

DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM MONITORING TEGANGAN DAN FASA LOSS PADA JARINGAN TENAGA LISTRIK

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF VOLTAGE AND PHASE LOSS MONITORING SYSTEM ON ELECTRICITY POWER NETWORK

Maulana Ali Arifin¹, Rendy Munadi² dan Basuki Rahmat³

¹²³Fakultas Teknik Elektro
Telkom University, Bandung, 40257
Telp : (+6222) 7564 108

E-mail : maulanaaliarifin@students.telkomuniversity.ac.id, rendymunadi@telkomuniversity.ac.id,
basukir@telkomuniversity.ac.id

Abstract

Based on the data from Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), an electricity consumption in Indonesia has ben increased with average of 6.2 each year between 2000 to 2012. Therefore, the increasing of electrical energy capacity supply must be followed by increasing of electric power network reliability. The condition of the electric power network is needed to be monitored, so when a problem occurs it can be tackled immediately.

Nowadays, PLN uses relays as a transformer safety. Therefore, PLN know if there is a transformer damage after receiving reports from the citizen. This research has created a monitoring system of electric power network based on telemetri system with arduino uno, optocoupler sensor, modem FSK IC TCM3105, and handy talkie so the monitoring process can be done in real-time and make the problem solving faster.

The results of research is a real-time monitoring by maximum delay due a second and work in optimum distance rang less than 175m without modification on a walkie talkie antenna. With a maximum delay due a second, it makes the maximum capacity of Terminal Remote Unit (RTU) in the range of the monitoring is of 60 RTU with delivery method alternative for each RTU.

Keywords : monitoring, electricity networks, telemetry systems, arduino uno, optocoupler sensor

Abstrak

Berdasarkan data dari Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), kebutuhan konsumsi listrik di Indonesia mengalami pertumbuhan rata-rata 6,2% per tahun dalam kurun waktu tahun 2000 – 2012. Karena itu, peningkatan penyediaan kapasitas energi listrik juga harus diikuti dengan peningkatan kehandalan jaringan tenaga listriknya. Untuk itu diperlukan pemantauan kondisi jaringan tenaga listrik, sehingga jika terjadi masalah pada salah satu bagian jaringan, dapat segera diketahui dan ditindak lanjuti.

Pada saat ini, PLN masih menggunakan relay sebagai pengamanan trafo untuk keperluan tersebut. Karena itu, PLN mengetahui kerusakan trafo setelah mendapat laporan dari masyarakat. Pada pekerjaan penelitian ini, telah dibuat sebuah sistem monitoring jaringan tenaga listrik berbasis sistem telemetri dengan dukungan arduino-uno, sensor optocoupler, modem FSK IC TCM3105, dan handy talkie agar proses pemantauan dapat dilakukan secara real-time, sehingga jika terjadi kerusakan pada jaringan tenaga listrik dapat ditangani lebih cepat.

Hasil dari penelitian ini mampu melakukan pemantauan secara real-time dengan delay maksimum 1 detik yang bekerja pada jarak jangkauan kurang dari 175 m jika tanpa modifikasi antena pada handy talkie. Dengan delay maksimum 1 detik, membuat kapasitas maksimum remote terminal unit (RTU) dalam satu lingkup pemantauan adalah 60 RTU dengan metode pengiriman secara bergantian tiap RTU nya.

Kata kunci : pemantauan, jaringan listrik, sistem telemetri, arduino uno, sensor optocoupler.

1. PENDAHULUAN

Dewasa ini, pertumbuhan populasi, perbaikan kesejahteraan dan pertumbuhan ekonomi nasional berlangsung semakin cepat. Hal tersebut menuntut kebutuhan energi yang semakin besar, tidak terkecuali energi listrik. Berdasarkan data dari Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, konsumsi listrik di Indonesia mengalami pertumbuhan rata-rata 6,2% per tahun dalam kurun waktu tahun 2000 – 2012 (BPPT, 2014) [1]. Karena pentingnya sumber daya listrik maka diperlukan peningkatan penyediaan kapasitas energi listrik yang juga harus diikuti dengan peningkatan kehandalan dari jaringannya dengan cara melakukan pemantauan secara *real-time*.

