

4. Alarm gangguan LED dan bunyi dapat bekerja dengan baik meski nilai gangguan berada tipis di luar *range* standar.
5. Fitur penyimpanan otomatis memiliki *delay* \pm 1 detik untuk dapat menyimpan data sesuai waktu yang diinginkan. Hal ini disebabkan oleh pembulatan nilai pada satuan detik dan *delay* waktu yang dibutuhkan untuk mengakses basis data.
6. Fitur pembangkitan laporan dan penyimpanan arsip otomatis pada memori komputer bekerja dengan baik, baik untuk pembangkitan laporan word, excel maupun html.
7. Secara keseluruhan, sistem monitoring kualitas daya menggunakan LabVIEW 8.6 ini bekerja dengan cukup baik, namun masih memerlukan penyempurnaan pada pengukuran sudut fasa dan harmonisa.

Saran

1. Trafo arus yang digunakan sebaiknya memiliki galat pergeseran sudut fasa yang kecil, memiliki akurasi rasio yang lebih baik dan ukuran diameter penjepitnya disesuaikan dengan ukuran konduktor.
2. Agar dapat mengukur sinyal lebih akurat terutama sinyal dengan frekuensi tinggi, sebaiknya digunakan peralatan akuisisi yang memiliki *range* frekuensi yang lebih lebar, *range* masukan tegangan yang lebih tinggi dan tanpa memiliki *filter* pada kanal masukannya.
3. Beberapa fitur lain bisa ditambahkan untuk melengkapi program monitoring ini seperti perhitungan impedansi, perhitungan energi listrik, pengukuran untuk hubungan trafo delta, pengukuran untuk satu fasa dan perhitungan *flicker*.
4. Sistem monitoring kualitas daya ini dapat ditambahkan koneksi internet untuk dapat melakukan monitoring jarak jauh. VI yang digunakan berasal dari *Internet Toolkit*.

DAFTAR PUSTAKA

- Batista, Jose, Julio S. Martins, Joao L. Alfonso, *Low-Cost Digital System for Power Quality Monitoring*, International Conference on Renewable Energies and Power Quality Paper, 2003.
- Dugan, Roger C., *Electrical Power System Quality*, The McGraw-Hill Companies, Inc, New York, 1996.
- Gosbell, Vic, Sarath Perera, Vic Smith, *Voltage Unbalance*, Integral Energy Power Quality Center Technical Note No. 6, 2002.
- Hambley, Allan R, *Electrical Engineering : Principles & Applications*, Prentice Hall, New Jersey, 2004.
- J. Arrilaga, D.A.Bradley, P.S. Bodger, *Power System Harmonics*, John Wiley & Sons, Ltd, London, 1985.

P. Bingham, Richard, *SAGs and SWELLS*, Dranetz-BMI Original Draft, 1998.

Schlabbach, Jurgen, *Voltage Quality in Electrical Power System*, The Institution of Engineering and Technology, England, 2005.

Traffis, Jeffrey, Jim Kring, *LabView for Everyone*, Prentice-Hall, New Jersey, 2006.

www.ni.com

...., *Data Acquisition Basic Manual*, National Instruments, 1998.

...., *Getting Started with SCXI*, National Instruments, 2000.

...., *Standard IEEE 519 - 1995, Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality*, International Electronic and Engineering, USA, 1995.

BIOGRAFI PENULIS



Habib Garbandana lahir di Surabaya pada 24 Desember 1986. Telah menempuh pendidikan di SDN Tahunan IV, SMP Negeri 1 Jepara, dan SMA Negeri 1 Jepara dan saat ini sedang menyelesaikan pendidikan program Strata-1 Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro, mengambil konsentrasi Ketenagaan.

Menyetujui/Mengesahkan

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Ir. Agung Nugroho
NIP:195901051987031002

Ir. Agung Warsito, DHET
NIP: 195806171987031002

pengukuran daya aktif dan reaktif disebabkan oleh galat pergeseran sudut fasa, termasuk pada sudut fasa harmonisa selain harmonisa fundamental dan adanya *Low Pass Filter* 200 Hz pada modul masukan analog SCXI-1102 B yang akan memotong amplitud sinyal dengan frekuensi di atas 200 Hz. Perhitungan daya reaktif melibatkan nilai sinus sudut fasa, sementara perhitungan daya aktif melibatkan nilai cosinus. Terlihat bahwa meski $\cos \phi$ sudut fasa mempunyai galat yang kecil, tidak berarti $\sin \phi$ sudut fasa juga memiliki galat yang kecil.

Sementara pada pengukuran VUF melibatkan nilai tegangan dan sudut fasa sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa galat tersebut diakibatkan oleh perbedaan pendeteksian sudut fasa antara program monitoring dan LEM Analyst serta perbedaan hasil pengukuran tegangan. Meskipun selisihnya kecil, nilai tegangan cukup mempengaruhi perhitungan VUF.

Pengujian Pendeteksi Event

Pengujian pendeteksi *event* dilakukan dengan menggunakan program simulasi gangguan *event*. Semua jenis gangguan *event* disimulasikan untuk tiap saluran fasa A, fasa B dan fasa C.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa hasil dari pendeteksi *event* ini menunjukkan hasil yang baik pada gangguan di atas 3 detik. Pada gangguan *temporary sag*, *temporary swell*, *temporary interruption*, *undervoltage*, *overvoltage* dan *interruption*, amplitud tegangan gangguan yang terdeteksi sesuai dengan amplitud tegangan simulasi. Untuk durasi gangguan, waktu yang terdeteksi umumnya sama dengan durasi simulasi dengan sedikit selisih dikarenakan durasi gangguan yang terdeteksi oleh program merupakan nilai bilangan desimal.

