

IMPLEMENTASI MOVING AVERAGE FILTER UNTUK SENSOR TEGANGAN PADA SISTEM KONTROL DAN MONITORING LAMPU JALAN

IMPLEMENTATION OF MOVING AVERAGE FILTER FOR VOLTAGE SENSORS IN STREET LIGHT CONTROL AND MONITORING SYSTEM

Sigit Pramono*¹, Jhon Bryan Tarihoran² Gunawan Wibisono³

*Email: sigit@ittelkom-pwt.ac.id

^{1,2}Program Studi Teknik Telekomunikasi, Institut Teknologi Telkom Purwokerto, Indonesia

³Program Studi Sistem Informasi, Institut Teknologi Telkom Purwokerto, Indonesia

Abstrak— Perkembangan teknologi saat ini mampu memanfaatkan infrastruktur yang ada sebagai jalur komunikasi. *Power line Carrier* (PLC) adalah teknologi komunikasi data yang dilakukan melalui kabel listrik. Penerangan jalan yang baik memegang peranan penting terutama pada kondisi malam hari. Penerangan jalan ini berguna untuk menciptakan kondisi jalan yang terang. Untuk memudahkan pengguna mengontrol lampu jalan dan memonitoring lampu dari jarak jauh maka dibuat peralatan untuk mengontrol dan memonitoring lampu melalui PLC. Tujuan dari penelitian ini adalah pengujian sensor tegangan dengan menggunakan Moving Average Filter(MAF) dengan menggunakan PLC pada sistem kontrol dan monitoring lampu jalan dan mengukur kinerja sensor tegangan ZMPT101B menggunakan Moving Average Filter. Sistem yang dirancang memiliki 2 perangkat utama yaitu perangkat kontrol dan sensor lampu kemudian terdapat juga perangkat yang digunakan untuk melakukan monitoring dengan menggunakan display LCD 16x2. Nilai rata-rata persentase *error* dari keseluruhan nilai tegangan yaitu ketika pembacaan tanpa menggunakan MAF memiliki nilai rata-rata *error* sebesar 0.38%, kemudian ketika menggunakan MAF 5 persentase *error* turun menjadi 0.18% dan MAF 10 menghasilkan nilai yang terbaik dengan rata-rata *error* sebesar 0.14%. Penggunaan filter MAF 10 menghasilkan grafik yang lebih stabil dibandingkan dengan tidak menggunakan filter MAF.

Kata kunci — Moving Average Filter, Power Line Carrier, Sensor Tegangan

Abstract— *Current technological developments are able to utilize existing infrastructure as a communication line. Power line Carrier (PLC) is a data communication technology that is done through power lines. Good street lighting plays an important role, especially in night conditions. Street lighting is useful for creating bright road conditions. To make it easier for users to control street lights and monitor lights remotely, equipment is made to control and monitor lights through PLC. The purpose of the study was to test voltage sensors using Moving Average Filters (MAF) using PLCs on street light control and monitoring systems and measuring the performance of the ZMPT101B voltage sensor using a Moving Average Filter. The system is designed to have 2 main devices, namely control devices and light sensors, then there are also devices used to monitor using a 16x2 LCD display. The average error percentage value of the overall voltage value when reading without using MAF has an average error of 0.38%, then when using MAF 5 the error percentage drops to 0.18% and MAF 10 produces the best value with an average error of 0.14%. The use of MAF 10 filters results in a more stable graph compared to not using MAF filters.*

Keywords — Moving Average Filter, Power Line Carrier, Voltage Sensor

I. PENDAHULUAN

Penerangan Jalan Umum (PJU) merupakan salah satu upaya yang strategis dalam memberikan pelayanan sosial terhadap masyarakat banyak [1], sehingga pengguna jalan mendukung kenyamanan

dan keselamatan di malam hari. PJU dalam penggunaannya tidak terhindar dari adanya kerusakan, baik itu kerusakan yang diakibatkan karena lampu tidak menyala atau kegagalan pembacaan sensor cahaya [2]. Keadaan ini terjadi

karena pemantauan PJU masih dilakukan secara manual. Untuk memudahkan pengguna mengontrol lampu jalan dan memonitoring lampu dari jarak jauh maka dibutuhkan alat untuk mengontrol dan memonitoring lampu melalui *Power Line Carrier*. *Power line Carrier* (PLC) adalah teknologi komunikasi data yang dilakukan melalui kabel listrik digunakan sebagai jalur komunikasi dengan kapasitas *bandwidth* yang besar [3]. Kabel listrik merupakan hal yang sangat umum dan mudah ditemukan [4]. Penggunaan sensor untuk membantu monitoring tegangan pada lampu jalan, digunakan sensor tegangan ZMPT101B. Sensor yang digunakan untuk pengukuran parameter tegangan, yang dapat mengukur tegangan dari 0-1000V [5]. Pembacaan sensor agar lebih optimal maka hasil pengukuran dilakukan proses filter menggunakan *Moving Average Filter* (MAF) [6]. Metode MAF dapat digunakan untuk mengurangi *random noise* tetapi tidak baik digunakan untuk memisah frekuensi dalam rentang *band* tertentu [7].

