PERANCANGAN SISTEM MONITORING POWER SUPLAI DC 110V PANEL PROTEKSI TRAFO TENAGA GARDU INDUK BERBASIS MIKROKONTROLER AVR ATMEGA 16 DAN SMS GATEWAY

Aris Setiawan
1010622004

Dosen Pembimbing I
Dr. Ir. Rusgianto, M.M.

Dosen Pembimbing II
Sumardi, S.T., M.T.

Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Jember
arissetia90@gmail.com

ABSTRAK

Penerapan sistem penjagaan gardu induk Less Attended Substation Operation (LASO) dimana petugas gardu induk hanya bertugas hingga jam sembilan malam harus didukung dengan kesiapan seluruh faktor keandalan gardu induk terutama ketika petugas tidak berada di gardu induk. Salah satu faktor tersebut adalah kesiapan sistem proteksi yang meliputi sistem suplai arus searah dan arus bolak-balik, relai proteksi, trafo arus, trafo tegangan, pengawatan, dan pemutus tenaga. Ketidaksiapan atau ketidaknormalan salah satu bagian dari sistem proteksi terutama sumber tegangan searah untuk relai proteksi, harus dapat diketahui sejak dini untuk meminimalisir potensi meluasnya gangguan dan kerusakan peralatan akibat kegagalan relai proteksi dalam memutus arus gangguan. Dalam tugas akhir ini, penulis membuat sebuah karya berupa perancangan system monitoring power suplai 110 V DC panel proteksi gardu induk berbasis mikrokontroler AVR ATMega 16 yang berfungsi untuk memonitor sumber tegangan searah pada panel proteksi yang diintegrasikan dengan sms gateway dan fasilitas komunikasi serial untuk pemantauan melalui aplikasi pada komputer. Dengan demikan kesiapan sumber tegangan searah untuk relai proteksi dapat termonitor saat petugas sedang atau tidak berada di gardu induk.

Kata Kunci— proteksi, sumber tegangan searah, monitor.

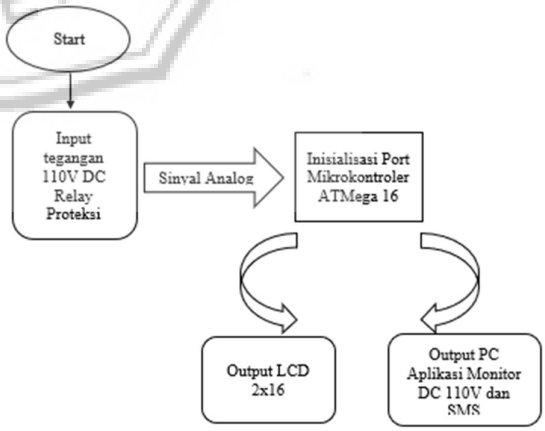
I. PENDAHULUAN

Transformator Tenaga atau yang biasa kita sebut trafo merupakan salah satu peralatan utama gardu induk dengan nilai asset paling mahal dan secara fungsi sangat vital dalam mentransmisikan tenaga listrik dari kepada pelanggan. Kerusakan pada transformator tenaga dapat menghambat kelangsungan penyaluran tenaga listrik. Oleh karena itu sistem proteksi yang berfungsi untuk melindungi trafo tenaga dari kerusakan akibat gangguan harus selalu siap. Kesiapan sistem proteksi sangat dipengaruhi oleh kesiapan suplai tegangan searah sebagai sumber tenaga relai proteksi. Ketika sumber tegangan searah hilang, relai tidak akan bekerja saat dibutuhkan dan ini berpotensi menyebabkan terganggunya penyaluran tenaga listrik dan menyebabkan kerusakan peralatan, dalam hal ini adalah trafo tenaga.

Berdasarkan data dari PT PLN (Persero) Gardu Induk Lumajang pada tanggal 11 Januari 2012 telah terjadi trip PMT 20 kV Incoming Trafo 1 akibat gangguan pada penyulang Keting. Menurut setting koordinasi proteksi, seharusnya gangguan dapat dilokalisir oleh relay proteksi yang terpasang pada penyulang Keting sehingga tidak men-tripkan PMT Incoming 20 kV Trafo 1. Hasil investigasi menunjukkan bahwa PMT 20 kV Penyulang Keting tidak bekerja karena power supplay DC untuk relay proteksi tidak siap.

