

PENGEMBANGAN MODUL REDUNDANSI PESAWAT UPS BERBASIS MIKROKONTROLER

Surya Alimsyah, Amin Muhammad Robbi
 surya_alimsyah@yahoo.com.sg , amin17712@gmail.com
 Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains dan Teknologi Nasional
 Jl. Moh. Kahfi II Jagakarsa, Jakarta Selatan.

ABSTRACT: Redundancy module is devices that operate one of two UPS (uninterrupt power supply) alternately. Automatic Switchover began when problem occurred on the UPS which supplying the load. This project develops an existing redundancy module into a microcontroller based device, with keypad and LCD display as a setup interface. Sensors consisting of 'DC voltage detector', 'load current sensing', and 'AC voltage sensing', and WinCC based data record. The result of the prototype made has been tested, and works well in facilitating the certainty of setting the lower limit value with a certainty level of 0.1V. At full scale, the accuracy of sensors and detectors is quite relevant with a value of 99,15% for 'DC voltage detector', 99% for 'load current sensing', and 99,1% for 'AC voltage sensing'. The automatic transfer works well with balance, so that the operation time between UPS becomes more equal. The data recording system for recording 'load current sensing ', 'AC voltage sensing ' and existing UPS sensors are AC fail, Rectifier fail, overvoltage, and low voltage, functioning properly. In addition to being displayed in realtime charts, recorded data can be re-generated within an adjustable time duration.

Keywords: UPS, redundancy, device development, microcontroller.

ABSTRAK: Modul redundansi adalah alat yang mengoperasikan satu dari dua buah UPS (Uninterrupt power supply) secara bergiliran. Otomatisasi pengalihan terjadi ketika UPS yang menyuplay tegangan ke load bermasalah. Makalah ini mengembangkan modul redudansi yang sudah ada menjadi alat berbasis mikrokontroler, dengan keypad dan display LCD sebagai antar muka penyetingan. Sensor sensor yang terdiri dari 'detektor tegangan DC', 'pengindra arus beban', dan 'pengindra tegangan AC', serta rekam data berbasis WinCC. Hasil prototype yang dibuat telah teruji, dan berfungsi dengan baik dalam mempermudah kepastian setting nilai batas bawah dengan tingkat kepastian mencapai 0,1V. Pada skala penuh tingkat akurasi sensor dan detektor cukup relevan dengan nilai sebesar 99,15 % untuk 'detektor tegangan DC', 99% untuk 'pengindra arus', dan 99,1% untuk 'pegindra tegangan AC'. Otomatisasi penggiliran berfungsi dengan baik disertai dengan keberimbangan, sehingga waktu operasi antar UPS menjadi lebih setara. Sistem rekam data untuk merekam 'pengindra arus', 'pengindra tegangan AC' serta sensor yang telah ada pada UPS yaitu AC fail, Rectifier fail, overvoltage, dan low voltage, berfungsi dengan baik. Selain dapat ditampilkan dalam grafik realtime, data yang direkam dapat dimunculkan kembali dalam durasi waktu yang dapat diatur.

Kata Kunci : UPS, redudansi, redundansi penyeimbang, rekam data UPS.

1. PENDAHULUAN

Modul redundansi adalah alat yang berfungsi untuk mengoperasikan satu dari dua buah *Uninterrupt Power Supply*, biasa disingkat *UPS (Main UPS dan Stanby UPS)* secara bergiliran.

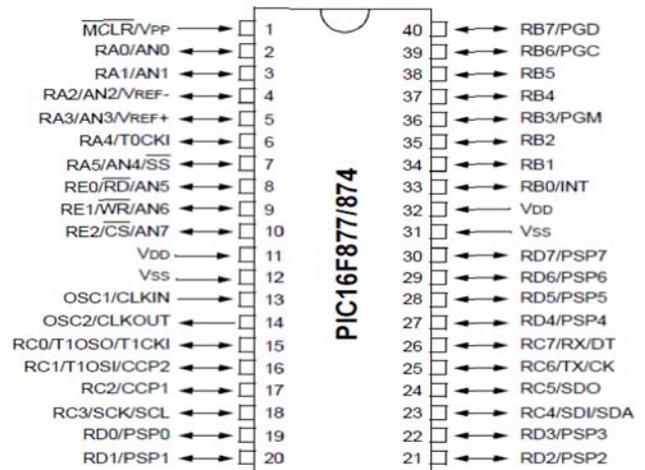
Modul redundansi saat ini menggunakan rangkaian elektronika berbasis *Op-amp* sebagai komponen utama. Modul redundansi saat ini memiliki beberapa kekurangan diantaranya, pengaturan batas bawah tegangan yang diinginkan tidak dapat dilakukan secara pasti, indikasi yang tidak detail, serta operasi antara kedua *UPS* yang tidak berimbang dimana waktu operasi stanby-UPS jauh lebih sedikit dibanding main- UPS, karena stanby-UPS hanya aktif ketika main-UPS bermasalah.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 PIC16F877A

PIC16F877A merupakan salah satu keluarga mikrokontroler kelas *mid-range* keluaran *Microhip technology*, yang menggunakan arsitektur bus selebar 8 bit dan memiliki fitur umum yang dimiliki mikroprosesor jenis RISC, semisal mengadopsi arsitektur harvard, single cycle instruction, dan reduce instruction set. Mikrokontroler ini dapat beroperasi pada tegangan sumber mulai 2V hingga