Perbedaan yang cukup besar terjadi pada saat gangguan 3 detik ke bawah yaitu gangguan *momentaneous* dan *instantaneous*. Nilai yang dideteksi tidak selalu sama dengan nilai simulasi. Hal ini disebabkan oleh keterlambatan sistem monitoring dalam mendeteksi gangguan sebelum gangguan kembali pada nilai normal. Selisih durasi pada gangguan kurang dari 3 detik juga lebih besar. Kesalahan pencatatan ini disebabkan oleh gangguan *event* yang terjadi lebih singkat daripada kemampuan program untuk mengenali gangguan. Hal ini dapat dipengaruhi antara lain oleh memori komputer yang terbatas dan basis data yang mengandung terlalu banyak data.

Pengujian Perekaman

Pengujian perekaman dilakukan pada tiap basis data dengan memberikan waktu 1 detik, 5 detik dan 10 detik untuk perekaman kontinu selama 5 kali perekaman beruntun dan dua nilai pada perekaman waktu tertentu

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada perekaman kontinu, hasil yang diperoleh bervariasi antara sesuai dengan nilai yang diinginkan dan terdapat galat 1 detik pada nilai yang tercatat pada basis data, terutama pada durasi waktu 5 detik dan 10 detik. Hal

tersebut disebabkan oleh pembulatan nilai pada program serta *delay* yang dibutuhkan oleh program. Perekaman kontinu pada 1 detik lebih jarang memberikan galat karena *delay* yang dibutuhkan lebih kecil. Sedangkan pada perekaman waktu tertentu, galat yang terjadi lebih jarang, meskipun terdapat beberapa nilai yang memberikan galat. Hal ini juga disebabkan oleh pembulatan nilai karena dalam program, nilai detik tidak diberikan nilai desimalnya. Galat ini juga disebabkan oleh proses penyimpanan basis data yang memerlukan waktu. Pencatatan pada basis data tidak dapat langsung memasukkan data pada tabel saat penyimpanan aktif.

Pengujian Alarm

Alarm LED dan bunyi yang terdapat dalam sistem ini diuji dengan memberikan besaran yang melebihi standar dan/atau kurang dari standar dan besaran normal melalui program simulasi berdasarkan pada standar IEEE 1559-1995.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa baik alarm LED maupun alarm bunyi menunjukkan kinerja yang baik. Saat diberi besaran yang melampaui standar, meskipun nilainya sangat tipis, kedua alarm akan aktif. Sementara saat diberi besaran normal yang nilainya merupakan batas standar, alarm akan non aktif. Namun kedua alarm ini tetap bergantung pada *delay* program yang diberikan. Sehingga bila nilai durasi gangguan kurang dari nilai *delay* program, alarm tidak akan aktif.

Pengujian Pembangkit Laporan

Program monitoring ini dapat membangkitkan laporan (*report*) dalam arsip *word*, *excel* dan *html* berdasarkan tiap basis data. Pengujian perekaman dilakukan dengan membangkitkan tiap laporan pada tiap basis data pada semua jenis arsip.

Secara keseluruhan, program pembangkitan laporan telah bekerja dengan baik pada pembangkitan arsip *word*, *excel* dan *html* termasuk penyimpanan langsung pada direktori yang diinginkan dan fitur pencetakan (*print*) langsung.

