing II : Yani Haryani, S.Pd., M.Pd.T
(NIP.198706172022032003) .....

Depok, 29 Juni 2026
Disahkan oleh
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Dr. Murie Dwiyaniti, S. T.,M. T.
(NIP. 197803312003122002)

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini. Penulisan Skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Terapan Politeknik. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan Skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Arum Kusuma Wardhany, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan Skripsi ini;
2. Ibu Yani Haryani, S.Pd., M.Pd.T selaku dosen pembimbing II yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan Skripsi ini;
3. Bapak/Ibu dosen Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan ilmu pengetahuan, wawasan, dan pengalaman yang sangat berharga bagi penulis selama menempuh studi di Jurusan Teknik Elektro.
4. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
5. Saudari Syaffa Shapariz yang senantiasa memberikan dukungan, perhatian, motivasi, dan semangat kepada penulis selama proses penyusunan Skripsi ini;
6. Sahabat yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 29 Juni 2026

Arfandi Wiratama

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ABSTRAK

Basement Gardu Induk Sawangan merupakan fasilitas kelistrikan strategis yang rentan terhadap risiko genangan air, sehingga diperlukan sistem peringatan dini yang andal untuk mencegah kerusakan peralatan. Penelitian ini merancang dan menganalisis akurasi sistem akuisisi data level air berbasis IoT menggunakan sensor ultrasonik JSN-SR04T dan mikrokontroler ESP32 sebagai sistem peringatan dini banjir. Metode pengujian yang diterapkan meliputi pengujian kalibrasi komparatif antara pembacaan sensor dengan alat ukur standar, analisis error menggunakan MAE dan RMSE, pengujian algoritma Exponential Moving Average (EMA) dengan konstanta $\alpha = 0{,}2$ untuk meningkatkan stabilitas data, serta pengujian performa transmisi data ke Firebase Real-time Database. Sistem dirancang dengan dua ambang batas hysteresis, yaitu pompa aktif pada ketinggian air 21 cm dan nonaktif pada 15 cm, untuk mencegah switching berulang pada kendali pompa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor JSN-SR04T mencapai akurasi sebesar 98,94% dengan rata-rata persentase error 1,06%, nilai MAE 0,19 cm, dan RMSE 0,23 cm. Algoritma EMA terbukti meningkatkan stabilitas data pembacaan sensor dengan meredam fluktuasi noise secara efektif. Sistem transmisi data ke Firebase berhasil mencapai latency rata-rata 187 ms dengan data loss 0% pada kondisi jaringan normal, dan algoritma hysteresis berhasil mencegah chattering pada kendali pompa. Sistem ini terbukti mampu melakukan akuisisi, pengolahan, dan transmisi data ketinggian air secara real-time, sehingga layak digunakan sebagai sistem peringatan dini banjir di Basement Gardu Induk Sawangan.

Kata Kunci: Sistem Peringatan Dini, ESP32, JSN-SR04T, IoT, Firebase, EMA, Hysteresis, Gardu Induk Sawangan.

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ABSTRACT

The basement of Sawangan Substation is a strategic electrical facility vulnerable to the risk of water inundation, necessitating a reliable early warning system to prevent equipment damage. This study designs and analyzes the accuracy of an IoT-based water level data acquisition system using the JSN-SR04T ultrasonic sensor and ESP32 microcontroller as a flood early warning system. The testing methods applied include comparative calibration testing between sensor readings and standard measuring instruments, error analysis using MAE and RMSE, testing of the Exponential Moving Average (EMA) algorithm with a constant α = 0.2 to improve data stability, and performance testing of data transmission to Firebase Real-time Database. The system is designed with two hysteresis thresholds, where the pump activates at a water level of 21 cm and deactivates at 15 cm, to prevent repeated switching in pump control. Test results show that the JSN-SR04T sensor achieves an accuracy of 98.94% with an average error percentage of 1.06%, MAE of 0.19 cm, and RMSE of 0.23 cm. The EMA algorithm effectively improves sensor reading stability by suppressing noise fluctuations. The data transmission system to Firebase achieves an average latency of 187 ms with 0% data loss under normal network conditions, and the hysteresis algorithm successfully prevents chattering in pump control. This system is proven capable of acquiring, processing, and transmitting water level data in real-time, making it suitable for use as a flood early warning system in the Sawangan Substation Basement.

Keywords: *Early Warning System, ESP32, JSN-SR04T, IoT, Firebase, EMA, Hysteresis, Sawangan Substation.*

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL i
HALAMAN JUDUL ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS iii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI iv
KATA PENGANTAR v
ABSTRAK vi
DAFTAR ISI viii
DAFTAR GAMBAR xii
DAFTAR TABEL xiv
DAFTAR LAMPIRAN xv
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 2
1.4 Luaran 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1 Penelitian Terdahulu 4
2.2 Gardu Induk 6
2.2.1 Peralatan Krusial di Basement dan Dampak Gangguannya 7
2.3 Internet Of Things (IoT) 8
2.4 Mikrokontroler (ESP32) 8
2.5 Sensor Ultrasonik 9
2.6 Firebase 11
2.7 Sensor Pengukuran Parameter Listrik AC 11
2.8 Sensor Pengukuran Parameter Listrik DC 12

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.9 Pompa Air 13
2.10 Relay Module 5V 16
2.11 RC Snubber 17
2.12 Exponential Moving Average (EMA) 18
BAB III PERENCANAAN DAN REALISASI 20
3.1 Rancangan Alat 20
3.1.1 Deskripsi Alat 22
3.1.2 Cara Kerja Alat 25
3.1.3 Spesifikasi Alat 28
3.1.4 Diagram Blok 31
3.2 Realisasi Alat 33
3.2.1 Realisasi Perangkat Keras 34
3.2.2 Realisasi Perangkat Lunak 36
3.2.2.1 Inisialisasi Sistem dan Koneksi Wi-Fi 38
3.2.2.2 Algoritma Pembacaan Sensor Ultrasonik JSN-SR04T 40
3.2.2.3 Algoritma Kendali Pompa Hysteresis 41
3.2.2.4 Mekanisme Pengiriman Data ke Firebase 43
3.2.2.5 Manajemen Koneksi dan Mekanisme Backoff Firebase 44
3.2.2.6 Struktur Data Firebase Realtime 45
3.2.2.7 Skematik Rangkaian Elektronika 46
BAB IV PEMBAHASAN 49
4.1 Pengujian Fungsional Sistem 49
4.1.1 Deskripsi Pengujian 49
4.1.2 Prosedur Pengujian 49
4.1.3 Data Hasil Pengujian 50
4.1.4 Analisis dan Evaluasi 51

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.2 Pengujian Kalibrasi dan Akurasi Sensor JSN-SR04T 52
4.2.1 Deskripsi Pengujian 52
4.2.2 Prosedur Pengujian 52
4.2.3 Data Hasil Pengujian 53
4.2.4 Analisis dan Evaluasi 55
4.2.5 Perhitungan Rumus Sensor JSN-SR04T 57
4.3 Pengujian Algoritma Exponential Moving Average (EMA) 58
4.3.1 Deskripsi Pengujian 58
4.3.2 Prosedur Pengujian 59
4.3.3 Data Hasil Pengujian 60
4.3.4 Analisis dan Evaluasi 61
4.4 Pengujian Performa Transmisi Data ke Firebase 63
4.4.1 Deskripsi Pengujian 63
4.4.2 Prosedur Pengujian 63
4.4.3 Data Hasil Pengujian 64
4.4.4 Analisis dan Evaluasi 65
4.5 Pengujian Algoritma Hysteresis Kendali Pompa 66
4.5.1 Deskripsi Pengujian 66
4.5.2 Prosedur Pengujian 67
4.5.3 Data Hasil Pengujian 67
4.5.4 Analisis dan Evaluasi 68
4.6 Pengujian Sensor INA219 dan PZEM-004T 69
4.6.1 Deskripsi Pengujian 69
4.6.2 Prosedur Pengujian 70
4.6.3 Data Hasil Pengujian 70
4.6.4 Analisis dan Evaluasi 74

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

BAB V PENUTUP 77
5.1 Kesimpulan 77
5.2 Saran 78
DAFTAR PUSTAKA 80
DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS 83
LAMPIRAN 84

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kabel Transmisi XLPE (Cross Linked Polyethylene)..... 7
Gambar 2. 2 Kabel transmisi XLPE (Cross Linked Polyethylene)..... 8
Gambar 2. 3 ESP32 9
Gambar 2. 4 Sensor Ultrasonik JSN-SR04T 10
Gambar 2. 5 Sensor PZEM-004T (https://sl.bing.net/bB0qgmXUS4G) 12
Gambar 2. 6 Sensor INA219 (https://sl.bing.net/kyzo9agKGTA) 13
Gambar 2. 7 Pompa Air Shimizu 135 BIT (https://sl.bing.net/eyG74NFfF6q) 14
Gambar 2. 8 Relay Module 5V (https://sl.bing.net/fw4AegcFsQK) 17
Gambar 2. 9 RC Snubber (https://sl.bing.net/dxcUdwjTuA8)..... 18
Gambar 3. 1 Tampilan Depan Panel Kontrol 22
Gambar 3. 2 Tampilan Dalam Panel Kontrol..... 24
Gambar 3. 3 Flowchart..... 26
Gambar 3. 4 Diagram Blok Sistem pemantauan dan pengendalian pompa air berbasis *Internet of Things (IoT)* 31
Gambar 3. 5 Realisasi Sistem Menyeluruh 34
Gambar 3. 6 Realisasi Tampak Depan Panel 35
Gambar 3. 7 Realisasi Tampak Dalam Panel 36
Gambar 3. 8 Inisialisasi Sistem dan Koneksi Wi-Fi 38
Gambar 3. 9 Algoritma Pembacaan Sensor Ultrasonik JSN-SR04T 40
Gambar 3. 10 Algoritma Kendali Pompa Hysteresis 41
Gambar 3. 11 Mekanisme Pengiriman Data ke Firebase 43
Gambar 3. 12 Manajemen Koneksi dan Mekanisme Backoff Firebase 44
Gambar 4. 1 Perbandingan Ketinggian Standar vs Pembacaan Sensor JSN-SR04T. 55
Gambar 4. 2 Persentase Error Sensor JSN-SR04T per Titik Pengujian..... 55
Gambar 4. 3 Perbandingan Ketinggian RAW, EMA, dan Standar (α = 0,2, Warmup = 8 Sampel) 61
Gambar 4. 4 Latency Rata-rata, Latency Maksimum, dan Data Loss Transmisi Data ke Firebase 65
Gambar 4. 5 Grafik Jarak Sensor dan Status Pompa pada Pengujian Algoritma Hysteresis 68
Gambar 4. 6 PZEM (AC) Tegangan dan Arus Pompa vs Waktu 71

Gambar 4. 7 PZEM (AC) Daya Pompa vs Waktu..... 72
Gambar 4. 8 INA 219 (DC) Tegangan dan Arus Modul Kontrol vs Waktu 73
Gambar 4. 9 INA 219 (DC) Daya Modul Kontrol vs Waktu 74