Hal ini menunjukkan bahwa betapa pentingnya monitoring pada power suplay DC untuk relay proteksi, terlebih lagi beberapa area pelayanan pemeliharaan telah menerapkan sistem pemeliharaan Less Attending Substation Operation (LASO) dimana tidak ada personil yang standby 24 jam di gardu induk sehingga harus didukung dengan sistem monitoring tegangan DC 110V yang dapat memberikan informasi peringatan (*early warning system*)..

II. METODE PENELITIAN



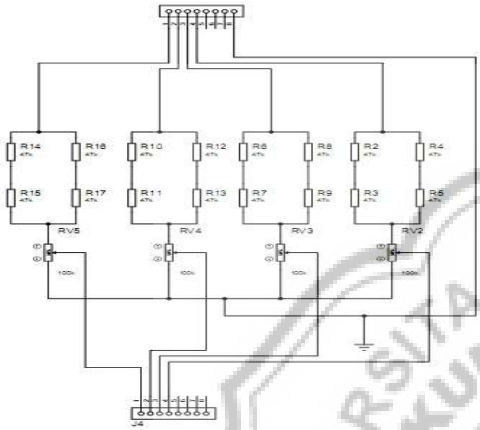
Gambar 3.1. Blok Diagram Perangkat

2.1. Perancangan Perangkat Keras

Cara Kerja sistem :

a. Tegangan suplai DC 110V dari masing-masing panel ditarik secara parallel kemudian dihubungkan pada rangkaian pembagi tegangan dengan keluaran dari rangkaian pembagi tegangan akan masuk ke Pin ADC Mikrokontroler

b. Tegangan yang masuk ke Pin ADC Mikrokontroler yang merupakan besaran analog selanjutnya dikonversi dalam bentuk digital.
c. Hasil konversi tersebut ditampilkan pada LCD
d. Setiap lima detik aplikasi meminta data tegangan pada mikrokontroler
e. Data tegangan yang diterima aplikasi selanjutnya ditampilkan pada aplikasi beserta statusnya.dan disimpan ke dalam database.
f. Ketika terjadi anomaly tegangan, aplikasi akan memberi perintah kepada modem sms untuk mengirimkan data tegangan ke nomor petugas yang telah tersimpan dalam database.



Gambar Rangkaian Voltage Divider

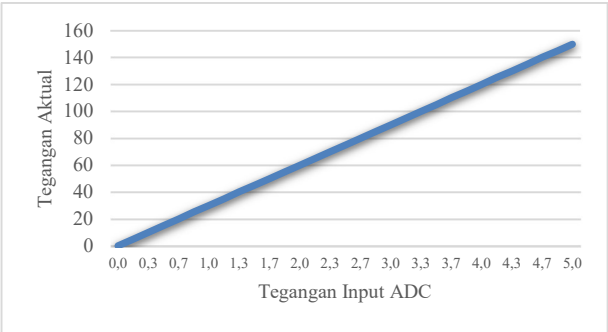
Rancangan ini menggunakan empat input tegangan 110V dengan menggunakan prinsip pembagi tegangan dimana nilai output dari pembagi tegangan tersebut yang masuk ke pin ADC tidak lebih dari 5V. Dengan jangkauan pembacaan tegangan adalah 150V maka dapat ditentukan nilai tahanan yang digunakan adalah sebagai berikut :

R1 : 47000 Ohm
R2 : 1620.7 Ohm
Vin : 150 V
V2 : 5 V

Dengan prinsip pembagi tegangan tersebut maka dapat ditentukan persamaan untuk mengetahui nilai tegangan input ADC sebagai berikut :