Penelitian yang dilakukan tidak lepas dari penelitian terkait yang pernah dilakukan sebelumnya, sebagai bahan perbandingan dan dalam perancangan sistem. Penerapan IoT untuk sistem pemantauan kerusakan pada lampu jalan umum dengan melakukan pemantauan nilai tegangan dan nilai arus pada lampu jalan. Sensor yang digunakan ZMPT101B untuk pengukuran tegangan dan sensor ACS712 untuk pengukuran nilai arus. Hasil pengujian sensor tegangan menunjukkan tingkat akurasi sebesar 96,7%, data pada grafik selalu berubah setiap detiknya, disebabkan tegangan tidak bisa stabil dan sering terjadi *drop* tegangan. Penelitian ini belum menggunakan metode agar meredam *noise* pada tegangan [8].

Penelitian selanjutnya mengenai sistem pengendalian PJU melalui jaringan internet berbasis android dengan menerapkan sistem otomatis menggunakan sensor ZMPT101B dan sensor ACS712 untuk pengukuran arus dan tegangan. Penggunaan modul *ethernet* sebagai sistem komunikasi data dan *smartphone* sebagai pemantau dan pengendali. Hasil pengujian menunjukkan bahwa data yang diperoleh oleh sensor cahaya dapat diterima oleh sistem pengendali dan dapat menginformasikan rerata akurasi komparasi pengukuran arus dan tegangan sebesar 100% dan 95.23% yang diperoleh dari kondisi lampu ON dan Off. Penelitian tersebut meski tidak menggunakan metode filter hasil yang diperoleh mendekati stabil meski masih terdapat *noise* [9].

Penelitian pengukuran nilai tegangan menggunakan sensor ZMPT101B untuk membuat *power meter* untuk mempermudah proses perkuliahan terutama dalam mata kuliah praktikum. Dari pengujian di laboratorium dengan menggunakan beban resistif dan dibandingkan dengan *power meter* pabrikan, didapatkan *error* presentasi untuk tegangan sebesar 0,33%, arus sebesar 0,26%, dan daya aktif sebesar 0,63% [10]. Hasil ini menunjukkan bahwa *power meter* rancangan dapat memberikan pengukuran dengan keakuratan yang sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan sensor ZMPT101B untuk pengukuran nilai tegangan sangat cocok, dari penelitian sebelumnya belum menggunakan metode untuk mengurangi *random noise*, sehingga diperoleh nilai tegangan yang stabil.

Penelitian yang membahas mengenai metode yang digunakan sebagai peredam *noise* dan mampu meningkatkan akurasi data yaitu penelitian sebelumnya melakukan pengukuran kedalaman berdasarkan tekanan udara dalam air dengan sensor tekanan udara BMP180 menggunakan *Moving Average Filter* (MAF). MAF digunakan untuk membuang pencilaan data, sehingga didapatkan data yang lebih relevan yang kemudian digunakan untuk melakukan *curve fitting*. Kemudian dilakukan analisis regresi *linear*. Pengujian sistem dilakukan melalui beberapa skenario lalu diambil persamaan yang menghasilkan nilai *Mean Square Error* (MSE) yang paling kecil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa MAF mampu meningkatkan akurasi data hingga mencapai 99.12% [6].

Penelitian tentang implementasi komunikasi data menggunakan sistem PLC (*Power Line Communication*). Dalam penelitian ini dilakukan implementasi sistem PLC dalam membangun sebuah jaringan menggunakan media kabel listrik untuk menghubungkan beberapa perangkat jaringan menggunakan perangkat *powerline*, serta menggunakan perangkat jaringan yang terhubung secara *wireless* ke perangkat *mobile* pada Jaringan *wireless* LAN (WLAN) [11].

Penelitian yang telah dilakukan oleh tim peneliti sebelumnya dapat menjadi referensi pengujian monitoring lampu jalan untuk mengukur kinerja sensor tegangan menggunakan sensor ZMPT101B dan menggunakan metode pada *Moving Average Filter* untuk mengurangi *random noise*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Moving Average Filter

Moving Average Filter (MAF) merupakan filter digital yang digunakan untuk mengurangi *random noise* tetapi tidak baik digunakan untuk memisahkan frekuensi dalam rentang *band* tertentu. MAF bekerja dengan cara meratakan sejumlah titik tertentu dari isyarat masukan untuk menghasilkan tiap titik dari isyarat luaran [6].

MAF dirumuskan dalam bentuk Persamaan 1.

$$y[i] = \frac{1}{M} \sum_{j=0}^{M-1} x[i+j] \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

$x[]$ menunjukkan masukan,

$y[]$ menunjukkan keluaran.

M merupakan panjang dari MAF.

Contoh pengoperasian MAF :

$$y(3) = \frac{x(3) + x(4) + x(5) + x(6) + x(7)}{5}$$

Penjumlahan dimulai dengan merata-ratakan data yang berjalan dari $J=0$ hingga MAF $M-1$.

B. Power Line Communication

Power Line Communication (PLC) merupakan suatu sistem memanfaatkan jaringan listrik sebagai media komunikasi. kabel transmisi bukan hanya membawa sinyal listrik (50Hz –60Hz) tetapi juga membawa sinyal komunikasi (40KHz –500KHz). Salah satu kelebihan lain dari *Power Line Carrier*(PLC) ini adalah kemampuannya untuk bisa digunakan dalam jarak yang sangat jauh beberapa ratus kilometer tanpa menggunakan *repeater* [9].