Saat ini belum ada alat pemantauan pada trafo distribusi. PLN mengetahui kerusakan trafo setelah mendapat laporan dari masyarakat. PLN hanya menggunakan relay sebagai pengaman trafo.

Implementasi pemantauan *real-time* dengan teknologi nirkabel adalah lebih baik. Hal tersebut akan meningkatkan efektivitas dan efisiensi. Selain itu, penanganan ketika terjadi masalah pada trafo distribusi akan lebih cepat.

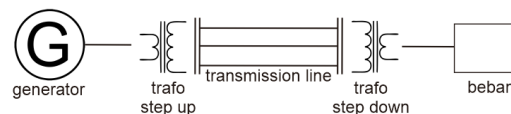
Pada penelitian ini, penulis telah membuat sebuah sistem *monitoring* tegangan dan fasa loss jaringan listrik dengan sistem telemetri menggunakan arduino uno dengan sensor optacoupler, modem FSK IC TMC3105 dan *handy talkie* sebagai media transmisinya. Hasil dari penelitian ini mampu melakukan pemantauan secara *real-time* dengan *delay* maksimum 1 detik yang bekerja optimum pada jarak jangkauan kurang dari 175m jika tanpa modifikasi antena pada *handy talkie*. Dengan *delay* maksimum 1 detik membuat kapasitas maksimum *remote terminal unit* (RTU) dalam satu lingkup pemantauan adalah 60 RTU dengan metode pengiriman secara bergantian tiap RTU nya.

2. SISTEM MONITORING TEGANGAN DAN FASA LOSS PADA JARINGAN TENAGA LISTRIK 3 FASA

Jaringan listrik 3 fasa

Sistem jaringan listrik terbagi menjadi 3 bagian utama, yaitu generator, transmisi, dan beban. Pada umumnya, generator listrik terletak jauh dari beban, maka dari itu diperlukan saluran transmisi untuk menyalurkan tenaga listrik. Tegangan yang dihasilkan generator relatif rendah yaitu 6 kV – 24 kV, sehingga sebelum disalurkan perlu dinaikkan terlebih dahulu menggunakan trafo *step up*. Tegangan tersebut dinaikkan menggunakan transformator *step up* ke tegangan yang lebih tinggi yaitu antara 30 kV sampai 500 kV. Tujuannya adalah memperbesar daya hantar dan memperkecil rugi daya serta susut tegangan pada saluran [2].

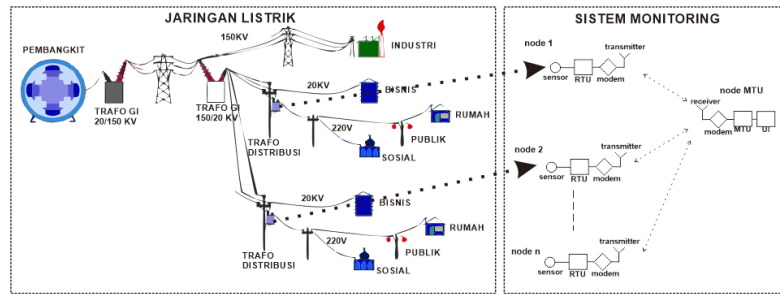
Pada sistem jaringan listrik 3 fasa, generator akan membangkitkan daya listrik dengan tiga fasa berbeda. Daya kemudian akan disalurkan ke transformator *step up* untuk dinaikkan dayanya agar dapat dikirimkan dengan baik. Daya kemudian disalurkan melalui jalur transmisi yang juga ada 3. Disisi sebelum penerima, maka daya akan diturunkan terlebih dahulu dengan transformator *step down*[3].



Gambar 1. Blok Sistem Jaringan Listrik

Gambaran Umum Sistem

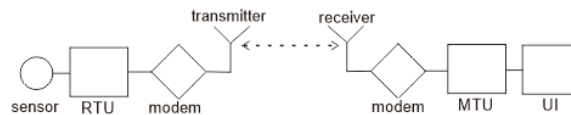
Sistem *monitoring* jaringan tenaga listrik dirancang untuk mengetahui kegagalan jaringan listrik. Topologi yang digunakan pada sistem ini adalah *star*. Setiap *remote terminal unit* tidak berhubungan satu sama lain melainkan hanya berhubungan dengan *master terminal unit*. Setiap *remote terminal unit* akan mengirimkan data hasil pemantauan secara *real-time* kepada *master terminal unit* yang kemudian akan diolah dan ditampilkan pada *user interface*.