$$y = x \frac{R2}{(R1 + R2)}$$

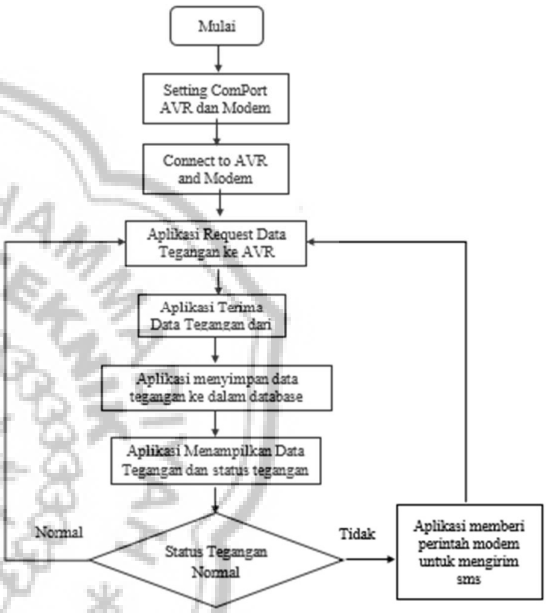
Keterangan :
y : tegangan input ADC
x : tegangan actual
R1 : tahanan 1
R2 : tahanan 2



Gambar 3.3. Grafik Tegangan Input ADC terhadap Tegangan Aktual

2.1. Perancangan Perangkat Lunak

Mikrokontroler tidak akan dapat bekerja tanpa adanya software / perangkat lunak di dalamnya. Software ini sering disebut dengan firmware yaitu suatu urutan perintah/instruksi yang harus dikerjakan oleh CPU, baik itu perhitungan aritmatika, manajemen memori, mapupun akses input/output. Bahasa C merupakan bahasa yang cukup popular dan handal untuk pemrograman mikrokontroler. Dalam membuat firmware mikrokontroler dapat menggunakan salah satu aplikasi compiler CodeVision AVR. Untuk dapat menampilkan data yang diterima oleh mikrokontroler ke PC maka diperlukan aplikasi PC yang dapat mendukung sistem ini.



Gambar Diagram Alur Aplikasi

Dalam sistem ini status tegangan dikategorikan menjadi empat berdasarkan tegangan suplai minimal dan maksimal yang diijinkan pada relay proteksi. Adapun keempat kategori tersebut adalah sebagai berikut :

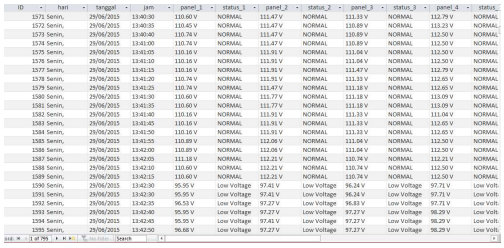
Tabel Setting Status Tegangan

Status Tegangan	Nilai Tegangan (V)
Normal	100 ≤V≤125
Over Voltage	V>125
Under Voltage	30≤V<100
Voltage Fail	V<30

Ketika status tegangan berubah dari normal menjadi *Low Voltage, Over Voltage,* atau *Voltage Fail* maka aplikasi secara otomatis akan memberi perintah pada modem sms untuk mengirimkan sms kepada nomor yang terdaftar berupa teks yang berisi nilai tegangan pada saat itu.

Perangkat lunak dilengkapi dengan Data log tegangan yang dalam sistem ini dibuat untuk memberikan informasi per

satuan waktu. Dengan demikian user dapat dengan mudah mengetahui lokasi dan waktu terjadinya anomaly tegangan pada panel proteksi. Data log dalam sistem ini dapat menyimpan data setiap lima detik. Data tersimpan dalam sebuah database dengan format database access (.accdb) yang dapat dikonversi ke format excel (.xlsx) melalui aplikasi.