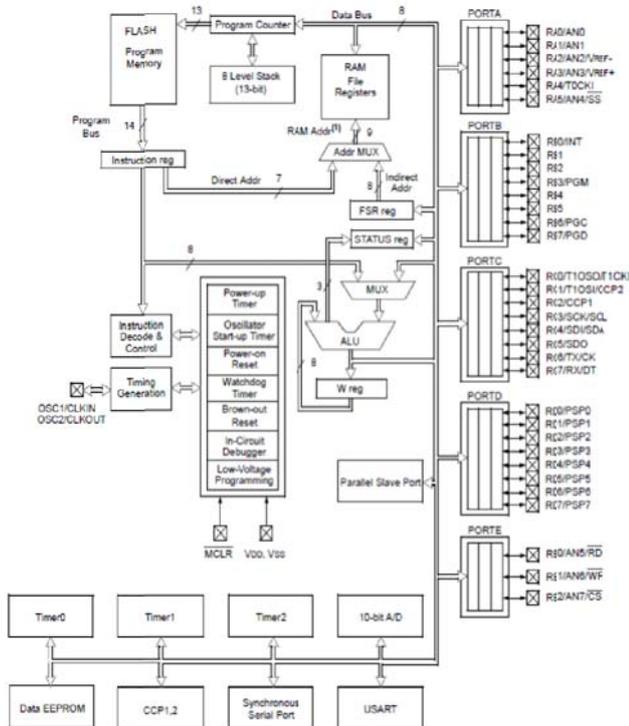
5.5VDC. Dengan kecepatan maksimum satu siklus mesin dapat dicapai dalam waktu 200 nS (nano second) dengan menggunakan *crystall* 20 MHz. Selain itu, mikrokontroler ini memiliki fitur 'pemrograman dalam sistem' (In circuit serial programing / ICSP).



Gambar 1: Diagram Pin PIC16F877A

Selain memiliki 33 Pin I/O, dimana delapan buah I/O tersebut dapat difungsikan sebagai saluran ADC selebar 10 bit, Mikrokontroler ini memiliki memori program

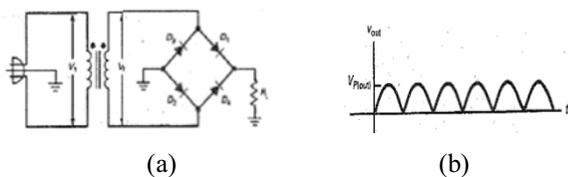
sebesar 8K x14-bit, memori data RAM sebesar 368 Byte, dan memori data EEPROM sebesar 256 Byte. Mikrokontroler ini dilengkapi pula dengan dua buah timer/counter 8-bit dan sebuah timer /counter 16-bit, dan sistem komunikasi sinkron dan asinkron.



Gambar 2: Diagram Blok Arsitektur PIC16F877A

2.2 Rangkaian Bridge Rectifier

Rangkaian bridge rectifier (penyearah jembatan) merupakan rangkaian yang mengubah tegangan AC menjadi DC menggunakan empat buah dioda.



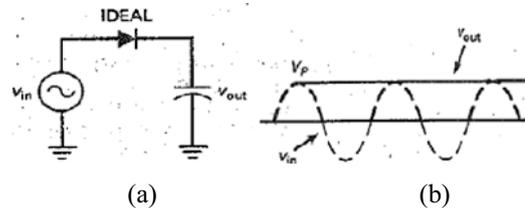
Gambar 3: Penyearah jembatan
(a) Rangkaian skematik (b) Output

Dioda D1 dan D2 akan melewati tegangan ke load saat kondisi siklus AC positif, dioda D4 dan D3 akan melewati tegangan ke load Saat kondisi siklus AC negatif. Dengan demikian, output penyearah juga dapat dijadikan acuan untuk deteksi tegangan input. Hal tersebut terjadi karena output (DC) akan menunjukkan nilai 0 V ketika tidak ada tegangan input (AC), dan akan menunjukkan suatu nilai tegangan DC ketika ada tegangan input (AC).

2.3 Filter Kapasitor

Filter kapasitor adalah salah satu jenis filter terdiri dari kapasitor yang dirangkai paralel dengan beban. Filter kapasitor akan menghasilkan output tegangan senilai tegangan peak dari penyearah. Hal ini disebabkan karena setiap kali dioda mendapat forward bias, dioda akan

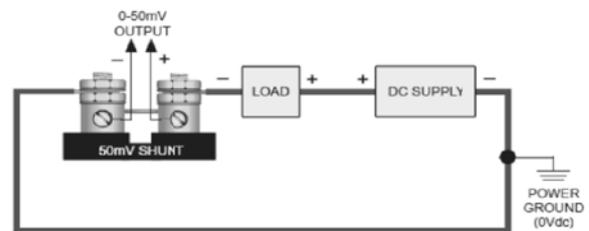
melewatkan tegangan ke kapasitor (mengisi kapasitor) hingga nilai tegangan pada kapasitor akan sama dengan nilai tegangan puncak (peak). Ketika Dioda mendapat reverse bias, dioda berlaku seperti saklar terbuka dan tegangan pada kapasitor tetap bernilai tegangan maksimum (peak).