Gambar 2. Blok sistem monitoring

Sistem telemetri radio

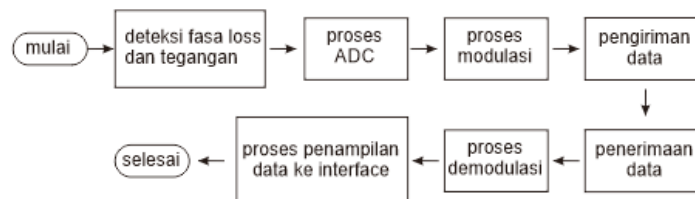
Telemetri adalah pengukuran untuk memperoleh suatu informasi dari dari suatu tempat yang jauh. Kemudian, hasil pengukurannya akan dikirimkan ke pusat pengukuran yang berada di tempat lain. Proses pengiriman hasil pengukuran dapat melalui media kabel (*wireline*) maupun tanpa kabel (*wireless*). Pada sistem telemetri tanpa kabel (*wireless*), media transmisi yang digunakan adalah gelombang radio. Secara umum, sistem telemetri dibangun dari beberapa bagian yaitu sensor, *remote terminal unit* (RTU), modem, *transmitter*, *receiver*, modem, *master terminal unit* (MTU) dan *user interface* [4, 5].



Gambar 3. Blok sistem telemetri

Hasil keluaran sensor akan dikonversi menjadi data digital oleh *remote terminal unit* (RTU). RTU dihubungkan ke modem untuk mengubah data digital menjadi sinyal analog dan kemudian akan ditransmisikan oleh *transmitter*. Di sisi penerima, sinyal analog yang dikirimkan akan diterima oleh *receiver*. Kemudian modem akan mengubah sinyal analog menjadi data digital. Data digital akan diolah di *master terminal unit* (MTU) yang kemudian akan ditampilkan melalui *user interface* (UI).

Diagram Proses Sistem



Gambar 4. Diagram proses sistem

Gambar 4 menunjukkan diagram proses sistem secara keseluruhan. Hal pertama yang akan dilakukan adalah deteksi fasa loss dan tegangan. Kemudian hasil dari deteksi dikonversi oleh ADC pada arduino uno. Data digital hasil konversi kemudian dimodulasikan, dan dikirimkan. Setelah data diterima, kemudian didemodulasikan untuk mendapatkan data asli hasil deteksi. Data tersebut selanjutnya ditampilkan pada monitor.

3. HASIL DAN ANALISIS

Pengujian sistem dilakukan 4 skenario.

Skenario pertama

Skenario pertama bertujuan untuk mengetahui fungsionalitas sistem yang dibangun. Skenario nya adalah dengan menguji secara *real-time* dengan 10 kali percobaan. Dalam 10 kali percobaan tersebut akan dilihat

apakah ada masalah terhadap alat yang dibangun. Pengujian dilakukan untuk mengecek sistem baik *hardware* maupun *software* sudah berjalan dengan baik atau belum. Pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

Pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Sensor membaca nilai tegangan dan menampilkan ke LCD 16x2
2. RTU mengirimkan data hasil pembacaan ke MTU
3. MTU menerima data dan menampilkan ke LCD 16x2
4. Membaca data yang ada pada alat di MTU dan menampilkannya pada aplikasi
5. Menyimpan log data menjadi file berbentuk .txt

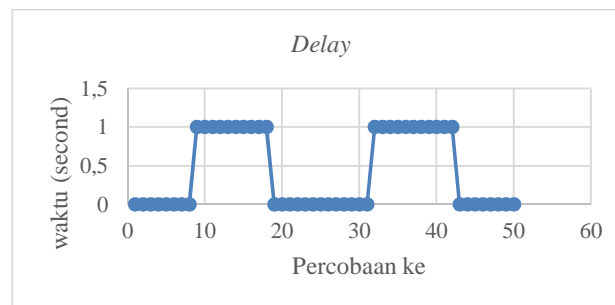
Dari hasil pengujian tersebut dapat diketahui bahwa sistem dapat berjalan sesuai rancangan. Berikut merupakan hasil pengukuran pengujian fungsionalitas pada jarak 10 m.

