

Metode Deteksi Fasa Pada Saluran Listrik Tegangan Rendah Dengan Esp32 dan Komunikasi LoRa

Tasdik Darmana¹; Rizki Pratama Putra²; Meyhart Torsna Bangkit Sitorus³; Ariman⁴; Abdul Multi⁵

^{1,2,3}Institut Teknologi PLN
^{4,5} Insitut Sains dan Teknologi Nasional
tasdik.darmana@itpln.ac.id

ABSTRACT

Load balancing on a low-voltage distribution sistem by adjusting the phase of the new load to be installed requires information on the type of line phase that will be connected to the load. In this research, a phase reading method is proposed using Esp32 with LoRa communication. The purpose of this research is to make a method of reading phase with independent and reliable communication. The phase reading method is carried out by calculating the time difference between the periodic zero values of a phase and then comparing it with other phases to determine the type of phase based on its similarity. With this principle the effect of harmoniks can be reduced where the harmoniks do not affect the time of the zero value of the periodic sinusional wave. Based on the results of the review conducted, this method is better than the conventional method using an electronic mosfet circuit or logic gate where the reference signal cannot be adjusted and the fabrication process is for high-cost commercialization.

Keywords: Phase Detection, Esp32, LoRa

ABSTRAK

Penyeimbangan beban pada sistem distribusi tegangan rendah dengan mengatur fasa beban baru yang akan dipasang membutuhkan informasi jenis fasa saluran yang akan di sambungkan ke beban. Pada penelitian ini diusulkan suatu metode pembacaan fasa menggunakan Esp32 dengan komunikasi LoRa. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat suatu metode pembacaan fasa dengan komunikasi yang independent dan reliabel. Metode pembacaan fasa dilakukan dengan menghitung selisih waktu antara nilai nol periodic dari suatu fasa kemudian membandingkannya dengan fasa lain untuk mengetahui jenis fasa tersebut berdasarkan kesamaannya. Dengan prinsip ini pengaruh harmonik dapat diredam dimana harmonik tidak mempengaruhi waktu nilai nol dari gelombang sinusional periodic. Berdasarkan hasil review yang dilakukan, metode ini lebih baik dibandingkan dengan metode konvensional yang menggunakan rangkaian elektronik mosfet atau gerbang logika dimana sinyal referensinya tidak dapat diatur dan proses fabrikasinya untuk komersialisasi yang berbiaya tinggi.

Kata kunci: Deteksi fasa, Esp32, LoRa

1. PENDAHULUAN

Pada sistem distribusi tenaga listrik tegangan rendah, keseimbangan beban trafo penting dijaga untuk menjaga kualitas daya listrik [1]. Seringkali pembebanan menyebabkan meningkatkan suhu trafo yang berujung kepada kebakaran, meningkatnya arus tanah yang berujung pada peningkatan rugi-rugi distribusi dan juga tegangan sistem yang menjadi tidak seimbang [2]. Untuk mengatasi hal tersebut pada prakteknya dilapangan terdapat metode-metode yang dapat dilakukan untuk melakukan penyeimbangan beban. Pada proses sambung baru beban di suatu sistem distribusi yang luas, deteksi fasa dari saluran kabel tegangan rendah yang akan disambung ke pelanggan menjadi suatu hal yang rumit sebab pada praktiknya dilapangan dimana topologi distribusi rumah atau pengguna listrik sering didapati tidak beraturan [3].

Dalam mendeteksi fasa dari suatu saluran atau suatu beban yang telah terpasang pada suatu sistem distribusi yang luas, fasa tegangan dari beban atau saluran harus dibandingkan dengan fasa pada sisi tegangan rendah trafo distribusi yang melayani area tersebut. Diperlukan suatu sistem deteksi yang dapat berkomunikasi secara reliabel antara beban terpasang/saluran dan output tegangan rendah trafo tiang distribusi.