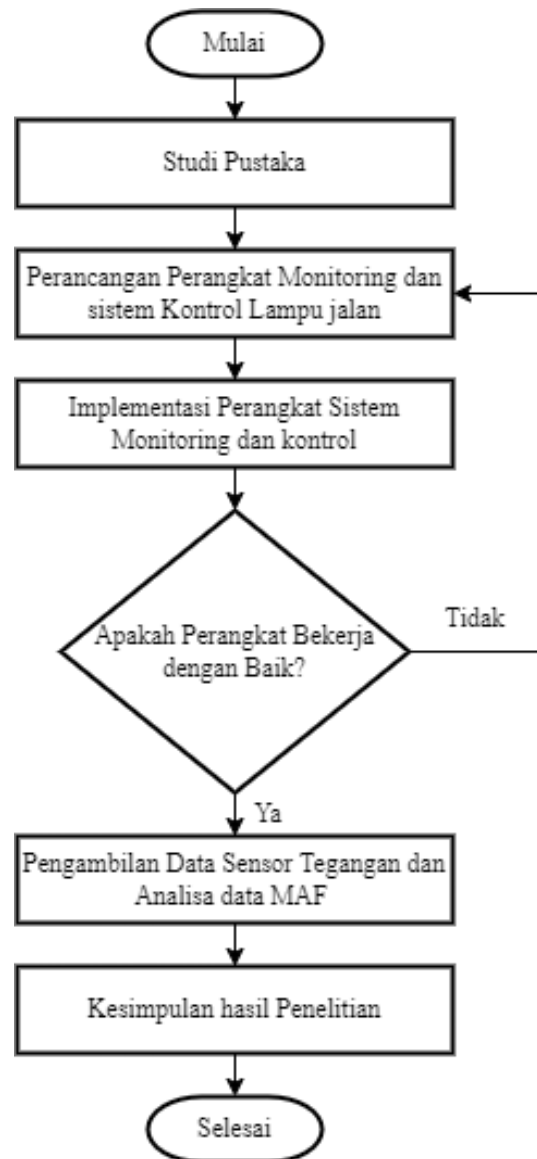
C. Sensor Tegangan ZMPT101B

Modul sensor tegangan ZMPT101B merupakan sensor yang digunakan untuk pengukuran parameter tegangan, sensor ini dapat mengukur tegangan dari 0-1000V. Prinsip kerja dari sensor ini adalah dengan menurunkan tegangan masukan menggunakan *step down transformer*, kemudian dengan masuk ke op-amp dan akan didapat nilai keluaran yang stabil tergantung dari nilai masukannya [12].

III. METODE

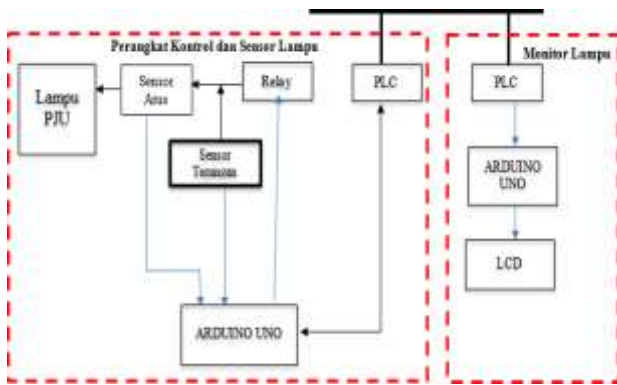
Metode penelitian dalam perancangan sistem yang akan dilakukan memiliki beberapa tahapan yaitu studi pustaka, perancangan perangkat sensor dan monitoring, implementasi perangkat sensor dan monitoring, pengambilan data analisis data arus, dan

kesimpulan dan saran. Ditampilkan dalam bentuk diagram alir sistem, dapat dilihat pada Gambar-1.



Gambar-1. Alur Penelitian

Berdasarkan Gambar-1 menunjukkan alur penelitian yang akan dilakukan untuk mendapatkan hasil data pengukuran kinerja sensor tegangan. Tahap awal yaitu studi pustaka untuk pengumpulan informasi atau referensi yang diperoleh dari buku, karya ilmiah, internet dan sumber lain. Selanjutnya perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Berikut blok diagram rangkaian dapat dilihat pada Gambar-2



Gambar-2. Diagram Blok

Berdasarkan Gambar-2 menunjukkan rangkaian diagram blok sistem perangkat kontrol dan sensor lampu dan monitoring lampu. Rangkaian diagram blok terdiri dari beberapa komponen yaitu lampu PJU/LED sebagai perangkat yang akan dikendalikan, sensor tegangan AC ZMPT101B sebagai perangkat yang akan mengambil sinyal tegangan dan mengubahnya menjadi kode biner yang diolah mikrokontroler Arduino Uno, Relay dc 5v sebagai pengendali nyala mati lampu, sensor LDR sebagai sensor cahaya, dan PLC KQ330 sebagai modem yang mengirim dan menerima data serial melalui kabel listrik [5].