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Rincian komponen yang digunakan 28
Tabel 3. 2 Data yang tersimpan pada masing-masing node 45
Tabel 3. 3 Pemetaan Pin ESP32 DevKit V1 46
Tabel 4. 1 Data Pengujian Fungsional Sistem 50
Tabel 4. 2 Data Pengujian kalibrasi dan analisis akurasi ultrasonik JSN-SR04T 53
Tabel 4. 3 Data Pengujian Algoritma Exponential Moving Average (EMA) 60
Tabel 4. 4 Data Pengujian Performa Transmisi Data ke Firebase 64
Tabel 4. 5 Data Pengujian Algoritma Hysteresis Kendali Pompa 67
Tabel 4. 6 Pengujian Sensor PZEM-004T (Parameter Listrik AC) 70
Tabel 4. 7 Pengujian Sensor INA219 (Parameter Listrik DC) 72

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Program Keseluruhan Water Level Data Acquisition System 84
Lampiran 2 Wiring Diagram Alat 86
Lampiran 3 Desain Water Level Data Acquisition System 88
Lampiran 4 Tampilan Website Firebase 92

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gardu Induk merupakan sekumpulan peralatan listrik yang fungsi dan kegunaannya saling berhubungan agar penyaluran energi listrik dapat terlaksana dengan baik. Fungsi utama gardu induk adalah sebagai pengendali aliran tenaga listrik dari sistem transmisi ke sistem transmisi lainnya, sebagai pusat kendali, sebagai tempat pengamanan operasi sistem, dan sebagai tempat penurunan tegangan transmisi pada tegangan distribusi (Khoirunnisa & Cahyono, 2025). Mengingat peran vitalnya, infrastruktur ini harus terjamin keamanannya dari berbagai gangguan, termasuk risiko banjir pada area *basement* yang dapat merendam instalasi kabel kontrol maupun peralatan pendukung lainnya. Karakteristik ruang bawah tanah yang berada di bawah level permukaan tanah memiliki potensi banjir yang sangat tinggi, sehingga diperlukan sistem penanggulangan yang responsif untuk mencegah kerusakan aset negara.

Indonesia tercatat sebagai salah satu negara dengan tingkat kejadian banjir tertinggi di kawasan Asia Tenggara. Data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (Bencana et al., 2023) menunjukkan bahwa banjir secara konsisten menduduki posisi pertama sebagai bencana alam paling sering terjadi di Indonesia dengan tren peningkatan frekuensi setiap tahunnya. Dampak banjir tidak hanya merugikan pemukiman warga, tetapi juga berpotensi mengganggu infrastruktur kelistrikan yang berdampak langsung pada keandalan pasokan listrik masyarakat.

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) telah membuka peluang besar dalam pengembangan sistem monitoring dan peringatan dini yang lebih akurat, efisien, dan terjangkau. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk menjawab tantangan ini. (Rosyidi et al., 2024) mengembangkan sistem mitigasi banjir basement berbasis ESP32 yang mencapai akurasi sensor 98%, namun implementasinya masih memerlukan optimasi pada desain rangkaian. (Syahri & Ulansari, 2024) mengembangkan sistem penanggulangan banjir berbasis IoT dengan Firebase yang menunjukkan keberhasilan operasional 100%, tetapi masih berbasis simulasi laboratorium dan belum diuji pada kondisi lapangan nyata. Sementara itu, studi komparatif (Hc-sr & Amrullah, 2022) membuktikan bahwa sensor ultrasonik JSN-

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

SR04T memiliki rata-rata error hanya 1,03% pada rentang pengukuran 10–100 cm, menjadikannya pilihan optimal untuk pengukuran level air pada lingkungan basah.

Berdasarkan sintesis dari berbagai literatur yang telah ditelaah, teridentifikasi adanya celah penelitian yang memerlukan perhatian serius, yaitu ketiadaan sistem akuisisi data ketinggian air yang dirancang secara khusus untuk lingkungan kritis gardu induk. Sistem tersebut seharusnya memperhatikan tiga aspek fundamental secara simultan, yaitu keandalan sensorsigal, stabilitas mekanisme pengaturan pompa, serta proteksi perangkat keras. Penelitian ini hadir guna mengisi celah tersebut melalui pengembangan sistem yang menggunakan mikrokontroler ESP32 yang dikombinasikan dengan sensor JSN-SR04T. Guna menstabilkan hasil pembacaan sensor, diterapkan metode *Exponential Moving Average* (EMA). Untuk menghindari penyalaan pompa yang berulang secara berlebihan, digunakan algoritma *hysteresis* beserta *dwell time*. Proteksi terhadap transien yang ditimbulkan oleh switching beban induktif ditangani melalui implementasi RC snubber. Sementara itu, sebagai mekanisme fail-safe ketika koneksi internet terputus, sistem dilengkapi dengan fitur *hardwired bypass*.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana proses kalibrasi sensor JSN-SR04T terhadap alat ukur standar pada sistem pengukuran ketinggian air di Basement Gardu Induk Sawangan?
2. Bagaimana tingkat akurasi dan persentase error hasil pembacaan sensor ketinggian air jika dibandingkan dengan pengukuran alat ukur standar (manual) ?
3. Bagaimana penerapan algoritma Exponential Moving Average (EMA) pada ESP32 untuk meningkatkan akurasi dan kestabilan data sensor ketinggian air sebelum dikirim ke Firebase?
4. Bagaimana performa sistem akuisisi data berbasis IoT dalam mentransmisikan dan menampilkan data ketinggian air secara real-time melalui Firebase?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mendeskripsikan proses kalibrasi sensor JSN-SR04T terhadap alat ukur standar pada sistem pengukuran ketinggian air di Basement Gardu Induk Sawangan.

2. Menganalisis tingkat akurasi dan persentase error hasil pembacaan sensor ketinggian air JSN-SR04T dibandingkan dengan pengukuran alat ukur standar (manual).
3. Menganalisis pengaruh penerapan algoritma Exponential Moving Average (EMA) pada ESP32 terhadap peningkatan akurasi dan kestabilan data sensor ketinggian air sebelum dikirimkan ke Firebase.
4. Menganalisis performa sistem akuisisi data berbasis IoT dalam mentransmisikan dan menampilkan data ketinggian air secara real-time melalui Firebase.

1.4 Luaran

1. Sistem pendeteksi banjir & monitoring otomatis berbasis IoT pada *Basement* Gardu Induk Sawangan.
2. Hak Cipta Sistem Pendeteksi banjir dan Pengendali Pompa Air Berbasis IoT dengan Monitoring Firebase.
3. Artikel ilmiah yang dipresentasikan dalam seminar nasional.

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta
Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem akuisisi data level air berbasis IoT sebagai sistem peringatan dini di Basement Gardu Induk Sawangan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sistem berhasil direalisasikan dengan ESP32 sebagai pusat kendali yang mampu mengintegrasikan sensor ultrasonik JSN-SR04T sebagai pendeteksi ketinggian air, sensor INA219 untuk pemantauan parameter kelistrikan DC, sensor PZEM-004T untuk pemantauan parameter kelistrikan AC pompa, relay dan kontaktor sebagai aktuator pengendali pompa, serta Firebase Realtime Database sebagai platform transmisi dan pemantauan data secara real-time.
2. Sensor JSN-SR04T memiliki tingkat akurasi yang baik dibuktikan dari hasil pengujian kalibrasi komparatif terhadap alat ukur standar, dengan nilai rata-rata persentase error sebesar 1,06%, nilai MAE sebesar 0,19 cm, dan RMSE sebesar 0,23 cm, sehingga menghasilkan akurasi sistem sebesar 98,94%. Nilai ini berada di batas bawah toleransi standar sensor ultrasonik sebesar ±1–3%, sehingga sensor layak digunakan pada sistem monitoring ketinggian air basement Gardu Induk Sawangan.
3. Algoritma Exponential Moving Average (EMA) dengan konstanta $\alpha = 0,2$ dan periode warmup 8 sampel berhasil diterapkan pada ESP32 untuk meningkatkan stabilitas dan konsistensi data pembacaan sensor JSN-SR04T. Penerapan EMA terbukti mampu meredam fluktuasi noise pada data mentah sensor sehingga data yang dikirimkan ke Firebase lebih stabil dan andal sebagai acuan logika kendali pompa.
4. Sistem transmisi data berbasis IoT menggunakan ESP32 dan Firebase Realtime Database berhasil mentransmisikan dan menampilkan data ketinggian air secara real-time dengan latency rata-rata 187 ms dan data loss 0% pada kondisi jaringan normal. Sistem juga terbukti mampu memulihkan koneksi secara otomatis melalui

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta
Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

mekanisme exponential backoff pada kondisi jaringan tidak stabil, dengan latency maksimum 543 ms pada kondisi sinyal lemah.

5. Algoritma hysteresis dengan dua ambang batas FLOOD_ON = 48 cm dan FLOOD_OFF = 54 cm berhasil mencegah terjadinya switching berulang (chattering) pada kendali pompa akibat fluktuasi pembacaan sensor, dibuktikan dengan pompa hanya berganti status satu kali ketika ketinggian air benar-benar melewati ambang batas yang ditentukan.
6. Sensor INA219/226 dan PZEM-004T berhasil memantau parameter kelistrikan sistem secara real-time. INA219/226 membaca tegangan DC stabil sebesar 4,1–4,7 V dengan arus idle 0,1 A, sedangkan PZEM-004T membaca tegangan AC jaringan 226,2–228,4 V dengan frekuensi 49,9–50,0 Hz, serta arus pompa 1,2 A dan daya 220,2–240,4 W (rata-rata ±234 W) saat pompa aktif. Transisi status BANJIR_ON ke BANJIR_OFF terbukti efektif mengembalikan pembacaan arus dan daya AC ke nilai 0,0 A dan 0,0 W secara langsung dan akurat, tanpa meninggalkan sisa arus pada jalur AC maupun DC.

5.2 Saran

Sebagai pengembangan dari sistem yang telah dibuat, terdapat beberapa hal yang disarankan untuk meningkatkan kinerja dan fleksibilitas sistem di masa mendatang, yaitu:

1. Peningkatan keandalan sistem dengan menambahkan penyimpanan data lokal (local storage) pada ESP32 menggunakan SD card atau EEPROM, sehingga data tetap tersimpan meskipun koneksi internet terputus dan dapat disinkronkan kembali ke Firebase ketika koneksi pulih.
2. Penambahan fitur notifikasi otomatis berbasis push notification atau SMS gateway ketika ketinggian air mencapai ambang batas banjir, sehingga operator dapat merespons kondisi darurat secara lebih cepat tanpa harus memantau dashboard secara terus-menerus.
3. Penerapan mode operasi hemat energi (*deep sleep*) pada ESP32 di luar jam operasional kritis untuk mengurangi konsumsi daya sistem secara keseluruhan, mengingat sistem dipasang di area *basement* yang memerlukan keandalan jangka

panjang. Penambahan sensor cadangan (*redundant sensor*) sebagai *backup* apabila sensor JSN-SR04T utama mengalami gangguan atau kerusakan, guna meningkatkan keandalan sistem peringatan dini secara keseluruhan.

