



Manajemen Port I/O Mikrokontroler ESP32 pada Sistem Monitoring Beban Trafo

Lathiful Azhar^{1*}, Fuad Hasan¹

¹Universitas Teknologi Surabaya

*lathiful.azhar@uts.ac.id¹

Jl. Balongsari Praja V No 1 Tandes Surabaya

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan manajemen port I/O pada mikrokontroler ESP32 untuk mendukung sistem monitoring beban trafo secara real-time. Sistem Monitoring ini membaca, mengukur, dan mengirimkan data terkait tegangan, arus, daya, frekuensi, serta energi secara kontinu. Data tegangan dan arus yang diperoleh dari Power Meter Toky DS9L/7L melalui RS485, diolah dan dikirimkan oleh ESP32 ke server cloud Blynk melalui koneksi internet. Namun yang perlu kita ketahui, modul ESP32 memiliki Port I/O yang sangat terbatas. Data realtime kontinu tersebut bervariasi berupa fasa netral (RN, SN, TN), tegangan antar fasa (RS, ST, RT), arus dengan maksimal 400 Ampere, energi (kWh), daya per fasa (R, S, T) dan total daya, serta frekuensi 50 Hz. Semua data dari alat ukur tersebut dapat tersambung dengan Port I/O yang terbatas pada penelitian ini.

Kata kunci: sistem monitoring beban trafo, mikrokontroler, esp32, port I/O

1. LATAR BELAKANG

Dalam era digital saat ini, kebutuhan akan sistem monitoring beban trafo yang akurat dan real-time semakin meningkat, terutama dalam sektor distribusi energi. Trafo sebagai komponen penting dalam jaringan distribusi listrik memerlukan pemantauan yang terus-menerus untuk memastikan kinerja optimal dan mencegah gangguan yang dapat menyebabkan kerugian besar. Salah satu tantangan utama dalam implementasi sistem monitoring beban trafo ini adalah keterbatasan port Input/Output (I/O) pada mikrokontroler yang digunakan, seperti ESP32.

Mikrokontroler ESP32 dikenal sebagai platform yang kuat dan fleksibel, sering digunakan dalam aplikasi Internet of Things (IoT) karena kemampuan komunikasi nirkabelnya yang terintegrasi. Namun, meskipun memiliki banyak fitur, ESP32 memiliki jumlah port I/O yang terbatas, yang menjadi kendala saat harus mengelola berbagai sensor dan perangkat input lainnya secara bersamaan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi tantangan tersebut dengan mengembangkan strategi manajemen port I/O pada ESP32, yang dapat mendukung

Received: Juni 12, 2024; Revised: Juli 18, 2024; Accepted: August 27, 2024; **Online Available:** August 29, 2024; **Published:** August 29, 2024;

*Corresponding author, lathiful.azhar@uts.ac.id

sistem monitoring beban trafo secara efektif dan efisien. Sistem monitoring ini akan membaca, mengukur, dan mengirim data penting seperti tegangan, arus, daya, frekuensi, dan energi secara kontinu melalui platform Blynk IoT. Data ini berasal dari Power Meter Toky DS9L/7L yang terhubung melalui protokol komunikasi RS485.

Dengan mengoptimalkan penggunaan port I/O yang terbatas, sistem monitoring mampu mengelola berbagai data real-time yang variatif, seperti tegangan fasa netral (RN, SN, TN), tegangan antar fasa (RS, ST, RT), arus hingga 400 Ampere, energi (kWh), serta daya dan frekuensi pada fasa R, S, dan T. Data yang dikumpulkan kemudian dikirimkan ke server cloud untuk dianalisis dan ditampilkan kepada pengguna, baik melalui smartphone maupun komputer.

Penelitian ini tidak hanya menawarkan solusi praktis dalam pengelolaan port I/O pada ESP32, tetapi juga memberikan kontribusi penting bagi pengembangan sistem monitoring trafo yang lebih handal dan terjangkau. Sehingga, pengawasan beban trafo dapat dilakukan secara efisien, mendukung langkah-langkah preventif dan korektif yang diperlukan untuk menjaga stabilitas jaringan distribusi energi.

Pada penelitian ini akan dibagi dalam 5 Bagian. Bagian pertama adalah Pendahuluan. Kemudian Bagian Kedua akan dijelaskan secara singkat mengenai Modul Mikrokontroler ESP32. Kebutuhan sinyal yang dikirim dari Alat Pengukuran dan Kondisioner akan dijelaskan di Bagian 3. Kemudian Bagian 4 Hasil dan Analisa. Penelitian ini akan diakhiri dengan Kesimpulan di Bagian 5.

