



Monitoring *Flicker* Pada Jaringan Distribusi Tegangan Rendah

Osea Zebua^{1,*} dan Noer Soedjarwanto²

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

*osea.zebua@eng.unila.ac.id

Abstrak. *Flicker* adalah salah satu bentuk gangguan stabilitas tegangan dan dapat mengurangi umur pelayanan dari beberapa peralatan listrik, sehingga monitoring flicker dalam jangka pendek perlu dilakukan. Makalah ini menyajikan monitoring flicker secara online pada jaringan distribusi tegangan rendah. Peralatan monitoring dibuat dengan menggunakan mikrokontroler Arduino yang memproses data tegangan rms urutan waktu yang diperoleh dari sensor tegangan dan menampilkan hasil monitoring ke layar LCD dan indikator lampu led. Hasil pengujian pada titik pengukuran di panel listrik tiga fasa menunjukkan peralatan dapat memonitor flicker secara online dan dinamis dengan waktu pengukuran perubahan tegangan rms selama 0,011 detik dan menampilkan hasil monitoring flicker ke layar LCD dan dengan indikasi lampu led yang menyala.

Kata kunci: *monitoring, flicker, jaringan distribusi tegangan rendah*

PENDAHULUAN

Tegangan merupakan salah satu parameter penting dalam operasi sistem tenaga. Nilai tegangan yang baik memberikan kualitas daya yang baik. Berbagai operasi yang terjadi pada sistem tenaga listrik dapat menyebabkan nilai tegangan menjadi berubah-ubah atau berfluktuasi. Fluktuasi yang besar dan bertahan dalam waktu yang lama dapat menyebabkan gangguan stabilitas tegangan dan berdampak pada peralatan-peralatan listrik yang terhubung pada jaringan distribusi.

Flicker adalah salah satu bentuk fluktuasi tegangan yang sangat cepat dan merupakan gangguan stabilitas tegangan. Besar fluktuasi tegangan dari flicker adalah antara nilai 0,3% dan 3% dari tegangan rms nominal. Penyebab terjadinya flicker adalah perubahan beban yang besar sehingga mengakibatkan tegangan berubah seperti beroperasinya motor-motor listrik. Efek dari flicker antara lain adalah mengurangi intensitas cahaya lampu sehingga mempengaruhi manusia dalam bekerja, mengurangi arus stator dan arus pada kapasitor sehingga mengurangi torsi dan menaikkan rugi-rugi pada motor induksi dan lain-lain. Jika flicker berlangsung sering dan terjadi dalam waktu yang lama akan menyebabkan berkurangnya umur pelayanan dan dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan-peralatan listrik.

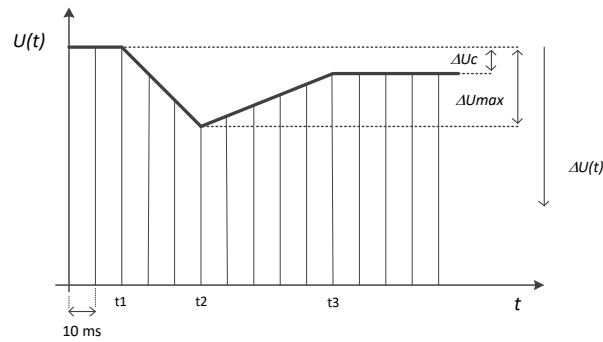
Makalah ini menyajikan sistem monitoring flicker pada jaringan distribusi tegangan rendah. Peralatan monitoring dibuat dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Mega untuk memproses perhitungan flicker dari data tegangan urutan waktu yang diperoleh dari sensor tegangan dan menampilkan hasil monitoring flicker pada layar LCD dan indikator lampu led.