Gambar 4: Penyearah dengan filter kapasitor
(a) Rangkaian skematik (b) Output

2.4 Shunt Resistor

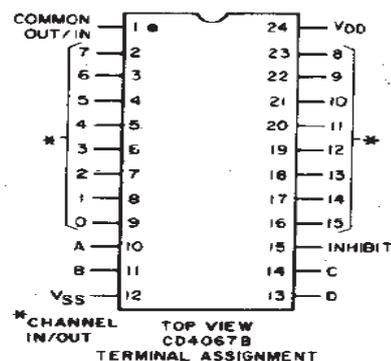
Shunt resistor adalah resistor presisi yang memiliki nilai resistansi rendah yang digunakan untuk mengukur arus listrik berdasarkan nilai tegangan yang timbul pada resistor. Untuk mengukur arus, shunt resistor disisipkan diantara load dan suplay seperti ditunjukkan pada gambar 5. Shunt resistor dapat disisipkan pada sisi suplay positif (High side) atau sisi suplay negative (low side). Nilai arus dapat diketahui berdasarkan nilai tegangan yang timbul pada resistor



Gambar 5: Shunt resistor pada rangkaian (low side).

2.5 Multiplexer/Demultiplexer CD4067

CD4067 merupakan IC yang berfungsi sebagai multiplexer atau demultiplexer. IC tersebut memiliki enam belas buah pin kanal input/output, sebuah pin common input/output, dan empat buah pin address untuk memilih salah satu dari enam belas kanal input/output.



Gambar 6: Pin CD4067

Saat dikonfigurasi sebagai multiplexer, IC ini akan mengirimkan sinyal dari salah satu kanal input menuju

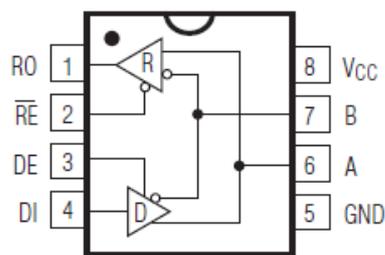
common output. Saat dikonfigurasi sebagai demultiplekser, IC ini akan mengirimkan sinyal dari common input menuju ke salah satu kanal output. Nomer kanal yang dipilih ditentukan dengan mengatur pin address. Pin Inhibit berfungsi untuk mengaktifkan atau menonaktifkan aliran sinyal dari input ke output.

Tabel 1: Tabel kebenaran CD4067

A	B	C	D	Inh	Selected Channel
X	X	X	X	1	None
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1
0	1	0	0	0	2
1	1	0	0	0	3
0	0	1	0	0	4
1	0	1	0	0	5
0	1	1	0	0	6
1	1	1	0	0	7
0	0	0	1	0	8
1	0	0	1	0	9
0	1	0	1	0	10
1	1	0	1	0	11
0	0	1	1	0	12
1	0	1	1	0	13
0	1	1	1	0	14
1	1	1	1	0	15

2.6 Serial Driver MAX 485

MAX485 adalah IC yang berfungsi sebagai transceiver dalam sistem komunikasi RS-485. IC ini mengubah level sinyal yang berasal dari sisi input (misalnya mikrokontroler) menjadi sinyal yang sesuai standar komunikasi RS-485 begitu pula sebaliknya.



Gambar 7: Pin MAX485

Tabel 2: Karakteristik Max-485 saat proses pengiriman data

INPUTS			OUTPUT
RE	DE	A-B	RO
0	0	$\geq +0.2V$	1
0	0	$\leq -0.2V$	0
0	0	Inputs open	1
1	0	X	High-Z*

Tabel 3: Karakteristik Max-485 saat proses penerimaan data

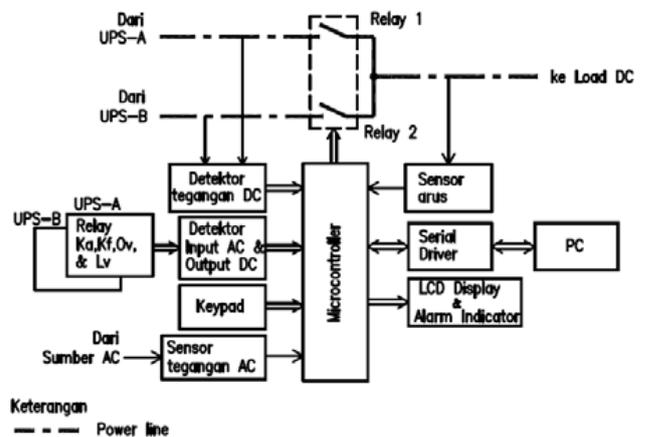
INPUTS			OUTPUTS	
RE	DE	DI	A	B
X	1	1	0	1
X	1	0	1	0
0	0	X	High-Z	High-Z
1	0	X	High-Z*	High-Z*

3. METODOLOGI

3.1 Rancangan Sistem

Rancangan alat pengembangan ditunjukkan dalam diagram blok yang dapat dilihat pada gambar 8. Alat

Pengembangan ini terdiri dari 'sensor tegangan AC', 'detektor tegangan DC', 'detektor input AC & output DC', 'sensor arus', dan 'keypad' sebagai perangkat-perangkat input. 'Mikrokontroler' bertindak sebagai perangkat proses. Sedangkan perangkat output terdiri dari 'Relay', 'display LCD', 'alarm indikator', dan 'serial driver' yang menghubungkan modul redundansi ke 'PC'.