ID	hari	tanggal	jam	panel_1	status_1	panel_2	status_2	panel_3	status_3	panel_4	status_
1571	Senin,	29/06/2015	13:40:30	110.60 V	NORMAL	111.47 V	NORMAL	111.33 V	NORMAL	112.79 V	NORMAL
1572	Senin,	29/06/2015	13:40:35	110.45 V	NORMAL	111.47 V	NORMAL	110.89 V	NORMAL	113.23 V	NORMAL
1573	Senin,	29/06/2015	13:40:40	110.74 V	NORMAL	111.47 V	NORMAL	110.89 V	NORMAL	112.50 V	NORMAL
1574	Senin,	29/06/2015	13:41:00	110.74 V	NORMAL	111.47 V	NORMAL	110.89 V	NORMAL	112.50 V	NORMAL
1575	Senin,	29/06/2015	13:41:05	110.16 V	NORMAL	111.91 V	NORMAL	111.04 V	NORMAL	112.50 V	NORMAL
1576	Senin,	29/06/2015	13:41:10	110.16 V	NORMAL	111.91 V	NORMAL	111.04 V	NORMAL	112.50 V	NORMAL
1577	Senin,	29/06/2015	13:41:15	110.16 V	NORMAL	111.91 V	NORMAL	111.47 V	NORMAL	112.79 V	NORMAL
1578	Senin,	29/06/2015	13:41:20	110.74 V	NORMAL	111.91 V	NORMAL	111.33 V	NORMAL	112.65 V	NORMAL
1579	Senin,	29/06/2015	13:41:25	110.74 V	NORMAL	111.47 V	NORMAL	111.18 V	NORMAL	112.65 V	NORMAL
1580	Senin,	29/06/2015	13:41:30	110.60 V	NORMAL	111.77 V	NORMAL	111.18 V	NORMAL	113.09 V	NORMAL
1581	Senin,	29/06/2015	13:41:35	110.60 V	NORMAL	111.77 V	NORMAL	111.18 V	NORMAL	113.09 V	NORMAL
1582	Senin,	29/06/2015	13:41:40	110.16 V	NORMAL	111.91 V	NORMAL	111.33 V	NORMAL	111.04 V	NORMAL
1583	Senin,	29/06/2015	13:41:45	110.16 V	NORMAL	111.91 V	NORMAL	111.33 V	NORMAL	112.65 V	NORMAL
1584	Senin,	29/06/2015	13:41:50	110.16 V	NORMAL	111.91 V	NORMAL	111.33 V	NORMAL	112.65 V	NORMAL
1585	Senin,	29/06/2015	13:41:55	110.89 V	NORMAL	112.06 V	NORMAL	111.04 V	NORMAL	112.50 V	NORMAL
1586	Senin,	29/06/2015	13:42:00	110.89 V	NORMAL	112.06 V	NORMAL	111.04 V	NORMAL	112.50 V	NORMAL
1587	Senin,	29/06/2015	13:42:05	111.18 V	NORMAL	112.21 V	NORMAL	110.74 V	NORMAL	112.21 V	NORMAL
1588	Senin,	29/06/2015	13:42:10	110.60 V	NORMAL	112.21 V	NORMAL	110.74 V	NORMAL	112.50 V	NORMAL
1589	Senin,	29/06/2015	13:42:15	110.60 V	NORMAL	112.21 V	NORMAL	110.74 V	NORMAL	112.50 V	NORMAL
1590	Senin,	29/06/2015	13:42:30	95.95 V	Low Voltage	97.41 V	Low Voltage	96.24 V	Low Voltage	97.71 V	Low Volt
1591	Senin,	29/06/2015	13:42:30	95.95 V	Low Voltage	97.41 V	Low Voltage	96.24 V	Low Voltage	97.71 V	Low Volt
1592	Senin,	29/06/2015	13:42:35	96.53 V	Low Voltage	97.27 V	Low Voltage	96.83 V	Low Voltage	97.71 V	Low Volt
1593	Senin,	29/06/2015	13:42:40	95.95 V	Low Voltage	97.27 V	Low Voltage	97.27 V	Low Voltage	98.29 V	Low Volt
1594	Senin,	29/06/2015	13:42:45	95.95 V	Low Voltage	97.41 V	Low Voltage	97.27 V	Low Voltage	98.29 V	Low Volt
1595	Senin,	29/06/2015	13:42:50	96.68 V	Low Voltage	97.27 V	Low Voltage	97.27 V	Low Voltage	98.29 V	Low Volt

Gambar Data Log Perangkat Lunak

III. HASIL & PEMBAHASAN

3.1. Pengujian Peralatan

Setelah perancangan Sistem Monitoring Power Suplai 110VDC berbasis Mikrokontroler AVR ATMega 16 selesai, langkah selanjutnya ialah melakukan pengujian. Proses Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah masing-masing komponen utama dari sistem dapat berjalan sesuai dengan fungsinya atau tidak.