TINJAUAN PUSTAKA

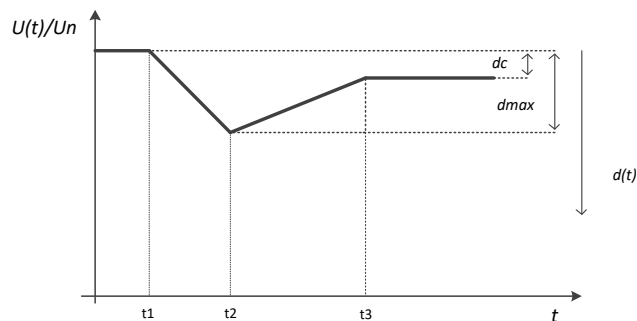
Flicker didefinisikan sebagai pengaruh dari tidak mantapnya sensasi visual yang diinduksikan oleh stimulus cahaya dimana distribusi luminal atau spektralnya berfluktuasi terhadap waktu. Hal ini mengindikasikan bahwa flicker merupakan bentuk fluktuasi tegangan yang sangat cepat dan mempengaruhi intensitas cahaya dari lampu (IEEE Standard 1453, 2004).

Analisis flicker dapat dilakukan dengan menggunakan bentuk tegangan rms urutan waktu $U(t)$ dan tegangan rms yang dianalisis mempunyai durasi setiap setengah siklus gelombang tegangan dengan frekuensi 50 Hz atau 10 milidetik seperti ditunjukkan pada gambar 1. Karakteristik perubahan tegangan $\Delta U(t)$ adalah fungsi waktu dari perubahan tegangan rms antar dua periode saat tegangan pada kondisi mantap yang berlangsung sedikitnya selama 1 detik. Perubahan tegangan maksimum ΔU_{max} adalah perbedaan antara nilai minimum dan nilai maksimum dari karakteristik perubahan tegangan. Perubahan tegangan yang mantap (*steady-state*), ΔU_c adalah perbedaan antara dua tegangan mantap yang dipisahkan sedikitnya oleh satu perubahan karakteristik tegangan (IEC Standar 61000-3-3, 2005).

Analisis karakteristik perubahan tegangan dapat disederhanakan dengan analisis perubahan tegangan relatif, dimana perubahan tegangan relatif dinyatakan dalam persentase tegangan rms terhadap nilai tegangan nominal U_n seperti ditunjukkan pada gambar 2. Batas perubahan tegangan relatif $d(t)$ untuk analisis penentuan terjadinya flicker adalah antara 0,3% sampai 3% dari tegangan nominal referensi U_n . Secara keseluruhan, jika terjadi 1200 kali perubahan tegangan antara nilai 0,3% dan 3% dalam satu menit hal itu dianggap setara dengan flicker 10 hertz.



Gambar 1. Evaluasi Histogram untuk $U(t)$



Gambar 2. Karakteristik Perubahan Tegangan Relatif

Berdasarkan kerangka waktu, ada dua penilaian terhadap flicker yakni flicker jangka pendek dan flicker jangka panjang. Flicker jangka pendek biasanya dianalisis dalam orde menit sementara flicker jangka panjang dianalisis dalam waktu beberapa jam.

Analisis flicker jangka pendek dapat dilakukan dengan metode analisis, simulasi maupun pengukuran langsung. Berbagai analisis flicker jangka pendek dengan menggunakan nilai tegangan rms urutan waktu telah dilakukan dalam bentuk analisis dan simulasi menggunakan komputer (Yang dan Kratz, 2009; Becirovic dkk., 2012; Balouji dan Salor, 2015) dan menampilkan hasil pengukuran flicker.

Peralatan pengukur flicker atau *flickermeter* juga telah dibuat untuk menganalisis flicker sesuai standar yang telah ditentukan (IEC Standard 61000-4-15, 2003) dan telah diuji dan dianalisis dalam kondisi yang nyata secara *online* (Bucci dkk., 2007), namun peralatan pengukur flicker tersebut terdiri dari peralatan yang sangat kompleks dan memakan biaya yang lebih besar.

Peralatan yang dirancang dalam penelitian ini dibuat berdasarkan standar IEC 61000-3-3 dan hanya merujuk gangguan flicker 10 Hz yang dapat dimonitoring secara langsung secara *online* dan dinamis dengan menggunakan nilai tegangan rms yang diukur.