4. Pengembangan sistem dengan menambahkan analisis prediktif berbasis data historis Firebase untuk memperkirakan potensi banjir sebelum ketinggian air mencapai ambang batas, sehingga sistem dapat memberikan peringatan lebih awal dan memberikan waktu respons yang lebih panjang bagi operator.

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, D., Kholis, N., Listrik, D. T., Vokasi, F., & Surabaya, U. N. (2021). *Rancang Bangun Kendali Adaptif Motor DC Berdasar Suhu Menggunakan Wemos D1 R1 dan LoRa Rancang Bangun Kendali Adaptif Motor DC Berdasar Suhu Menggunakan Wemos D1 R1 Dan LoRa Widi Aribowo , Ayusta Lukita Wardani , dan Mahendra Widyartono Abstrak*. 74–83.

Akmalano, R., & Santoso, D. B. (2025). *DETEKSI DINI BENCANA BANJIR DI PEMUKIMAN PERKOTAAN DENGAN TEKNOLOGI INTERNET OF THINGS (IOT)*. *9*(2), 1867–1873.

Andreansyah, M. I. (2022). *Implementation of Exponential Moving Average Filter in DC Motor Speed Reading for Smart Wheelchair Movement*. *6*(10), 5–11.

Bachri, K. O., Jonathan, E., & Soewono, A. D. (2023). *Cylinder : Jurnal Ilmiah Teknik Mesin ANALISIS GANGGUAN PADA SISTEM GARDU LISTRIK BERBASIS GAS INSULATED SWITCHGEAR 150 kV DENGAN METODE HIGH*. *9*(April).

Bencana, D., Kabupaten, T., Data, B., & Indonesia, B. (2023). *Data Bencana Indonesia 2023 c d Data Bencana Indonesia 2023*.

Chobir, A., Andang, A., & Hiron, N. (2017). *SISTEM DETEKSI ELEVASI PERMUKAAN AIR SUNGAI DENGAN SENSOR Kata Kunci : Sensor , JSN-SRT04 , edisson , ultrasonic , Intel*. *3*(1), 149–155.

Dwiyanto, M. I., Wardoyo, A. E., & Pater, D. L. (2025). *Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi Indonesia Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Bencana Banjir Berbasis Iot Menggunakan Metode Fuzzy Sugeno Design and Development of a Flood Disaster Early Warning System Based on IoT Using the Fuzzy Sugeno Method*. *10*(1), 62–72.

Fadillah, B. (2025). *PERANCANGAN PEMANTAUAN BANJIR REALTIME BERBASIS INTERNET OF THING MENGUNAKAN ESP 32 TERINTERGRASI THINGSPEAK DAN*. *9*(2), 3035–3041.

Fikri, M., Priyana, F. R., Khawarizmi, M. N., Studi, P., Elektro, T., Elektro, J. T., Teknik, F., Lampung, U., Lampung, K. B., Studi, P., Informatika, T., Elektro, J.

T., Teknik, F., Lampung, U., & Lampung, K. B. (n.d.). *EVALUASI PERFORMA 1 st Order LPF DAN EMA : DENOISING DATA SENSOR DI BAWAH PENGARUH*. *13*(3).

Hc-sr, S., & Amrullah, A. (2022). *Perbandingan Tingkat Akurasi Pengukuran Ketinggian Air*. *7*(1), 1–5.

Hidayat, M. T. (2022). *Pengaruh Modifikasi Pompa dan Impeller Terhadap Unjuk Kerja Pompa Shimizu PS-128*. 13–14.

Informatika, J. T., Nirwan, S., & Ms, H. (2020). *KONSUMSI ENERGI LISTRIK PADA PERALATAN ELEKTRONIK BERBASIS PZEM-004T*. *12*(2), 22–28.

Muammar, R., Teknik, F., Kalimantan, U. I., Tajiri, H., Ibrahimi, K., & Chen, B. M. (n.d.). *PENERAPAN METODE EXPONENTIAL MOVING AVERAGE (EMA) SEBAGAI NOISE REDUCTION UNTUK PEMBACAAN SINYAL*. 10–16.

Noor, F. A., Ananta, H., & Sunardiyo, S. (2017). *Pengaruh Penambahan Kapasitor Terhadap Tegangan , Arus , Faktor Daya , dan Daya Aktif*. *9*(2), 66–73.

Payara, G. R., & Tanone, R. (2018). *Penerapan Firebase Realtime Database Pada Prototype Aplikasi Pemesanan Makanan Berbasis Android*. *4*, 397–406.

Prasiani, N. K., Darmawan, P., & Bali, B. (2022). *IMPLEMENTASI INTERNET OF THINGS DALAM KEHIDUPAN SEHARI-HARI*. *2*(1), 35–40.

Rosyidi, M. D., Irawan, D., Teknik, P., Fakultas, E., & Gresik, U. M. (2024). *Rancang Bangun Alat Sistem Informasi Peringatan Dini Dan Penanganan Banjir Pada Basement Berbasis IoT*. *18*(2), 637–647.

Shi, Z., Wei, L., He, J., Li, G., & Song, C. (2025). *Optimization of Snubber Circuit Parameters for AC – AC Chopper Converter*.

Suppa, R., Muhallim, M., Informatika, T., & Selatan, S. (2025). *RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAYA*. *13*(2).

Syahri, A., & Ulansari, R. (2024). *Sistem Penanggulangan dan Peringatan Dini Banjir Berbasis IoT*. *10*(2).

Wijaya, R. J., Sawitri, D. R., Elektro, T., & Dianuswantoro, U. (n.d.). *SNTE-FORTEI*

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hubungan Kecepatan Putar (Rpm) Dan Torsi Pada Motor Induksi : Pengujian Berbeban. 109–120.

Zaim, M. Z., & Ranolat, S. (2025). *Sistem Monitoring Energi Listrik 3 Fase Berbasis IoT dan Firebase*. *12*(2), 2–7.

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS

Arfandi Wiratama

Lulus dari SDN 5 Mekarjaya tahun 2015, SMP PGRI 1 Depok tahun 2018, dan SMKN 2 Depok tahun 2021. Penulis menjalani pendidikan lanjut di Politeknik Negeri Jakarta dengan Program Studi D4 Teknik Otomasi Listrik Industri, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta.

© Hak Cipta mil
Hak Cipt
1. Dilaran
a. Peng
b. Peng
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta
suatu masalah.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Program Keseluruhan *Water Level Data Acquisition System*

```
// ── KONFIGURASI UTAMA ──────────────────────────────────
const char* WIFI_SSID     = "Modem ESP32";
const char* WIFI_PASSWORD = "GIS sawangan1";
#define FIREBASE_HOST "alat-kebakaran-dan-kebanjiran-default..."
#define FIREBASE_AUTH "AIzaSyB4rzrx6VKG-PgzabG6m1giDYFaKvKOiik"
// ── Pin Assignment ─────────────────────────────────────
#define TRIG_PIN   5    // Output: trigger ultrasonik
#define ECHO_PIN   18   // Input : echo ultrasonik
#define RELAY_PIN  19   // Output: kendali relay (active LOW)
#define PZEM_RX_PIN 16  // UART2 RX - data dari PZEM-004T
#define PZEM_TX_PIN 17  // UART2 TX - perintah ke PZEM-004T
#define INA219_SDA 25   // I2C SDA - sensor INA219
#define INA219_SCL 26   // I2C SCL - sensor INA219
// ── Watchdog & Firebase ────────────────────────────────
constexpr uint32_t WDT_TIMEOUT_SEC = 30;
constexpr unsigned long FB_RETRY_BASE = 2000UL;
constexpr unsigned long FB_RETRY_MAX  = 30000UL;
constexpr int          FB_RETRY_LIMIT = 5;

void setup() {
     Serial.begin(115200);
     // 1. Aktifkan Watchdog Timer
     esp_task_wdt_init(WDT_TIMEOUT_SEC, true);
     esp_task_wdt_add(NULL);
     // 2. Konfigurasi pin I/O
     pinMode(TRIG_PIN,  OUTPUT);
     pinMode(ECHO_PIN,  INPUT);
     pinMode(RELAY_PIN, OUTPUT);
     digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);  // Relay mati saat boot (safe state)
     // 3. Inisialisasi I2C & INA219
     Wire.begin(INA219_SDA, INA219_SCL);
     if (ina219.begin()) {
          ina219.setCalibration_16V_400mA();
          ina219Ready = true;
     }
     // 4. Inisialisasi UART2 untuk PZEM-004T
     pzemSerial.begin(9600, SERIAL_8N1, PZEM_RX_PIN, PZEM_TX_PIN);
     // 5. Koneksi Wi-Fi
     WiFi.mode(WIFI_STA);
     WiFi.setAutoReconnect(true);
     WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
     // Tunggu koneksi maks 20 detik
     int wTry = 0;
     while (WiFi.status() != WL_CONNECTED && wTry < 40) {
          esp_task_wdt_reset();
          delay(500); wTry++;
     }
     // 6. Sinkronisasi NTP (GMT+7 / WIB)
     configTime(7 * 3600, 0, "pool.ntp.org", "time.nist.gov");
     // 7. Inisialisasi Firebase
     fbConfig.host = FIREBASE_HOST;
     fbConfig.signer.tokens.legacy_token = FIREBASE_AUTH;
     Firebase.begin(&fbConfig, &fbAuth);
     Firebase.setString(fbData, "/system/status",  "online");
     Firebase.setString(fbData, "/system/version", "v6.1");
}
```

```
// ── Threshold & Parameter EMA ──────────────────────────
constexpr float EMA_ALPHA   = 0.2f;   // Faktor smoothing EMA
constexpr int WARMUP_COUNT  = 8;       // Iterasi warmup awal
constexpr float JARAK_MAX   = 80.0f;  // Batas atas fisik bak (cm)
constexpr float JARAK_MIN   = 2.0f;   // Batas bawah fisik (cm)
// ── State EMA ──────────────────────────────────────────
float emaJarak  = -1.0f;
int   jarakWarmup = 0;

// Fungsi baca raw sensor: median 3 sampel + filter false echo
float readJarakRaw() {
     float samples[3];
     int valid = 0;
     for (int i = 0; i < 3; i++) {
          // Kirim pulsa trigger 10 µs
          digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);  delayMicroseconds(4);
          digitalWrite(TRIG_PIN, HIGH); delayMicroseconds(10);
          digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);
          // Ukur durasi echo, timeout 35 ms
          long dur = pulseIn(ECHO_PIN, HIGH, 35000UL);
          if (dur > 0) {
               float d = dur * 0.0343f / 2.0f;   // D = t × v_suara / 2
               // Filter: buang echo di luar rentang fisik bak
               if (d >= JARAK_MIN && d <= JARAK_MAX)
                    samples[valid++] = d;
          }
          delay(15);
     }
     if (valid == 0) return -1.0f;         // Tidak ada echo valid
     // Sorting untuk ambil median
     if (valid >= 2 && samples[0] > samples[1])
          { float t = samples[0]; samples[0] = samples[1]; samples[1] = t; }
     if (valid == 3 && samples[1] > samples[2])
          { float t = samples[1]; samples[1] = samples[2]; samples[2] = t; }
     if (valid >= 2 && samples[0] > samples[1])
          { float t = samples[0]; samples[0] = samples[1]; samples[1] = t; }
     return (valid == 1) ? samples[0] : samples[1]; // Median
}

// Di dalam loop(): terapkan EMA setiap 500 ms
if (now - tLastJarakRead >= INTERVAL_JARAK) {   // 500 ms
     tLastJarakRead = now;
     float raw = readJarakRaw();
     if (raw > 0) {
          if (jarakWarmup < WARMUP_COUNT) {
               emaJarak = raw;          // Fase warmup: isi buffer langsung
               jarakWarmup++;
          } else {
               // EMA: bobot lebih besar pada data terbaru
               emaJarak = (1.0f - EMA_ALPHA) * emaJarak + EMA_ALPHA * raw;
          }
     }
}
```