Gambar 8: Diagram Blok Modul Redundansi Pengembangan

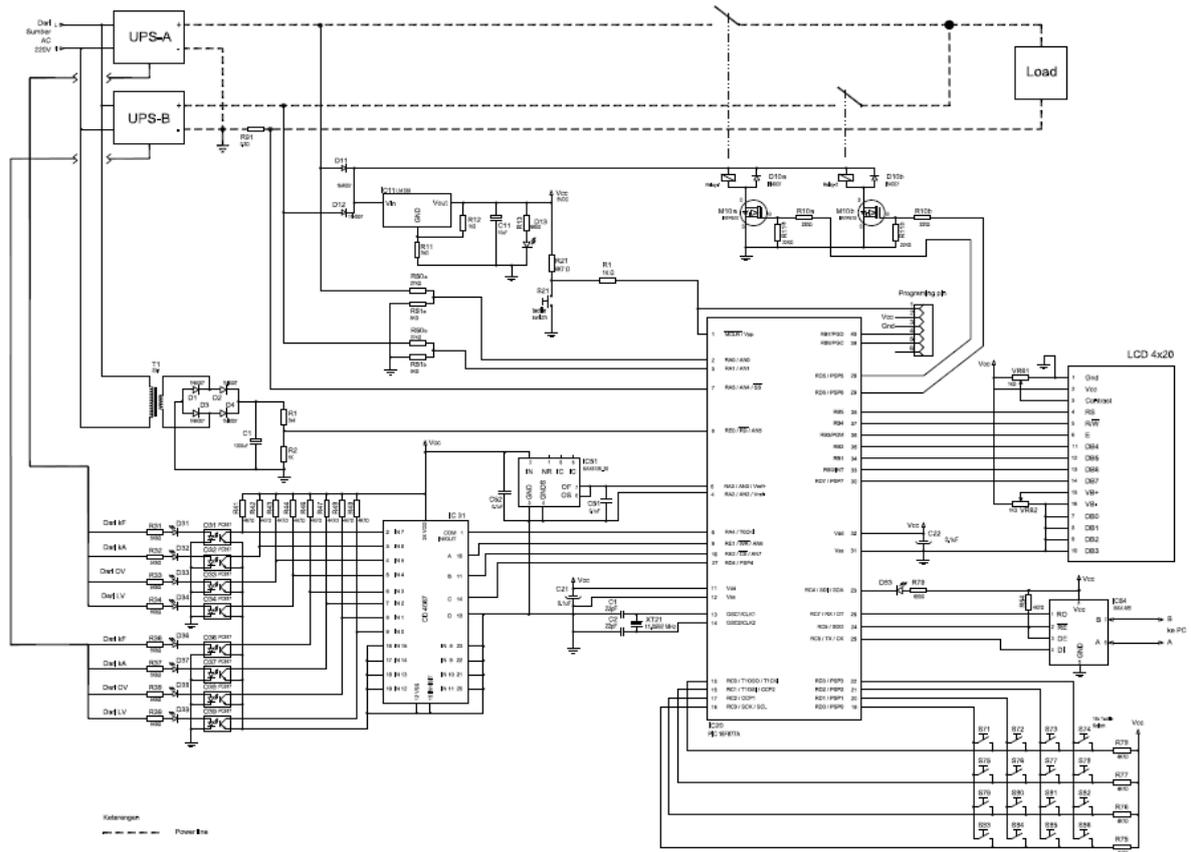
3.2 Realisasi Sistem

Nilai setting batas bawah yang dimasukkan melalui 'keypad' dikirim ke 'mikrokontroler' menggunakan metode scan. Nilai setting tersebut selain digunakan untuk pemrosesan selanjutnya, juga dikirim ke 'LCD' untuk ditampilkan.

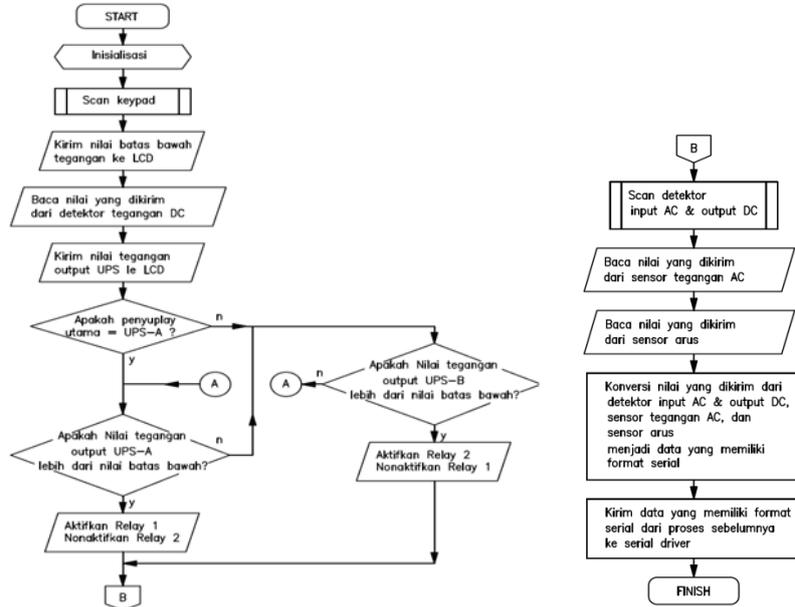
Output tegangan dari kedua UPS akan dideteksi oleh 'detektor tegangan DC' menggunakan prinsip voltage divider, yang kemudian nilainya dikirim ke pin analog 'mikrokontroler'.