Pengambilan dan Analisa data dari hasil implementasi perancangan pada tahap sebelumnya Data dari sensor tegangan yang diterima modul PLC setelah melalui jaringan PLN kemudian difilter menggunakan *Moving Average Filter* (MAF) dengan periode 5 dan 10. Sensor tegangan yang digunakan akan diberikan nilai tegangan yang berbeda-beda yaitu 190V, 200V, 220V, 230V dan 240V menggunakan trafo pengatur tegangan.

Pergerakan yang dihasilkan dari MAF 5 berasal dari Persamaan 2 berikut

$$y(5) = \frac{x_1+x_2+x_3+x_4+x_5}{5} \dots\dots\dots(2)$$

Pergerakan yang dihasilkan dari MAF 10 berasal dari Persamaan 3 berikut

$$y(10) = \frac{x_1+x_2+x_3+x_4+x_5+x_6+x_7+x_8+x_9+x_{10}}{10} \dots\dots(3)$$

Kemudian dilakukan pengujian sistem dengan cara melakukan perbandingan hasil pengukuran sensor tegangan sebelum dan sesudah pengolahan data. Pengukuran kinerja sensor tegangan dengan menghitung besarnya nilai *error* yang dihasilkan dari setiap data diselesaikan dengan Persamaan 4 berikut.

$$Error(\%) = \frac{|Nilai\ Sensor - Nilai\ Power\ Meter|}{Nilai\ Power\ Meter} * 100\% \dots\dots\dots(4)$$

Kemudian untuk nilai rata-rata pembacaan *error* ditentukan dengan Persamaan 5 berikut :

$$Rata\ "Error(\%) = \frac{Error\ ke\ 1 + Error\ ke\ 2 + \dots + Error\ ke\ n}{Total\ Percobaan\ (n)} \dots\dots\dots(5)$$

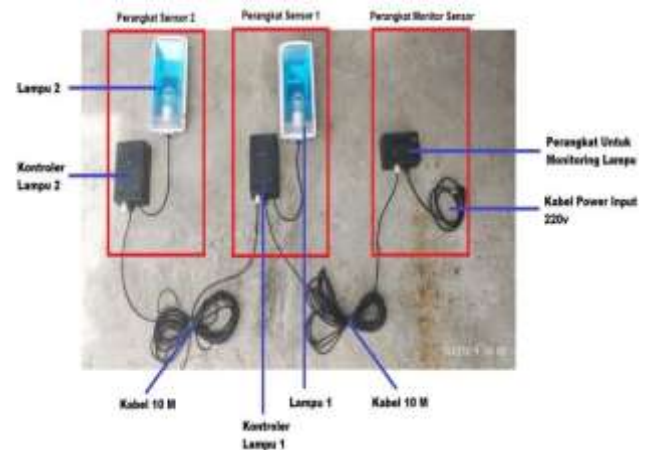
Setelah pengujian sistem pengukuran kinerja sensor tegangan dengan menghitung besarnya nilai *error* yang dihasilkan dari setiap data dan menghitung rata-rata pembacaan sensor. Selanjutnya dilakukan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian dan pembahasan pada penelitian ini menghasilkan berupa hasil data yang nantinya dapat digunakan sebagai bahan analisa. Pengujian yang dilakukan antara lain adalah pengujian pada sensor ZMPT101B untuk membaca nilai tegangan lampu penerangan jalan, pengujian keseluruhan sistem untuk melihat kinerja dari implementasi *Moving Average Filter* (MAF).

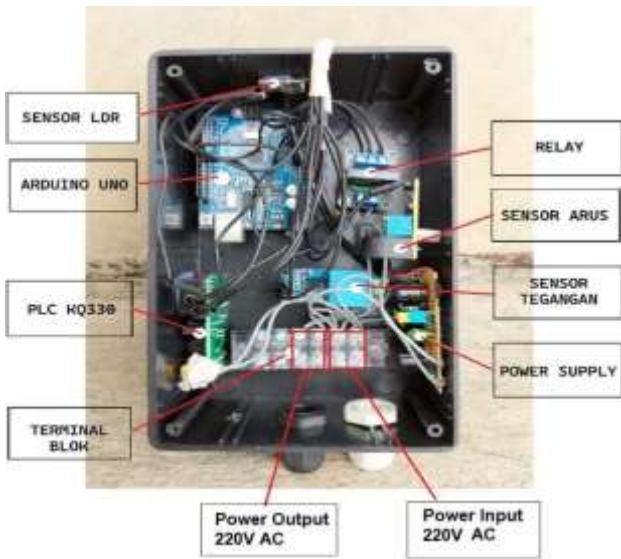
A. Hasil Perancangan Sistem

Perancangan sistem control dan monitoring lampu jalan menggunakan komunikasi *power line carrier*. Berikut hasil perancangan yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar-3