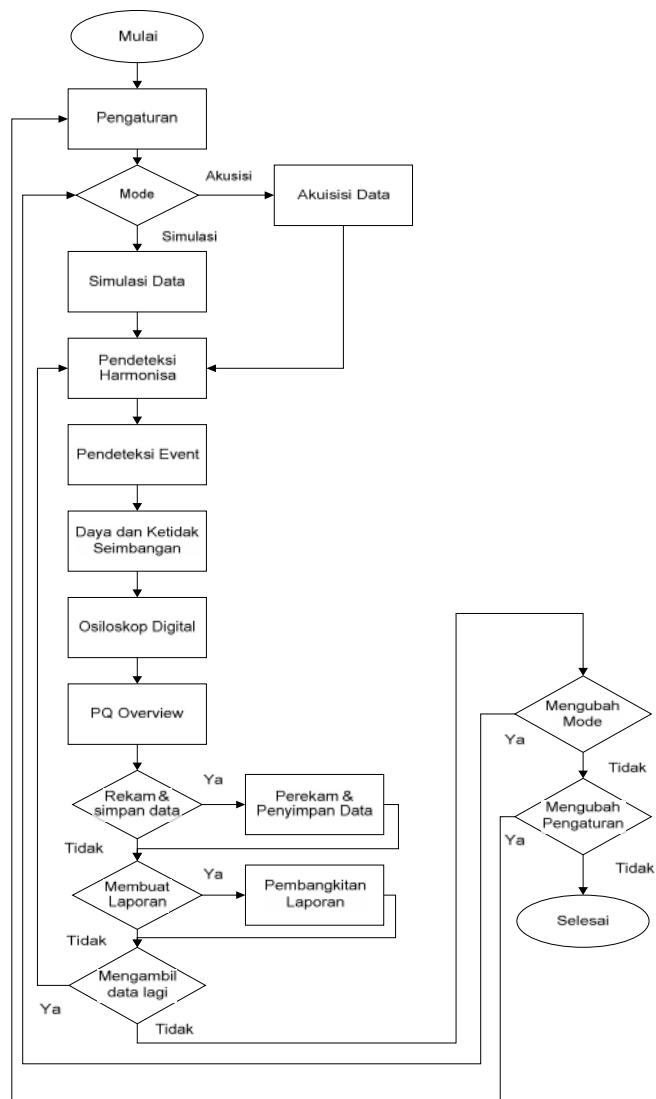
PENUTUP

Kesimpulan

1. Hasil pengukuran RMS tegangan, RMS arus, frekuensi, $\cos \phi$ sudut fasa, daya aktif, daya semu, faktor ketidak seimbangan tegangan (VUF), dan harmonisa dengan orde hingga 4 memiliki galat pengukuran yang kecil dan dapat ditoleransi.
2. Hasil pengukuran daya reaktif dan harmonisa orde 5 ke atas menunjukkan galat pengukuran yang lebih besar. Hal ini disebabkan oleh galat pergeseran sudut fasa pada trafo arus dan terdapatnya *Low Pass Filter* 200 Hz pada tiap kanal modul masukan analog SCXI 1102 B.
3. Gangguan *event* di atas 3 detik dapat dideteksi dengan baik namun gangguan *event* di bawah 3 detik kurang dapat dideteksi dengan baik disebabkan oleh respon sistem yang lebih lambat dan *delay* program.

sistem, batas harmonisa batas VUF, warna fasa, pengaturan alarm LED dan bunyi, *delay* dan pengaturan tampilan diagram fasor pada program daya dan ketidakseimbangan.

Flowchart program monitoring kualitas daya dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. *Flowchart* Program Monitoring Kualitas Daya

PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM

Faktor Pengubah

Gelombang tegangan arus dan tegangan yang diukur harus disesuaikan dengan batas masukan peralatan akuisisi agar tidak merusak peralatan yang digunakan. Sinyal masukan tersebut adalah sinyal yang telah diperkecil dengan faktor tertentu menurut nilai resistor pada pembagi tegangan dan nilai trafo arus. Dalam program akuisisi, sinyal-sinyal tersebut akan dikalikan kembali dengan faktor pengubah agar sesuai dengan sinyal nyata.

Tabel 5. Nilai faktor pembagi tegangan resistif

Pembagi tegangan	R_1 (Ω)	R_2 (Ω)
Fasa A	1000000	31500
Fasa B	1000000	30500
Fasa C	990000	30000
Netral	900000	33000

Tabel 6. Nilai faktor trafo

Trafo arus	Faktor trafo
Fasa A	1 A : 0,21 mA
Fasa B	1 A : 0,33 mA
Fasa C	1 A : 0,39 mA
Netral	1 A : 0,3 mA

Perbandingan Nilai Hasil Pengukuran

Untuk mengetahui apakah hasil pengukuran dari sistem monitoring kualitas daya menggunakan LabVIEW 8.6 ini telah bekerja dengan baik, hasil pengukuran dibandingkan dengan hasil pengukuran **LEM Analyst Power Quality Analyzer** yang digunakan sebagai acuan. Pengukuran dilakukan selama 10 kali dalam waktu yang berbeda-beda untuk mendapatkan hasil yang bervariasi.

Pengambilan data dilakukan pada SDP Penerangan Laboratorium Elektronika dan Mikroprosesor Teknik Elektro Universitas Diponegoro pada tanggal 8 Mei 2010. Galat yang didapatkan untuk tiap besaran bisa ditabelkan sebagai berikut.

Tabel 7. Galat rata-rata tiap besaran

Besaran	Galat rata-rata (%)			
	Fasa A	Fasa B	Fasa C	Netral
Tegangan	0,317	0,165	0,246	-
Arus	3,94	4,297	1,737	2,142
Frekuensi	0,058			-
Cos phi	2,063	1,252	2,227	-
Daya aktif	4,463	3,52	2,02	-
Daya semu	3,976	4,336	1,745	-
Daya reaktif	19,7	23,63	17,72	-
VUF	13,328			-
THD V	4,697	7,382	4,315	-
THD I	18,49	12,37	4,442	15,56

Galat pengukuran tegangan disebabkan oleh pembacaan nilai resistor sementara galat pengukuran arus disebabkan oleh pembacaan nilai rasio trafo arus dan akurasi trafo. Rasio trafo arus didapatkan dari hasil rata-rata pengujian. Pada perbandingan frekuensi, galat yang terjadi sangat kecil. Pada perbandingan cos phi sudut fasa, meskipun nilai galat rata-rata terlihat kecil, tapi akan cukup berpengaruh terhadap pengukuran daya aktif, reaktif dan harmonisa karena selisih cos phi menandakan terjadinya pergeseran sudut fasa. Perbedaan sudut fasa yang terdeteksi antara sistem monitoring dan LEM Analyst ini dapat disebabkan oleh beberapa hal yaitu :

1. Kesalahan (galat) pergeseran sudut fasa pada trafo arus.
2. Diameter konduktor yang jauh lebih kecil dibandingkan ukuran penjepit trafo menyebabkan medan magnetik yang tertangkap oleh trafo menjadi bergeser atau terpengaruh oleh medan magnetik lain pada lingkungan.
3. Peletakan trafo arus pada konduktor yang tidak persis di tengah konduktor sehingga mempengaruhi akurasi.

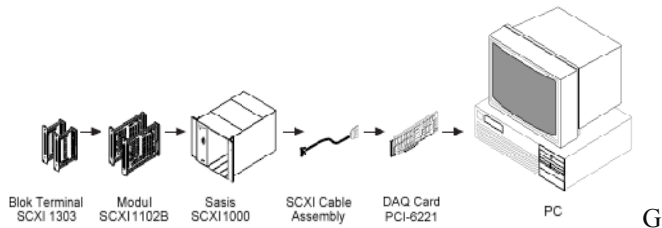
Galat pada pengukuran daya semu dipengaruhi oleh galat pengukuran tegangan dan arus. Galat pada

$$I(A) = \frac{V(v)}{R(\Omega)}$$

Dalam sistem ini, resistansi yang digunakan sebesar 1Ω sehingga tegangan yang dihasilkan sesuai dengan batas masukan peralatan akuisisi.

c) Peralatan Akuisisi Data

Seperti telah dijelaskan, peralatan akuisisi data yang digunakan terdiri dari sasis SCXI-1000, blok terminal SCXI 1303, modul masukan analog SCXI 1102B dan DAQ card PCI-6221 yang merupakan kelengkapan LabVIEW.



ambar 3. DAQ yang digunakan dalam sistem

Dalam tugas akhir ini, konfigurasi akuisisi default yang digunakan adalah seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.