© Hak cipta milik Politeknik Negeri Jakarta
1. Dilarang menggunakan dan menyebutkan sumber :
a. karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
// ── Threshold Hysteresis ──────────────────────────────────
constexpr float FLOOD_ON  = 48.0f;  // Pompa ON  : jarak < 48 cm (air naik)
constexpr float FLOOD_OFF = 54.0f;  // Pompa OFF : jarak > 54 cm (air surut)
// Dead-band = 54 - 48 = 6 cm → mencegah chattering

// ── State pompa ──────────────────────────────────────────
bool floodDetected = false;
bool pumpActive    = false;
String pumpStartTs = "";
unsigned long pumpStartMillis = 0;

// Di dalam loop(): event BANJIR MULAI
if (jarakSiap && !floodDetected && emaJarak < FLOOD_ON) {
    floodDetected    = true;
    pumpActive       = true;
    pumpStartTs      = getTimestamp();    // Catat waktu mulai
    pumpStartMillis  = now;
    digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);         // Aktifkan relay → kontaktor ON → pompa ON
    sendKejadianBanjir();                 // Rekam kejadian ke Firebase
    sendAllSensors("BANJIR_ON");          // Kirim semua data sensor
    return;
}

// Di dalam loop(): event BANJIR SELESAI
else if (jarakSiap && floodDetected && emaJarak > FLOOD_OFF) {
    floodDetected = false;
    pumpActive    = false;
    digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);        // Matikan relay → kontaktor OFF → pompa OFF
    String selesai = getTimestamp();
    unsigned long dur = (now - pumpStartMillis) / 1000UL; // Durasi dalam detik
    // FIX v6.1: tunggu PZEM settle 3 detik sebelum baca data
    delay(PZEM_SETTLE_MS);               // 3000 ms
    sendWaktuPompa(pumpStartTs, selesai, dur);  // Rekam durasi pompa
    sendAllSensors("BANJIR_OFF");         // Kirim data (PZEM dipaksa 0A)
    pumpStartTs = ""; pumpStartMillis = 0;
    return;
}
```

```
// ── Tiga skenario pemicu pengiriman ──────────────────────
// 1. Event-driven : BANJIR_ON / BANJIR_OFF (dipicu perubahan status)
// 2. Delta trigger : perubahan >= 1 cm dengan debounce 3 detik
// 3. Rutin         : heartbeat setiap 4 menit (240.000 ms)

constexpr float         DELTA_TRIGGER          = 1.0f;    // cm
constexpr unsigned long INTERVAL_DELTA_DEBOUNCE = 3000UL; // ms
constexpr unsigned long INTERVAL_RUTIN         = 240000UL;  // ms

void sendAllSensors(const String& tipe) {
    readPZEM();    // Perbarui cache sensor PZEM-004T
    readINA219();  // Perbarui cache sensor INA219
    // ── FIX v6.1: Paksa PZEM = 0 jika pompa tidak aktif ──────
    if (!pumpActive) {
        cachedIac = 0.0f;   // Arus AC → 0 A
        cachedPac = 0.0f;   // Daya aktif → 0 W
        cachedPF  = 0.0f;   // Power Factor → 0
    }                       // (cachedVac & cachedFreq tetap — tegangan selalu ada)
    String ts = getTimestamp();  // Timestamp sama untuk ketiga node
    // ── Node 1: /ketinggian_air/{ts} ─────────────────────────
    FirebaseJson jair;
    jair.set("ketinggian",  (double)emaJarak);
    jair.set("timestamp",   ts);
    jair.set("status",      floodDetected ? "Banjir" : "Normal");
    jair.set("pompa",       pumpActive ? "AKTIF" : "MATI");
    jair.set("tipe_kirim",  tipe);
    fbSet("/ketinggian_air/" + ts, jair, "Air");
    // ── Node 2: /pzem/{ts} ───────────────────────────────────
    FirebaseJson jpzem;
    jpzem.set("voltage_ac",   (double)cachedVac);
    jpzem.set("current_ac",   (double)cachedIac);
    jpzem.set("power_ac",     (double)cachedPac);
    jpzem.set("energy_kwh",   (double)cachedEnergy);
    jpzem.set("frekuensi",    (double)cachedFreq);
    jpzem.set("power_factor", (double)cachedPF);
    jpzem.set("timestamp",    ts);
    fbSet("/pzem/" + ts, jpzem, "PZEM");
    // ── Node 3: /ina219/{ts} ─────────────────────────────────
    FirebaseJson jina;
    jina.set("voltage_dc",  (double)cachedVdc);
    jina.set("current_dc",  (double)cachedIdc);
    jina.set("power_dc",    (double)cachedPdc);
    jina.set("timestamp",   ts);
    fbSet("/ina219/" + ts, jina, "INA219");
    tLastSensorSend = millis();
    tLastDeltaSend  = millis();
}
```

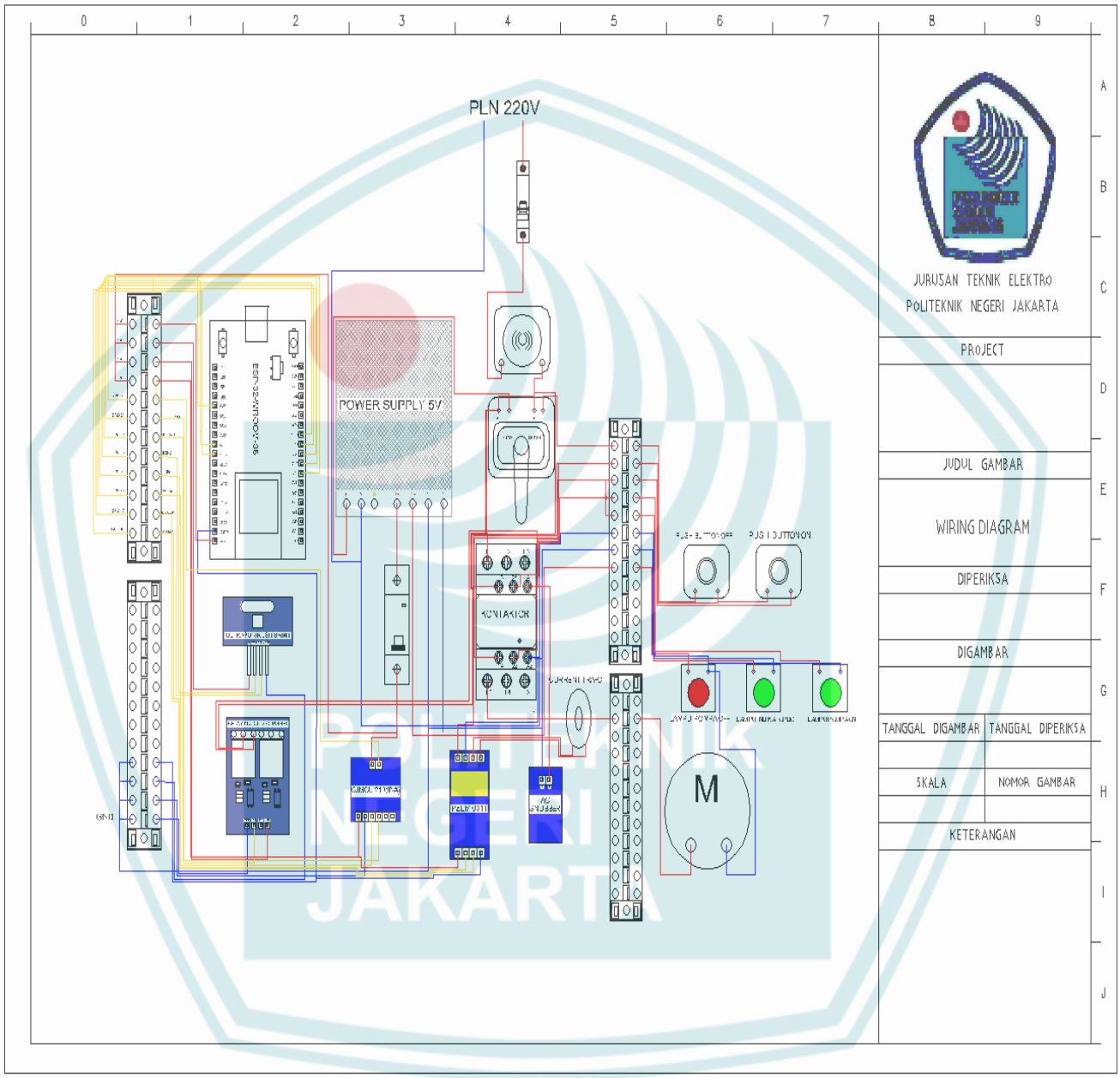
```
// ── State backoff Firebase ────────────────────────────────
unsigned long fbRetryDelay = FB_RETRY_BASE;  // Mulai: 2 detik
int           fbRetryCount = 0;
unsigned long tLastFbRetry = 0;
bool          fbAvailable  = true;

// Wrapper pengiriman ke Firebase dengan backoff otomatis
bool fbSet(const String& path, FirebaseJson& json, const String& label) {
    if (!fbAvailable || WiFi.status() != WL_CONNECTED) return false;
    esp_task_wdt_reset();
    if (Firebase.setJSON(fbData, path, json)) {
        fbRetryCount = 0;
        fbRetryDelay = FB_RETRY_BASE;   // Reset ke 2 detik jika sukses
        return true;
    }
    fbRetryCount++;
    if (fbRetryCount >= FB_RETRY_LIMIT) {         // >= 5 gagal berturut
        fbAvailable  = false;
        tLastFbRetry = millis();
        fbRetryDelay = min(fbRetryDelay * 2, FB_RETRY_MAX); // Lipat dua, maks 30 s
        fbRetryCount = 0;
    }
    return false;
}

// Cek apakah periode backoff sudah berakhir
void checkFbAvailability() {
    if (!fbAvailable && millis() - tLastFbRetry >= fbRetryDelay) {
        fbAvailable = true;             // Aktifkan kembali percobaan
    }
}

