

## PEMANTAU KESTABILAN TEGANGAN PADA JARINGAN LISTRIK 3-FASE BERBASIS PC DATALOGGER

Slamet Hani<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Institut & Sains Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Masuk: 7 April 2011, revisi masuk : 17 Juli 2011, diterima: 28 Juli 2011

### ABSTRACT

*This research, is studied about a system of PC Datalogger capable to measure, record, present the graph of usher the phase and phase voltage with neutrally on 3-phase electric network in accurate figure, informative and realtime. The watcher of stability process about 3-phase electrics network in electronic can do to use transducer with three single phase transformer in way configuration, by using RS232 interface for data communications of PC and measure module. System examination to ability of application program 3-phase datalogger.exe run by PC as regulator process the datalogger voltage 3-phase watched. In this examination, result of voltage monitoring will be presented in separate linearity graph for the tension of test the R-N, S-N, T-N, RS, ST And TR comparing with the time depth perception.*

**Keywords :** *Electrics network 3-phase, watcher, PC Datalogger*

### INTISARI

Penelitian ini akan dibahas suatu sistem PC *Datalogger* yang mampu mengukur, merekam, dan menampilkan grafik tegangan antar fase dan tegangan fase dengan netral pada jaringan 3-fase secara akurat, informatif dan *realtime*. Proses pemantau kestabilan tegangan AC dalam jaringan listrik 3-fase secara elektronik dapat dilakukan dengan menggunakan transduser 3 transformer 1 fase yang dipasang dalam konfigurasi bintang, dengan menggunakan *interface* RS232 untuk komunikasi data antara PC dengan modul pengukur. Pengujian sistem terhadap kemampuan program aplikasi 3fase *datalogger.exe* yang dijalankan oleh PC sebagai pengatur proses *data-logger* tegangan 3-fase yang dipantau. Dalam pengujian ini, hasil pemantauan tegangan akan ditampilkan dalam grafik linearitas yang terpisah untuk tegangan uji R-N, S-N, T-N, RS, ST dan TR yang berbanding dengan lama waktu pengamatan.

**Kata kunci :** jaringan listrik 3-fase, pemantau, *PC Datalogger*

### PENDAHULUAN

Pada sistem jaringan listrik 3-fase terdapat beberapa bentuk tegangan standar dari PLN yang meliputi: Jaringan transmisi tegangan ekstra tinggi 500 kV dan jaringan transmisi tegangan tinggi 150 kV, kemudian ke gardu induk dan diturunkan kembali menjadi jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV, selanjutnya diturunkan lagi tegangannya menjadi jaringan tegangan rendah tiga fase 380V. Pada jaringan listrik 3-fase ada beberapa jenis alat pengaman dan pengukur yang terdapat pada *box* panel pengukuran. Sistem konvensional *box*

panel jaringan listrik 3-fase masih didominasi oleh sistem pengukuran tegangan berbasis voltmeter AC analog. Sedangkan pada sistem modern, *box* panel jaringan listrik 3-fase sudah menggunakan voltmeter AC digital dengan tingkat akurasi yang tinggi. Kedua sistem pengukuran tegangan tersebut diatas masih memiliki kekurangan yang cukup mencolok dalam hal pencatatan hasil pengukuran yang cenderung masih bersifat manual dan harus langsung dimonitor melalui panel pada alat ukur. Hal ini mempengaruhi *factor* tingkat kestabilan tegangan AC dalam jaringan 3-fase.

---

<sup>1</sup>shaniakprind@yahoo.com

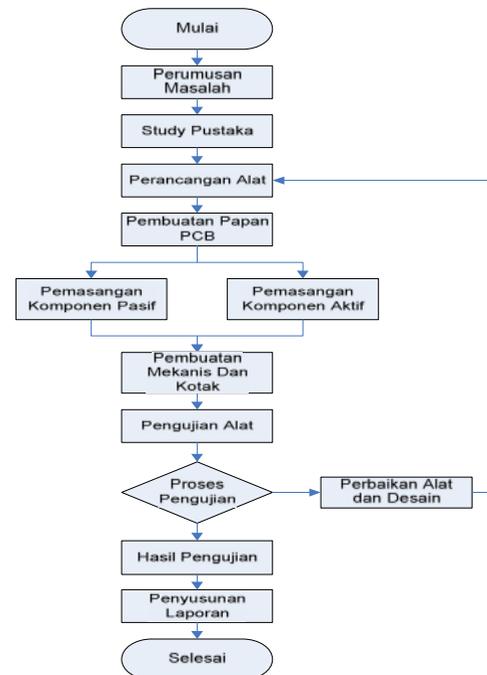
Berdasarkan uraian dalam latar belakang diatas, hal-hal penting yang menjadi rumusan masalah adalah sebagai berikut: 1). Bagaimana metode yang digunakan agar proses pemantauan kestabilan tegangan AC dalam jaringan 3-fase ini dapat dilakukan secara elektronik. 2). *Interface* apakah yang paling sesuai untuk komunikasi data antara PC dengan modul pengukur tegangan AC dalam jaringan 3-fase. 3). Manfaat dari metode yang digunakan agar faktor kesalahan pembacaan tegangan AC dalam jaringan 3-fase dapat diturunkan. 4). Rumusan masalah dari metode pengaturan dan persyaratan apa saja yang harus dipenuhi dalam pemakaian sistem PC *Datalogger* yang dirancang.