Pengujian yang dilakukan terhadap komponen utama meliputi :

1. Pengujian Rangkaian LCD
2. Pengujian Rangkaian Pembaca Tegangan
3. Pengujian LED Indikasi
4. Pengujian Pembacaan dan Pengiriman Data
5. Pengujian Penampilan dan Penyimpanan Data
6. Pengujian Export Data
7. Pengujian Modem SMS
8. Pengujian Sistem Secara keseluruhan

3.1.1. Pengujian Rangkaian LCD

Gambar Pengujian Rangkaian LCD

Pengujian Rangkaian LCD dilakukan dengan tujuan untuk memastikan apakah rangkaian LCD sudah benar dan LCD dapat menampilkan karakter sesuai dengan kode yang telah diprogram pada chip mikrokontroler ATMega 16.

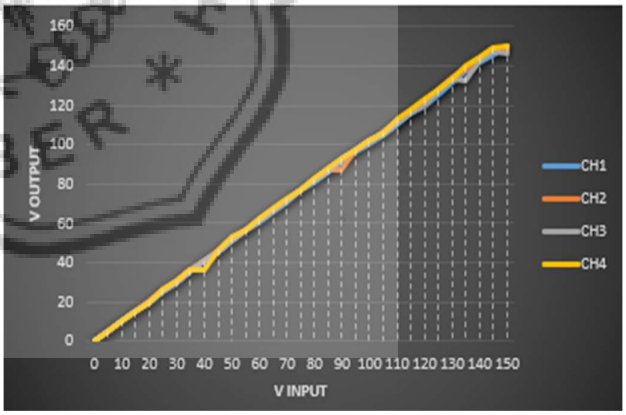
3.1.2. Pengujian Rangkaian Pembaca Tegangan

Pengujian tegangan dilakukan dari tegangan 0 hingga 150 Volt secara bertahap. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa AVR dapat membaca tegangan dengan baik.

Tabel Pengujian Rangkaian Input Tegangan ADC

V input (V)	V output (V)				Deviasi			
	CH1	CH2	CH3	CH4	CH1	CH2	CH3	CH4
20.00	20	20.3	20	20	0%	2%	0%	0%
25.00	25.2	25.93	25.63	25.78	1%	4%	3%	3%
30.00	29.74	30.76	30.18	30.62	-1%	3%	1%	2%
35.00	35.3	36.04	35.89	36.18	1%	3%	3%	3%
40.00	40.72	41.02	40.72	36.47	2%	3%	2%	-9%
45.00	45.56	46.29	45.85	46.58	1%	3%	2%	4%
50.00	50.83	51.42	50.98	52.59	2%	3%	2%	5%
55.00	56.4	56.4	56.25	57.13	3%	3%	2%	4%
60.00	60.79	61.82	61.08	61.96	1%	3%	2%	3%
65.00	65.62	66.5	66.5	67.38	1%	2%	2%	4%
70.00	70.9	71.63	71.48	72.36	1%	2%	2%	3%
75.00	76.76	77.05	76.76	77.49	2%	3%	2%	3%
80.00	80.86	82.32	81.59	82.62	1%	3%	2%	3%
85.00	85.99	87.6	86.72	87.89	1%	3%	2%	3%
90.00	90.82	86.87	92.43	92.72	1%	-3%	3%	3%
95.00	96.09	97.27	96.97	97.27	1%	2%	2%	2%
100.00	100.2	101.51	101.66	102.39	0%	2%	2%	2%
105.00	105.18	106.64	105.62	105.32	0%	2%	1%	0%
110.00	110.01	111.91	111.33	112.94	0%	2%	1%	3%
115.00	115.72	116.75	116.16	117.33	1%	2%	1%	2%
120.00	119.97	120.85	121.44	123.34	0%	1%	1%	3%
125.00	125.39	128.32	127.15	127.59	0%	3%	2%	2%
130.00	131.69	134.03	133.45	133.74	1%	3%	3%	3%
135.00	136.96	138.13	132.57	139.45	1%	2%	-2%	3%
140.00	141.5	143.55	142.82	144.14	1%	3%	2%	3%
145.00	145.75	148.54	147.36	149.56	1%	2%	2%	3%
150.00	149.85	148.54	146.78	149.85	0%	-1%	-2%	0%
Deviasi Rata – Rata					1%	2%	1%	2%

Hasil pengujian menunjukkan bahwa system dapat membaca tegangan secara linier dari 0 hingga 150 Volt dengan kesalahan rata-rata dari keempat channel adalah 1.5%.