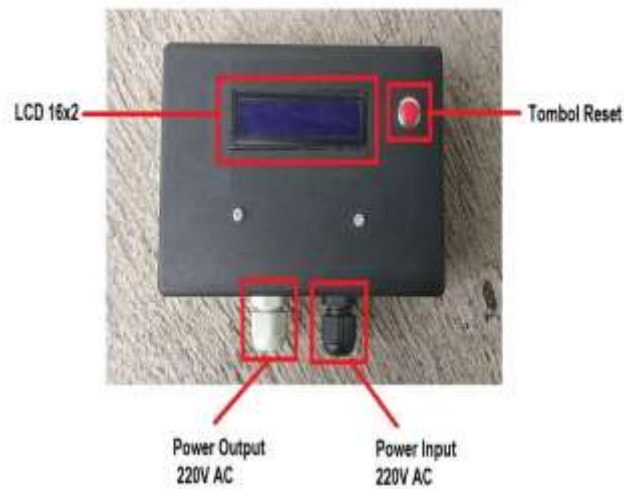
Gambar-3. Perancangan Keseluruhan Sistem

Berdasarkan hasil perancangan sistem control dan monitoring lampu jalan, menggunakan 2 buah lampu yang masing-masing lampu diberikan kontroler dan 1 buah perangkat yang digunakan untuk melakukan monitoring terhadap lampu.



Gambar-4. Perancangan Perangkat Kontroler

Berdasarkan Gambar-4 menunjukkan perancangan perangkat kontroler, menggunakan sensor LDR sebagai pendeteksi intensitas cahaya, sensor tegangan ZMPT101B sebagai pendeteksi tegangan, kontroler yang digunakan Arduino Uno dan relay sebagai pengendali.



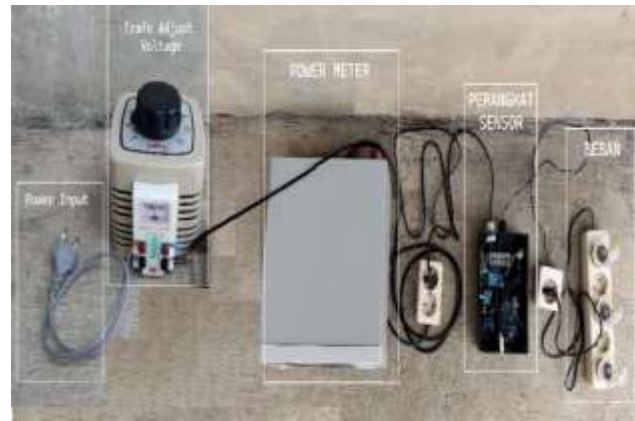
Gambar-5. Perancangan Perangkat Monitoring

Berdasarkan Gambar-5 menunjukkan perangkat untuk melakukan monitoring pada setiap lampu. Pada rangkaian perangkat ini terdapat *display* berfungsi untuk menampilkan hasil data tegangan dan kondisi lampu 1 dan 2.

B. Hasil Pengujian Sensor Tegangan ZMPT101B

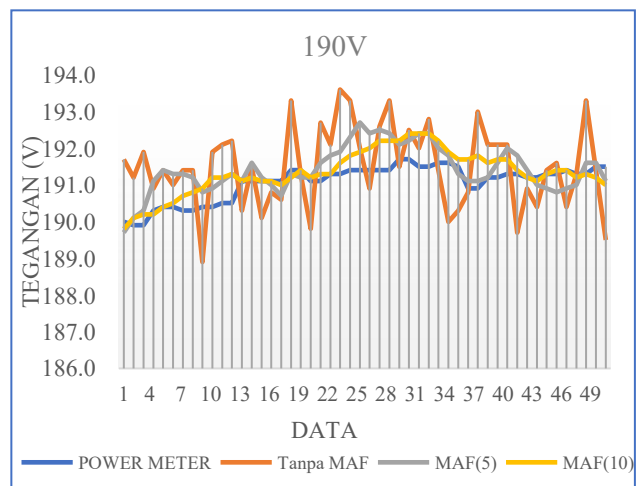
Pada pengujian sensor tegangan ZMPT101B diberikan beberapa nilai tegangan yang berbeda-beda yaitu 190V, 200V, 220V, 230V dan 240V sesuai dengan nilai tegangan yang sering terjadi di Indonesia

dan untuk mendapatkan nilai yang berbeda-beda yang akan menyimpulkan hasil tegangan yang terbaik dan cocok digunakan untuk rangkaian ini. Hasil pembacaan akan dibandingkan menggunakan *Power Meter* yang sudah terstandarisasi.



Gambar-6. Skema Pengujian Sensor Tegangan ZMPT101B

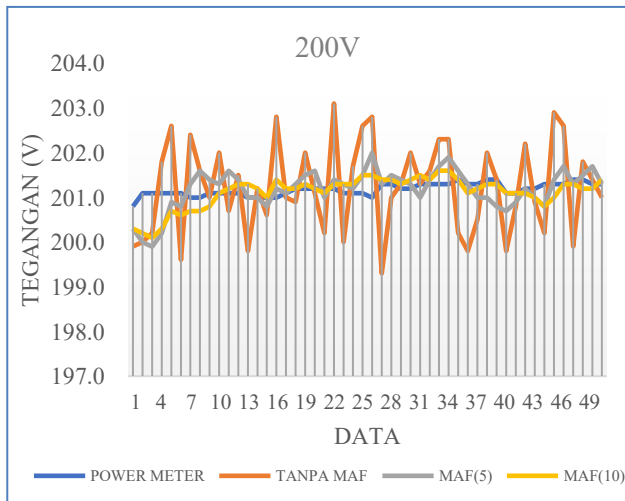
Berdasarkan Gambar-6 menunjukkan skema pengujian dilakukan filter menggunakan *Moving Average Filter*. Banyaknya data yang digunakan filter MAF yang digunakan yaitu 5 dan 10. Pembacaan data dari sensor yang dihasilkan dapat dilihat pada grafik