Secara pasti tujuan perancangan alat ini adalah: 1). Untuk menghasilkan suatu bentuk desain sistem PC *Datalogger* pemantau kestabilan tegangan AC jaringan 3-fase yang informatif dan handal. 2). Selain itu sistem PC *Datalogger* pemantau kestabilan tegangan AC jaringan 3-fase yang didesain dapat digunakan untuk proses pemantauan tegangan antar fase R-N, S-N, dan T-N secara simultan dan *realtime*. 3). Diharapkan dengan dibuatnya sistem PC *Datalogger* dapat meningkatkan minat dan terutama pada mahasiswa dalam mengembangkan sistem komunikasi berbasis RS232 dengan *interface* USB.

## METODE

Pembuatan alat untuk penelitian ini memerlukan bahan: 1). PC dengan program aplikasi *datalogger*. 2). Resistor dan Kapasitor. 3). Transformator 1-fase. 4). Komponen MAX232, LM741, AT89C51, ADC0809. 5). Rangkaian alat lengkap. 6). Kabel *interface* RS232 to USB *Converter*. 7). Catudaya, sedangkan alat pengujian: Perangkat kendali dan alat secara lengkap; multimeter digital dan analog; *power pack variabel* 3-fase. Jaluannya pembuatan alat: pembuatan dan pelarutan PCB; pemasangan komponen dan penyolderan; kalibrasi alat; pengujian alat dan pengambilan data sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Diagram alir penelitian yang dilakukan sesuai dengan rencana. Perancangan alat pengukur dan perekam tegangan AC

menggunakan PC-tablet. untuk mendukung realisasi dan performa.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Perancangan Alat Pengukur dan Perekam Tegangan AC menggunakan PC-Tablet. Untuk mendukung realisasi dan performa hasil pengukuran tegangan dalam jaringan listrik 1 fase maupun 3-fase secara *realtime*, sistem komunikasi antara PC-Tablet dengan piranti alat ukur digital minimal harus menggunakan kecepatan baudrate sebesar 9600Bps atau disesuaikan dengan setting *hyperterminal* yang digunakan dalam OS (Suripto. 2007).

Komunikasi data serial berbasis RS232 dan RS485 terbukti sangat efisien untuk digunakan dalam sistem kontrol dan pemantauan sel manufaktur. Namun setiap mesin produksi yang digerakkan menggunakan motor AC 3-fase harus dikontrol dan dikodekan dengan *id slave* yang berbeda. (Hariadi, 2006)

Perancangan sistem transduser dalam rangkaian penggunaan 3 buah transformator 1 fase sebagai pengganti 1 buah transformator 3-fase dalam pendeteksi fluktuatif tegangan jaringan terbukti dapat digunakan meskipun tingkat keakuratannya memiliki kesalahan rata-

rata sebesar 2,56% untuk batas tegangan 380Vac per fase. (Utami. 2007). Perhitung tegangan terukur antar fase dan tegangan antara fase dengan netral secara terprogram hanya dapat dihitung menggunakan rumus diagram vektor dengan sambungan bintang. (Saputro. 2005)

Program aplikasi Delphie dapat diterapkan bersama dengan PC maupun laptop sebagai kontrol pengiriman maupun penerimaan data *user port* pada saluran RS232 LPT-DB25, RS232 COM-DB9 maupun USB (Robert F., 1983).

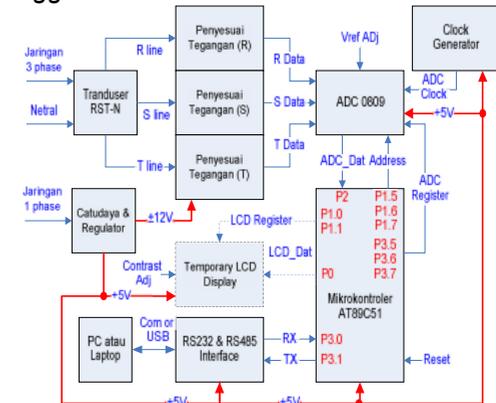
### PEMBAHASAN

Dalam perancangan alat perlu adanya identifikasi terhadap alat yang akan dibuat, antara lain: 1). Suatu komponen yang dapat memantau tegangan jaringan 3-fase secara cepat dan dapat menurunkan resolusi tegangan AC-nya agar sesuai kebutuhan sistem. 2). Sistem yang dapat menginisialisasi nilai tegangan AC keluaran transformator menjadi informasi analog sesuai dengan piranti ADC. 3). Sistem yang dapat mengkonversi besaran listrik analog menjadi data digital. 4). Komponen pada kendali untuk kendali sistem secara keseluruhan. 5). Komponen *interface* yang dapat menjembatani komunikasi data antar mikrokontroler dan PC. 6). Indikator penampil untuk menampilkan keseluruhan informasi proses sistem secara interaktif. 7). Suatu perangkat yang dapat mencatu arus dan tegangan kebutuhan alat

Berdasarkan identifikasi, maka diperoleh beberapa analisis kebutuhan terhadap alat yang akan dibuat dengan spesifikasi sebagai berikut: 1). Transformator 3-fase yang dibentuk menggunakan 3 buah transformator 1 fase dengan lajur koneksi delta atau bintang. 2). Sistem penyesuai tegangan berbasis Op Amp 741. 3). Sistem rangkaian konverter analog ke digital ADC0809. 4). Mikrokontroler AT89C51 sebagai komponen utama sistem kendali. 5). Sistem *interface* RS232 berbasis MAX232. 6). PC/Laptop sebagai penampil informasi. 7). Catudaya dan Regulator

Gambar 2 merupakan bentuk diagram blok dari sistem "Perangkat Pemantau Kestabilan Tegangan Dalam Ja-

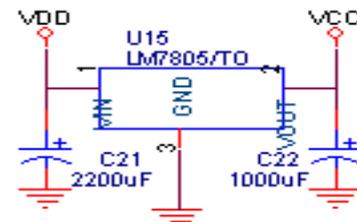
ringan Listrik 3-fase Berbasis PC Data-logger"



Gambar 2. Blok Diagram

Dalam diagram blok perancangan alat dapat dilihat bahwa desain alat dibagi menjadi beberapa bagian meliputi: rangkaian transduser, penyesuai tegangan, ADC, *clock generator*, mikrokontroler, interface RS232/RS485, catudaya dan regulator.

