

Rancang Bangun Alat Deteksi Stabilitas Tegangan Jangka Panjang Pada Jaringan Distribusi Tegangan Rendah

Osea Zebua¹, Noer Soedjarwanto², Jemi Anggara³

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, Bandar Lampung
Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145

³P.T. TEP, Kabupaten Tanggamus

¹osea.zebua@eng.unila.ac.id

²noersoedjarwanto@gmail.com

³jemianggara@gmail.com

Intisari — Stabilitas tegangan telah menjadi perhatian yang penting dalam operasi jaringan distribusi tenaga listrik. Ketidakstabilan tegangan dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan-peralatan listrik bila terjadi dalam waktu yang lama. Makalah ini bertujuan untuk merancang dan membuat peralatan deteksi stabilitas tegangan jangka panjang pada jaringan tegangan rendah. Sensor tegangan dan sensor arus digunakan untuk memperoleh data tegangan dan arus. Mikrokontroler Arduino digunakan untuk memproses perhitungan deteksi stabilitas tegangan jangka panjang dari data tegangan yang diperoleh dari sensor. Hasil deteksi kondisi stabilitas tegangan ditampilkan dengan indikator lampu led. Hasil pengujian pada jaringan distribusi tegangan rendah tiga fasa menunjukkan bahwa peralatan dapat mendeteksi gangguan stabilitas tegangan jangka panjang secara online dan dinamis.

Kata kunci — Deteksi, stabilitas tegangan jangka panjang, jaringan distribusi tegangan rendah.

Abstract — Voltage stability has become important concern in the operation of electric power distribution networks. Voltage instability can cause damage to electrical equipments if it occurs for a long time. This paper aims to design and build long-term voltage stability detection equipment on low-voltage network. Voltage sensors and current sensors are used to obtain voltage and current data. The Arduino microcontroller is used to process calculation of long-term voltage stability detection from data obtained from the sensors. The results of detection of voltage stability conditions are displayed with the LED indicators. Test result on three-phase low-voltage distribution network shows that equipment can detect long-term voltage stability disturbance online and dynamically.

Keywords— Detection, long-term voltage stability, low-voltage distribution network.

I. PENDAHULUAN

Berbagai operasi yang terjadi pada jaringan distribusi tegangan rendah dapat mengakibatkan tegangan berfluktuasi dan bahkan berada di luar batas operasi yang sudah ditentukan atau menuju kondisi ketidakstabilan tegangan. Jarak yang jauh dari transformator distribusi dengan beban yang terhubung sangat besar juga dapat mengakibatkan nilai tegangan pada suatu titik menjadi turun akibat drop tegangan yang terjadi.

Ketidakstabilan tegangan dapat mengakibatkan gangguan pada kinerja peralatan-peralatan yang terhubung pada

jaringan distribusi tegangan rendah, memperpendek umur peralatan, mengurangi akurasi peralatan instrumentasi, dan bila berlangsung dalam waktu yang lama dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan-peralatan tersebut.

Makalah ini menyajikan rancang bangun alat deteksi stabilitas tegangan jangka panjang untuk jaringan distribusi tegangan rendah secara *online* berbasis mikrokontroler Arduino. Peralatan deteksi ini dilengkapi dengan tampilan LCD dan indikator lampu LED.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Stabilitas tegangan dapat dikategorikan berdasarkan kerangka waktu terjadinya gangguan stabilitas tegangan, yakni stabilitas tegangan jangka pendek sesaat, stabilitas tegangan jangka pendek temporer atau menengah dan stabilitas tegangan jangka panjang [1],[2]. Durasi analisis stabilitas tegangan jangka panjang dilakukan selama satu menit atau lebih seperti ditunjukkan pada tabel 1. Nilai tegangan yang dianalisis adalah nilai tegangan rms.