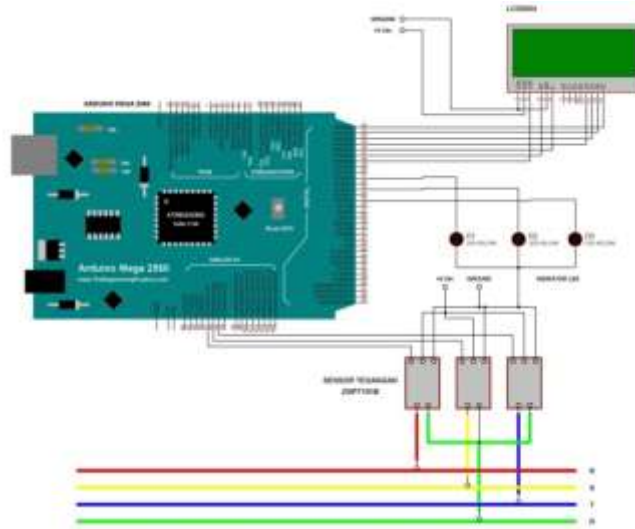
METODE PENELITIAN

Perancangan dan Pembuatan Alat

Alat monitoring dirancang untuk mengukur dan memproses data tegangan rms dari suplai tiga fasa. Tiga sensor tegangan ZMPT101B digunakan untuk mengukur tegangan rms fasa ke netral untuk setiap fasa. Data tegangan rms setiap fasa diproses oleh mikrokontroler untuk perhitungan flicker dan menampilkan deteksi flicker ke layar LCD dan indikator lampu led. Rangkaian perancangan alat monitoring ditunjukkan pada Gambar 3 di bawah ini.

Pemrograman

Pemrograman dilakukan untuk mengaktifkan komponen-komponen yang digunakan, mengukur tegangan rms setiap fasa, memproses perhitungan flicker, menampilkan hasil pengukuran tegangan rms ke layar LCD dan menampilkan hasil deteksi flicker pada layar LDC dan indikator lampu led. Program komputer untuk mengukur tegangan rms setiap fasa menggunakan perangkat lunak Energy Monitor (Emonlib) dimana perhitungan tegangan rms, V_{rms} dinyatakan dengan persamaan:



Gambar 3. Skema Perancangan Alat

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

dimana V_p adalah tegangan puncak sesaat dan N adalah jumlah sampel dalam satu siklus. Lama siklus pengambilan data ditentukan sebesar setengah siklus atau berkisar 0,01 detik dan jumlah sampel tegangan puncak yang digunakan adalah 53 per siklus.

Program monitoring flicker 10Hz didasarkan jumlah kejadian nilai tegangan yang berada di antara 0,3% dan 3% dari tegangan nominal referensi sebanyak 1200 kali dalam satu menit setara dengan flicker 10Hz. Semua program ditulis dengan menggunakan bahasa pemrograman C dan di-*upload* ke mikrokontroler Arduino menggunakan perangkat lunak Arduino IDE 1.85 (Kadir, 2013).

Pengujian

Pengujian dilakukan pada titik hubung bersama di panel listrik yang terdapat di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung. Pengujian dilakukan selama 25 menit dan selama pengujian alat monitoring flicker dihubungkan ke laptop untuk melihat data tegangan setiap fasa hasil pengukuran secara online dan dinamis melalui layar Serial Monitor dari perangkat lunak Arduino IDE. Tegangan nominal referensi yang digunakan untuk analisis perhitungan flicker 10 Hz adalah 220 Hz, sehingga rentang nilai tegangan yang dievaluasi adalah antara 213,4 volt dan 219,4 volt. Data tegangan ini kemudian disalin ke sebuah file dan diplot dan dianalisis secara *off-line* dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bentuk fisik dari alat monitoring flicker hasil perancangan ditunjukkan pada Gambar 4. Lampu led berwarna kuning digunakan sebagai indikator terjadinya flicker 10Hz.