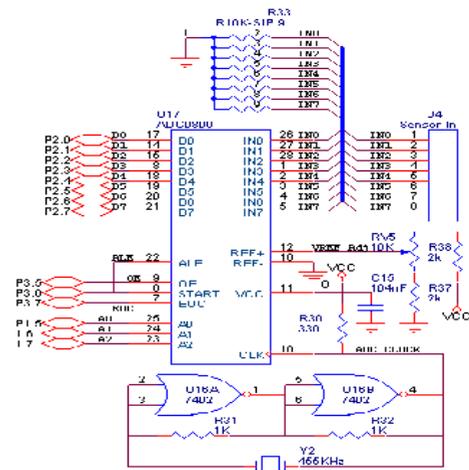
Bagian regulator +5V :



Gambar 3. Bagian Regulator +5V

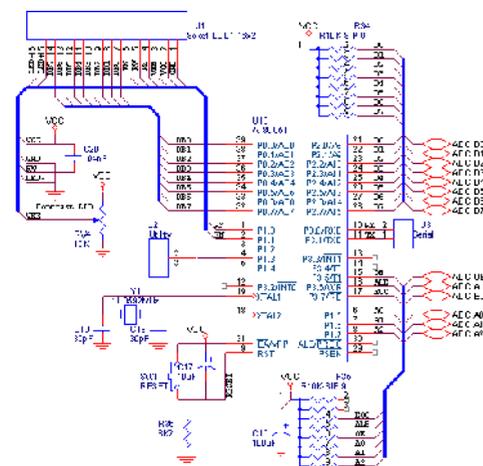
Bagian regulator terdiri atas regulator +5V U<sub>15</sub> tipe 78HT05, kapasitor filter C<sub>22</sub> dan C<sub>21</sub>. Rangkaian kontrol, ADC, *clock generator*, *interface* dan penampil sementara LCD bekerja menggunakan tegangan catuan sebesar +5Vdc. Untuk mencapai hal tersebut, tegangan saluran V<sub>DD</sub> harus difilter terlebih dahulu menggunakan kapasitor C<sub>21</sub> dan disalurkan ke saluran masukan regulator U<sub>15</sub> pin 1. Proses ini akan mengakibatkan saluran keluaran regulator U<sub>15</sub> pin 3 menghasilkan tegangan +5Vdc yang bersifat stabil. Untuk menjaga agar tegangan keluaran regulator U<sub>15</sub> tetap stabil pada saat pembebanan, maka saluran keluarannya difilter terlebih dahulu menggunakan kapasitor C<sub>22</sub>.

Bagian mikrokontroler disusun menggunakan U<sub>18</sub> AT89C51 yang dicatu menggunakan tegangan +5Vdc. Bagian mikrokontroler U<sub>18</sub> merupakan otak dari sistem rangkaian alat karena semua data *input* dan *output* harus diproses dan dikontrol melalui U<sub>18</sub> termasuk proses menerima data dari PC, pembacaan status ADC, proses kalkulasi data dan proses penampilan informasi ke PC maupun ke penampil sementara LCD. Skematik bagian mikrokontroler dapat dilihat pada Gambar 5.



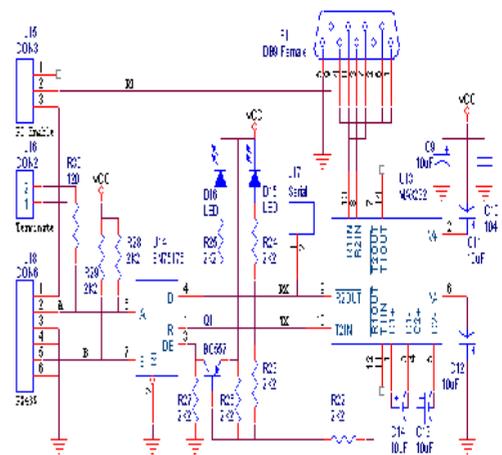
Gambar 5. Bagian ADC

Penggunaan antarmuka ini dimaksudkan agar *level sinyal* data serial dari alat (berbasis +5V) dapat disetarakan dengan level sinyal saluran DB9 PC (+12V). Dalam pengaturan ini, U<sub>13</sub> MAX-232 secara spesifik mengubah level tegangan sinyal TLL/CMOS (+5V) ke level logika saluran RS-232 (+12V) dan sebaliknya (logic converter). Skematik bagian ini dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 4. Bagian Mikrokontroler

Bagian ADC0809, bagian konverter analog ke digital disusun menggunakan U<sub>17</sub> ADC0809 dan U<sub>16</sub> TTL 7402. Selain berfungsi sebagai konverter A/D 8 saluran input, U<sub>17</sub> juga berfungsi sebagai interface 8 bit paralel antara bagian P2.0-P2.7 mikrokontroler U<sub>18</sub> dengan sumber tegangan analog yang akan diukur. Rangkaian ADC harus bekerja menggunakan sumber clock terpisah dengan mikrokontroler U<sub>18</sub>. Rangkaian pembangkit clock 455KHz untuk rangkaian ADC disusun menggunakan U<sub>16</sub> yang berisi gerbang NOR U<sub>16A</sub> dan U<sub>16B</sub>, kapasitor C<sub>15</sub>, Band Pass Filter (BPF) Y<sub>2</sub>, R<sub>30</sub>, R<sub>31</sub> dan R<sub>32</sub>. Bentuk skematik pemasangan rangkaian konverter analog ke digital secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 6.