'Mikrokontroler' sebagai perangkat proses akan membandingkan hasil pemrosesan 'detektor tegangan DC' dengan nilai batas bawah yang diinput sebelumnya. Bila nilai tegangan kedua UPS lebih tinggi dari nilai setting batas bawah, maka 'mikrokontroler' akan mengaktifkan 'relay-1' dan menonaktifkan 'relay-2'. Bila suatu saat nilai tegangan 'UPS-A' lebih kecil dari nilai batas bawah, maka secara bertahap 'mikrokontroler' akan mengaktifkan 'relay-2', baru kemudian menonaktifkan relay-1, dan alarm indikator. Selain untuk hal tersebut, hasil pemrosesan 'detektor tegangan DC' juga dikirim ke 'LCD' untuk ditampilkan.

'Pengindra (sensing) tegangan AC' akan menyearahkan tegangan input kemudian memperkecil hasil keluaran penyearahkan kemudian mengirimkannya ke mikrokontroler. 'Pengindra (sensing) arus' yang terdiri dari sebuah resistor, akan mengirimkan tegangan yang timbul pada rangkaian ke 'mikrokontroler'. 'Detektor input AC dan output DC' mendeteksi alarm yang dikirim dari relay peringatan dari kedua UPS, antara lain KA (Ac fail), KF (Rectifier fail), OV(Overvoltage), LV (Lowvoltage). Hasil pemrosesan 'Pengindra (sensing) tegangan AC', 'Pengindra (sensing) arus', 'Detektor input AC dan output DC' kemudian diubah oleh 'mikrokontroler' menjadi data berformat serial yang kemudian dikirimkan ke 'serial driver' untuk selanjutnya dikirimkan ke PC untuk direkam.



Gambar 9: Rangkaian lengkap sistem suplay redundant



Gambar 10: Flow chart firmware mikrokontroler.

4. HASIL DAN BAHASAN

4.1 Pengujian parameter input

Uji parameter input terdiri dari dua bagian yaitu uji input batas bawah dan uji pemilihan UPS. Untuk pengujian input batas bawah, dilakukan dengan memasukkan empat sample nilai batas bawah berbeda.

Tabel 4: Hasil Uji input batas bawah

Nilai yang diinput (V)	Nilai batas bawah setelah diinput (V)
5.0	5.0
19.5	19.5
21.0	21.0
35.8	35.8

Hasil pengujian pada tabel 4 menunjukkan bahwa sistem input data berfungsi dengan baik. Proses pengaturan dapat dilakukan dengan cara yang lebih mudah serta menghasilkan nilai setting yang lebih pasti dengan tingkat kepastian mencapai 0.1V. Kekurangan pada sistem input yaitu nilai yang sudah diinput sebelumnya akan tersalin ke nilai yang akan diisi kemudian, menyebabkan diperlukannya kecermatan ketika memasukkan angka demi angka.

Uji parameter input yang kedua yaitu uji pemilihan UPS. Pengujian ini dilakukan dengan pada berbagai kemungkinan kondisi UPS yang mungkin terjadi saat proses memilih UPS.

Tabel 5: Hasil Uji pemilihan UPS

Kondisi UPS	Indikator Awal			Indikator Setelah Aksi				
	UPS-A	UPS-B	Alarm ind.	UPS-A	UPS-B	Relay 1	Relay 2	Alarm ind.
A(B), B(B)	UPS-A : 24,0V SUPPLI	UPS-B : 24,2V BROKUR	0	UPS-A : 24,0V BROKUR	UPS-B : 24,2V SUPPLI	1	0	0
A(B), B(B)	UPS-A : 24,0V BROKUR	UPS-B : 24,2V SUPPLI	0	UPS-A : 24,0V SUPPLI	UPS-B : 24,2V BROKUR	0	1	0
A(B), B(F)	UPS-A : 23,9V SUPPLI	UPS-B : 19,9V FRIL	1	UPS-A : 23,9V SUPPLI	UPS-B : 19,9V FRIL	1	0	1
A(F), B(B)	UPS-A : 19,9V FRIL	UPS-B : 24,2V SUPPLI	0	UPS-A : 19,9V FRIL	UPS-B : 24,2V SUPPLI	0	1	1

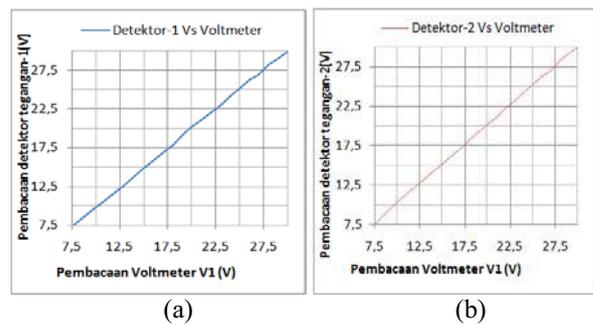
Hasil pengujian didapatkan bahwa fasilitas ini berfungsi dengan baik seperti ditunjukkan pada tabel 5. Selain tahapan perpindahan yang sudah sesuai, status yang tampil pada 'LCD' dan pada 'alarm indicator' juga sudah sesuai dengan kondisi aktual. Karena itu selain fungsi otomatisasi perpindahan, fungsi otomatisasi proteksi juga berfungsi dengan baik.