2. Modul Mikrokontroler ESP32

Mikrokontroler ESP32 adalah sebuah SoC (System on Chip) yang dikembangkan oleh Espressif Systems, dikenal sebagai penerus dari ESP8266. ESP32 dilengkapi dengan kemampuan konektivitas nirkabel Wi-Fi 802.11 b/g/n dan Bluetooth versi 4.2, menjadikannya pilihan ideal untuk berbagai proyek Internet of Things (IoT). Dengan prosesor Xtensa dual-core atau single-core 32-bit LX6 yang dapat beroperasi hingga 240 MHz dan memori 520 KB SRAM, ESP32 menawarkan performa yang kuat untuk berbagai aplikasi. Mikrokontroler ini mendukung beragam peripheral I/O seperti ADC, DAC, sensor sentuh, serta antarmuka komunikasi seperti SPI, I2C, dan UART. ESP32 juga menonjol dalam aspek keamanan dengan fitur seperti enkripsi flash dan secure boot.

Selain itu, ESP32 kompatibel dengan berbagai platform pengembangan, termasuk Arduino IDE, menjadikannya fleksibel dan mudah diintegrasikan dalam proyek-proyek teknologi. Penggunaannya meliputi berbagai aplikasi, dari sistem keamanan rumah berbasis IoT hingga implementasi smart city, di mana ESP32 berperan penting dalam memproses dan mengirimkan data secara real-time melalui internet. Dengan kemampuannya yang serbaguna dan spesifikasi yang lengkap, ESP32 menjadi salah satu pilihan utama dalam pengembangan sistem elektronik modern yang membutuhkan konektivitas dan pemrosesan data yang handal.

Mikrokontroler ESP32 dilengkapi dengan beberapa IO yaitu GPIO. GPIO pada ESP32 terdiri dari 40 pin, yaitu GPIO0 hingga GPIO39, yang memiliki fungsi serbaguna. Beberapa pin, seperti GPIO0 dan GPIO2, digunakan dalam proses boot, sedangkan GPIO1 (TX) dan GPIO3 (RX) berfungsi sebagai pin untuk komunikasi serial (UART). Pin lainnya, seperti GPIO4 hingga GPIO39, dapat digunakan sebagai input/output digital, dan beberapa juga mendukung fungsi khusus seperti PWM, I2C, SPI, touch sensors, dan ADC. Namun, GPIO6 hingga GPIO11 terhubung langsung ke memori flash internal dan tidak direkomendasikan untuk penggunaan umum. ESP32 menawarkan fleksibilitas dalam penggunaan GPIO ini, memungkinkan integrasi dengan berbagai sensor, modul, dan perangkat lain dalam proyek IoT dan aplikasi lainnya.


3. Alat Pengukuran dan Pengkondisian Sinyal

Alat pengukuran dan pengkondisian sinyal bertujuan untuk mengubah data langsung dari gardu menjadi data digital yang dapat diolah oleh mikrokontroler. Berikut adalah beberapa alat ukur dan pengkondisian sinyal yang diperlukan.

Modul Sensor Arus split-core Axle 400/5 A

Modul sensor arus pada sistem monitoring beban trafo merujuk kepada perangkat keras yang digunakan untuk mendapatkan data beban (ampere) pada setiap line utama dan netral pada suatu gardu distribusi. Sensor arus yang digunakan yaitu CT (current transformer) split-core Axle 400/5 A dengan spesifikasi pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Spesifikasi pengukur arus tipe SplitCore

Axle Splitcore Current Transformer		Gambar
Spesifikasi		
- Type	: UK-40	
- Ratio	: 400/5 A	
- Class	: 0,5	
- Burden	: 1,5 VA	
- Hole size	: 40 mm	
- Standard	: IEC 61869-2	

Power Meter

Power Meter adalah perangkat digital multifungsi yang dapat menggantikan berbagai alat ukur seperti meter, relay, dan transduser. Power meter ini mampu mengukur dan memantau berbagai parameter listrik, termasuk tegangan, arus, daya aktif, daya reaktif, frekuensi, dan faktor daya pada jaringan tiga fase. Power meter ini juga memiliki fitur input/output ON/OFF dan satu output pulsa energi aktif, serta mampu mengirim data yang diolah ke modul mikrokontroler untuk pemantauan dan pengendalian secara real-time.