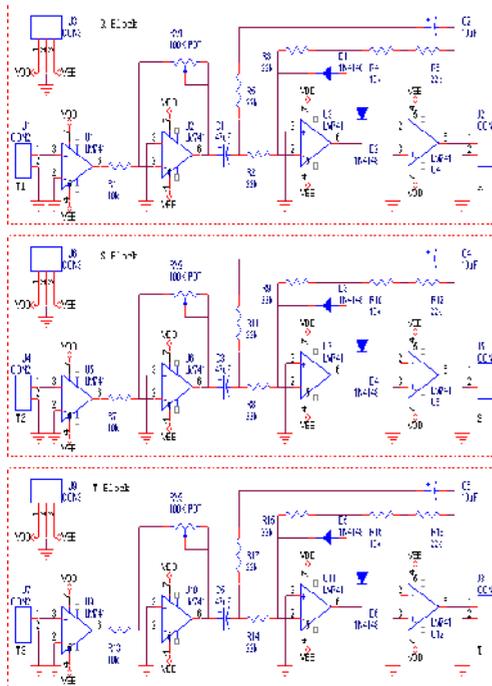


Gambar 6. Bagian RS232/RS485

Bagian RS232/RS485 Interface merupakan antarmuka *serial* yang berfungsi menyalurkan data secara *serial* dari PC ke alat dan sebaliknya.

Menurut (Jim Price, (2004) bahwa bagian Penyesuai Tegangan, secara prinsip rangkaian penyesuai tegangan RST-N berfungsi untuk menyesuaikan tegangan AC keluaran transformator dari bagian transduser menjadi tegangan DC yang relevan digunakan sebagai data ADC. Rangkaian penyesuai tegangan

dibagi menjadi 3 bagian yang identik yaitu blok R, blok S dan blok T.

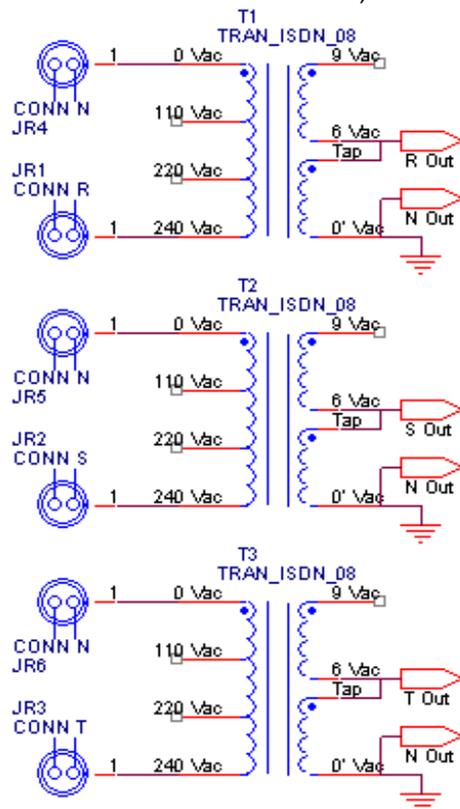


Gambar 7. Rangkaian penyesuai tegangan

Bagian transducer tegangan 3-fase, rangkaian transducer tegangan 3-fase disusun menggunakan 3 buah transformator P=240V, S=0-6V, 1A. Saluran lilitan primer yang dapat dihubungkan dalam bentuk konfigurasi bintang (dengan Netral) atau delta (tanpa Netral). Rangkaian transducer tegangan 3-fase ditunjukkan pada Gambar 8.

Hal penting yang harus diperhatikan terletak pada spesifikasi maksimal transformator T<sub>1</sub>-T<sub>3</sub> yang hanya dapat digunakan maksimal untuk tegangan 240Vac, sedangkan jaringan listrik 3-fase memiliki fluktuatif tegangan saluran antara 275Vac sampai dengan 415Vac. Permasalahan ini mengakibatkan sistem transducer berbasis transformator T<sub>1</sub>-T<sub>3</sub> tidak boleh dihubungkan secara langsung ke jaringan 3-fase dan harus dihubungkan terlebih dahulu ke perangkat power pack variabel. Langkah pengaturan ini mutlak diperlukan agar transducer tidak terbakar dan hanya menerima tegangan 3-fase acuan yang telah dibatasi oleh perangkat *power pack*

variabel (inisialisasi setting harus memenuhi ketentuan : *power pack max out* = 240Vac untuk *max in* = 415Vac).