Tabel 1. Karakteristik dan Kategori Fenomena Gangguan Tegangan Jangka Panjang Pada Sistem Tenaga Listrik

Kategori	Durasi	Magnitude
Interupsi Tegangan Yang Bertahan	> 1 menit	0 pu
Tegangan Kurang (<i>Undervoltage</i>)	> 1 menit	0,8-0,9 pu
Tegangan Lebih (<i>Overvoltage</i>)	> 1 menit	1,1-1,4 pu

Peralatan-peralatan listrik mempunyai kemampuan untuk bekerja pada batas tegangan dalam waktu yang berbeda-beda, biasanya berkisar antara 0,02 detik sampai 20 detik pada frekuensi 50 Hz [3].

Beberapa peralatan listrik konsumen dapat bekerja dengan baik pada rentang tegangan yang kurang dari 0,8 pu dari tegangan referensinya selama periode waktu kurang dari 1 menit. Namun secara umum rentang tegangan selama lebih dari 20 detik adalah sekitar 0,9 pu sampai dengan 1,1 pu [4].

III. METODE PENELITIAN

A. Perhitungan Indikator Stabilitas Tegangan Jangka Panjang

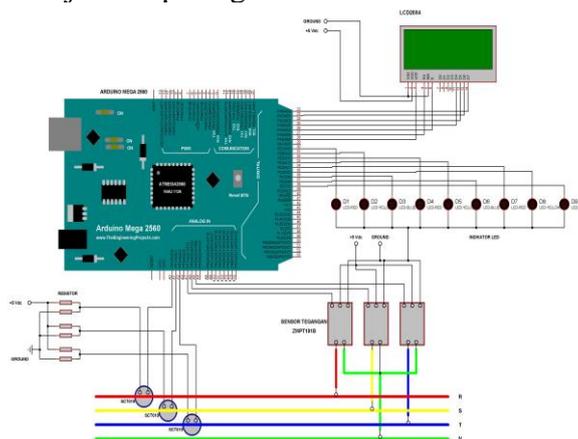
Indikator stabilitas tegangan jangka panjang dihitung berdasarkan tabel 1. Bila nilai tegangan rms berada di antara rentang 0,8-0,9 pu dan bertahan selama lebih dari 1 menit, maka dideteksi sebagai gangguan stabilitas tegangan jangka panjang dengan kategori tegangan kurang. Bila nilai tegangan rms lebih besar dari 1,1 pu dan bertahan selama lebih dari 1 menit, maka dideteksi

sebagai gangguan stabilitas tegangan jangka panjang dengan kategori tegangan lebih.

B. Perancangan dan Pembuatan Alat Deteksi Stabilitas Tegangan Jangka Panjang

Alat deteksi stabilitas tegangan jangka panjang dirancang untuk digunakan pada jaringan distribusi tegangan rendah tiga fasa. Pengukuran tegangan setiap fasa dilakukan dengan menggunakan tiga sensor tegangan ZMPT101B. Selain itu, alat deteksi ini juga mengukur arus rms dengan menggunakan tiga sensor arus SCT019. Mikrokontroler Arduino membaca nilai tegangan dan arus dari sensor tegangan dan sensor arus, memproses data indikator stabilitas tegangan serta mengirim nilai pembacaan tegangan dan arus ke LCD 20x4 dan data ketidakstabilan tegangan ke lampu LED.

Skema rangkaian perancangan alat deteksi stabilitas tegangan jangka panjang ditunjukkan pada gambar 1.



Gbr 1. Skema Rangkaian Perancangan Alat

Terdapat 9 buah lampu LED sebagai indikator stabilitas tegangan jangka panjang, masing-masing tiga lampu LED dengan warna berbeda-beda untuk setiap fasa. Tiga buah lampu LED berwarna merah menyatakan hasil deteksi gangguan stabilitas tegangan dengan kategori tegangan lebih untuk setiap fasa, tiga buah lampu LED berwarna kuning menyatakan hasil deteksi gangguan stabilitas tegangan dengan kategori tegangan kurang untuk setiap fasa. Sementara tiga buah lampu LED berwarna biru menyatakan hasil deteksi tegangan yang stabil untuk setiap fasa.