// Reconect Wi-Fi (dipanggil tiap 30 detik jika putus)
void handleWifi() {
    WiFi.disconnect();  delay(200);
    WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
    unsigned long t0 = millis();
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED && millis() - t0 < 10000UL) {
        esp_task_wdt_reset();
        delay(500);
    }
    if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
        fbAvailable  = true;
        fbRetryCount = 0;
        fbRetryDelay = FB_RETRY_BASE;
    }
}
```

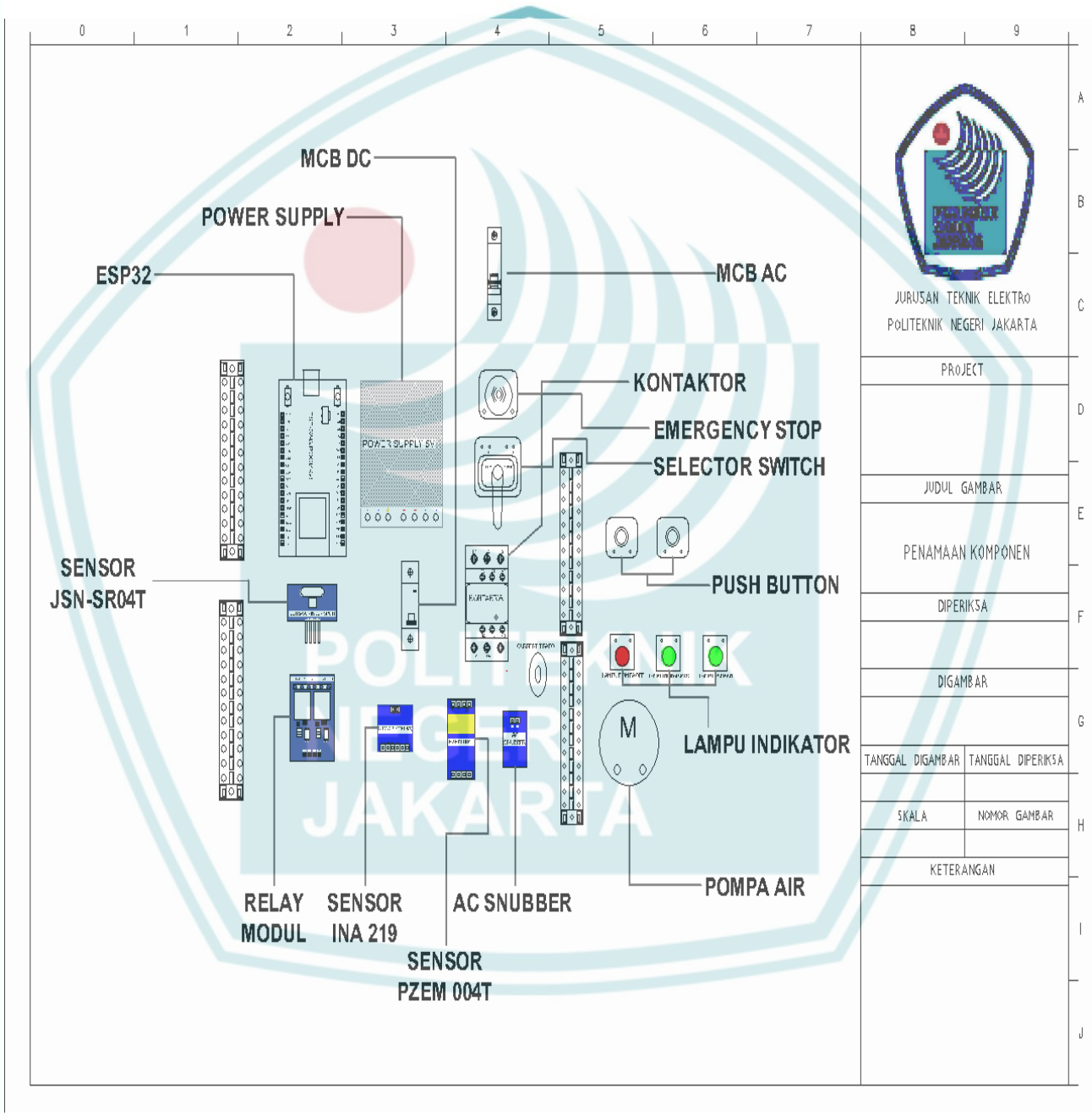
Lampiran 2 *Wiring* Diagram Alat