4. Hasil

Penelitian ini berhasil mengembangkan manajemen port I/O pada mikrokontroler ESP32 untuk sistem monitoring beban trafo secara real-time. Sistem ini mampu membaca, mengukur, dan mengirimkan data terkait tegangan, arus, daya, frekuensi, dan energi secara kontinu. Dengan menggunakan Power Meter Toky DS9L/7L yang terhubung melalui protokol RS485, data yang diukur meliputi fasa netral, tegangan antar fasa, arus hingga 400 Ampere, serta energi, daya, dan frekuensi pada fasa R, S, dan T dll. Total ada 32 data yang tersimpan dalam tipe data integer 32-bit dengan frekuensi 100kbps. Adapun satu port ESP32 sudah sangat cukup untuk menerima data tersebut namun pada kondisi dengan noise tertentu

Pada Sistem Monitoring Beban Trafo menggunakan Mikrokontroler ESP32, manajemen port I/O sangat penting dalam pengoperasiannya. ESP32 memiliki 36 pin GPIO yang berfungsi sebagai General Purpose Input/Output, yang dapat digunakan baik sebagai input maupun output digital atau analog. ESP32 juga mendukung protokol komunikasi seperti UART, I2C, SPI, PWM, dan lain-lain, yang dapat dikonfigurasi melalui kode karena adanya fitur multiplexing pada chip ESP32.

Dalam konteks Sistem Monitoring Beban Trafo, ESP32 dihubungkan dengan sensor arus (Current Transformer - CT) dan Power Meter. Sensor arus ini mendeteksi arus

listrik pada gardu dan mengirimkan datanya ke ESP32 melalui komunikasi serial RS-485. Dari sana, data diolah oleh mikrokontroler dan dikirimkan secara online ke aplikasi Blynk menggunakan konektivitas Wi-Fi ESP32, memungkinkan pemantauan beban secara real-time.

Manajemen port I/O dalam implementasi ini melibatkan pengaturan pin-pin ESP32 untuk menerima data dari sensor dan mengirimkannya ke Power Meter atau aplikasi monitoring. Pin-pin ini termasuk pin untuk komunikasi serial dengan RS-485, input dari sensor arus, dan output untuk mengirim data ke aplikasi.

Proses ini didukung oleh pemrograman di Arduino IDE, di mana NodeMCU ESP32 diprogram untuk mengelola data yang diterima dan mengirimkannya ke aplikasi monitoring melalui jaringan internet. Penelitian ini menunjukkan bahwa meskipun ESP32 memiliki jumlah port I/O yang terbatas, sistem dapat mengelola berbagai data real-time dengan efisien. Strategi manajemen port I/O yang dikembangkan memungkinkan integrasi sensor dan modul dengan baik, memanfaatkan GPIO yang ada secara optimal. Kemudian, Data dari Power Meter Toky DS9L/7L berhasil diolah oleh ESP32 dan dikirimkan ke server cloud Blynk melalui koneksi internet. Data ini mencakup berbagai parameter listrik yang penting, seperti tegangan, arus, daya, dan frekuensi, serta ditampilkan secara real-time pada platform Blynk, baik di smartphone maupun komputer. Sistem monitoring yang dikembangkan dapat menangani data secara kontinu dan real-time, meskipun ada keterbatasan pada jumlah port I/O. Keberhasilan ini menunjukkan efektivitas manajemen port I/O yang diterapkan dalam penelitian.

Pengembangan manajemen port I/O pada ESP32 memberikan solusi praktis untuk mengatasi keterbatasan perangkat keras dalam sistem monitoring trafo. ESP32, dengan berbagai fitur canggihnya, termasuk konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth, serta kemampuan pemrosesan yang tinggi, menjadi pilihan yang tepat untuk aplikasi IoT. Meskipun memiliki jumlah port I/O yang terbatas, strategi manajemen yang diterapkan dalam penelitian ini memungkinkan pemantauan dan pengendalian beban trafo dengan efisien.

Penggunaan Power Meter Toky DS9L/7L dan komunikasi RS485 menunjukkan keunggulan dalam hal kecepatan transfer data dan jarak yang lebih jauh dibandingkan protokol lain seperti RS-232. Sistem ini mampu mengelola berbagai parameter listrik

dengan akurat dan menyajikan data yang relevan untuk pengawasan beban trafo. Penelitian ini memberikan kontribusi penting bagi pengembangan sistem monitoring trafo yang lebih handal dan terjangkau, mendukung langkah-langkah preventif dan korektif untuk menjaga stabilitas jaringan distribusi energi.