C. Pembuatan Program

Program komputer untuk pengambilan data tegangan dan arus setiap fasa menggunakan perangkat lunak EnergyMonitor (Emon) [5]. Perhitungan untuk tegangan dan arus rms yang digunakan oleh perangkat lunak EnergyMonitor masing-masing diperoleh dengan rumus:

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{\sum_{p=1}^N V_p^2}{N}} \quad (1)$$

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{\sum_{p=1}^N I_p^2}{N}} \quad (2)$$

dimana V_{rms} dan I_{rms} adalah tegangan dan arus rms, V_p dan I_p adalah tegangan dan arus puncak sesaat dan N adalah jumlah sampel sesaat. Jumlah sampel data yang digunakan adalah 53 untuk setiap siklus dan jumlah siklus yang digunakan adalah 10 siklus atau berkisar 0,2 detik.

Program lainnya adalah program komputer untuk mengaktifkan komponen-komponen yang digunakan untuk alat deteksi, memproses perhitungan indikator stabilitas tegangan jangka panjang serta menampilkan hasil pengukuran sensor tegangan dan sensor arus ke LCD dan hasil deteksi stabilitas tegangan dengan mengaktifkan lampu indikator LED. Semua program ditulis dalam bahasa pemrograman C dan di-*upload* ke mikrokontroler Arduino dengan menggunakan perangkat lunak Arduino IDE1.85 [6].

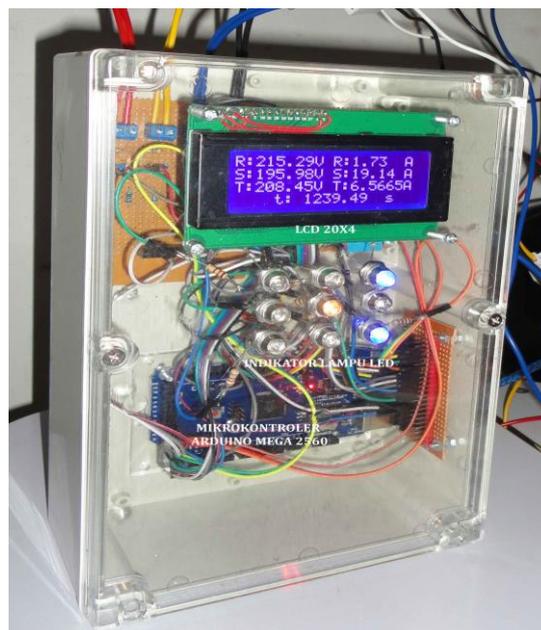
D. Pengujian

Pengujian alat deteksi stabilitas tegangan jangka panjang pada jaringan distribusi tegangan rendah tiga fasa dilakukan pada panel listrik di gedung H Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung. Pengujian dilakukan selama sekitar 25 menit dan data tegangan dan arus diperoleh dari Serial Monitor perangkat lunak Arduino IDE untuk dianalisis secara *off-line* dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB.

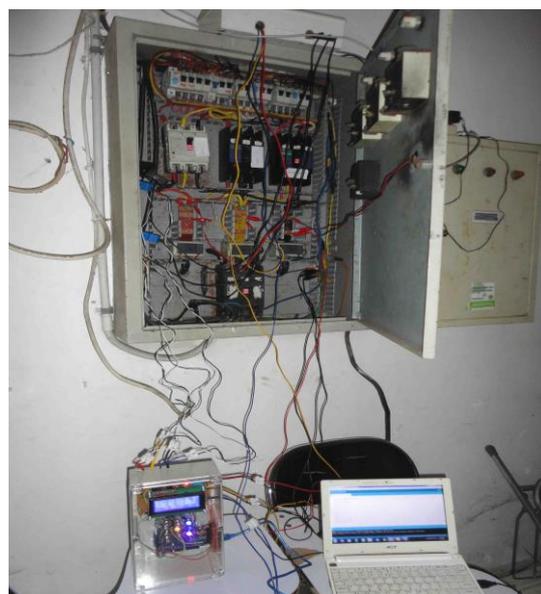
Seting tegangan referensi adalah 230V, sehingga batas tegangan kurang (*undervoltage*) adalah lebih kecil dari 207 V dan batas tegangan lebih (*overvoltage*) adalah lebih besar dari 253V.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bentuk fisik dari alat deteksi stabilitas tegangan jangka panjang hasil perancangan ditunjukkan pada gambar 2.