4.2 Pengujian Akurasi Sensor

4.2.1 Uji akurasi 'detektor tegangan DC'

Tabel 6: Hasil Uji akurasi detektor tegangan DC

Tegangan pada voltmeter V1 (V)	Pembacaan detektor	Penyimpangan pembacaan pada detektor-1 (V)	Penyimpangan pembacaan pada detektor-2 (V)
7,5	UPS-A : 17,25V UPS-B : 17,25V	0,2	0
10	UPS-A : 19,80V UPS-B : 19,80V	0,2	-0,3
12,55	UPS-A : 112,7V UPS-B : 112,7V	0,25	-0,15
15,09	UPS-A : 118,9V UPS-B : 118,9V	0,09	-0,11
17,47	UPS-A : 117,9V UPS-B : 117,9V	0,17	-0,13
18,05	UPS-A : 118,9V UPS-B : 118,9V	0,15	-0,25
19,02	UPS-A : 119,10V UPS-B : 119,10V	-0,08	-0,18
20,03	UPS-A : 120,2V UPS-B : 120,2V	-0,17	-0,17
21,03	UPS-A : 121,1V UPS-B : 121,1V	-0,07	-0,07
22,03	UPS-A : 122,3V UPS-B : 122,3V	-0,07	-0,27
23,07	UPS-A : 123,1V UPS-B : 123,1V	-0,03	-0,13
24,07	UPS-A : 124,3V UPS-B : 124,3V	-0,13	-0,23
25,05	UPS-A : 125,2V UPS-B : 125,2V	-0,15	-0,25
26,07	UPS-A : 126,3V UPS-B : 126,3V	-0,23	-0,23
26,91	UPS-A : 127,2V UPS-B : 127,2V	0,11	-0,09
28,01	UPS-A : 128,2V UPS-B : 128,2V	-0,19	-0,19
29,09	UPS-A : 129,3V UPS-B : 129,3V	-0,01	-0,21
30,03	UPS-A : 130,8V UPS-B : 130,8V	0,03	0,03



Gambar 11: Grafik pembacaan 'detektor tegangan DC' (a) UPS-A (b) UPS-B

Dari grafik yang ditunjukkan pada gambar 11, terlihat bahwa hasil pembacaan 'detektor tegangan DC' dibanding pembacaan voltmeter adalah linear. Dan dari tabel 6, didapatkan bahwa detektor tersebut memiliki penyimpangan pembacaan tertinggi senilai - 0,25V (0,85%) seperti ditunjukkan pada baris ketiga, keenam, dan baris ketiga belas.

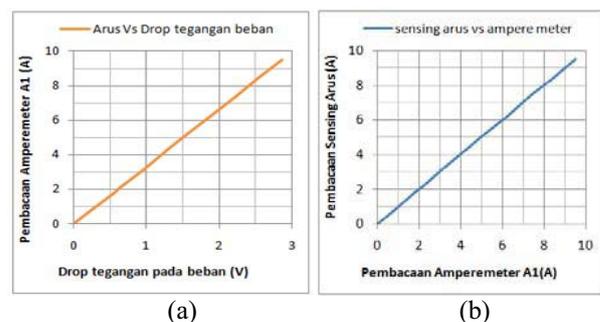
4.2.2 Uji akurasi 'Pengindra arus beban'

Tabel 7: Hasil Uji pengindra arus beban

Pembacaan Amperemeter A1 (A)	Pembacaan sensor arus (A)	Tegangan Pada titik V1 (V)	Tegangan Pada titik V2 (V)	Selish Pembacaan Arus (A)	Drop tegangan pada beban / V1-V2 (V)
0	0	23,9	23,9	0	0
0,82	0,8	23,9	23,64	0,02	0,26
1,79	1,8	23,9	23,35	-0,01	0,55
2,14	2,1	23,9	23,25	0,04	0,65
3,17	3,2	23,9	22,94	-0,03	0,96
4,38	4,4	23,9	22,59	-0,02	1,31
5,07	5,1	23,9	22,38	-0,03	1,52
6,19	6,2	23,9	22,03	-0,01	1,87
7,4	7,5	23,9	21,67	-0,1	2,23
8,43	8,4	23,9	21,37	0,03	2,53
9,51	9,5	23,9	21,04	0,01	2,86

Dari grafik yang ditunjukkan pada gambar 12 (a), terlihat bahwa hasil pembacaan 'Pengindra (sensing) arus beban' dibanding pembacaan ampere meter adalah linear, dan dari tabel 7 didapatkan bahwa sensor memiliki penyimpangan pembacaan tertinggi senilai - 0,1A (1%) seperti ditunjukkan pada baris kesembilan.

Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa sensor menyebabkan dampak sampingan terhadap kestabilan tegangan pada load. Tegangan pada load mengecil seiring membesarnya arus secara linear (gambar 12 (b)) dengan nilai sebesar 0,3V per Ampere, dengan nilai maksimal 2,8V pada arus 9,51A.