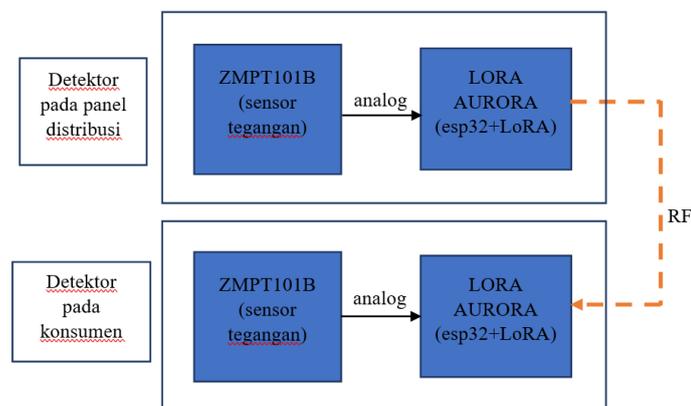
Sistem deteksi fasa pada awalnya menggunakan rangkaian elektronik dengan sinyal referensi tertanam sehingga deteksi fasa tidak memerlukan koneksi 2 arah. Sistem ini ringkas digunakan akan tetapi tidak fleksibel digunakan pada sistem lain dengan sudut fasa sinyal berbeda dengan sinyal referensi yang disematkan pada rangkaian elektronik tersebut. Sistem ini secara komersial digunakan pada saat ini dan yang terbaru sinyal referensi dapat diatur sehingga lebih fleksibel untuk digunakan. Meskipun demikian sistem konvensional yang digunakan tersebut memiliki kekurangan dalam hal, informasi mengenai sudut fasa dari sinyal referensi harus diketahui terlebih dahulu sehingga pengukuran pada trafo distribusi masih harus tetap dilakukan. Selain itu sistem deteksi fasa menggunakan rangkaian elektronik atau gerbang logika dengan komunikasi gelombang radio memerlukan fabrikasi khusus yang tidak praktis digunakan [4].

Untuk mengatasi masalah-masalah pada metode deteksi fasa konvensional, dalam penelitian ini didiskusikan metode deteksi fasa menggunakan Esp32 yang merupakan mikrokontroller berbiaya rendah dan reliabel dengan komunikasi LoRa.

2. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

2.1 Infrastruktur pembacaan fasa

Infrastruktur detektor fasa pada jaringan tegangan rendah dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 1. Diagram infrastruktur pembacaan fasa

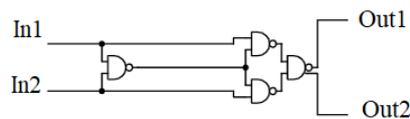
Disini, fasa pada pelanggan dibandingkan dengan fasa yang terbaca pada panel distribusi tegangan rendah di trafo tiang distribusi. Komunikasi antara piranti pembaca fasa pada pelanggan dan panel distribusi trafo menggunakan frekuensi LoRa dengan maksud menyediakan jalur komunikasi independen menggunakan frekuensi radio yang reliabel. Pembacaan tegangan menggunakan sensor tegangan ZMPT101B yang membaca tegangan menggunakan modul optocoupler sehingga tegangan sumber dapat dibaca dalam kondisi terisolasi secara listrik sehingga lebih aman [5].

2.2 Algoritma pembacaan fasa

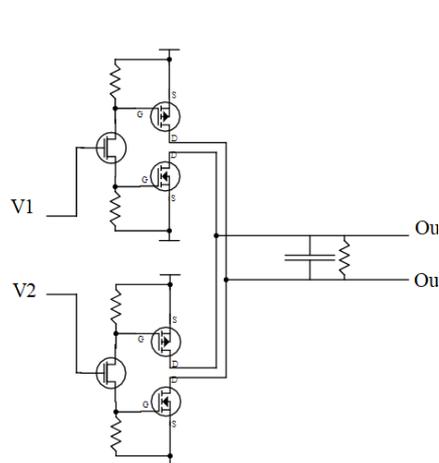
Pembacaan fasa dapat dilakukan dengan 2 cara, yang pertama yakni dengan menggunakan rangkaian Phase Locked Loop [6] atau langsung membandingkan sinyal tegangan ukur dengan tegangan referensi pada Esp32. Pada penelitian ini kedua cara tersebut akan dibandingkan untuk melihat metode mana yang dapat menghasilkan hasil yang akurat.