Gambar 8. Rangkaian Transducer tegangan 3-fase

Cara kerja alat, sistem yang dirancang secara prinsip merupakan aplikasi tingkat lanjut voltmeter digital berbasis mikrokontroler dan PC *datalogger* yang dapat mengukur besaran nilai tegangan 3-fase di saluran R,S,T dengan Netral maupun besaran nilai tegangan antar fase secara *realtime* dan simultan. Karena sistem ini sudah bersifat otomatis penuh, maka interaksi pengguna akan lebih banyak ditentukan oleh sistem tampilan informasi tegangan terukur di LCD maupun di PC. Secara prinsip langkah penyampaian informasi tegangan terukur di LCD maupun di PC menggunakan urutan proses sebagai berikut:

Tegangan jaringan 3-fase RST-N dari PLN disalurkan ke rangkaian transducer melalui perangkat *power pack* variabel. Dengan menggunakan model perangkat ini, tegangan 3-fase yang masuk ke transducer maksimal hanya 240Vac (setara dengan 380Vac jaringan asli).

Tegangan keluaran perangkat *power pack* variabel tersebut kemudian di olah menggunakan transformator internal tranduser menjadi tegangan AC berlevel rendah (6Vac) dan digunakan sebagai tegangan masukan rangkaian penyesuai tegangan. Dalam sistem rangkaian ini, tegangan 6Vac akan diubah menjadi tegangan DC dengan jangkah maksimal +5Vdc yang sesuai dengan kebutuhan piranti ADC. Dengan pengertian ini, jangkah +5Vdc yang masuk ke rangkaian ADC akan setara dengan tegangan 380Vac di jaringan 3-fase yang asli.

Proses pengaturan tersebut diatas akan mengakibatkan rangkaian ADC menerima informasi tegangan analog yang sesuai dengan pergerakan atau fluktuasi yang terjadi di jaringan 3-fase asli dan menginformasikan nilainya ke rangkaian mikrokontroler sebagai data tegangan terukur R-N, S-N, T-N, RS, ST, dan TR. Tegangan keluaran bagian ADC kemudian diolah oleh mikrokontroler menjadi informasi tegangan terukur yang ditampilkan ke layar LCD maupun informasi tegangan terukur yang disalurkan ke PC sebagai bagian dari datalogger.

Pengujian Perbagian, dalam perancangan ini dilakukan pengujian perbagian agar lebih mudah dalam menganalisa. Antara lain pengujian catudaya simetris, pengujian regulator, pengujian rangkaian penyesuaian tegangan, pengujian rangkaian ADC, pengujian pada rangkaian *clock generator*, pengujian rangkaian mikrokontroler, dan pengujian rangkaian *interface*.1. Pengujian bagian Regulator +5V.

Tabel 1. Pengujian Regulator +5V

No	Test Point	Tegangan (V <sub>DC</sub> )	Keterangan
1	VDD	+12	Tegangan stabil untuk arus konsumsi ≤1A
2	VCC	+5	Tegangan stabil untuk arus konsumsi ≤1A

Tegangan keluaran regulator U<sub>15</sub> akan tetap stabil +5V selama konsumsi arus beban tidak melebihi arus maksimum U<sub>15</sub>. Batas toleransi yang di izinkan sebesar I<sub>O</sub> ≤ 1A tanpa *heatsink* (pendingin), I<sub>O</sub> ≤ 2,1A untuk kondisi *short cir-*

*cuit*, I<sub>O</sub> ≤ 2,4A untuk kondisi *peak output current*. 2. Pengujian bagian tranduser tegangan 3-fase: Rangkaian tranduser tegangan 3-fase disusun menggunakan 3 buah transformator P=240V, S=0-6V,1A. Dengan saluran lilitan primer yang dapat dihubungkan dalam bentuk konfigurasi bintang (dengan Netral) atau delta (tanpa Netral).

Tabel 2. Pengujian tranduser tegangan 3-fase

No	Test Point	Tegangan (V <sub>AC</sub> )	Keterangan
1	Primer T <sub>1</sub>	220	Tegangan uji menggunakan jala-jala 220Vac
2	Primer T <sub>2</sub>	220	
3	Primer T <sub>3</sub>	220	
4	Sekinder T <sub>1</sub>	5,68	Tegangan terukur
5	Sekinder T <sub>2</sub>	5,71	menunjukkan hasil yang tidak sama
6	Sekinder T <sub>3</sub>	5,65	

Tabel 3. Pengujian penyesuai tegangan

No	Test Point	Tegangan (V)	Keterangan
1	Sekinde T <sub>1</sub>	5,68 AC	Tegangan keluaran T <sub>1</sub>
2	SekinderT <sub>2</sub>	5,71 AC	Tegangan keluaran T <sub>2</sub>
3	Sekinder T <sub>3</sub>	5,65 AC	Tegangan keluaran T <sub>3</sub>
4	Pin 6 U <sub>1</sub>	5,68 AC	Keluaran penyangga
5	Pin 6 U <sub>5</sub>	5,71 AC	Keluaran penyangga
6	Pin 6 U <sub>9</sub>	5,65 AC	Keluaran penyangga
7	Pin 6 U <sub>2</sub>	5,7 AC	Hasil pengaturan RV <sub>1</sub>
8	Pin 6 U <sub>6</sub>	5,7 AC	Hasil pengaturan RV <sub>2</sub>
9	Pin 6 U <sub>10</sub>	5,7 AC	Hasil pengaturan RV <sub>3</sub>
10	Pin 6 U <sub>3</sub>	-5,7 DC	Keluaran penyearah aktif
11	Pin 6 U <sub>7</sub>	-5,7 DC	Keluaran penyearah aktif
12	Pin 6 U <sub>11</sub>	-5,7 DC	Keluaran penyearah aktif
13	Pin 6 U <sub>4</sub>	+5 DC	Keluaran pengkompensasi
14	Pin 6 U <sub>8</sub>	+5 DC	Keluaran pengkompensasi
15	Pin 6 U <sub>12</sub>	+5 DC	Keluaran pengkompensasi