5. Kesimpulan

Dari percobaan di atas, dapat disimpulkan bahwa GPIO ESP32 yang memiliki 36 pin GPIO dapat digunakan secara fleksibel sebagai input atau output digital dan analog. Pada sistem monitoring beban trafo, port I/O ini berperan penting dalam menerima sinyal dari sensor arus dan mengirimkan data ke perangkat lain seperti Power Meter atau modul komunikasi.

Komunikasi Serial yang Andal pada sistem ini, ESP32 menggunakan protokol komunikasi serial seperti RS485 yang terhubung melalui port I/O untuk menerima data dari Power Meter. Manajemen port ini memungkinkan data arus dan tegangan yang terukur dari trafo dapat diolah dan dikirimkan secara efektif ke server IoT seperti Blynk.

Terakhir, pada integrasi platform IoT, manajemen port I/O pada ESP32 memfasilitasi integrasi yang mudah dengan platform IoT melalui konektivitas Wi-Fi yang sudah terintegrasi. Hal ini memungkinkan pengiriman data secara real-time ke aplikasi monitoring di smartphone atau PC, memberikan kemudahan akses dan analisis beban trafo dari jarak jauh.

Daftar Referensi

- Musthofa, M., & Rahman, U. (2021). Sistem Monitoring Beban Trafo Distribusi secara Visual dan SMS Gateway di PT PLN (Persero). *Energi dan Kelistrikan: Jurnal Ilmiah*, 13(1). <https://doi.org/10.33322/energi.v13i1.1286>.
- Musthofa, M. (2020). Sistem Monitoring Online Real TIME Beban Unbalance dan Overload Trafo Distribusi di PT PLN (Persero). *Energi dan Kelistrikan: Jurnal Ilmiah*, 12(2). <https://doi.org/10.33322/energi.v12i2.1163>.
- Suswanto, D. (2009). *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*.
- Setiawan, E., Anindita, G., Syahid, A., & Rachman, I. (2019). Monitoring Keseimbangan Distribusi Beban Transformator untuk Meminimalisasi Terjadinya Rugi Energi. *ELKOMIKA Jurnal Teknik Energi Elektrik Teknik Telekomunikasi & Teknik Elektronika*, 7(2), 297. DOI:10.26760/elkomika.v7i2.297.
- Frisila, L., & Irianto, C.G. (2017). Perancangan Prototipe Real Time Monitoring Beban

- Transformator Distribusi 20 kV Berbasis Mikrokontroler. *JETRI: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 15(1), 55-64.
- Hercog, D., Lerher, T., Truntic, M., & Tezak, O. (2023). Design and Implementation of ESP32-Based IoT Devices. *IoT Sensors and Technologies for Education*, 23(15). <https://doi.org/10.3390/s23156739>.
- Dafa, M.B., Puji, R., & Winarno, H.A. (2023). Smart IO PLC Berbasis IoT Menggunakan Esp32. *Journal Zetroem*, 5(2), 165-168.
- Santoso, H. B., Prajogo, S., & Mursid, S. P. (2018). Pengembangan Sistem Pemantauan Konsumsi Energi Rumah Tangga Berbasis Internet of Things (IoT). *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 6(3), 357. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v6i3.357>.
- Handarly, D., & Lianda, J. (2018). Sistem Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT (Internet of Things). *Journal of Electrical Electronic Control and Automotive Engineering (JEECAE)*, 3.
- Nusa, T., Sompie, S., & Rumbayan, M. (2015). Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Secara Real Time Berbasis Mikrokontroler. *EJournal Teknik Elektro Dan Komputer*, 4(2).
- Samsugi, S., Ardiansyah, A., & Kastutara, D. (2017). *Internet of Things (IoT)*.
- Hartman, W., Hensen, A., Vasquez, E., & Altaii, K. (2018). Energy Monitoring and Control Using Internet of Things (IoT) System. *Systems and Information Engineering Design Symposium*.
- Krisnawijaya, N.K., & Adrama, I.N.G. (2019). Rancang Bangun Portable Online Datalogger untuk Mengukur Potensi Debit Aliran Sungai Berbasis Internet of Things. *Jurnal Ilmiah Telsinas*.
- Simamora, S., Yoakim, Y., Tobing, T., & Panusur, S.M.L. (2014). Analisis Ketidakseimbangan Beban Transformator Distribusi untuk Identifikasi Beban Lebih dan Estimasi Rugi-Rugi pada Jaringan Tegangan Rendah. *Jurnal Singuda Ensikon*.
- Prasty, E.A. (2019). *Arsitektur dan Fitur ESP32 (Module ESP32)*. <https://www.edukasi-elektronika.com/2019/07/arsitektur-dan-fitur-esp32-module-esp32.html>