Tabel 1. Pengujian fungsionalitas sistem

Data Ke	Membaca Waktu		Membaca Nilai Tegangan			Membaca Selisih Fasa			Delay (second)
	Waktu Kirim	Waktu Terima	VR (volt)	VS (volt)	VT (volt)	Selisih R (μs)	Selisih S (μs)	Selisih T (μs)	
1	12:46:48	12:46:48	211	208	213	6752	6740	6728	0
2	12:46:49	12:46:49	213	207	211	6752	6740	6728	0
3	12:46:50	12:46:50	209	206	210	6052	12812	6760	0
4	12:46:51	12:46:51	213	206	216	6752	6752	6752	0
5	12:46:52	12:46:52	213	209	215	6752	6740	6728	0
6	12:46:53	12:46:53	210	206	205	6760	6072	5384	0
7	12:46:54	12:46:54	210	211	212	6752	6748	6744	0
8	12:46:55	12:46:55	214	205	209	6752	6076	5400	0
9	12:46:55	12:46:56	214	213	214	6752	6752	6752	1
10	12:46:56	12:46:57	213	206	211	6752	6756	6760	1

Skenario kedua

Pengujian kedua bertujuan untuk mengetahui *delay*, rasio *error* dari sistem yang dibangun. Skenario nya adalah dengan menguji secara *real-time* selama 50-60 detik. Selanjutnya data hasil pengujian disimpan pada *log file* untuk dianalisa. Pengukuran dilakukan pada kondisi normal yaitu R, S, T, N terhubung semua dengan RTU. Hasil pengukuran tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 5. Grafik pengujian delay

Pada gambar 5 menunjukkan grafik *delay* atau selisih waktu kirim dan terima. Dalam grafik hanya tergambar nilai 0 dan 1 dikarenakan untuk mendapatkan nilai tersebut menggunakan *module* tambahan berupa RTC DS3231 yang mana hanya mampu mengirimkan data waktu sampai orde detik. Dari hasil pengukuran diketahui bahwa rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk pengiriman data adalah 0,42 detik. Hal tersebut disebabkan karena pengiriman data menggunakan *handy talkie* yang basisnya merupakan komunikasi analog. Selain itu, proses ptt pada HT juga memerlukan waktu beberapa *mili second*.

Delay maksimum yang didapat pada pengukuran adalah 1 detik. Hal tersebut menjadi tolak ukur penentuan jumlah RTU yang ditangani oleh sebuah MTU. Karena komunikasi menggunakan media *handy talkie* yang prinsip komunikasinya *half duplex* maka model komunikasi yang mungkin dibangun pada MTU adalah mendengarkan satu persatu RTU.

Jadi misalkan pertama mendengarkan RTU A, kemudian selanjutnya mendengarkan RTU B, dan seterusnya. Jika diinginkan siklus setiap 1 menit membaca data dari RTU yang sama maka maksimum RTU yang mungkin adalah 60 RTU. Namun, untuk lebih baiknya hanya digunakan 30 RTU sebagai *back-up* jika terjadi kesalahan sistem.

Kesalahan atau *error* pada sistem dapat terjadi mulai dari pembacaan data, pengiriman data, penerimaan data hingga penyimpanan data hasil pemantauan. Jaringan listrik 3 fasa akan menghasilkan tegangan keluaran berada diangka kisaran 220 volt. Sedangkan jarak antar fasanya dihitung dari periode satu siklus gelombang yang masuk. Periode dapat dihitung dengan rumus[6]:

$$T = \frac{1}{F} \quad (1)$$

dimana $T = \text{perioded}$ dan $F = \text{frekuensi}$.

Pada kasus ini, frekuensi listrik yang dihasilkan adalah berkisar 50 – 60 Hz, sehingga periodenya

$$T_1 = \frac{1}{50} \text{ dan } T_2 = \frac{1}{60}$$

$$T_1 = 0,02 \text{ second dan } T_2 = 0,016 \text{ second.}$$

Dari hasil perhitungan, didapat bahwa untuk sekali siklus periodenya antara 0,016 – 0,02 second. Maka untuk jarak antar fasanya dihitung dengan membagi periode sekali siklus dengan jumlah fasanya.

$$T_1 = \frac{0,02}{3} = 0,0066667 \text{ second dan } T_2 = \frac{0,016}{3} = 0,0053334$$

Perhitungan diatas menunjukkan bahwa pada keadaan normal, selisih antar fasa terdekat yang dihasilkan adalah berkisar 0,0053334 hingga 0,0066667. Hasil dari pengujian akan dikonversikan kedalam bentuk derajat dengan cara memisalkan bahwa satu periode adalah 360° .