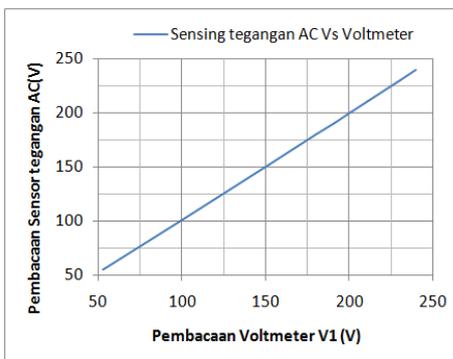


Gambar 12: Grafik pembacaan Pengindra (sensing) arus (a) Sensing arus (b) Drop tegangan pada beban

4.2.3 Uji akurasi 'Pengindra tegangan AC'

Tabel 8: Hasil Uji pengindra tegangan AC

Tegangan pada voltmeter V1 (V)	Pembacaan sensor(V)	Penyimpangan pembacaan (V)
52,9	55	-2,1
99,6	100,2	-0,6
152,2	151,6	0,6
179,8	179,4	0,4
191,1	190,7	0,4
200,8	200,5	0,3
210,9	210,9	0
221,4	221,2	0,2
230,1	230,2	-0,1
239,7	239,5	0,2



Gambar 13: Grafik pembacaan 'Pengindra (sensing) tegangan AC'

Dari grafik yang ditunjukkan pada gambar 13. terlihat bahwa hasil pembacaan 'Pengindra (sensing) tegangan AC' dibanding pembacaan voltmeter adalah linear, dan dari tabel 8 didapatkan bahwa sensor memiliki penyimpangan pembacaan tertinggi senilai - 2,1V (0,9%) seperti ditunjukkan pada baris pertama.

4.3 Pengujian fungsi otomatisasi

4.3.1 Uji fungsi otomatisasi skema-1

Dalam skema ini, pengujian fungsi otomatisasi dilakukan ketika output UPS berkurang secara bertahap hingga mencapai nilai batas bawah.

Tabel 9: Hasil Uji otomatisasi skema-1

Tegangan UPS (V)		Relay		Alarm Indicator	Load			
A	B	1	2		PLC	HMI	Relay	Lampu Indikator
24	23,9	Aktif	Non aktif	Non aktif	A	A	A	A
20,2	23,9	Non Aktif	Non aktif	Non aktif	A	A	A	A
20	23,8	Aktif	Aktif	Non aktif	A	A	A	A
	23,8	Non aktif	Aktif	Aktif	A	A	A	A
19,9	23,8	Non aktif	Aktif	Aktif	A	A	A	A
24,2	20,2	Non aktif	Aktif	Non aktif	A	A	A	A
24,2	20	Aktif	Aktif	Non aktif	A	A	A	A
		Aktif	Non aktif	Aktif	A	A	A	A
24,2	19,9	Aktif	Non aktif	Aktif	A	A	A	A
24,2	23,9	Aktif	Non aktif	Non aktif	A	A	A	A

Keterangan : A = tetap aktif tanpa gangguan

Dari hasil pengujian yang ditunjukkan pada cuplikan data pada tabel 9, didapatkan bahwa respon alat sesuai

dengan rancangan yang telah dirancang. Alat akan memindahkan posisi penyuplay secara otomatis dari UPS-A ke UPS-B ketika nilai tegangan output pada UPS-A lebih kecil dari nilai batas bawah tanpa mempengaruhi load (*uninterrupt*). Ketika tegangan output UPS-A kembali dalam kondisi normal, alat tidak akan langsung melakukan pemindahan kembali. Proses perpindahan menunggu hingga tegangan output UPS-B kurang dari nilai batas bawah, sehingga dapat disimpulkan bahwa selain telah tercapainya fungsi *uninterrupt*, sistem kerja pada alat juga membuat operasi antara kedua UPS menjadi lebih berimbang.

4.3.2 Uji fungsi otomatisasi skema-2

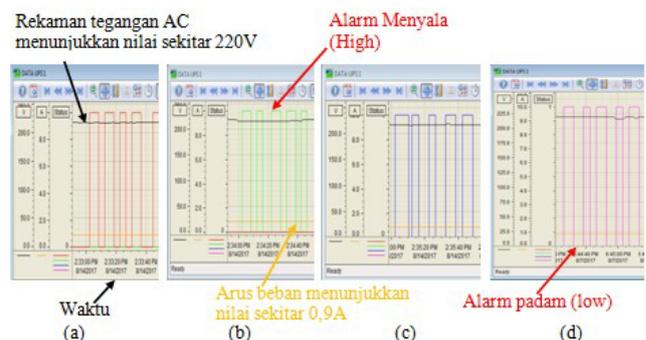
Dalam skema ini, pengujian fungsi otomatisasi dilakukan ketika output UPS berkurang secara cepat.

Tabel 10: Hasil Uji otomatisasi skema-2

Tegangan UPS-1 (V)	Tegangan UPS-2 (V)	Relay-1	Relay-2	Load			
				PLC	HMI	Relay	Lampu Indikator
24	23,9	Aktif	Non aktif	Menyala	Menyala	Menyala	Menyala
0	23,9	Aktif	Aktif	Menyala	Menyala	Padam	Padam
0	23,8	Non aktif	Aktif	Menyala	Menyala	Mejala	Mejala
24	23,8	Non aktif	Aktif	Menyala	Menyala	Menyala	Menyala
24	0	Aktif	Aktif	Menyala	Menyala	Padam	Padam
24	0	Aktif	Non aktif	Menyala	Menyala	Mejala	Mejala