Seperti dijelaskan dalam bagian penyesuai tegangan pada Gambar 8 diatas, secara prinsip rangkaian penyesuai tegangan RST-N berfungsi untuk

menyesuaikan tegangan AC keluaran transformator T<sub>1</sub>-T<sub>3</sub> bagian transduser menjadi tegangan DC yang relevan digunakan sebagai data ADC. Langkah ini sangat penting karena keakuratan alat sangat ditentukan oleh bagian ini. Dalam pengujian diatas dapat dilihat bahwa ketidakseimbangan tegangan keluaran transformator T<sub>1</sub>-T<sub>3</sub> telah dikoreksi oleh Op-amp U<sub>2</sub>, U<sub>4</sub> dan U<sub>10</sub> menjadi 5,7Vac disemua sisi RST. Langkah pengaturan ini dilakukan dengan mengatur posisi RV<sub>1</sub>-RV<sub>3</sub> sampai ke tiga sisi rangkaian memiliki nilai tegangan terukur yang sama.

Setelah tegangan RST dikoreksi ke dalam level yang sama, proses penyearahan tegangan keluaran Op-amp U<sub>2</sub>, U<sub>4</sub> dan U<sub>10</sub> harus dilakukan menggunakan sistem penyearah aktif U<sub>3</sub>, U<sub>7</sub> dan U<sub>11</sub> yang telah dilengkapi dengan umpan balik. Prosedur ini sangat penting untuk dilakukan agar tegangan -5,7Vdc yang terjadi di dioda D<sub>1</sub>-D<sub>6</sub> dapat dikompensasi secara cepat dan tidak terpengaruh oleh rugi-rugi tegangan bias dioda D<sub>1</sub>-D<sub>6</sub>.

Tabel 4. Pengujian gabungan antara tranduser dan penyesuai tegangan dengan Power Pack variabel

No	Test Point			Tegangan Power Pack (V <sub>AC</sub> )
	Pin 6 U <sub>4</sub> (V <sub>DC</sub> )	Pin 6 U <sub>8</sub> (V <sub>DC</sub> )	Pin 6 U <sub>12</sub> (V <sub>DC</sub> )	
1	3	2,9	2,7	115
2	2,53	2,45	2,3	100
3	2,1	1,96	2,02	90
4	2,06	1,90	1,84	80
5	1,81	1,72	1,6	70
6	1,54	1,48	1,38	60
7	1,27	1,22	1,14	50
8	1	0,98	0,91	40
9	0,77	0,74	0,69	30
10	0,52	0,5	0,47	20
11	0,27	0,25	0,23	10
12	0,12	0,11	0,11	5

Keterangan  
Interval pointUntuk power pack variable sebesar 10V<sub>AC</sub> per stepLangkah pengujian dimulaidari tegangan 115V<sub>AC</sub> sampai dengan 5V<sub>AC</sub>

Untuk menjamin agar polaritas tegangan yang disalurkan ke rangkaian ADC selalu berada dalam level +, pemasangan Op-amp U<sub>4</sub>, U<sub>8</sub> dan U<sub>12</sub> menjadi mutlak diperlukan. Dengan adanya pemasangan barisan Op-amp terakhir ini,

taraf tegangan maksimum yang disalurkan ke ADC akan berada dalam level +5V untuk keadaan nilai tegangan RST-N setara dengan 380Vac jaringan 3-fase asli atau 240Vac setelah melalui power pack variabel. Hasil uji ketepatan pembacaan sistem rangkaian tranduser dan rangkaian penyesuai tegangan dapat dilihat dalam Tabel 5. Pengujian bagian ADC0809 dan clock generator:

Tabel 5. Pengujian ADC0809 dan Clock Generator

No	Test Point	Tegangan (V)	Keterangan
1	Keluaran pin 4 U <sub>16B</sub>	H=4,5 L=0,8	Keluaran clock 455KHz LSB D0
2	Keluaran pin 17 U <sub>17</sub>	H=4,5 L=0,8	LSB D1
3	Keluaran pin 14 U <sub>17</sub>	H=4,5 L=0,8	LSB D2
4	Keluaran pin 15 U <sub>17</sub>	H=4,5 L=0,8	LSB D3
5	Keluaran pin 8 U <sub>17</sub>	H=4,5 L=0,8	MSB D5
6	Keluaran pin 18 U <sub>17</sub>	H=4,5 L=0,8	MSB D6
7	Keluaran pin 19 U <sub>17</sub>	H=4,5 L=0,8	MSB D7
8	Keluaran pin 20 U <sub>17</sub>	H=4,5 L=0,8	MSB D8
9	Keluaran pin 21 U <sub>17</sub>	H=4,5 L=0,8	

Dari hasil pengujian dalam tabel 3.4 dapat dilihat bahwa sistem rangkaian penyesuai tegangan terbukti dapat mendeteksi perubahan tegangan disalurkan RST-N yang di fluktuatifkan menggunakan AVR manual dengan interval point sebesar 10Vac untuk jangkah tegangan sumber 3-fase maksimal sebesar 115Vac (disesuaikan dengan tegangan jaringan di laboratorium). Berdasar hasil pengujian diatas, nilai galat error untuk masing-masing saluran terukur dapat dihitung menggunakan perhitungan persentase sebagai berikut:

saluran R-N memiliki galat error sebesar :

$$\frac{16,99}{12} \times 100 \% = 0,02004584 \quad 0278\%$$

saluran S-N memiliki galat error sebesar :

$$\frac{16,21}{12} \times 100\% = 0,01824750694\%$$

saluran T-N memiliki galat error sebesar :

$$\frac{15,39}{12} \times 100\% = 0,01644806\%$$

Pengujian bagian ADC digunakan untuk mengetahui ketepatan jangkah pembacaan data tegangan analog keluaran rangkaian penyesuai tegangan. Dalam pengujian ini, ketentuan nilai tegangan Vref di pin 12 U<sub>17</sub> harus benar-benar diperhatikan karena jika terjadi kesalahan setting akan sangat mempengaruhi nilai data hasil konversinya. Penepatan nilai tegangan Vref dapat dilakukan dengan mengatur nilai RV<sub>5</sub> sampai pembacaan multi meter digital tepat di 2,5V<sub>DC</sub>.