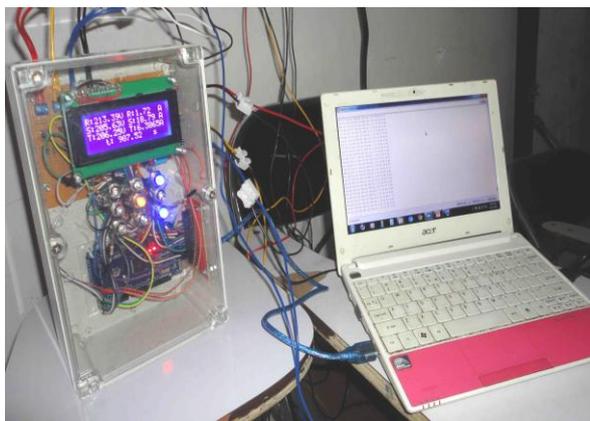
Gbr.2 Alat Deteksi Stabilitas Tegangan Jangka Panjang



Gbr.3. Rangkaian Pengujian Pada Panel Listrik

Alat deteksi dihubungkan terminal tegangan setiap fasa ke netral di panel untuk mengukur tegangan rms setiap fasa. Sensor-sensor arus SCT-019 dipasang pada setiap fasa dan dihubungkan ke terminal-terminal pada alat deteksi untuk mengukur arus rms setiap fasa. Alat deteksi juga dihubungkan ke laptop sebagai sumber daya alat deteksi dan juga untuk menampilkan data tegangan, arus dan waktu pengambilan data melalui layar SerialMonitor dari perangkat lunak Arduino IDE.

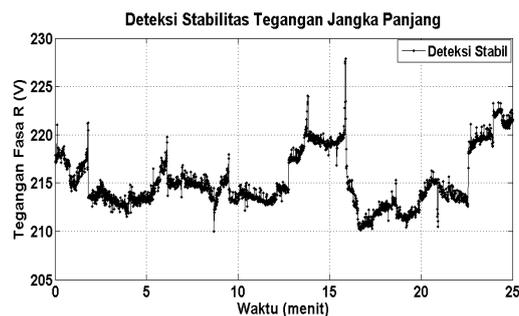
Hasil deteksi stabilitas tegangan jangka panjang menunjukkan indikator lampu LED berwarna kuning yang menyala. Lampu LED warna kuning menyatakan terjadinya tegangan kurang pada fasa. Gambar 4 menunjukkan bahwa dideteksi terjadi gangguan tegangan kurang pada fasa S, dimana lampu LED berwarna kuning pada baris kedua menyala.



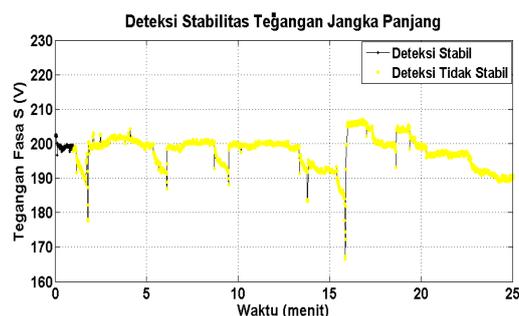
Gbr.4. Hasil deteksi gangguan stabilitas tegangan pada fasa S

Data tegangan hasil pengujian selama 25 menit diplot menggunakan perangkat lunak MATLAB. Waktu total yang diperlukan untuk mengambil data tegangan semua fasa berkisar 0,61 detik sampai 0,64 detik, atau rata-rata sekitar 0,21 detik untuk setiap fasa.