Gambar Grafik Pembacaan Tegangan

Hasil pengujian pembacaan tegangan menunjukkan bahwa tegangan yang ditampilkan sistem linier terhadap tegangan input actual dengan persamaan regresi linier adalah sebagai berikut :

CH1: $y = 1.0047x + 0.2733$

CH2: $y = 1.0144x + 0.3231$

CH3: $y = 1.0054x + 0.5875$

CH4: $y = 1.0243x + 0.0209$

Keterangan :

x : tegangan input

y : tegangan output

3.1.3. Pengujian LED Indikasi

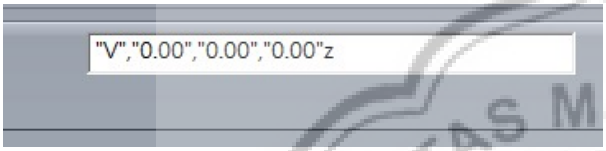
Pengujian LED ini bertujuan untuk memastikan bahwa ketika terjadi anomali tegangan maka LED akan menyala. Berikut ini adalah tabel pengujian LED :

Tabel Pengujian LED indicator

Tegangan	Status	Led CH1	Led CH2	Led CH2	Led CH2
110V	Normal	Tidak Menyala	Tidak Menyala	Tidak Menyala	Tidak Menyala
130 V	Over Voltage	Menyala	Menyala	Menyala	Menyala
90 V	Low Voltage	Menyala	Menyala	Menyala	Menyala
0 V	Voltage Fail	Menyala	Menyala	Menyala	Menyala

3.1.4. Pengujian Pembacaan dan Pengiriman Data

Pengujian rangkaian pengirim data bertujuan untuk memastikan apakah mikrokontroler dapat mengirimkan data ke aplikasi dan aplikasi komputer dapat menerima data dari mikrokontroler.



Gambar pembacaan data serial dari mikrokontroler ke aplikasi

3.1.5. Pengujian Penampilan dan Penyimpanan Data

Pengujian bertujuan untuk memastikan bahwa aplikasi dapat menampilkan data tegangan yang diterima dari AVR kemudian melakukan penyimpanan data tegangan tersebut ke dalam tabel pada database. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan perangkat keras dengan perangkat lunak dan mengaktifkan komunikasi antara AVR dengan Aplikasi.

Gambar dalam kondisi telah terhubung dengan AVR

3.1.6. Pengujian Export Data

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa data yang tersimpan dalam database dapat diexport ke dalam format excel sehingga user dapat mengolah data tersebut.

1	ID	hari	tanggal	jam	panel_1	panel_2	panel_3	panel_4
2	1	Senin,	29/06/2015	13:29:45	CH1	CH2	CH3	CH4
3	2	Senin,	29/06/2015	13:29:50	CH1	CH2	CH3	CH4
4	3	Senin,	29/06/2015	13:29:55	CH1	CH2	CH3	CH4
5	4	Senin,	29/06/2015	13:30:00	CH1	CH2	CH3	CH4
6	5	Senin,	29/06/2015	13:30:05	CH1	CH2	CH3	CH4
7	6	Senin,	29/06/2015	13:30:10	CH1	CH2	CH3	CH4
8	7	Senin,	29/06/2015	13:30:15	CH1	CH2	CH3	CH4
9	8	Senin,	29/06/2015	13:30:20	CH1	CH2	CH3	CH4
10	9	Senin,	29/06/2015	13:30:40	CH1	CH2	CH3	CH4
11	10	Senin,	29/06/2015	13:30:45	CH1	CH2	CH3	CH4
12	11	Senin,	29/06/2015	13:30:50	CH1	CH2	CH3	CH4
13	12	Senin,	29/06/2015	13:30:55	CH1	CH2	CH3	CH4
14	13	Senin,	29/06/2015	13:31:00	CH1	CH2	CH3	CH4
15	14	Senin,	29/06/2015	13:31:05	CH1	CH2	CH3	CH4
16	15	Senin,	29/06/2015	13:31:55	CH1	CH2	CH3	CH4
17	16	Senin,	29/06/2015	13:32:00	0.00 V	0.00 V	0.00 V	0.00 V
18	17	Senin,	29/06/2015	13:32:05	0.00 V	0.00 V	0.00 V	0.00 V
19	18	Senin,	29/06/2015	13:32:10	0.00 V	0.00 V	0.00 V	0.00 V
20	19	Senin,	29/06/2015	13:32:15	0.00 V	0.00 V	0.00 V	0.00 V
21	20	Senin,	29/06/2015	13:32:20	0.00 V	0.00 V	0.00 V	0.00 V
22	21	Senin,	29/06/2015	13:32:35	0.00 V	0.00 V	0.00 V	0.00 V
23	22	Senin,	29/06/2015	13:32:40	0.00 V	0.00 V	0.73 V	0.00 V