Menurut teorema Nyquist, tingkat cuplik akuisisi minimal dua kali frekuensi maksimum sinyal analog yang diukur, $(f_s) > 2$ kali. Tingkat cuplik maksimum DAQ Card PCI-6221 untuk mengukur 8 kanal bersamaan, adalah sekitar $8kS/sample$. Jumlah sample sebesar 800. Tingkat cuplik yang diberikan untuk tiap kanal sebesar $\frac{8000}{800} = 10$ kali, yang telah memenuhi teorema Nyquist.

Tabel 4. Konfigurasi akuisisi data

Kanal terpakai	Sumber Sinyal	Jenis Sinyal	Besaran Sinyal	Tingkat Cuplik	Jumlah sample
ai4	Saluran Fase A	Analog Input	Tegangan	8kS/sample	800
ai17	Saluran Fase A	Analog Input	Arus	8kS/sample	800
ai6	Saluran Fase B	Analog Input	Tegangan	8kS/sample	800
ai19	Saluran Fase B	Analog Input	Arus	8kS/sample	800
ai11	Saluran Fase C	Analog Input	Tegangan	8kS/sample	800
ai26	Saluran Fase C	Analog Input	Arus	8kS/sample	800
ai13	Saluran Netral	Analog Input	Tegangan	8kS/sample	800
ai28	Saluran Netral	Analog Input	Arus	8kS/sample	800

Perancangan Perangkat Lunak

Program yang dikembangkan untuk monitoring kualitas daya ini terdiri dari beberapa sub program yang memiliki fungsi tertentu. Fungsi keseluruhan program ini adalah sebagai peralatan monitoring kualitas daya secara real-time, baik berdasarkan data nyata dari peralatan akuisisi, maupun data dari simulasi yang dapat digunakan untuk studi kualitas daya. Sistem yang

dikembangkan ini memungkinkan untuk melakukan pengukuran, monitoring dan analisis dari parameter-parameter yang berbeda dari sistem yang dipantau. Bagian-bagian program monitoring ini adalah :

a) Program Simulasi

Program simulasi ini dapat digunakan untuk studi tentang kualitas daya. Parameter-parameter sinyal tenaga seperti tegangan, arus, frekuensi dan sudut fase dapat ditentukan oleh pengguna untuk 3 saluran fasa dan netral. Selain itu, pengguna juga dapat menambahkan beberapa gangguan kualitas daya seperti harmonisa, dan perubahan amplitude tegangan. Setelah sinyal simulasi dibangkitkan, program-program lain dapat digunakan layaknya mengukur sinyal nyata.

b) Program Akuisisi Data

Sebelum akuisisi data dilakukan, terlebih dulu besaran tegangan yang akan diambil harus dipastikan sesuai dengan masukan nominal peralatan akuisisi data agar tidak merusak peralatan akuisisi data. Oleh karena itu, program akuisisi data berfungsi untuk menentukan pengaturan peralatan akuisisi data seperti tingkat cuplik (sampling rate), jumlah sample (number of samples), faktor trafo dan faktor pembagi tegangan.

c) Program Analisis dan Presentasi Data

Program analisis dan presentasi (analysis and display) data merupakan program utama, terdiri dari Power Quality Overview, Osiloskop Digital, Pendeteksi Harmonisa, Pendeteksi Gangguan Event, Daya dan Ketidakseimbangan Tegangan. Masing-masing sub program ini memiliki fungsi tersendiri dalam program monitoring.

d) Penyimpanan dan Perekam Data

Program penyimpan dan perekam data dirancang agar data yang telah didapatkan dapat disimpan secara manual atau otomatis menurut kebutuhan pengguna. Data tersebut disimpan dalam basis data LabVIEW, serta bisa dihapus sewaktu-waktu jika sudah tidak diperlukan atau jumlahnya telah memenuhi memori.

e) Program Pembangkit Laporan

Agar data mudah dipindahtangkankan, data yang telah disimpan dalam basis data LabVIEW dapat dibangkitkan dalam beberapa format laporan. LabVIEW telah menyediakan VI untuk pembangkitan laporan ini. Dalam program ini, format laporan yang didukung adalah dalam bentuk word, excel, cetak (print) dan html.

e) Alarm

Untuk mengetahui apakah suatu besaran nilai tidak sesuai dengan standar, digunakan alarm yang akan aktif apabila nilai tersebut melebihi atau kurang dari standar yang telah ditetapkan. Alarm dalam sistem ini ada dua macam, yaitu alarm LED dan alarm bunyi. Untuk mematikan alarm, menghidupkan alarm dan menentukan file alarm bunyi dilakukan pada program pengaturan.