Jika *setting* terhadap tegangan Vref telah dapat dilakukan dengan benar, langkah konversi rangkaian ADC dapat dihitung dengan menggunakan ketentuan pembacaan data MSB dan LSB keluaran ADC (sesuai urutan logika biner 2<sup>7</sup>-2<sup>0</sup>). Penghitungan nilai data keluaran ADC dapat dikalkulasi menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$V_{out\ ADC} = \left( \frac{MSB}{16} + \frac{LSB}{256} \right) \times V_{cc}$$

Jika digunakan data biner (0000 1101) di keluaran D<sub>0</sub>-D<sub>7</sub> sebagai contoh perhitungan, maka nilai V<sub>out</sub> ADC adalah:

$$V_{out\ ADC} = \left( \frac{0}{16} + \frac{13}{256} \right) \times 5$$

$$V_{out\ ADC} = 0,05078125 \times 5$$

$$V_{out\ ADC} = 0,25390625$$

Pengujian bagian Mikrokontroler, disusun menggunakan U<sub>18</sub> AT89C51 yang dicatu menggunakan tegangan +5Vdc. Rangkaian ini bekerja dalam mode single chip dan tidak memerlukan pemasangan memori eksternal. Skematik bagian mikrokontroler dapat dilihat pada Gambar 5. Berikut merupakan tabel pengujian bagian mikrokontroler.

Hal penting yang harus diingat dalam pemakaian pada sistem interface RS232 terletak pada desain sistem rangkaian RS232 *logic converter* yang hanya akan bekerja secara benar apabila kebutuhan komponen external yang akan diperlukan oleh U<sub>13</sub> terpenuhi. Dalam

hal ini, termasuk pemberian tegangan catuan +5V, toleransi nilai tegangan kondensator dalam rangkaian internal *voltage doubler* +5V to +10V dan toleransi nilai tegangan kondensator dalam rangkaian internal *voltage inverter* +10V to -10V. Transisi sinyal dari PC/Laptop ke alat dan sebaliknya hanya dapat terjadi apabila status logika di level PC tepat berada dalam jangkah +10V dan -10V.

Tabel 6. Pengujian Mikrokontroler

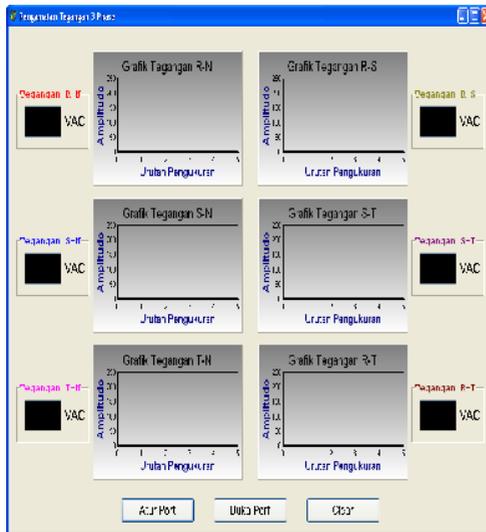
No	Test Point	Tegangan (V <sub>DC</sub> )	Keterangan
1	Pin 9 U <sub>18</sub>	0,9	Reset Pasif, SW <sub>1</sub> tidak ditekan
		3,5	Reset aktif, SW <sub>1</sub> ditekan
2	Pin 18 U <sub>18</sub>	2,4	Saluran keluaran osilator internal
3	Pin 19 U <sub>18</sub>	0,9	Saluran masukan osilator internal
4	Pin 32-39 U <sub>18</sub>	H=2,4 L=0,8	Saluran pengatur data LCD
5	Pin 1-8 U <sub>18</sub>	H=4,5 L=0,8	Saluran pengatur kontrol LCD dan ADC
6	Pin 21-28 U <sub>18</sub>	H=4,5 L=0,8	Saluran pengatur data ADC
7	Pin 10-17 U <sub>18</sub>	H=4,5 L=0,8	Saluran pengatur data serial dan ADC

Tabel 7. Pengujian RS232 Logic Converter

No	Test Point	Tegangan (V <sub>DC</sub> )	Keterangan
1	P1 pin9 RI	H=10, L=(-10)	
2	R1in pin 13 U <sub>13</sub>	H=10, L=(-10)	Tegangan kerja RS232
3	R2in pin 8 U <sub>13</sub>	H=10, L=(-10)	Posisi PC/Laptop
4	T2out pin 7 U <sub>13</sub>	H=10, L=(-10)	
5	R1out pin 12 U <sub>13</sub>	H=5 L=0	Tegangan kerja RS232
6	T2in pin 10 U <sub>13</sub>	H=5 L=0	Posisi Alat

Pengujian sistem lengkap merupakan pengujian sistem terhadap kemampuan program aplikasi 3fase data-