1. Rangkaian phase comparator/detector

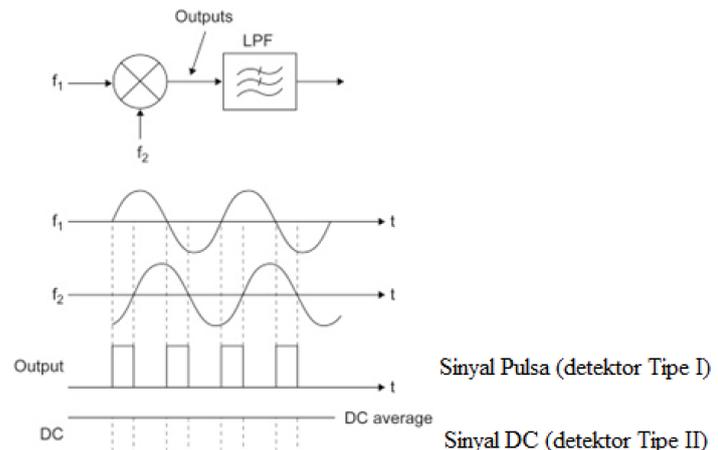
Metode ini merupakan metode tradisional yang menggunakan rangkaian elektronika sederhana untuk mendeteksi beda fasa dari dua buah sinyal. Metode ini terdiri dari 2 jenis yakni detektor tipe I : yang menghasilkan sinyal output berupa pulsa dengan frekuensi tertentu sesuai dengan besar beda sudut fasa dari 2 sinyal yang dibandingkan. Sedangkan Detektor tipe II : detektor ini menghasilkan sinyal tegangan konstan yang besarnya sebanding dengan beda sudut fasa dari sinyal-sinyal yang dibandingkan [7].



Gambar 2. Rangkaian pembanding fasa (phase comparator) menggunakan gerbang NAND. Sinyal output berbentuk Pulsa (Detektor tipe I)



Gambar 3. Rangkaian detektor fasa tipe II, output sinyal digital dihaluskan menggunakan kapasitor-resistor, hasilnya sinyal tegangan DC murni



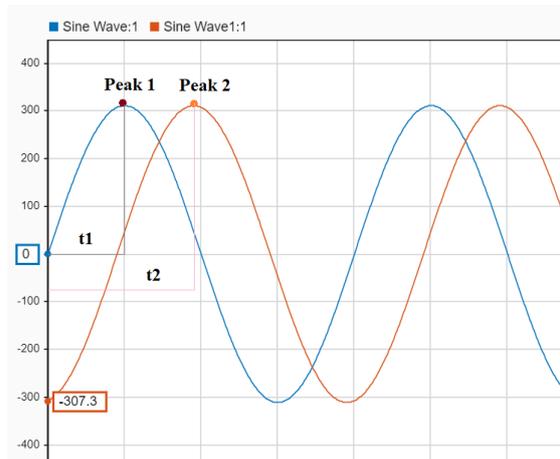
Gambar 4. Tampak sinyal input dan sinyal output dari detektor tipe I dan II

2. Algoritma deteksi fasa menggunakan Esp32

Metode deteksi fasa menggunakan Esp32 terbagi menjadi 2 yakni metode perbandingan waktu capai nilai puncak dan yang kedua dengan perbandingan nilai RMS:

1. Metode perbandingan waktu capai nilai puncak

Pada metode ini masing masing sinyal akan diukur pada suatu titik waktu mulai yang sama. Tiap sinyal akan diukur waktu yang dibutuhkan hingga nilai maksimumnya tercapai. Beda fasa dapat diketahui dengan mencari selisih waktu dari kedua waktu capai nilai maksimum sinyal tersebut.