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

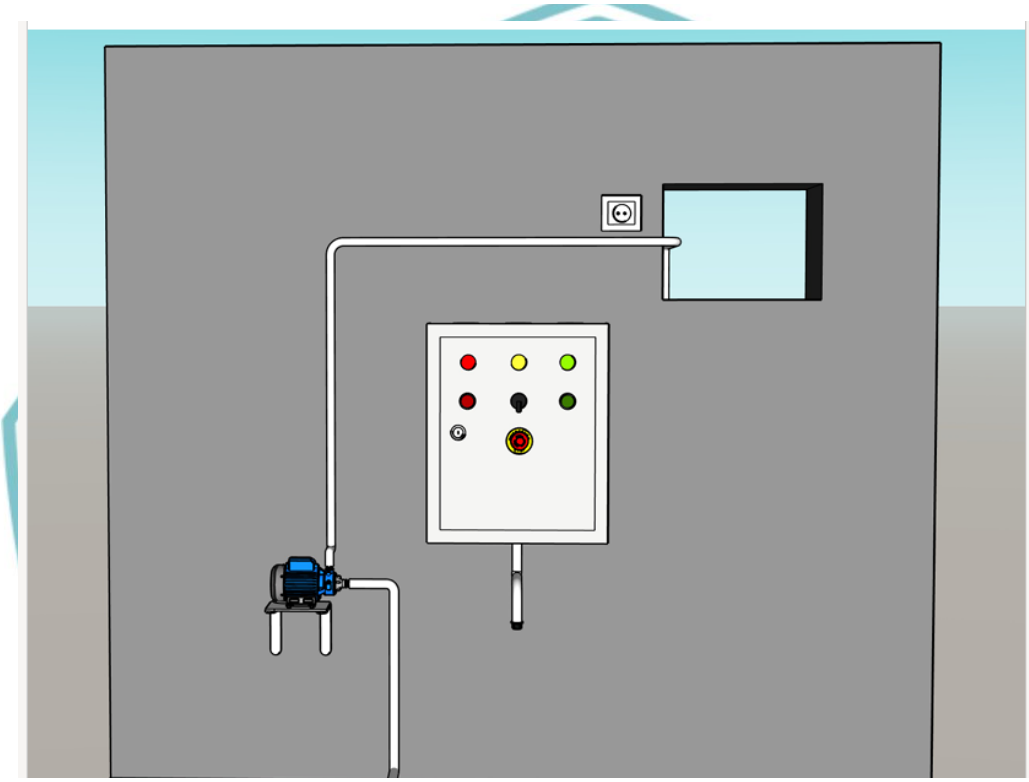


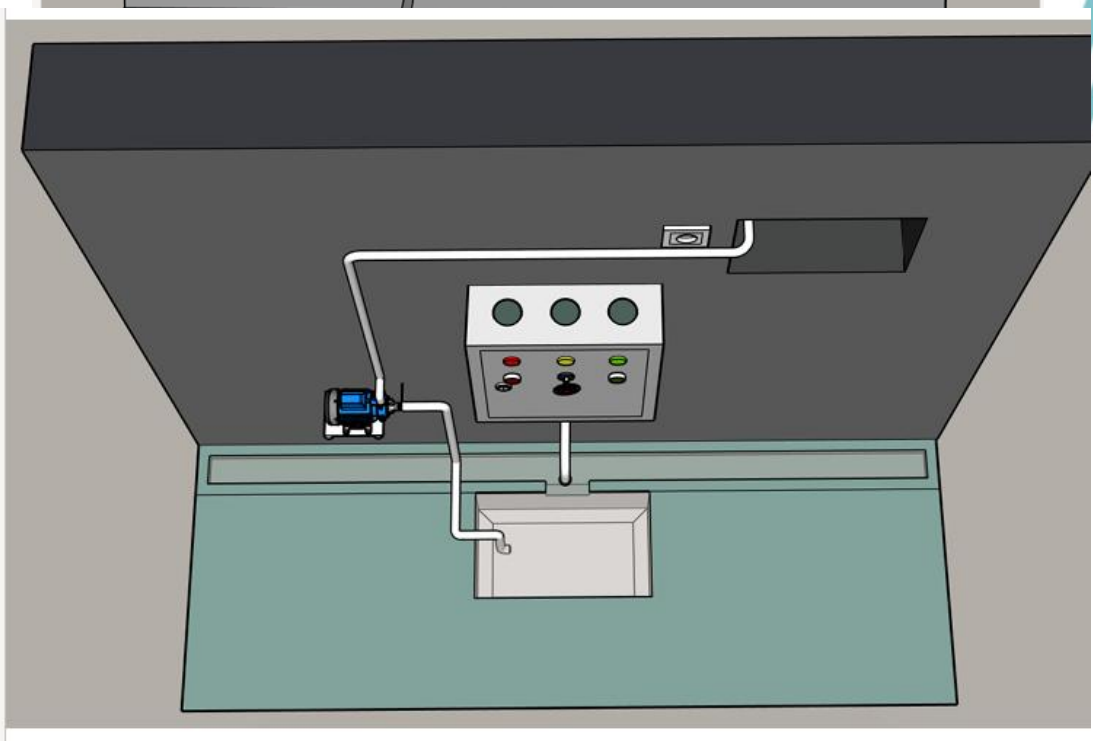
© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 3 Desain *Water Level Data Acquisition System*





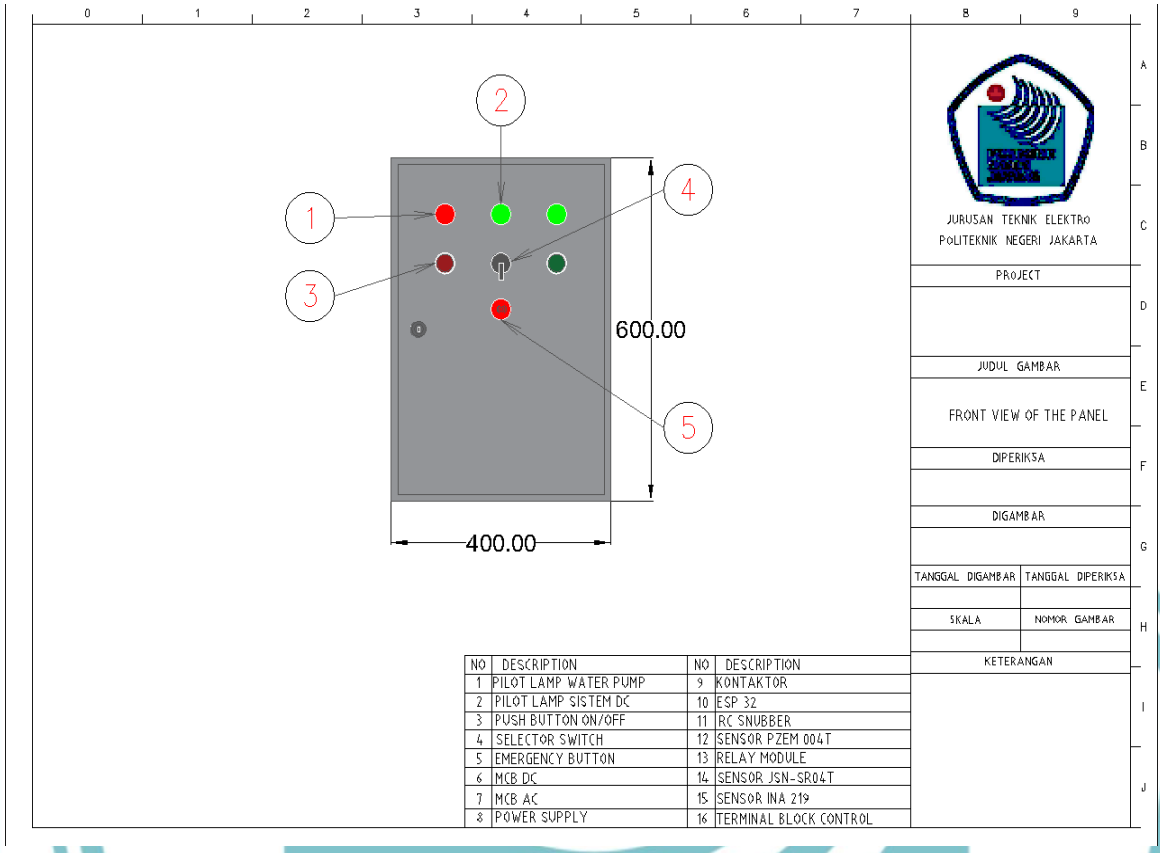
© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

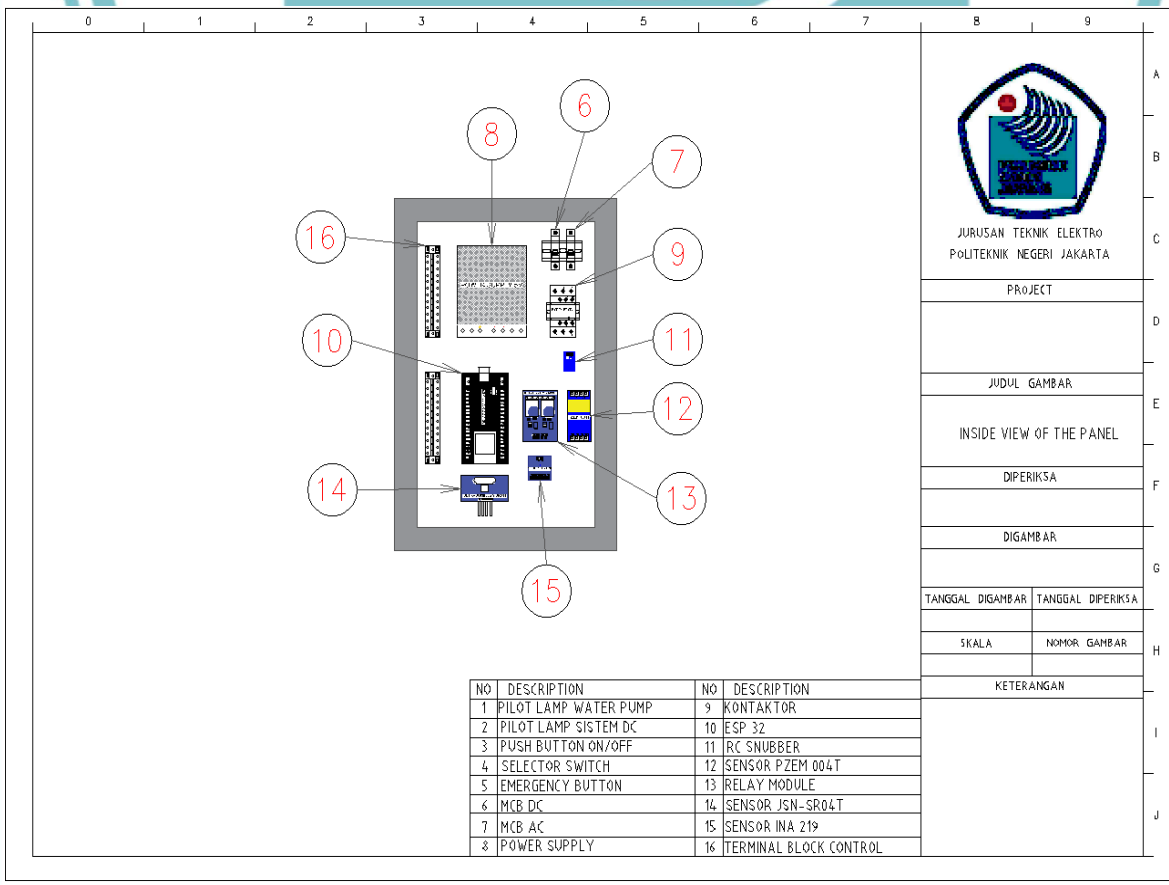
© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

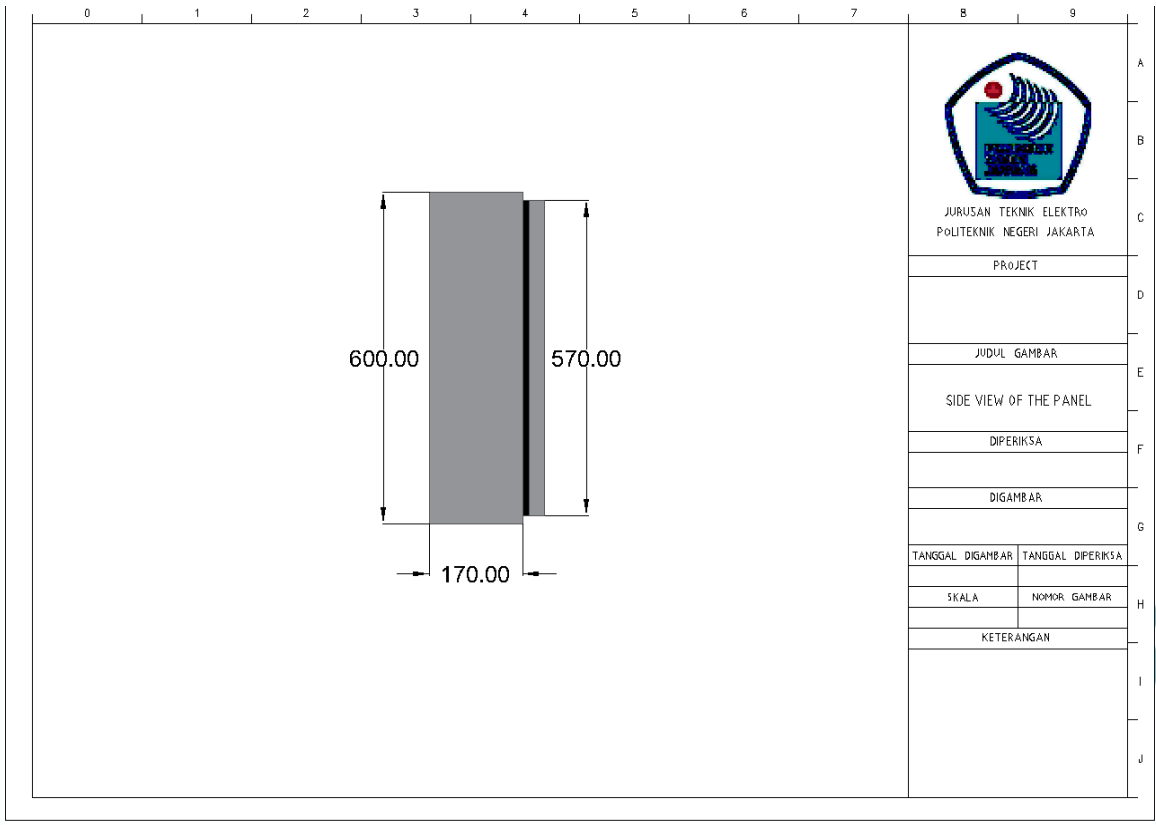
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