Gambar-7. Hasil Pengujian Sensor pada Tegangan 190V

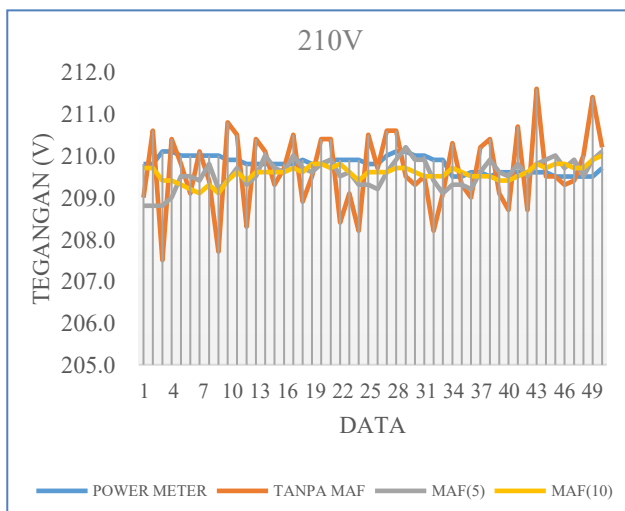
Berdasarkan Gambar-7 menunjukkan hasil pengujian sensor tegangan pada tegangan 190V. Pada grafik terdapat 4 parameter pengujian yaitu pembacaan dari *power meter*, yaitu pembacaan sensor tegangan ZMPT101B tanpa menggunakan filter, pembacaan sensor tegangan ZMPT101B menggunakan algoritma MAF 5 dan pembacaan sensor tegangan ZMPT101B menggunakan algoritma MAF 10. Hasil dari pembacaan tanpa menggunakan MAF bernilai sangat fruktatif, sedangkan untuk

pembacaan menggunakan filter MAF 5 dan filter MAF 10 terlihat lebih stabil dikarenakan telah terjadi proses filter berdasarkan rata-rata dengan nilai yang bergerak.



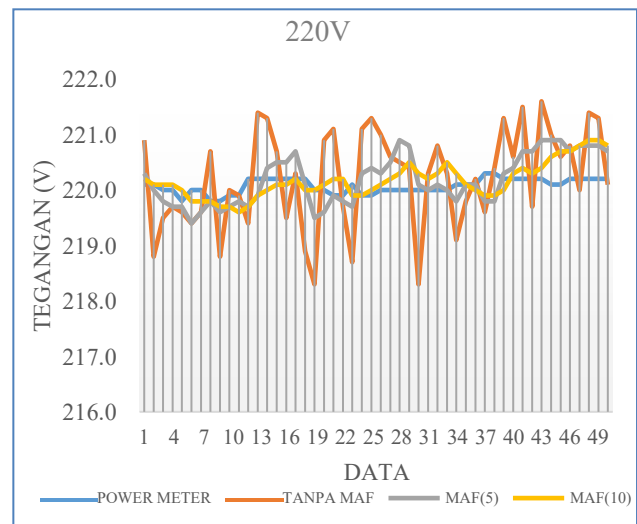
Gambar-8. Hasil Pengujian Sensor pada Tegangan 200V

Berdasarkan Gambar-8 menunjukkan hasil pengujian sensor tegangan pada tegangan 200V. Pada grafik terdapat 4 parameter pengujian yaitu pembacaan dari *power meter*, yaitu pembacaan sensor tegangan ZMPT101B tanpa menggunakan filter, pembacaan sensor tegangan ZMPT101B menggunakan algoritma MAF 5 dan, pembacaan sensor tegangan ZMPT101B menggunakan algoritma MAF 10. Hasil dari pembacaan tanpa menggunakan MAF bernilai sangat fruktatif, sedangkan untuk pembacaan menggunakan filter MAF 5 dan filter MAF 10 terlihat lebih stabil dikarenakan telah terjadi proses filter berdasarkan rata-rata dengan nilai yang bergerak.



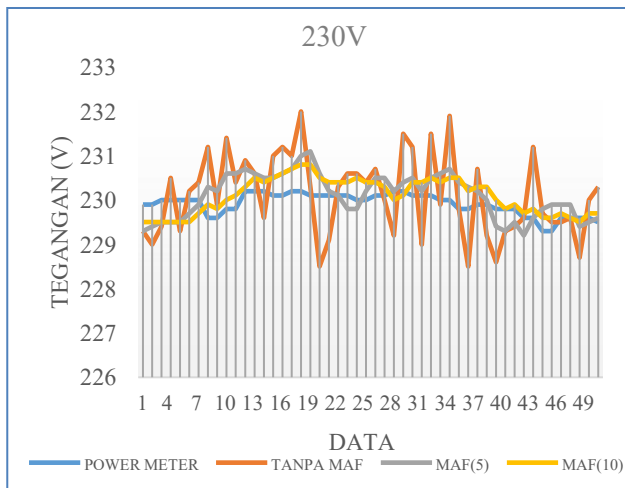
Gambar-9. Hasil Pengujian Sensor pada Tegangan 210V