Gambar 5. Metode perbandingan nilai waktu puncak

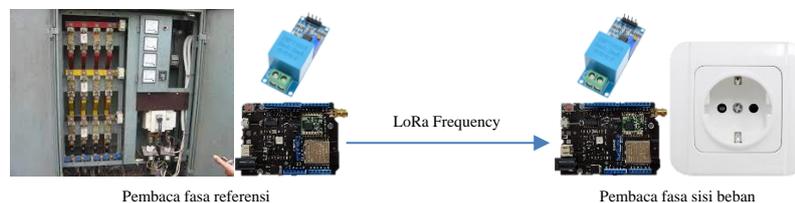
2. Metode perbandingan nilai RMS

Metode ini berprinsip pada penghitungan nilai faktor daya, yang dapat diperoleh dengan membagi nilai rata-rata perkalian nilai sesaat kedua sinyal dengan perkalian nilai RMS kedua sinyal. Metode ini lebih membutuhkan banyak kalkulasi matematis dibandingkan metode sebelumnya.

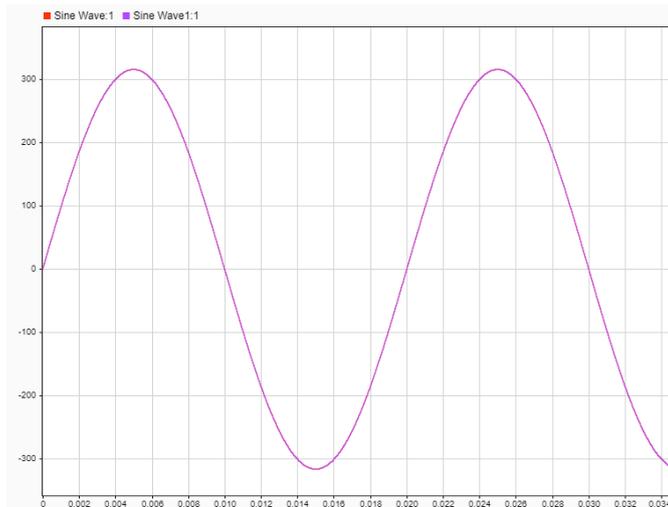
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Flowchart pembacaan fasa

Perangkat terdiri dari 2 yakni pembaca sinyal referensi yang ditempatkan di panel trafo tiang distribusi dan pembaca fasa yang ditempatkan di saluran atau pelanggan/beban. Gambaran kordinasi sistem dapat dilihat dibawah ini :



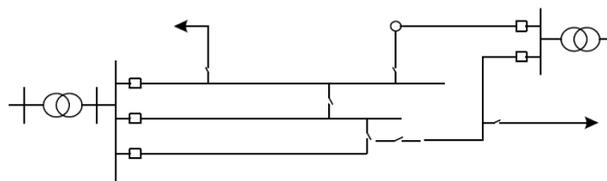
Gambar 6. Model kordinasi pembaca referensi dan pembaca fasa beban



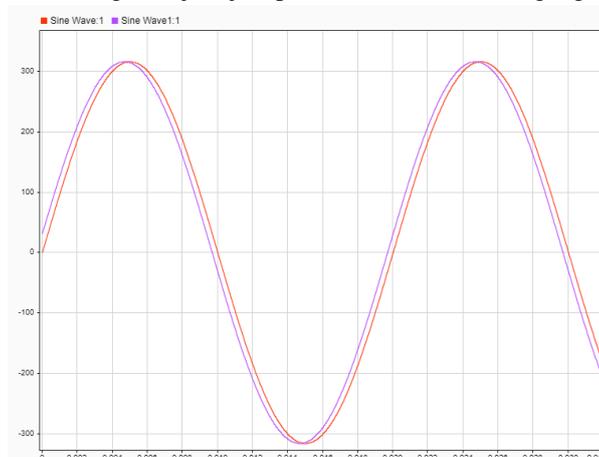
Gambar 8. Simulasi pembacaan fasa dengan fasa referensi dan fasa beban yang sama