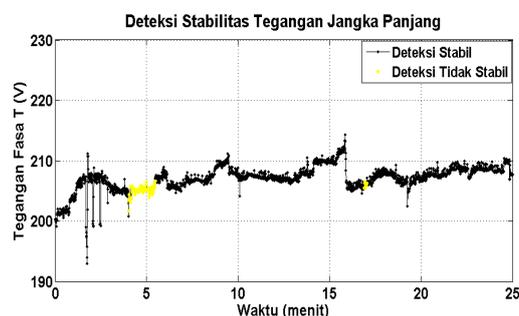
Hasil pengujian data tegangan dan hasil deteksi stabilitas tegangan jangka panjang untuk fasa R, fasa S dan fasa T masing-masing ditunjukkan pada gambar 5, gambar 6 dan gambar 7.



Gbr. 5. Hasil pengujian deteksi stabilitas tegangan jangka panjang pada fasa R



Gbr.6. Hasil pengujian deteksi stabilitas tegangan jangka panjang pada fasa S



Gbr. 7. Hasil pengujian deteksi stabilitas tegangan jangka panjang pada fasa T

Plot data hasil pengujian menunjukkan bahwa fasa S memiliki rentang waktu gangguan stabilitas tegangan jangka panjang berupa tegangan kurang yang lebih lama dibandingkan fasa-fasa lainnya, bahkan terjadi pada hampir keseluruhan rentang waktu pengujian.

Fasa R tidak memiliki gangguan stabilitas tegangan jangka panjang, sementara pada fasa T terdapat dua kali gangguan stabilitas tegangan jangka panjang berupa tegangan kurang dengan durasi yang lebih pendek.

Selama pengujian tidak dideteksi terjadinya gangguan tegangan lebih yang ditandai dengan tidak menyalnya lampu led berwarna merah.

Alat deteksi mampu bekerja secara online dan dinamis dalam mendeteksi gangguan stabilitas tegangan jangka panjang dengan kategori gangguan stabilitas tegangan yang sudah ditentukan.

V. PENUTUP

Alat deteksi hasil perancangan mampu mendeteksi stabilitas tegangan jangka panjang dengan kategori gangguan stabilitas tegangan secara online dan dinamis pada jaringan distribusi tegangan rendah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi atas dukungan pendanaan melalui skema Penelitian Strategis Nasional Industri dengan nomor kontrak 062/SP2H/LT/DRPM/2018.

REFERENSI

- [1] IEEE Standard 1159-2009, “IEEE Recommended Practice for Monitoring Power Quality”, 2009.
- [2] P. Kundur, J. Paserba, V. Ajjarapu, A. Bose, G. Andersson, C. Canizares, N. Hatziargyriou, D. Hill, A. Stankovic, T. Van Cutsem and V.Vittal, 2004, “Defenition and Classification of Power System Stability”, IEEE Transaction on Power Systems, vol.19, no.4, May 2004.
- [3] S. Elphick, V. Smith, V. Gosbell, G. Drury, and S. Perera, “Voltage Sag Susceptibility of 230V Equipment”, IET Generation, Transmission, and Distribution, vol.7, no.6, pp.576-583, 2013.
- [4] Information Technology Industry Council, “ITI (CBEMA) Curve Application Note”, available online from: <http://www.itic.org/resources/iti-cbema-curve/>, [Last Access 1 May 2018].
- [5] (2018) Open Energy Monitor Library website. [Online]. Available: <https://github.com/openenergymonitor/Emo> nLib.
- [6] A. Kadir, “Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pemrogramannya Menggunakan Arduino, Penerbit Andi Yogyakarta, 2013.