Berdasarkan Gambar-9 menunjukkan hasil pengujian sensor tegangan pada tegangan 210V. Pada grafik terdapat 4 parameter pengujian yaitu pembacaan dari *power meter*, yaitu pembacaan sensor tegangan ZMPT101B tanpa menggunakan filter, pembacaan sensor tegangan ZMPT101B menggunakan algoritma MAF 5 dan, pembacaan sensor tegangan ZMPT101B menggunakan algoritma MAF 10. Hasil dari pembacaan tanpa menggunakan MAF bernilai sangat fruktatif, sedangkan untuk pembacaan menggunakan filter MAF 5 dan filter MAF 10 terlihat lebih stabil dikarenakan telah terjadi proses filter berdasarkan rata-rata dengan nilai yang bergerak.



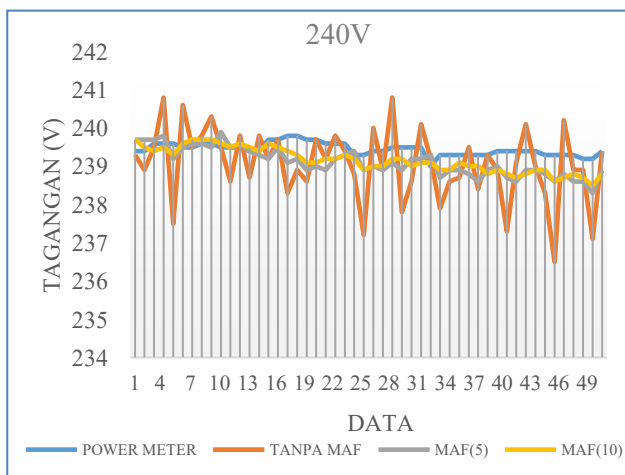
Gambar-10. Hasil Pengujian Sensor pada Tegangan 220V

Berdasarkan Gambar-10 menunjukkan hasil pengujian sensor tegangan pada tegangan 220V. Pada grafik terdapat 4 parameter pengujian yaitu pembacaan dari *power meter*, yaitu pembacaan sensor tegangan ZMPT101B tanpa menggunakan filter, pembacaan sensor tegangan ZMPT101B menggunakan algoritma MAF 5 dan, pembacaan sensor tegangan ZMPT101B menggunakan algoritma MAF 10. Hasil dari pembacaan tanpa menggunakan MAF bernilai sangat fruktatif, sedangkan untuk pembacaan menggunakan filter MAF 5 dan filter MAF 10 terlihat lebih stabil dikarenakan telah terjadi proses filter berdasarkan rata-rata dengan nilai yang bergerak.



Gambar-11. Hasil Pengujian Sensor pada Tegangan 230V

Berdasarkan Gambar-11 menunjukkan hasil pengujian sensor tegangan pada tegangan 230V. Pada grafik terdapat 4 parameter pengujian yaitu pembacaan dari *power meter*, yaitu pembacaan sensor tegangan ZMPT101B tanpa menggunakan filter, pembacaan sensor tegangan ZMPT101B menggunakan algoritma MAF 5 dan pembacaan sensor tegangan ZMPT101B menggunakan algoritma MAF 10. Hasil dari pembacaan tanpa menggunakan MAF bernilai sangat fruktatif, sedangkan untuk pembacaan menggunakan filter MAF 5 dan filter MAF 10 terlihat lebih stabil dikarenakan telah terjadi proses filter berdasarkan rata-rata dengan nilai yang bergerak.



Gambar-12. Hasil Pengujian Sensor pada Tegangan pada 240V

Berdasarkan Gambar-12 menunjukkan hasil pengujian sensor tegangan pada tegangan 240V. Pada grafik terdapat 4 parameter pengujian yaitu pembacaan dari *power meter*, yaitu pembacaan sensor tegangan ZMPT101B tanpa menggunakan filter, pembacaan sensor tegangan ZMPT101B menggunakan algoritma MAF 5 dan pembacaan sensor tegangan ZMPT101B menggunakan algoritma MAF 10. Hasil dari pembacaan tanpa menggunakan MAF bernilai sangat fruktatif, sedangkan untuk pembacaan menggunakan filter MAF 5 dan filter MAF 10 terlihat lebih stabil dikarenakan telah terjadi proses filter berdasarkan rata-rata dengan nilai yang bergerak.

menggunakan algoritma MAF 5 dan, pembacaan sensor tegangan ZMPT101B menggunakan algoritma MAF 10. Hasil dari pembacaan tanpa menggunakan MAF bernilai sangat fruktatif, sedangkan untuk pembacaan menggunakan filter MAF 5 dan filter MAF 10 terlihat lebih stabil dikarenakan telah terjadi proses filter berdasarkan rata-rata dengan nilai yang bergerak.