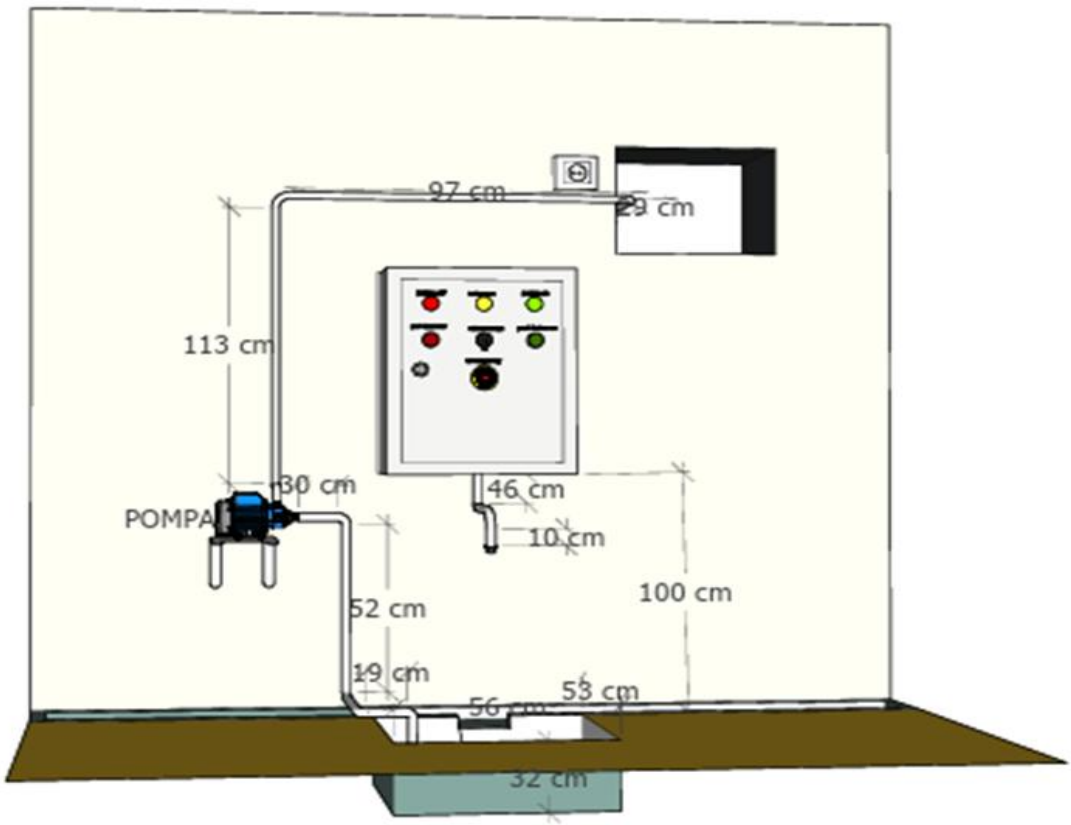


NO	DESCRIPTION	NO	DESCRIPTION
1	PILOT LAMP WATER PUMP	9	KONTAKTOR
2	PILOT LAMP SISTEM DC	10	ESP 32
3	PUSH BUTTON ON/OFF	11	RC SNUBBER
4	SELECTOR SWITCH	12	SENSOR PZEM 004T
5	EMERGENCY BUTTON	13	RELAY MODULE
6	MCB DC	14	SENSOR JSN-SR04T
7	MCB AC	15	SENSOR INA 219
8	POWER SUPPLY	16	TERMINAL BLOCK CONTROL



NO	DESCRIPTION	NO	DESCRIPTION
1	PILOT LAMP WATER PUMP	9	KONTAKTOR
2	PILOT LAMP SISTEM DC	10	ESP 32
3	PUSH BUTTON ON/OFF	11	RC SNUBBER
4	SELECTOR SWITCH	12	SENSOR PZEM 004T
5	EMERGENCY BUTTON	13	RELAY MODULE
6	MCB DC	14	SENSOR JSN-SR04T