Untuk 50Hz :

$$T_1 = 0,02 \text{ s} = 20000 \mu\text{s} = 360^\circ, \text{ maka}$$

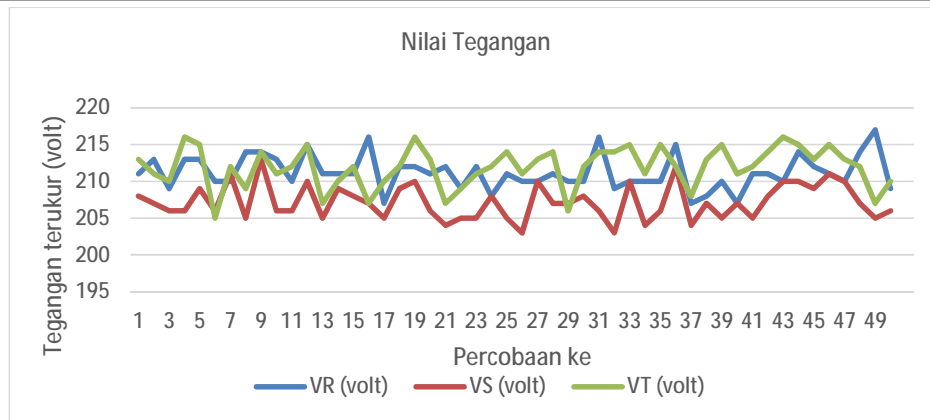
$$\text{Selisih Fasa (Derajat)} = \frac{\text{Nilai yang terbaca}}{20000} \times 360^\circ$$

Sedangkan untuk 60 Hz :

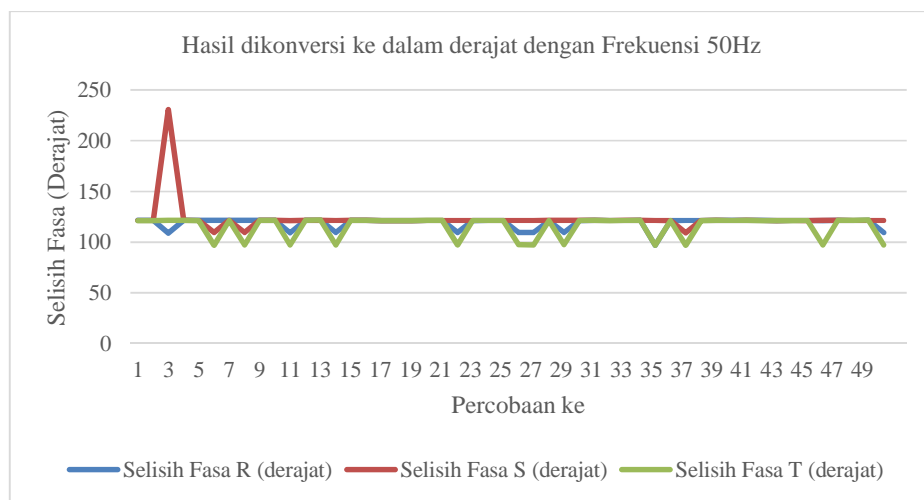
$$T_1 = 0,16 \text{ s} = 16000 \mu\text{s} = 360^\circ, \text{ maka}$$

$$\text{Selisih Fasa (Derajat)} = \frac{\text{Nilai yang terbaca}}{16000} \times 360^\circ$$