Tabel-1. Rata-rata presentase *error* hasil pengujian sensor tegangan ZMPT101B

Tegangan	Error (%)		
	Tanpa MAF	MAF(5)	MAF(10)
190V	0.54%	0.26%	0.18%
200V	0.42%	0.15%	0.11%
210V	0.36%	0.17%	0.15%
220V	0.34%	0.16%	0.11%
230V	0.32%	0.17%	0.14%
240V	0.31%	0.17%	0.14%
Rata-Rata	0.38%	0.18%	0.14%

Berdasarkan Tabel-1 menunjukkan dari ke 6 percobaan diatas dapat disimpulkan nilai *error* yang dihasilkan oleh percobaan sensor tegangan ZMPT101B secara keseluruhan sudah cukup baik dimana *error* yang dihasilkan kurang dari 0.6%. Kemudian dengan melihat hasil nilai rata-rata persentase *error* dari keseluruhan nilai tegangan dapat dilihat pembacaan tanpa menggunakan filter MAF memiliki nilai rata-rata *error* sebesar 0.38%, kemudian ketika menggunakan filter MAF 5 persentase *error* turun menjadi 0.18% dan hasil filter MAF 10 menghasilkan nilai yang terbaik dengan rata-rata *error* sebesar 0.14%. Penurunan nilai *error* pembacaan tegangan dari setiap variasi tegangan yang diberikan. Tingkat persentase *error* menurun ketika tegangan semakin besar.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan pembahasan mengenai implementasi *moving average filter* untuk sensor tegangan pada sistem kontrol dan monitoring lampu jalan, dapat diperoleh kesimpulan bahwa secara keseluruhan sistem dapat berjalan dengan baik sesuai dengan percobaan yang dilakukan. Penggunaan sensor tegangan ZMPT101B untuk medeteksi nilai tegangan AC dapat dikatakan sangat cocok digunakan pada sistem monitoring dan kontrol lampu jalan karena memiliki presentase pembacaan *error* yang sangat kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Effendi and N. Razonta, "Penataan Dan Meterisasi Lampu Penerangan Jalan Umum (Lpju) Desa Apar Kecamatan Pariaman Utara," *Jurnal Teknik Elektro ITP*, vol. 4, no. 1, 2015.
- [2] D. P. Buwana, S. Setiawidayat, and M. Mukhsin, "Sistem Pengendalian Lampu Penerangan Jalan Umum (PJU) Melalui Jaringan Internet Berbasis Android," *JOINTECS (Journal of Information Technology and Computer Science)*, vol. 3, no. 3, Dec. 2018, doi: 10.31328/jointecs.v3i3.820.
- [3] A. R. Machdi, "Analisa Implementasi Power Line Communication Sebagai Backbone WI-FI Extender," *Jurnal Teknik*, vol. 18, no. 1, pp. 1–7, 2017.
- [4] T. Yuwono, "Sistem Kendali Dan Monitoring Beban-Beban Listrik Rumah Berbasis Processing Line Communication (PLC)," *Simetris*, vol. 9, no. 1, 2015.
- [5] A. Adam, M. Muharnis, A. Ariadi, and J. Lianda, "Penerapan IoT Untuk Sistem Pemantauan Lampu Penerangan Jalan Umum," *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, vol. 5, no. 1, 2020, doi: 10.21831/elinvo.v5i1.31249.
- [6] U. M. Rifanti, H. Pujiharsono, A. Setiawan, and J. Hendry, "Implementasi Moving Average Filter untuk Koreksi Kesalahan Sensor Pengukur Kedalaman Air," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 8, no. 2, p. 432, 2020, doi: 10.26760/elkomika.v8i2.432.
- [7] Z. Zulharbi, F. Firdaus, Y. Antonisfia, and S. Defit, "Implementasi Moving Average Filter pada Mikrokontroler sebagai Peredam Noise Sensor Piezoelektrik untuk Mendeteksi Gelombang Seismik (Gempa Bumi)," *Prosiding Semnastek*, 2014.
- [8] A. Adam, M. Muharnis, A. Ariadi, and J. Lianda, "Penerapan IoT Untuk Monitoring Lampu Penerangan Jalan Umum," *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, vol. 5, no. 1, 2020, doi: 10.21831/elinvo.v5i1.31249.
- [9] A. S. Ellian, Y. Christiyono, and M. Somantri, "Pengontrolan Lampu Melalui Internet Menggunakan Mikrokontroler Arduino Berbasis Android," *Transient*, vol. 5, no. 3, 2016.
- [10] I. Z. Nasibu, W. Musa, and A. R. Haras, "Rancang Bangun Power Meter Berbasis Arduino," *JJEEE*, vol. 4, no. 1, pp. 114–118, 2022.
- [11] B. Wicaksono and R. Istoni, "Monitoring Penerangan Jalan Umum Bertenaga Surya Menggunakan Komunikasi Power Line Carrier Communication," *ELECTRICES*, vol. 2, no. 1, pp. 30–36, 2020, doi: 10.32722/ees.v2i1.3589.
- [12] N. Arifin, R. S. Lubis, and M. Gapy, "Rancang Bangun Prototype Power Meter 1 Fasa Berbasis Mikrokontroler Atmega328P," *KITEKTRO: Jurnal Online Teknik Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 13–22, 2019.