Sheet2 Sheet1

Gambar hasil proses ekspor data

3.1.6. Pengujian Modem SMS

Pengujian modem SMS dilakukan untuk memastikan bahwa fungsi ini dapat berjalan dengan benar dan lancar. Pengujian SMS terdiri dari tiga pengujian :

- Pengujian dengan Button "TES SMS" pada aplikasi
- Pengujian dengan sms "CEK TEGANGAN" dari handphone
- Pengujian ketika terjadi anomali tegangan

Tabel Pengujian Modem SMS

PENGUJIAN	TEKS SMS DITERIMA	WAKTU PENERIMAAN SMS (DETIK)
"TES SMS"	Monitoring System DC: Channel 1: 0.00V, Channel 2: 0.00V, Channel 3: 0.00V, Channel 4: 0.00V	10
"CEK TEGANGAN"	Monitoring System DC: Channel 1: 0.00V, Channel 2: 0.00V, Channel 3: 0.00V, Channel 4: 0.00V	10
Anomali Tegangan	Anomali System DC: Channel 1: 0.00V, Channel 2: 0.00V, Channel 3: 0.00V, Channel 4: 0.00V	10

IV. KESIMPULAN & SARAN

Setelah melalui proses perancangan dan pembuatan sistem serta dilakukan pengujian maka dapat diambil beberapa kesimpulan tentang sistem sebagai berikut :

Mikrokontroler ATMega 16 merupakan bagian utama yang berfungsi mengolah data analog tegangan menjadi data digital yang kemudian dikirimkan ke aplikasi.

Sistem dapat membaca tegangan dengan jangkauan 0 hingga 150V DC dengan rata-rata deviasi/selisih pembacaan tegangan keluaran adalah 1.5% terhadap tegangan masukan.

Hasil pembacaan tegangan sistem linier terhadap tegangan input actual.

Saat kondisi tegangan normal alat tidak mengirimkan informasi sms kepada nomor petugas. Saat terjadi kondisi voltage fail, low voltage, dan over voltage pada power supply DC 110V panel proteksi maka sistem akan memberikan informasi berupa sms kepada petugas yang nomornya telah terdaftar dalam aplikasi dengan waktu pengiriman sms rata-rata 10 detik. Dengan demikian dapat didapatkan kesimpulan terakhir bahwa system pada peralatan yang dirancang sudah berjalan sesuai dengan fungsinya.

DAFTAR PUSTAKA

PLN (Persero) P3B Jawa Bali, PT. 2011. Buku Petunjuk Pemeliharaan Proteksi dan Kontrol Transformator. Jakarta : PT PLN (Persero) P3B Jawa Bali.

PLN (Persero) P3B Jawa Bali, PT. 2011. Buku Petunjuk Pemeliharaan AC-DC Suplay. Jakarta : PT PLN (Persero) P3B Jawa Bali.

http://sonoku.com/data-logger-bagian-1/, diakses tanggal 23 Maret 2015 pukul 08:00 WIB

http://www.aisi555.com/2013/02/penurun-dan-penstabil-tegangan-dc.html, diakses tanggal 16 Maret 2015 pukul 09:00 WIB

http://inkubator-teknologi.com/produk/tutorial-pemrograman/monitoring-suhu-dengan-mikrokontroler-dan-komputer, diakses pada tanggal 12 Agustus 2014
http://ilmukomputer.org/category/pemrograman-delphi/, diakses tahun 2014

http://myavr.wordpress.com/2011/06/03/access-multi-sensor-using-tcomport-delphi-and-avr-microcontroller/, diakses tahun 2014

http://blog.adisanjaya.com/2014/08/download-e-book-step-by-step.html, diakses tahun 2014

https://www.youtube.com/watch?v=OF0TFBQKCSY – Delphi programming with serial interface – YouTube, diakses tahun 2014