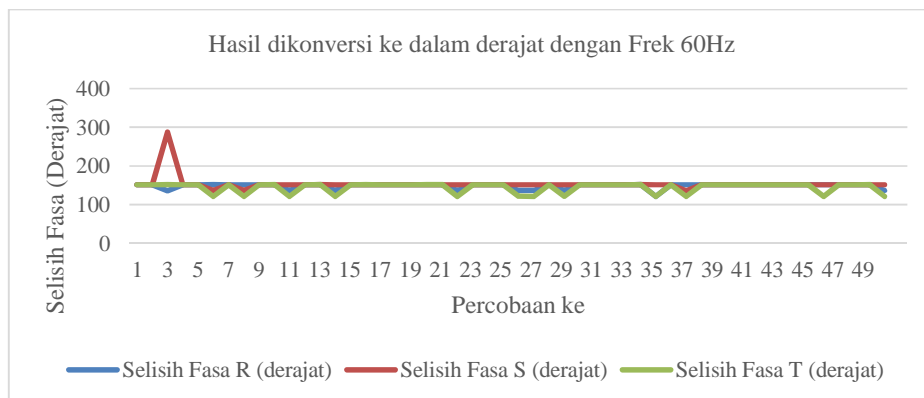
Berikut adalah hasil dari pengujian yang dilakukan.



Gambar 6. Grafik pengujian nilai selisih fasa (dikonversi dengan 50 Hz)



Gambar 7. Grafik pengujian nilai selisih fasa (dikonversi dengan 50 Hz)



Gambar 8. Grafik pengujian nilai selisih fasa (dikonversi dengan 60 Hz)

Rasio *error* sistem merupakan perbandingan antara kejadian *error* pada sistem dengan jumlah kejadian seluruhnya. Berdasarkan gambar 6 dan gambar 7 diketahui bahwa dari 50 kali pembacaan data hingga pengiriman data terdapat 1 kali *error* pembacaan fasa. Sehingga dapat dihitung, rasio error dari sistem adalah [7] :

$$\%Error = \frac{ExpectedValue - MeasuredValue}{ExpectedValue} \times 100\% \quad (2)$$

$$\begin{aligned} RasioErrorSistem &= \frac{50 - 49}{50} \times 100\% \\ RasioErrorSistem &= \frac{1}{50} \times 100\% = 2\% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan, didapatkan bahwa rasio *error* sistem yang didapatkan adalah 2% dimana *error* tersebut terdapat pada kesalahan pembacaan fasa, sedangkan untuk lainnya tidak terdapat *error*.

Skenario ketiga

Pengujian ketiga bertujuan untuk mengetahui jarak jangkauan maksimum dari sistem yang dibangun. Skenario nya adalah dengan menguji secara *real-time* dengan mengubah-ubah jarak pantau. Pengujian dimulai dengan jarak kelipatan 25m dan dengan kondisi awal 50m. Hasil dari pengukuran yang berbeda akan dibandingkan.

Tabel 2. Hasil Pengujian Jarak Jangkauan Kerja Sistem

Jarak (m)	Status
50	Terhubung
75	Terhubung
100	Terhubung
125	Terhubung
150	Terhubung
170	Terhubung
175	Tidak Terhubung

Dari data pada tabel 2. menunjukkan bahwa pada kondisi 170 m, MTU masih dapat membaca data dari RTU, sedangkan ketika sudah mencapai 175m MTU tidak dapat membaca data. Hal tersebut dikarenakan kondisi pengujian yang tidak *line of sight* serta saat pengujian kondisi nya sedang gerimis sehingga menimbulkan *noise* dan *interference* yang tidak diinginkan.