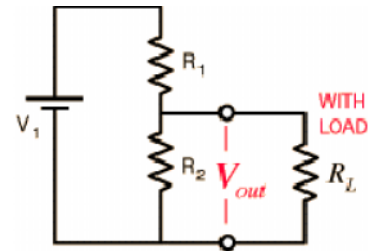
f) Program Pengaturan

Program pengaturan dirancang untuk berfungsi sebagai pengatur konfigurasi dalam program monitoring ini antara lain tegangan nominal dan batas tegangan sistem, frekuensi nominal dan batas frekuensi

Perancangan Perangkat Keras

a) Pembagi tegangan resistif

Pembagi tegangan resistif (*resistive voltage divider*) adalah rangkaian linear sederhana yang menghasilkan tegangan keluaran (V_{out}) yang merupakan fraksi dari tegangan masukan (V_{in}). Pembagi tegangan disusun dengan menghubungkan dua resistansi listrik secara seri. Tegangan masukan dilewatkan pada resistansi seri R_1 dan tegangan keluaran yang dihasilkan adalah tegangan yang melalui R_2 .



Gambar 2. Pembagi tegangan resistif

Jika terdapat beban pada keluaran tegangan V_{out} , resistansi beban R_L dianggap paralel dengan R_2 untuk menentukan tegangan pada V_{out} . Pada rangkaian ini, V_{out} dihitung dengan persamaan (V_1 adalah V_{in}):

$$V_{out} = \frac{R_2 || R_L}{R_1 + R_2 || R_L} \cdot V_1 = \frac{R_2}{R_1 \left(1 + \frac{R_2}{R_L}\right) + R_2} \cdot V_1$$

Pada tugas akhir ini digunakan empat buah pembagi tegangan resistif untuk membagi tegangan fasa A – N (netral), fasa B – N, fasa C – N dan N – G (tanah). Nilai R_1 yang digunakan dipilih agar mampu menahan tegangan nominal 230 V, yaitu sebesar 1 M Ω . Nilai R_2 yang digunakan dipilih setelah memperhitungkan V_{out} yang diinginkan saat masukan V_{in} sebesar 230 V. Dengan hambatan beban R_L diketahui sebesar 1 M Ω dan V_{out} yang diinginkan adalah kira-kira sebesar 6 V, maka nilai R_2 yang dipilih adalah sebesar 30 K Ω . V_{out} yang dihasilkan bila masukan tegangan 230 V adalah 6,57 V yang telah sesuai dengan batas masukan 10 V peralatan data akuisisi.

b) Trafo arus *clamp-on*

Trafo arus AC merupakan jenis trafo yang tidak memiliki kumparan primer. Konduktor yang akan diukur arusnya akan menjadi kumparan primer saat diletakkan di dalam jalur magnetik kumparan. Trafo arus *clamp-on* adalah jenis trafo arus yang jalur magnetiknya dapat dibuka, lalu dijepit (*clamping*) di sekeliling konduktor untuk mengukur arus tanpa harus mengganggu aliran arus dalam konduktor.

Dalam tugas akhir ini, digunakan 4 buah trafo *clamp-on* untuk mengambil data arus dari saluran fasa A, fasa B, fasa C dan arus netral. Keluaran trafo ini berupa arus yang lebih kecil dari arus sistem namun terkadang masih terlalu besar untuk masukan peralatan akuisisi. Karena itu, untuk dapat mengukur arus, resistor dengan resistansi tertentu disambung secara paralel dengan konektor masukan peralatan DAQ dan sumber arus sehingga tegangan jatuh pada resistor dapat diukur menggunakan hukum Ohm,

b) Blok Terminal SCXI 1303

Blok terminal SCXI menyediakan metode yang mudah untuk menghubungkan dan memutus sinyal ke sistem. SCXI-1303 merupakan blok terminal isothermal 32 kanal yang menghubungkan sasis SCXI-1100 dan modul SCXI 1102B.

c) Modul masukan analog SCXI 1102B

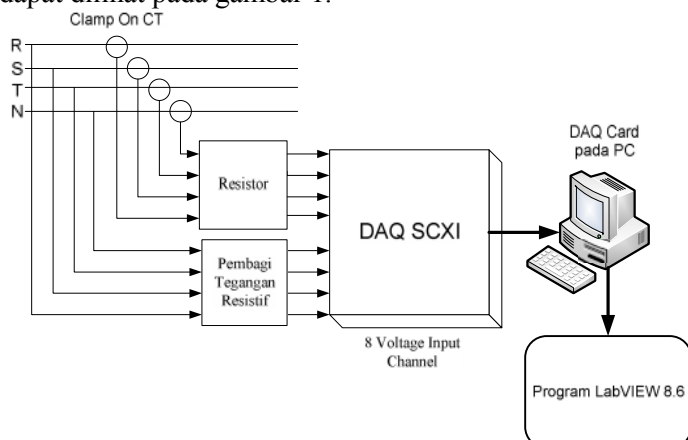
SCXI-1102B mempunyai fitur pengkondisi sinyal untuk termokopel, lebar kanal masukan 200 Hz, pilihan masukan tegangan ± 10 V, ± 100 mV atau arus 0-20 mA, tingkat cuplik maksimum 333 kS/s. Modul ini juga memiliki 32 kanal differensial, *amplifier* dengan pilihan penguat (*gain*) 1 – 100 dan perlindungan tegangan lebih hingga 30 Vrms atau tegangan pucak ± 42 VAC atau 60 VDC.

d) DAQ Card PCI 6221

DAQ card adalah perangkat keras yang berfungsi mengatur *input-output* modul-modul LabVIEW dengan komputer. DAQ card juga berfungsi sebagai perangkat akuisisi data yang di dalamnya terdapat ADC (*analog to digital converter*), DAC (*digital to analog converter*), *input-output* digital, *internal clock*, *multiplexer*, dan *timer-counter*. DAQ card PCI 6221 dihubungkan pada slot PCI pada *mainboard* komputer.