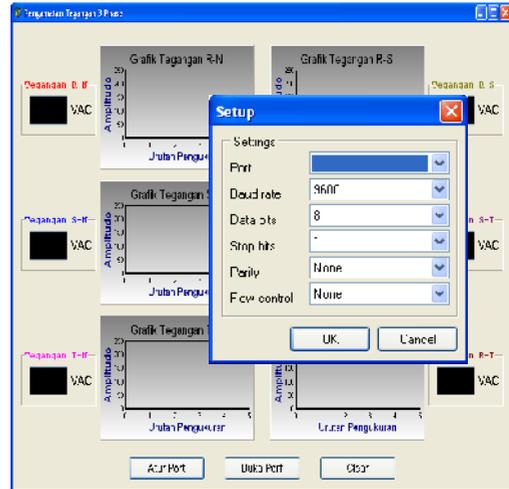
logger.exe yang dijalankan oleh PC sebagai pengatur proses datalogger tegangan 3-fase yang dipantau. Dalam pengujian ini, hasil pemantauan tegangan akan ditampilkan dalam grafik linearitas yang terpisah untuk tegangan uji R-N, S-N, T-N, RS, ST dan TR yang berbanding dengan lama waktu pengamatan.



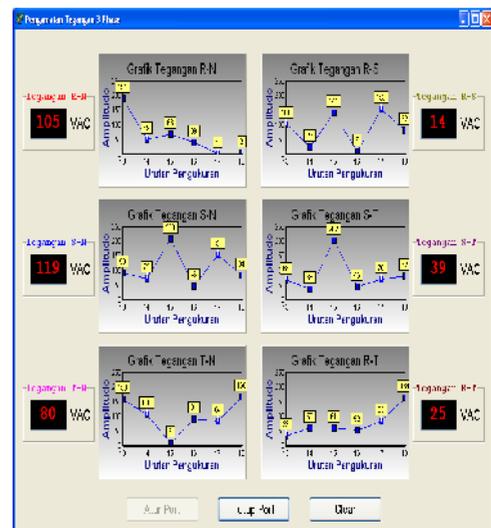
Gambar 9. Tampilan awal

Hal penting yang harus diperhatikan dalam pengujian sistem secara lengkap ini terletak pada instalasi tegangan jaringan 3-fase RST-N dari PLN yang disalurkan ke rangkaian transduser melalui perangkat *power pack variabel*. Pengguna harus memastikan terlebih dahulu bahwa, tegangan 3-fase yang masuk ke transduser maksimal hanya 240Vac (setara dengan 380Vac jaringan asli) dan dipasang dalam konfigurasi bintang (lengkap dengan saluran netral terpasang). Setelah pengguna memastikan bahwa pengaturan tegangan keluaran perangkat *power pack variabel* dan saluran netral tersebut telah dilakukan, langkah pemantauan selanjutnya sudah akan dijalankan oleh sistem secara otomatis melalui akses program 3fase datalogger.exe.

Hasil pengamatan terhadap tegangan listrik 3-fase di laboratorium instalasi dapat dilihat dalam Gambar grafik 10, 11, dan 12 tentang pengaturan port komunikasi serial dan tampilan saat pengamatan berlangsung.



Gambar 10. Tampilan pengaturan port komunikasi serial



Gambar 11. Tampilan saat pengamatan berlangsung

## KESIMPULAN

Proses pemantau kestabilan tegangan AC dalam jaringan 3-fase secara elektronik dapat dilakukan secara baik dengan menggunakan transduser 3 buah transformator 1-fase yang dihubungkan secara bersamaan dalam 1 sistem menggunakan *voltage follower* dan ADC.

*Interface* yang paling sesuai untuk komunikasi data antara PC dengan modul pengukur tegangan merupakan komponen elektronik tipe MAX232, sedangkan interface dari jaringan AC 3-fase ke modul pengukur menggunakan

tranduser transformator 1-fase, LM741, ADC0809 dan mikrokontroler AT89C51. Faktor kesalahan pembacaan tegangan AC dalam jaringan 3-fase dapat diturunkan sampai orde 1% dengan menerapkan penskalaan tegangan terukur secara digital menggunakan basis bilangan heksadesimal (256 orde)

Pengaturan sistem PC *Datalogger* harus dilakukan secara *realtime* termasuk langkah pengamatan terhadap nilai tegangan antar fase R-N, S-N, dan T-N yang terukur dalam suatu jaringan AC 3-fase. Oleh karena itu pengaturan terhadap *setting baudrate*, format data, dan pemilihan jenis saluran komunikasi PC harus dilakukan secara benar.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Robert F. Coughlin & Frederick F. Driscoll. 1983. Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linear. Jakarta : Penerbit PT Erlangga
- Utami. 2007. Transformator. Materi Perkuliahan Fakultas Pendidikan dan Teknologi Kejuruan, DIKTI, Jakarta
- Hariadi. 1995. Pengantar Analisis Algoritma Pemrograman PC. Percetakan Pusat Universitas Gunadarma, Jakarta.
- Suripto. 2007. Pengantar Logika dan Algoritma. CV. Andi Offset, Yogyakarta.
- Jim Price, 2004. "Two common applications are [RS-232/EIA-232 Serial Com](#) and the [parallel printer interface on the IBM PC](#)".
- [Craig Peacock](#), 2001, *Interfacing the Serial / RS232 Port*. Copyright 1999-2001 19th August 2001. source code: [Craig.Peacock@beyondlogic.org](mailto:Craig.Peacock@beyondlogic.org)