Gambar 4. Alat Monitoring Flicker

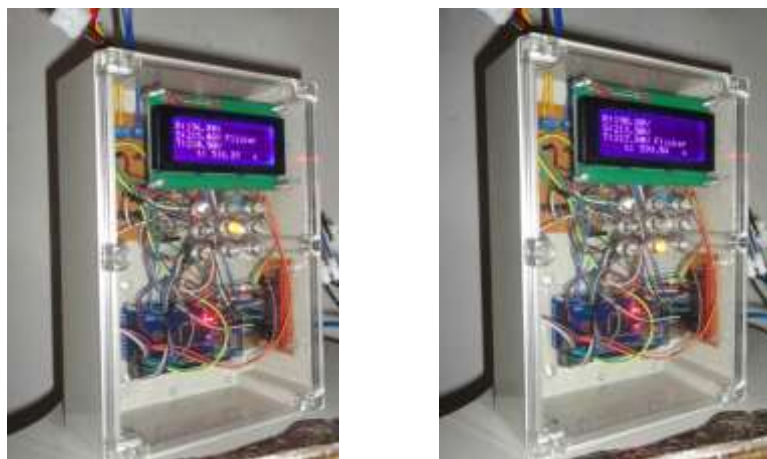
Setup rangkaian pengujian ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Rangkaian Pengujian

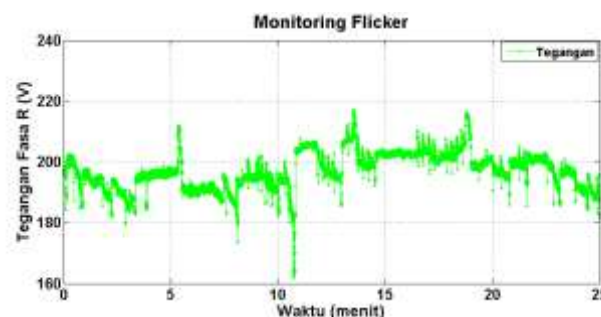
Selama rentang waktu pengujian pada panel listrik tiga fasa dideteksi terjadinya flicker pada fasa S dan fasa T. Sementara tidak terjadi flicker 10 Hz pada fasa R. Hasil monitoring terjadinya flicker pada fasa S dan fasa T ditunjukkan pada Gambar 6a dan Gambar 6b.

Alat monitoring menampilkan hasil pengukuran tegangan rms setiap fasa, waktu pengukuran tegangan rms dalam detik dan hasil monitoring flicker 10 Hz dengan tampilan karakter “Flicker” pada setiap fasa dan lampu led berwarna kuning yang menyala jika dimonitor terjadinya flicker 10 Hz. Dengan waktu pengukuran yang sangat cepat, kondisi penyalan lampu led diatur sehingga lampu led yang menyala dapat dilihat dan beberapa saat kemudian dipadamkan tanpa menggunakan perintah tunda. Hal ini dilakukan untuk melihat terjadinya satu flicker 10Hz dan terjadinya flicker 10 Hz berikutnya serta tidak mempengaruhi waktu pengukuran tegangan rms.

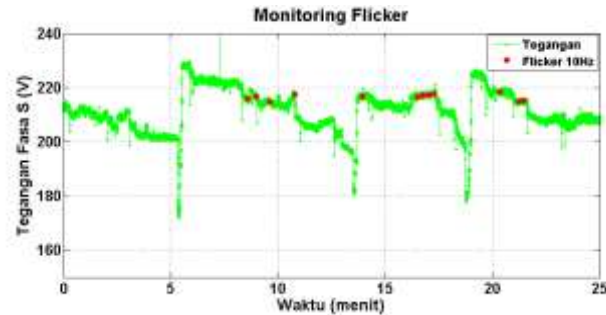


Gambar 6. Monitoring Flicker Pada (a) Fasa S dan (b) Fasa T

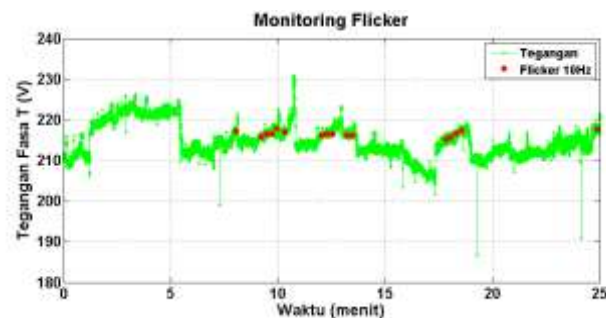
Analisa monitoring flicker secara *off-line* dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB. Data tegangan setiap fasa dan waktu pengukuran data tegangan serta data tegangan dan waktu pengukuran saat terjadinya flicker 10 Hz diplot dan hasil plot untuk setiap fasa ditunjukkan pada gambar 7, gambar 8 dan gambar 9.