Dari hasil pengujian yang ditunjukkan pada pada tabel 10 didapatkan bahwa sebenarnya sudah terjadi proses *uninterrupt*, tetapi karena time respon alat yang berintikan gerakan relay masih kurang cepat, kelemahan alat masih dirasakan oleh beban beban sederhana seperti relay dan lampu yang padam sesaat

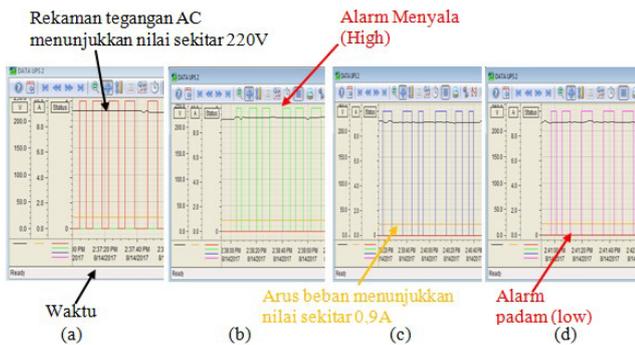
4.4 Pengujian Sistem Rekam Data



Gambar 14: Rekam data realtime UPS A

(a) AC Fail (b) Rectifier Fail (c) Over voltage (d) Low voltage

Dari gambar grafik data realtime UPS-A yang ditunjukkan melalui gambar 14 (a) hingga 14 (d) , dan grafik data realtime UPS-B yang ditunjukkan melalui gambar 15(a) hingga 15 (d), didapatkan bahwa sistem rekam data berfungsi dengan baik. Tampilam rekam data terdiri dari aksis Y (nilai) dan aksis X (waktu) yang akan menyusun grafik nilai berbanding waktu.



Gambar 15: Rekam data realtime UPS B

(a) AC Fail (b) Rectifier Fail (c) Over voltage (d) Low voltage

Grafik seluruh data yang ditampilkan kembali ditunjukkan pada gambar 16. Dari gambar tersebut terlihat bahwa bentuk grafik data yang ditampilkan kembali akan sama persis grafik bila dibandingkan dengan grafik data realtime.



Gambar 16: Grafik seluruh data yang ditampilkan kembali

5. SIMPULAN

Berdasarkan rancangan, realisasi, dan pengujian yang telah dilakukan dan diuraikan diatas, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Sistem input data pada alat baru (Modul redundansi) berfungsi dengan baik, sehingga membuat proses memasukkan nilai batas bawah menjadi lebih pasti, dengan tingkat kepastian mencapai 0,1V.
2. Alat baru dapat mengatur operasi perpindahan antar UPS dengan baik.
3. Alat baru dapat mengatur penggiliran UPS menjadi lebih berimbang sehingga waktu operasi antar ups lebih setara.
4. Dengan akurasi senilai 0,85% pada detektor tegangan DC, 1% pada pengindera arus beban, dan 2,8% pada pengindra tegangan AC, maka detektor dan pengindra tersebut masih relevan untuk mendukung kerja alat.
5. Sistem rekam data berfungsi dengan baik, dengan tampilan grafik dapat dilihat secara realtime maupun ketika ada kebutuhan untuk menampilkan kembali.

6. Realita kelemahan yg masih terjadi tidak terlalu signifikan mempengaruhi kinerja alat secara menyeluruh sesuai dengan apa yg dirancang.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Malvino, albert & David J. Bates (2007). *Electronic principle*. McGraw-Hill. ISBN : 978-0073222776
- [2] Malik, M.I & Jumawa, M.U (2009). *Aneka proyek Mikrokontroler PIC16F84*. Jakarta : Elek media komputindo ISBN : 978-9792751154
- [3] Bates, Martin P. *Programing 8-BIT PIC Microcontrollers in C with interactive hardware simulation*. USA : Newnes ISBN : 978- 0750689601
- [4] Muhsin, Muhammad (2004) *Elektronika digital; Teori dan soal penyelesaian*. Yogyakarta : Penerbit CV.Andi offset ISBN: 9789797315221
- [5] Widodo, Romy B (2009) *Embedded system menggunakan mikrokontroler dan pemrograman C*. Yogyakarta : Penerbit CV.Andi offset ISBN: 978-979-29-0705-6
- [6] Wilamowski, Bogdan M. II. Irwin, J. David (2011) *The industrial electronic handbook. Second edition: Industrial communication system*. CRC Press ISBN: 978-1439802892
- [7] Budiharjo, Widodo & Togu, jefri (2007) *12 proyek Sistem Akuisisi data*. Jakarta : Elek media komputindo. ISBN: 978-979271178-3
- [8] Pandjaitan, Bonar (1999). *Teknologi Sistem Pengendalian Tenaga Listrik Berbasis SCADA*. Jakarta : Prenhallindo. ISBN: 979-683-008-6
- [9] Fadlisyah dan Nurdin, (2008). *Bahasa Assembly dan penerapannya pada Mikroprocessor*. Yogyakarta : Penerbit CV.Andi offset. ISBN: 978-979-29-0453-6
- [10] MADCOMS (2008). *Microsoft Visual basic 6.0*. Yogyakarta : Penerbit CV.Andi offset. ISBN: 978-979-29-0521-2
- [11] *Panduan operasi Rectifier / Charger*. Jakarta ;PT. Swadaya engineering
- [12] *WinCC 7.0 Getting started* (2008). Germany. SIEMENS AG - Industry sector