PERANCANGAN SISTEM

Perancangan sistem monitoring kualitas daya menggunakan LabVIEW 8.6 ini terdiri atas perancangan perangkat keras dan lunak. Perangkat keras digunakan untuk mengambil data tegangan dan arus dari sistem, mengkondisikan agar data sesuai dengan *range* peralatan DAQ serta untuk mengubah besaran analog dari data tersebut menjadi data digital sehingga dapat diproses dan dianalisa dalam perangkat lunak. Selain untuk analisa, perangkat lunak juga digunakan untuk mengatur parameter akuisisi data dari peralatan akuisisi data, mensimulasikan gelombang tegangan dan arus dan memungkinkan pengguna mendapatkan laporan dalam berbagai bentuk format. Diagram sistem monitoring kualitas daya yang disusun dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Diagram sistem monitoring kualitas daya

negatif dapat diekspresikan dengan persamaan berikut yang memerlukan pembacaan tegangan antar fasa.

$$\text{Ketidak seimbangan tegangan} = \frac{V_2}{V_1} = \sqrt{\frac{1-\sqrt{3-6\beta}}{1+\sqrt{3-6\beta}}}$$

$$\text{Dimana } \beta = \frac{V_{ab}^4 + V_{bc}^4 + V_{ca}^4}{(V_{ab}^2 + V_{bc}^2 + V_{ca}^2)^2}$$

Persamaan tersebut juga disebut dengan VUF (*Voltage Unbalance Factor*).

Harmonisa

Definisi harmonisa secara umum adalah komponen sinus dari gelombang periodik yang memiliki frekuensi sebesar kelipatan integral frekuensi dasar. Harmonisa merupakan distorsi bentuk gelombang tegangan dan arus dari gelombang sinus sistem tenaga dimana harmonisa adalah salah satu masalah utama dalam kualitas daya.

Standar IEEE 519-1992 menjelaskan tentang batas harmonisa maksimum bagi arus dan tegangan seperti berikut (dalam % dari nominal) :

Tabel 2. Batas harmonisa arus menurut standar IEEE 519-1992

Isc/IL	<H11	H11 < H17	H1 < H23	H23 < H35	>H35	THD I
<20	4	2	1,5	0,6	0,3	5
20<50	7	3,5	2,5	1	0,5	8
50<100	10	4,5	4	1,5	0,7	12
100 < 1000	12	5,5	5	2	1	15
>1000	15	7	6	2,5	1,4	20

Tabel 3. Batas harmonisa tegangan menurut standar IEEE 519-1992

Tegangan bus pada PCC	Harmonisa tegangan individual	THD V
≤69 kV	3	5
69,001 kV – 161 kV	1,5	2,5
>161 kV	1	1,5

Dimana Arus beban permintaan maksimum (I_L) :

$$I_L = \frac{S}{\sqrt{3}V}$$

Dan arus hubung singkat maksimum pada PCC (I_{sc}) :

$$I_{sc} = \frac{kVA \times 100}{\%Z \times \sqrt{3} \times kV}$$

Tiap gelombang periodik yang terdistorsi dapat diekspresikan sebagai penjumlahan gelombang sinusoidal. Deret Fourier dapat digunakan untuk merepresentasikan gelombang tersebut.

$$f(x) = \frac{1}{2}a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(n, x) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin(n, x)$$

Dimana,

$$a_0 = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) dx$$

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos(n x) dx$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin(n x) dx \quad \text{Untuk } n = 1, 2, 3, \dots$$

THD suatu sinyal adalah ukuran distorsi harmonisa yang timbul dan didefinisikan sebagai perbandingan kelipatan seluruh komponen harmonisa dengan kelipatan frekuensi dasar.

$$V_{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h_{max}} V_h^2}}{V_1} ; \quad I_{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h_{max}} I_h^2}}{I_1}$$

Monitoring Kualitas Daya

Sistem monitoring kualitas daya timbul karena didorong oleh kebutuhan meningkatkan kinerja kualitas daya sistem. Banyak pelanggan industri dan komersial memiliki peralatan yang sensitif terhadap gangguan kualitas daya dan karena itu, semakin penting untuk memahami kualitas daya sistem.

Tujuan dari monitoring kualitas daya adalah :

- Menentukan kinerja sistem
- Menentukan masalah spesifik sistem
- Sebagai dasar perbaikan bagian sistem
- Sebagai bagian dari layanan kualitas daya

LabVIEW 8.6

LabVIEW (*Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench*) adalah bahasa pemrograman grafis yang dikembangkan oleh National Instruments. Pertama kali diluncurkan untuk Apple Macintosh pada 1986, LabVIEW hingga sekarang banyak digunakan untuk akuisisi data, kendali instrumen dan otomasi industri yang dapat digunakan pada berbagai platform. Versi terakhir LabVIEW adalah versi 8.6. Sebutan lainnya adalah "G" (*Graphical Language*).

Program/subrutin LabVIEW disebut VI (*Virtual Instrument*). Tiap VI memiliki 3 komponen; blok diagram, *front panels* dan penghubung (*wire*). *Control* dan *Indicator* pada *front panel* memungkinkan operator memasukkan data dan mengambil data dari VI yang sedang berjalan. *Front panels* juga dapat bekerja sebagai antarmuka pemrograman. *Front panels* mendefinisikan masukan dan keluaran node yang diberikan melalui *wire*. Blok diagram adalah jendela tempat menuliskan perintah dan fungsi, berisikan *source code* berupa *icon*, *node* dan *wire* sebagai *dataflow* untuk mengeksekusi program.