3.3. Pembacaan fasa kasus 2 (fasa saluran berbeda sudut fasa dengan nilai kecil)

Pada topologi jaringan distribusi seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 9. Konfigurasi jala-jala pada sistem distribusi tegangan rendah



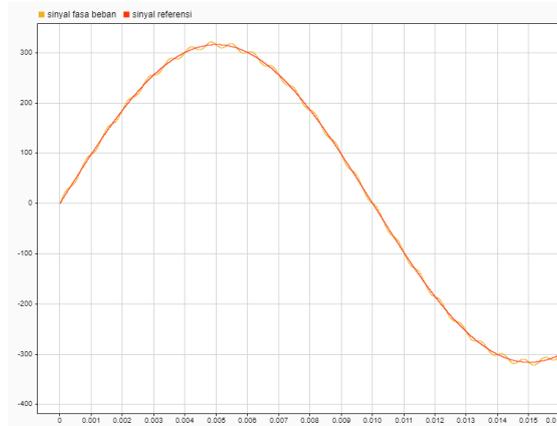
Gambar 10. Contoh simulasi pembacaan fasa beban dengan beda sudut fasa referensi sebesar 5.73°

Tiap jalur cabang dapat memiliki tegangan dan fasa yang berbeda sedikit dengan sumber (trafo). Oleh karena itu algoritma penentuan kesamaan fasa harus dibuat sedemikian rupa dengan memberi batas toleransi pada penghitungan selisih sudut fasa.

3.4. Pembacaan fasa kasus 3 (terdapat harmonik tegangan pada fasa yang dibaca)

Pembacaan harmonik dapat mempengaruhi kualitas daya listrik baik itu pada tegangan atau arus [9]. Jika terdapat harmonik pada tegangan yang dibaca, maka perhitungan waktu t_1 dan t_2 yakni waktu setengah periode gelombang penuh harus diberikan kondisi khusus (if) yakni jika t_1 atau t_2

memiliki waktu yang kurang dari waktu toleransi yang dihitung dari setengah periode gelombang penuh maka dianggap tidak terhitung atau kondisi penghitungan nilai t_1 atau t_2 hanya bisa dilakukan jika syarat tersebut tercapai.



Gambar 11. Simulasi pembacaan fasa dengan kondisi terdapat harmonic pada sinyal fasa beban

Dari metode-metode pembacaan fasa yang telah disimulasikan, berikut dibandingkan kelebihan dan kekurangan dari masing-masing metode pembacaan :

Tabel 2. Kelebihan dan kekurangan metode pembacaan fasa

No	Metode	Kelebihan	Kekurangan
1	Rangkaian phase detector	Rangkaian lebih sederhana Tidak membutuhkan kerja mikrokontroller untuk menghitung beda sudut fasa	Tetap membutuhkan mikrokontroller untuk membuat komunikasi antara pembaca Membutuhkan rangkaian filter noise jika sinyal yang dibaca memiliki banyak noise
2	Esp32 + LoRa	Tidak membutuhkan rangkaian elektronik terpisah untuk membaca sudut fasa Penghilangan noise dapat dilakukan dengan pemrograman pada mikrokontroller	Esp32 dipilih harus berkualitas bagus agar pembacaan fasa lebih reliabel

Kondisi pengukuran di lapangan jarang memberikan tegangan pembacaan yang ideal dimana tegangan sumber yang berasal dari trafo akan sama magnitudo dan fasanya ketika sampai di beban atau ketika berada pada saluran kabel yang berjarak jauh atau yang menyuplai beban dengan reaktansi yang besar [10]. Terlebih lagi dengan pengaruh harmonik yang dapat mempengaruhi pembacaan fasa. Oleh karena itu dibutuhkan algoritma-algoritma tertentu untuk mengatasi kesalahan pembacaan fasa. Komunikasi antara piranti Esp32 dilakukan melalui radio frekuensi LoRa dimana Teknik ini dipilih karena metode komunikasinya bersifat independent yakni tidak membutuhkan saluran internet dan selain itu juga redaman LoRa lebih kecil dibandingkan menggunakan sinyal frekuensi tinggi seperti WiFi sehingga error dalam komunikasi data dapat diminimalisir [11].