Gambar 7. Tegangan dan Monitoring Flicker Pada Fasa R



Gambar 8. Tegangan dan Monitoring Flicker Pada Fasa S



Gambar 9. Tegangan dan Monitoring Flicker Pada Fasa T

Dari hasil analisis dengan menggunakan MATLAB diperoleh terjadinya flicker 10 Hz sebanyak 16 kali pada fasa S dan fasa T, sementara tidak dimonitor terjadinya flicker pada fasa R. Waktu yang digunakan alat monitoring untuk mengukur data tegangan rms seluruh fasa beserta eksekusi program lainnya adalah sekitar 0.011 detik, sehingga terjadi penundaan waktu pengukuran tegangan rms sebesar 0,001 detik untuk setiap fasa. Namun hal ini tidak mengurangi keakuratan analisis untuk menentukan terjadinya flicker 10 Hz yang dihitung dengan jumlah terjadinya flicker sebanyak 1200 kali selama satu menit.

Terjadinya flicker 10 Hz pada fasa S dan fasa T secara berurutan mengindikasikan bahwa indeks gangguan flicker pada kedua fasa tersebut menjadi lebih besar. Tidak adanya hasil monitoring flicker pada fasa R tidak mengindikasikan bahwa fasa R tidak mengalami gangguan stabilitas tegangan. Nilai tegangan pada fasa R selama pengujian hampir keseluruhan berada pada nilai di bawah 213 V atau berfluktuasi lebih dari 3% dari tegangan nominal dan jenis gangguan stabilitas tegangan lainnya terjadi pada fasa R ini.

KESIMPULAN

Alat monitoring hasil perancangan dapat memonitor dan mendeteksi terjadinya flicker 10Hz pada jaringan distribusi tegangan rendah tiga fasa secara *online* dan dinamis dengan waktu durasi pengukuran tegangan sebesar kurang lebih setengah siklus pada frekuensi 50 Hz atau 0,011 detik.

UCAPAN TERIMA KASIH

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

DAFTAR PUSTAKA

- IEEE Standard 1453 (2004), *IEEE Recommended Practice for Measurement and Limits of Voltage Fluctuations and Associated Light Flicker on AC Power Systems*.
- IEC Standard 61000-4-15 (2003) *Electromagnetic Compability (EMC) Part 4: Testing and Measurement Techniques Section 15: Flickermeter – Functional and Design Specifications*.
- IEC Standard 61000-3-3 (2005) *Electromagnetic Compability (EMC) Part 3: Limits – Limitation of Voltage Changes, Voltage Fluctuations and Flicker in Public Low-Voltage Systems, for Equipment with Rated Current $\leq 16A$ Per Phase and No Subject to Conditional Connection*.
- Yang, X.X., Kratz, M. (2009) Power System Flicker Analysis by RMS Voltage Values and Numeric Flickermeter Emulation, *IEEE Transaction on Power Delivery*, vol.24, no.3, pp.1310-1318.



- Becirovic, V., Nikolic, B., Turkovic, I., Pavic, I., (2012) The Development of Flickermeter According to Standard IEC61000-4-15 and Modeling Consumers Which Produce Flickers in the Power Network, *International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion*, pp.1012-1016.
- Balouzi, E., Salor, O. (2015) Light Flicker Evaluation Using Root Mean Square Voltage Waveform, *56th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON)*, pp.1-4.
- Bucci, G., Fiorucci, E. Ciancetta, F. (2008) The Performance Evaluation of IEC Flicker Meters in Realistic Conditions, *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol.57, no.11, pp.2443-2449.
- Kadir, A. (2013) Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pemrogramannya Menggunakan Arduino, *Penerbit Andi Yogyakarta*.