Akuisisi data dengan LabVIEW

Akuisisi data adalah proses untuk mengambil sampel dari dunia luar untuk mengambil data yang akan diolah oleh komputer. Akuisisi data mengambil sinyal dan memprosesnya untuk memperoleh informasi yang diinginkan. LabVIEW memiliki kemampuan dalam mengembangkan sistem instrumentasi terotomasi dengan menggunakan board DAQ (*Data Acquisition plug-in* PC yang sangat berguna untuk akuisisi data, analisa dan presentasi. Dalam akuisisi data menggunakan DAQ, beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah tingkat cuplik, *aliasing*, *bandwidth*, resolusi dan *range*.

Peralatan Akuisisi Data

a) Sasis SCXI-1000

Sasis SCXI berfungsi sebagai tempat peletakan, catu daya dan pengaturan modul SCXI dan sinyal terkondisi. Di dalamnya terdapat bus SCXI sebagai jalur sinyal analog maupun digital dan berfungsi sebagai saluran komunikasi antar modul. Rangkaian kontrol sasis mengatur bus, menselaraskan pewaktuan antar modul dan peralatan DAQ.

akhir pengiriman energi listrik ke beban. Beberapa persamaan dalam sistem tenaga listrik adalah sebagai berikut,

RMS tegangan (V) dan arus (I) adalah :

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int v^2 dt}$$

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int i^2 dt}$$

Tegangan antar fasa bisa diperoleh dengan jumlah vektor dari tegangan fasa ke netral,

$$\overline{V_{ab}} = \overline{V_{an}} - \overline{V_{bn}}$$

$$\overline{V_{bc}} = \overline{V_{bn}} - \overline{V_{cn}}$$

$$\overline{V_{ca}} = \overline{V_{cn}} - \overline{V_{an}}$$

Dari komponen *rectangular*, magnitude tegangan antar fasa dapat dihitung, misal untuk tegangan fasa a – fasa b (Vab):

$$|V_{ab}| = \sqrt{(|V_{an}| - |V_{bn}| \cos(\varphi_{bn}))^2 + (|V_{bn}| \sin(\varphi_{bn}))^2}$$

Untuk menghitung sudut fasa φ_{ab} , dilakukan dengan menghitung fasa vektor *rectangular* :

$$\varphi_{ab} = \tan^{-1} \left(\frac{|V_{bn}| \cdot \sin(\varphi_{bn})}{|V_{an}| - |V_{bn}| \cos(\varphi_{bn})} \right)$$

Daya merupakan tingkat aliran energi yang melewati suatu titik tertentu. Bagian aliran daya yang dibagi nilai rata-rata selama satu siklus penuh gelombang AC menghasilkan pemindahan energi dalam satu arah yang dikenal dengan daya aktif (P). Sementara bagian aliran daya yang kembali ke sumber tiap siklus, dikenal dengan daya reaktif (Q). Daya semu (S) merupakan penjumlahan vektor daya aktif dan reaktif. Rumus daya dalam gangguan harmonisa adalah,

$$P = \sum_{k=1}^{\infty} V_k \cdot I_k \cdot \cos(\varphi_k)$$

$$Q = \sum_{k=1}^{\infty} V_k \cdot I_k \cdot \sin(\varphi_k)$$

$$|S| = VI = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

k : Komponen harmonisa ke-k

Perbandingan daya aktif dengan daya semu disebut faktor daya. Faktor daya akan sama dengan cos φ hanya jika bentuk gelombang arus dan tegangan berbentuk sinus murni. Namun karena semakin banyak beban non linier yang mengeluarkan gelombang selain sinus murni, faktor daya sering menjadi berbeda dengan cos φ . Faktor daya dikatakan baik bila mendekati nilai 1 yang merupakan kondisi ideal. Persamaan faktor daya adalah :

$$pf = \frac{P}{S}$$

Kualitas Daya Listrik

Kualitas daya listrik dapat diartikan sebagai studi tentang gangguan pada kualitas tegangan, arus maupun frekuensi. Masalah kualitas daya meningkat seiring dengan perkembangan berbagai peralatan yang sangat sensitif terhadap suplai energi listrik yang berkualitas

rendah. Masalah kualitas daya dapat dikategorikan sesuai standar IEEE 1159-1995 pada tabel 1.

Tabel 1 Klasifikasi masalah kualitas daya menurut standar IEEE 1159-1995

Kategori		Durasi	Amplitude	
Transien	Impulsif	ns-ms	-	
	Berosilasi	3 μ – 5 ms	0 – 8 pu	
Variasi tegangan durasi pendek	Instantaneous	Sag	0.5-30 siklus	0.1 – 0.9 pu
		Swell	0.5-30 siklus	1.1 – 1.8 pu
	Momentaneous	Interupsi	0.5 siklus – 3 s	<0.1 pu
		Sag	30 siklus – 3 s	0.1 – 0.9 pu
		Swell	30 siklus – 3 s	1.1 – 1.4 pu
	Temporary	Interupsi	3 s – 1 min	-
		Sag	3 s – 1 min	0.1 – 0.9 pu
		Swell	3 s – 1 min	1.1 – 1.4 pu
	Variasi tegangan durasi panjang	Interupsi	> 1 min	-
Tegangan Kurang		> 1 min	0.8 – 0.9 pu	
Tegangan Lebih		> 1 min	1.1 – 1.2 pu	
Ketidak seimbangan tegangan		Ketidak seimbangan tunak	0.5 – 2 %	
Perubahan bentuk gelombang	DC offset	Ketidak seimbangan tunak	0 – 0.1 %	
	Harmonisa	Ketidak seimbangan tunak	0 – 20 %	
	Interharmonisa	Ketidak seimbangan tunak	0 – 2 %	
	Notching	Ketidak seimbangan tunak	-	
	Derau	Ketidak seimbangan tunak	0 – 1 %	
Fluktuasi Tegangan (<i>Flicker</i>)			0.1 – 7 %	
Variasi Frekuensi		<10 s	-	