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini membahas mengenai metode deteksi fasa dan komunikasi antara piranti pembaca fasa. Perangkat keras yang digunakan adalah Esp32 yang terintegrasi dengan pemancar LoRa. Metode pembacaan fasa diuraikan secara detail dan dibandingkan dengan pembaca fasa konvensional. Hasil review yang didapatkan adalah metode pembacaan menggunakan Esp32 lebih sederhana dan reliabel sebab tidak memerlukan rangkaian filter eksternal untuk mengatasi harmonik selain itu juga toleransi terhadap error fasa dapat diatur yang dapat terjadi akibat saluran yang terlalu Panjang atau pembebanan reaktif dan resistif, berbeda halnya dengan metode konvensional dimana pengaturan error toleransi hanya dapat dilakukan dengan mengganti komponen elektronik dari piranti pembaca. Metode deteksi waktu capai nilai nol tidak dipengaruhi oleh fluktuasi periodik dari harmonik kecuali amplitude gelombang harmonik sangat besar dimana hal tersebut jarang terjadi sebab jika terjadi sistem proteksi distribusi akan aktif untuk mengisolasi jaringan tegangan rendah tersebut. Selain itu untuk meredam harmonik orde rendah dapat dilakukan dengan algoritma khusus yang mensyaratkan perhitungan waktu capai nol hanya dianggap apabila nilai nya melebihi batas nilai tertentu yang lebih besar dari pada periode gelombang harmonik gangguan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Institut Teknologi PLN yang telah memberi dukungan yang membantu pelaksanaan penelitian dan atau penulisan artikel.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Luo, An, et al. "Overview of power quality analysis and control technology for the smart grid." *Journal of Modern Power Systems and Clean Energy* 4.1, p.1-9, 2016.
- [2] Cazacu, Emil, Valentin Ionita, and Lucian Petrescu. "Thermal aging of power distribution transformers operating under nonlinear and balanced load conditions." *Advances in Electrical and Electronic Engineering* 16.1, p. 92-100, 2018.
- [3] Laginda, Richard B., Hans Tumaliang, and Sartje Silimang. "Perbaikan Kualitas Tegangan Pada Jaringan Distribusi Primer 20 KV Di Kota Tahuna." *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer* 7.2, p. 93-102, 2018.
- [4] Yang, Haoyuan, and Shu-Yuen Ron Hui. "Nonintrusive power measurement method with phase detection for low-cost smart meters." *IEEE Transactions on Industrial Electronics* 64.5, p.): 3962-3969, 2017.
- [5] Yoeseph, N. M., M. A. Safi'le, and F. A. Purnomo. "Smart Energy Meter based on Arduino and Internet of Things." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 578. No. 1. IOP Publishing, 2019.
- [6] Collins, Ian. "Phase-Locked Loop (PLL) Fundamentals." *SSB* 130.140, p.150, 2018,
- [7] Crawford, James A. (1994), *Frequency Synthesizer Design Handbook*, Artech House, ISBN 0-89006-440-7
- [8] Richardson, Peter, Damian Flynn, and Andrew Keane. "Impact assessment of varying penetrations of electric vehicles on low voltage distribution systems." *IEEE PES general meeting*. IEEE, 2010,
- [9] Kumar, Dinesh, and Firuz Zare. "Harmonic analysis of grid connected power electronic systems in low voltage distribution networks." *IEEE Journal of Emerging and selected topics in Power Electronics* 4.1, p.70-79, 2015,
- [10] Urquhart, Andrew J. *Accuracy of low voltage electricity distribution network modelling*. Diss. Loughborough University, 2016.