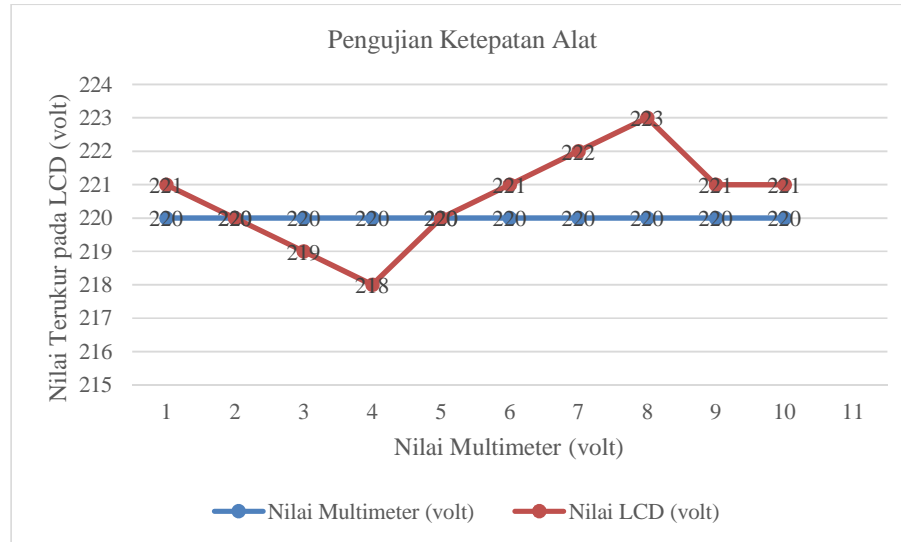
Skenario keempat

Pengujian keempat bertujuan untuk mengukur ketepatan sensor. Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai yang keluar pada LCD dan nilai pengukuran multimeter. Ketepatan dapat dihitung dengan rumus [7]:

$$P = 1 - \left| \frac{X_n - \bar{X}_n}{\bar{X}_n} \right| \quad (3)$$

dimana P = precision, \bar{X}_n = rata - rata pengukuran dan X_n = nilai dari pengukuran

Hasil pengukuran ditunjukkan pada tabel berikut.



Gambar 9. Hasil pengujian ketepatan nilai alat

Berdasarkan gambar 9, maka rata-rata pembacaan pada LCD adalah

$$\bar{X}_n = \frac{\text{Jumlahdariseluruhdata}}{\text{jumlahdata}} \quad (4)$$

$$\bar{X}_n = \frac{2206}{10} = 220.6 \text{ volt}$$

maka ketepatan sensor adalah

$$P = 1 - \left| \frac{220 - 220.6}{220.6} \right|$$

$$P = 1 - \frac{0.6}{220.6} = 0.9972$$

Ketepatan pengukuran tidak hanya bergantung pada kualitas pengukuran instrument tetapi pengguna/pengujinya juga. Namun, meskipun kualitas pengukuran sudah sangat baik, selalu akan ada *error* dalam pengukuran kuantitas fisik.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan pada perancangan sistem, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem *monitoring* tegangan dan fasa loss yang dibuat dapat berjalan sesuai dengan perancangan, hal tersebut ditunjukkan oleh hasil pengujian terhadap fungsionalitas sistem yang dapat bekerja dengan baik.
2. Berdasarkan dari pengujian pembacaan sensor dapat ditarik kesimpulan bahwa rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk pengiriman data adalah 0,42 detik dengan pengujian pada jarak 10m. Lamanya pengiriman suatu data berpengaruh terhadap jumlah RTU yang dapat ditangani oleh sebuah MTU. Dalam kasus ini, lamanya pengiriman maksimum adalah 1 detik, sehingga jika ingin didapatkan siklus 1 menit tiap satu RTU maksimum menampung 60 RTU.
3. Rasio *error* sistem merupakan perbandingan antara kejadian *error* pada sistem dengan jumlah kejadian seluruhnya. Dari hasil perhitungan, didapatkan bahwa rasio *error* sistem adalah 2% dimana *error* tersebut terdapat pada kesalahan pembacaan fasa dengan pengujian pada jarak 10m.

4. Jarak jangkauan pemantauan bergantung terhadap jarak jangkauan *handy talkie*.
5. Ketepatan sensor yang didapat adalah 0.9972 dengan pengujian pada jarak 10m. Ketepatan pengukuran ini tidak hanya bergantung pada kualitas pengukuran *instrument* tetapi pengguna/pengujinya juga.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, "OUTLOOK ENERGI INDONESIA 2014," Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jakarta, 2014.
- [2] d. Prih Sumardjati, TEKNIK PEMANFAATAN TENAGA LISTRIK JILID 1, Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2008.
- [3] B. S. Wibisena, "Analisis Perbandingan Pembacaan KWH Meter Analog dengan KWH Meter Digital pada Ketidakseimbangan Beban," 2008.
- [4] "Introduction of Telemetry," [Online]. Available: https://mavdisk.mnsu.edu/alleng/communications/DataRadio/p_telemetry.pdf. [Accessed 09 03 2016].
- [5] S. Irawan Eko Prabowo, "Sistem Pemantauan Hujan dan Level Air Jarak Jauh," Yogyakarta.
- [6] S. Handayani and A. Damari, Fisika 3, Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional, 2009.
- [7] H. S. Kalsi, Electronic Instrumentation, New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, 2004.