Ketidakseimbangan Tegangan

Teori komponen simetris memecah sistem tak seimbang menjadi tiga sistem seimbang yang terdiri dari sistem urutan positif, negatif dan nol. Untuk sistem seimbang sempurna tidak ada sistem urutan negatif dan nol. Karena arus urutan nol tak bisa mengalir dalam sistem tiga fasa, tegangan urutan nol tidak diperhitungkan. Ketidak seimbangan tegangan urutan

PENYUSUNAN SISTEM MONITORING KUALITAS DAYA MENGUNAKAN LABVIEW 8.6

Makalah Seminar Tugas Akhir

Habib Garbandana, L2F004480

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang

ABSTRACT

Power quality is related with any problems from supply voltage, current or frequency deviation which can cause device failure or performance dropping. In recent years, both electric utility and customer very concern about power quality changing because of some reasons such as more load devices are more sensitive to it than past time. Therefore, there is demand of power quality monitoring system which encouraged by the need of improving system power quality performance.

This final project is purposed to arrange monitoring system that consists of resistive voltage dividers, clamp-on current transformers, data acquisition devices (DAQ) SCXI and monitoring program which is designed by using graphical programming language LabVIEW 8.6. Parameters which are used as monitoring basis are 3 phase voltage signals to neutral (V_{an} , V_{bn} , V_{cn}), neutral voltage to ground (V_{ng}), 3 phase current signals and neutral current (I_a , I_b , I_c , I_n). Monitoring can be carried out based on either real signal or simulation signal which can be used for power quality study. Monitoring results can be compared with power quality standard to detect deviation. Afterwards it is can be saved in different formats.

Measurement result testing was undertaken by comparing measurement result of monitoring system with power quality analyzer Analyst 3Q which is used as reference. Testing result shows that measurement results with small error are voltage, current, frequency, phase angle $\cos \phi$, active power, apparent power, voltage unbalance factor and low order harmonics measurement whereas measurement results with high error are reactive power and high order harmonics. These errors are caused by some factors such as current transformers phase angle shift and the existence of Low Pass Filter in analog module input. Testing of other program functions, which are data saver and recorder, event detector, alarm and report generator, showed quite good result.

Keywords: Power quality, monitoring system, LabVIEW 8.6, resistive voltage divider, clamp-on current transformer, DAQ SCXI

LabVIEW 8.6 merupakan bahasa pemrograman berbasis grafis yang telah digunakan pada banyak bidang industri dikarenakan fleksibilitas dan kemudahannya untuk melakukan simulasi, presentasi, pemrograman umum, analisa data maupun melakukan pengukuran. Program dalam LabVIEW 8.6 disebut dengan VI (*Virtual Instrument*) karena tampilan dan cara kerjanya sering menyerupai instrumen asli. Dengan menggunakan peralatan DAQ (*Data Acquisition*) maupun berbagai instrumen lain yang mendukung koneksi dengan LabVIEW, LabVIEW 8.6 dapat digunakan untuk memperoleh atau menghasilkan sinyal analog dan digital

Kualitas daya berhubungan dengan tiap masalah yang berasal dari penyimpangan pada tegangan suplai, arus atau frekuensi yang dapat menyebabkan kegagalan atau penurunan kinerja pada peralatan. Berdasarkan kebutuhan akan kualitas daya yang baik, maka dibutuhkan monitoring kualitas daya yaitu proses memperoleh, menganalisa dan menampilkan data hasil pengukuran sehingga dapat dipakai sebagai informasi yang berguna untuk manajemen daya

Tujuan dari tugas akhir ini adalah menyusun sistem monitoring kualitas daya digital menggunakan LabVIEW 8.6 yang juga dapat digunakan untuk studi kualitas daya.

Pada penelitian ini, masalah dibatasi pada ruang lingkup sebagai berikut :

1. Sistem monitoring diperuntukkan bagi sistem listrik 230 Volt 3 fasa dengan hubungan trafo Wye.
2. Sistem monitoring tidak dapat digunakan untuk mendeteksi gangguan kualitas daya dengan

amplitude sangat tinggi, frekuensi tinggi maupun dengan waktu yang sangat singkat seperti transien, *flicker*, harmonisa orde tinggi dan *notching* karena keterbatasan tingkat cuplik dan lebar kanal masukan peralatan akuisisi data serta keterbatasan memori komputer.

3. Pengujian nilai THD harmonisa hanya dilakukan hingga harmonisa ke-6 karena keterbatasan lebar kanal masukan analog SCXI 1102B dimana terdapat *Low Pass Filter* 200 Hz untuk tiap kanal.
4. Standar kualitas daya umum yang digunakan secara *default* adalah standar IEEE 1159-1995 dan standar harmonisa menggunakan standar IEEE 519-1992.
5. Program simulasi gangguan hanya mensimulasikan gangguan yang dapat dideteksi oleh program akuisisi yaitu gangguan *event* dan harmonisa.
6. Pengujian sistem monitoring dilakukan pada SDP Penerangan Laboratorium Elektronika dan Mikroprosesor Teknik Elektro Universitas Diponegoro.
7. Sistem monitoring hanya ditujukan untuk pengukuran, perhitungan parameter kualitas daya dan presentasi hasil pengukuran dan perhitungan.

DASAR TEORI

Sistem Tenaga Listrik

Energi listrik diperoleh melalui pembangkitan listrik yaitu proses pengubahan energi non-listrik menjadi energi listrik. Saat disalurkan ke saluran transmisi listrik, tegangan ditingkatkan oleh transformator daya untuk menghindari rugi-rugi pada saluran yang besar. Distribusi daya listrik adalah tahap