7	MCB AC	15	SENSOR INA 219
8	POWER SUPPLY	16	TERMINAL BLOCK CONTROL



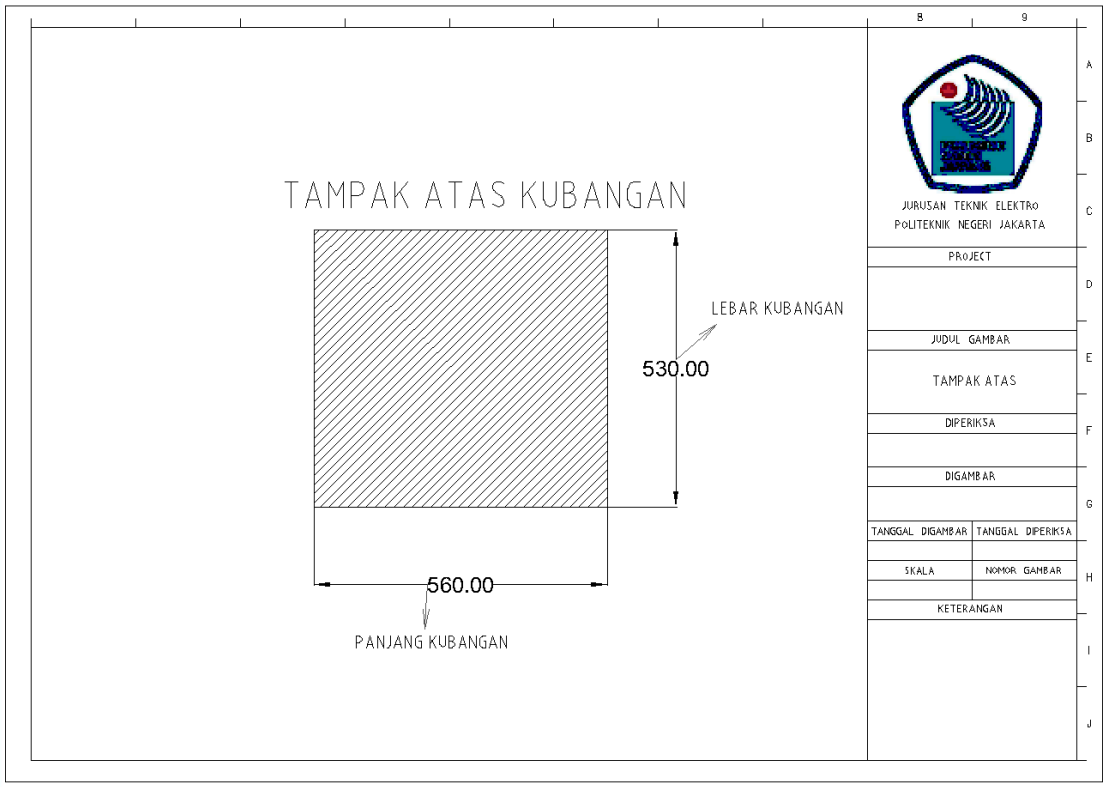


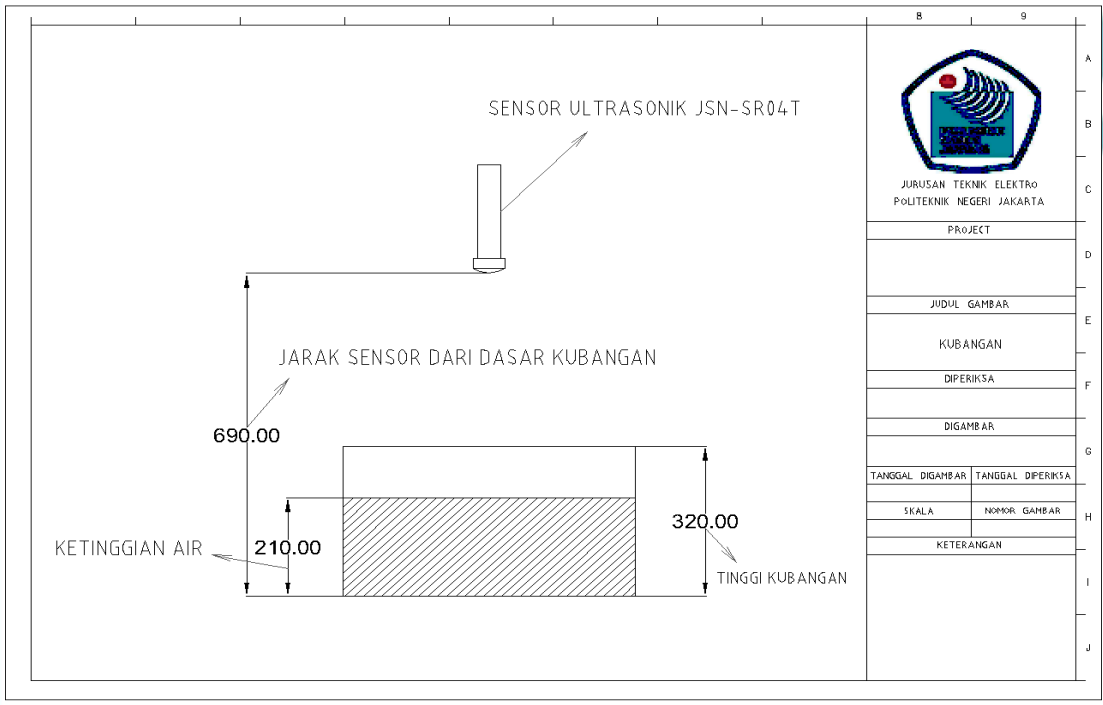
© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

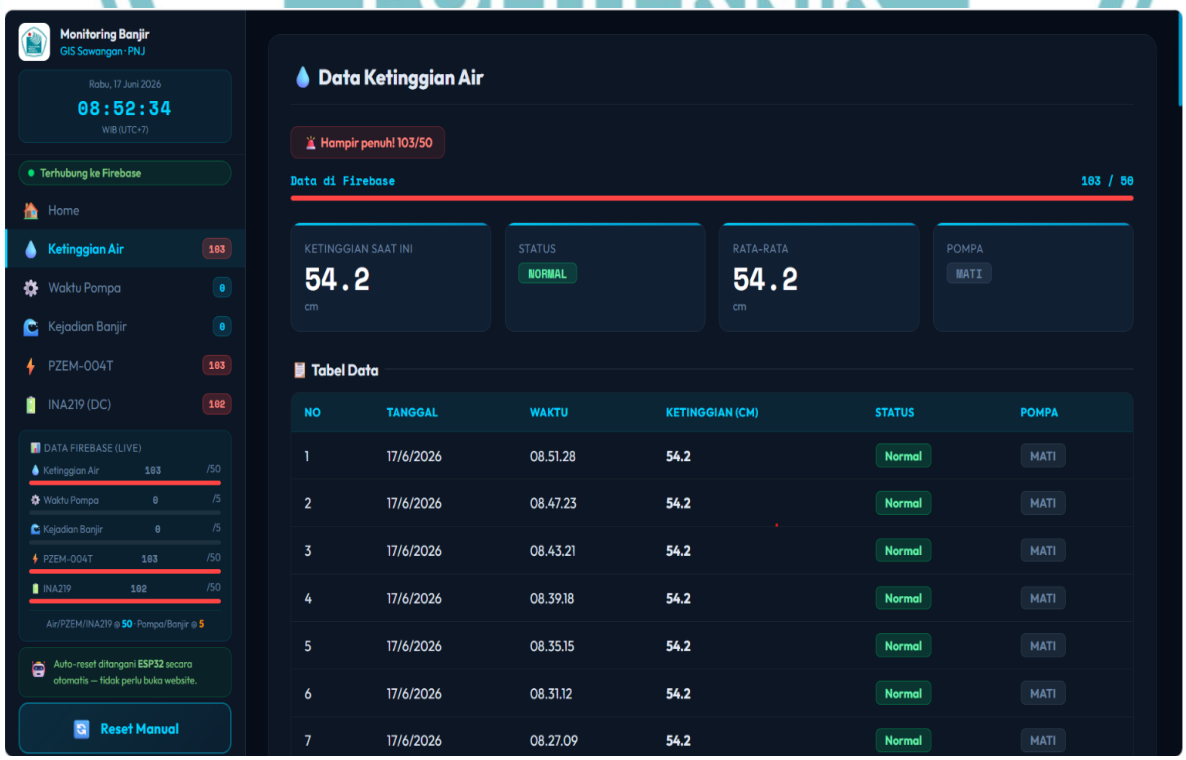




© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

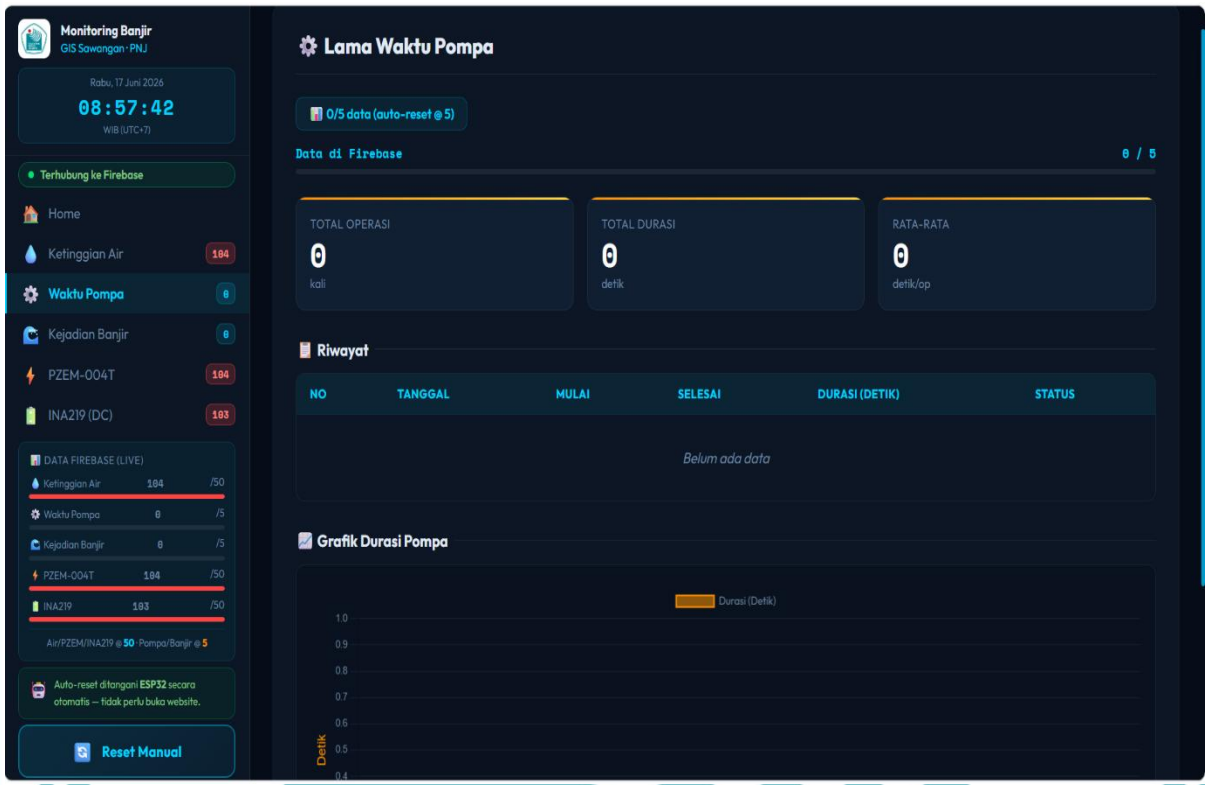
Lampiran 4 Tampilan Website Firebase

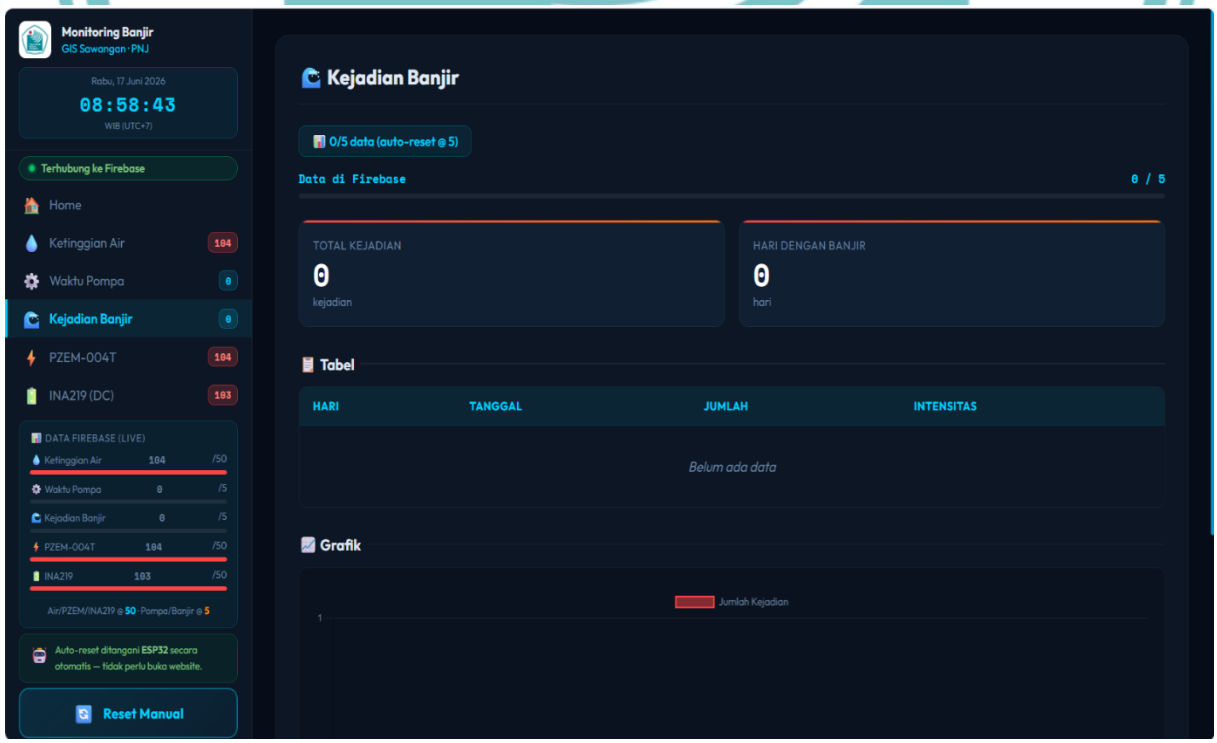


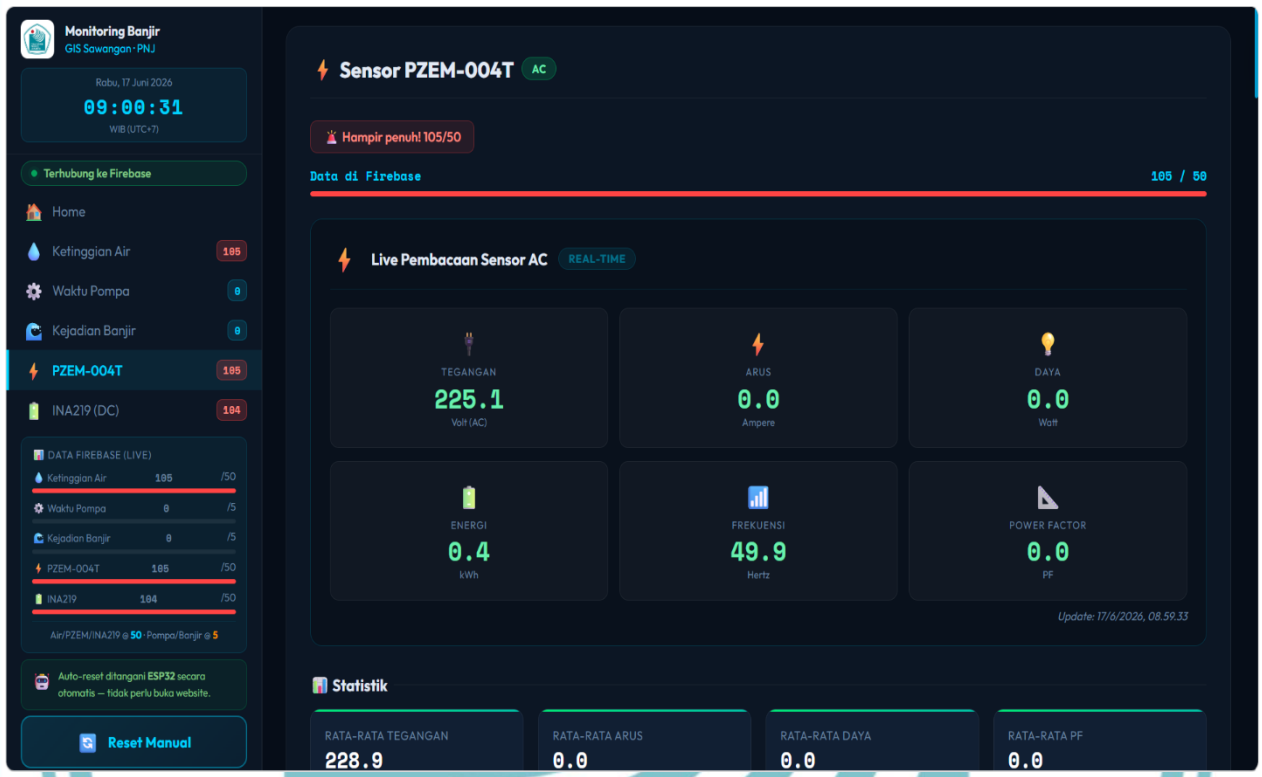
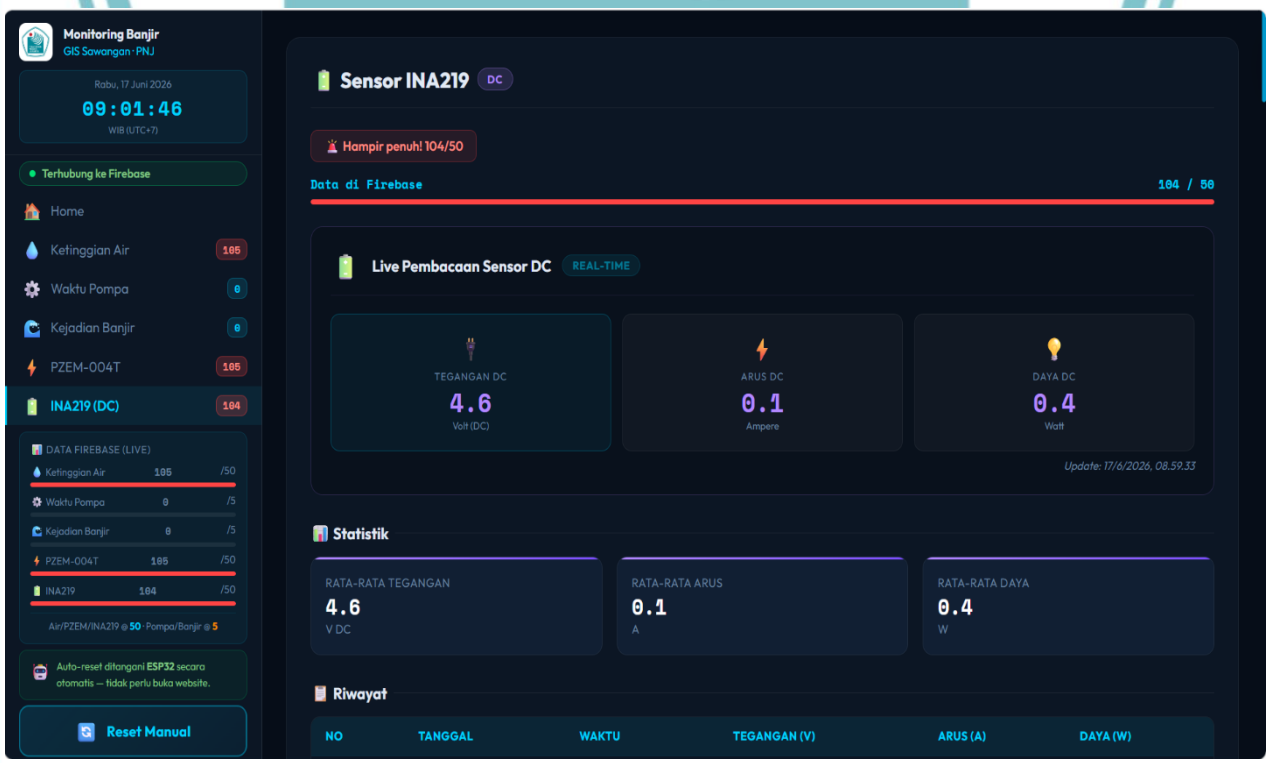
© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta