

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KINERJA PANEL SURYA BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMEGA 328

Dewa Gede Dede Pramana¹, I Wayan Arta Wijaya², I Made Arsa Suyadnya³

¹²³Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Email: dewa261@gmail.com¹, artawijaya@ee.unud.ac.id², arsa.suyadnya@unud.ac.id³

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah sistem yang mampu melakukan monitoring kinerja panel surya. Rancang bangun ini berbasis mikrokontroler atmega 328. Dalam pembuatan sistem ini dibagi menjadi dua bagian yaitu pertama, perancangan perangkat keras (hardware) yang terdiri dari perancangan perangkat elektronika. Kedua, perancangan perangkat lunak (software). Pemrograman sistem monitoring dan pencatatan data menggunakan software Microsoft visual basic dan arduino IDE. Hasil pengujian menggunakan beban lampu light emitting diode(LED) 12v, sistem monitoring telah dapat menginformasikan bila pada panel surya terjadi gangguan penurunan tegangan dengan adanya indikator pada sisi-sisi panel, apabila tegangan berada dibawah batas minimum 8v, maka pada sisi panel merah menyala sebagai indikator kurang baik, namun sebaliknya akan menyala hijau jika tegangan di atas batas tegangan minimum yaitu 8v dan berstatus baik. Hasil pengujian software sudah berhasil menunjukkan hasil yang diharapkan pada saat pengujian menggunakan metode black box testing.

Kata Kunci : Panel Surya, ArduinoIDE, Microsoft visual basic.

ABSTRACT

This research aims to develop a system capable of monitoring the performance of solar panels. This design is based on microcontroller atmega 328. In making this system is divided into two parts, namely, the design of hardware (hardware) which consists of the design of electronic devices. Second, the design of software (software). Programming of monitoring and recording system using Microsoft visual basic and arduino IDE software. Testing results using 12v light emitting diode (LED), monitoring system has been able to inform if the solar panel there is a voltage drop in the presence of an indicator on the sides of the panel, if the voltage is below the minimum 8v, then on the red panel panel lights up the indicator is not good, otherwise it will turn green if the voltage above the minimum voltage limit is 8v and the status is good. The results of software testing have been successful showing the expected results at the time of testing using black box testing method.

Keywords : Solar Panel, ArduinoIDE, Microsoft visual basic.

1. PENDAHULUAN

Pada daerah khatulistiwa matahari bersinar selama 12 jam setiap harinya, sepanjang tahun, dengan intensitas yang tinggi 4,8 kWh/m²/hari. Kondisi ini berbeda dibandingkan dengan daerah-daerah seperti Jerman, Jepang, dan Amerika Serikat yang telah banyak memanfaatkan sumber energy dari cahaya matahari.

Pengembangan teknologi solar cell di seluruh dunia terus dilakukan. Solar cell yang dikembangkan itu juga memanfaatkan sistem kontrol/monitoring. Sistem monitoring

didefinisikan sebagai siklus kegiatan yang mencakup pengumpulan, peninjauan ulang, pelaporan, dan tindakan atas informasi suatu proses yang sedang diimplementasikan. Monitoring dapat memberikan informasi keberlangsungan proses untuk menetapkan langkah menuju ke arah perbaikan yang berkesinambungan [1].

Penelitian mengenai sistem monitoring terhadap panel surya telah dilakukan sebelumnya oleh [2]. Penelitian ini membahas mengenai perancangan sistem monitoring output dan pencatatan data pada PLTS

berbasis mikorkontroller Arduino. Penelitian yang dilakukan hanya menggunakan satu panel surya, dan hasilnya berupa pencatatan data tegangan, arus, dan daya pada panel surya dan masing-masing data disimpan langsung pada microsd setiap 15 menit. Penelitian [2] belum menggunakan antarmuka dengan *software*, baru sebatas dengan perangkat arduino saja dan hanya satu panel surya. Penelitian [3] membahas *akuisisi solar cell* dengan menggunakan Program Labview. Penelitian ini menghasilkan sebuah program aplikasi berbasis komputer. Data yang telah diinputkan ke komputer selanjutnya akan diproses dengan menggunakan program LabView, sehingga data hasil akuisisi tersebut dapat ditampilkan pada sebuah komputer sebagai *monitoring*. Penelitian [4] membahas pembuatan sistem *monitoring* optimasi energi cahaya matahari menggunakan sensor arus pada antarmuka *personal computer*, penelitian ini menghasilkan motorservo DC untuk mengendalikan gerak panel sel surya, pengontrol waktu setiap derajat motor servo DC menggerakkan panel sel surya, pengontrol waktu pengukuran dan pensaklaran panel diam ke panel bergerak, dan mengirim data secara serial ke *personal computer* menggunakan mikrokontroler AVRATMega8535.

Dari paparan penelitian-penelitian sebelumnya, maka pada penelitian ini akan mengembangkan penelitian [1] yaitu merancang sistem yang dapat memonitoring kinerja pada panel surya berbasis mikrokontroller dengan komputerisasi. Penelitian ini menggunakan tiga panel surya, tiga sensor arus, tiga sensor tegangan, Data arus dan tegangan yang didapat dari panel surya tersebut nanti akan diproses di arduino sebelum ditampilkan pada *software* di laptop. Dengan menggunakan perangkat komputer diharapkan sistem ini mampu bekerja dengan respon waktu yang lebih cepat dan mampu memonitor setiap saat agar operator yang mengontrol nantinya bisa melakukan tindakan berdasarkan prosedur yang telah ditetapkan nantinya.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Sistem Monitoring

Monitoring adalah siklus kegiatan yang mencakup pengumpulan, peninjauan ulang, pelaporan, dan tindakan atas informasi suatu proses yang sedang diimplementasikan.

Umumnya, *monitoring* digunakan dalam *checking* antara kinerja dan target yang telah ditentukan. *Monitoring* ditinjau dari hubungan terhadap manajemen kinerja adalah proses terintegrasi untuk memastikan bahwa proses berjalan sesuai rencana (on the track) [3].

2.2 Sensor Arus ACS712

Sensor arus ACS712 menggunakan metode *Hall Effect Sensor*. *Hall Effect Sensor* merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi medan magnet. Sensor ini terdiri dari sebuah lapisan silikon yang berfungsi untuk mengalirkan arus listrik. [4].

2.3 Sensor Tegangan

Sensor tegangan adalah salah satu jenis sensor yang berfungsi untuk mengukur tegangan listrik. Sensor ini didasarkan pada prinsip tekanan resistensi dan dapat membuat tegangan input dari terminal mengurangi 5 kali dari tegangan asli [5].

2.4 Arduino Uno

Arduino Uno adalah board berbasis mikrokontroler pada ATmega328. Board ini memiliki 14 pin digital input/output, Enam pin dapat digunakan sebagai output PWM, 6 input analog, 16 MHz osilator kristal, jack listrik tombol reset. Koneksinya hanya terhubung ke komputer dengan kabel USB atau sumber tegangan bisa didapat dari adaptor AC-DC atau baterai untuk menggunakannya [6].

2.5 Sel Surya

Sel surya adalah suatu alat semikonduktor yang mengkonversi cahaya ke dalam listrik. Konversi ini disebut efek *photovoltaic*, dengan kata lain efek *photovoltaic* adalah fenomena dimana suatu sel *photovoltaic* dapat menyerap energi cahaya dan mengubahnya menjadi energi listrik. Efek *photovoltaic* adalah suatu fenomena munculnya voltase listrik akibat kontak dua elektroda yang menghubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat diexpose di bawah energi cahaya [7].

2.6 Microsoft Visual Basic

Visual Basic adalah salah satu development tools untuk membangun aplikasi dalam lingkungan Windows. Dalam pengembangan aplikasi, Visual Basic

menggunakan pendekatan Visual untuk merancang user interface dalam bentuk form, sedangkan untuk kodingnya menggunakan bahasa Basic yang cenderung mudah dipelajari [8].

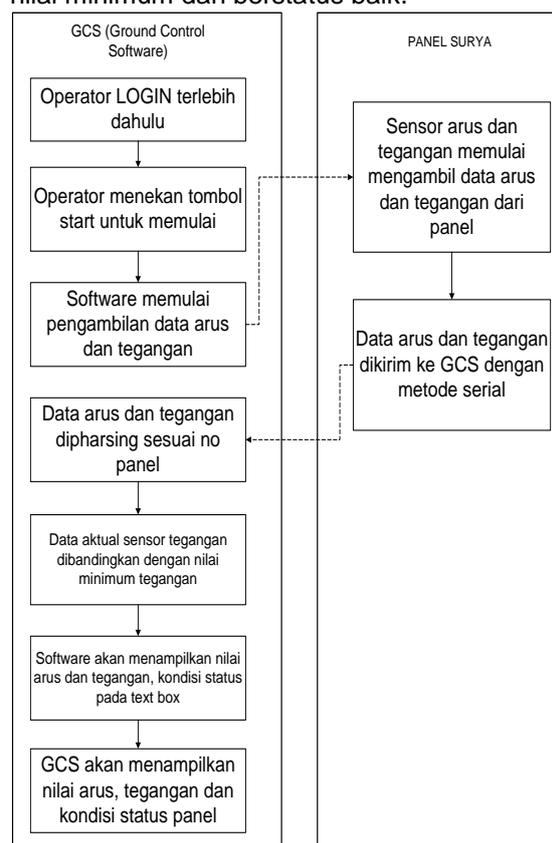
3. DESAIN SISTEM

3.1 Langkah-langkah Penelitian

Adapun langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pendefinisian dari *software* yang akan dibuat untuk menambah pemahaman mengenai lingkup topik yang akan dikerjakan.
2. Pengumpulan data yang berhubungan dengan rancang bangun sistem *monitoring* kinerja panel surya berbasis mikrokontroler atmega 328.
3. Perancangan skema dan layout rangkaian elektronik menggunakan Microsoft Visio 2007.
4. Perancangan algoritma komunikasi antara Panel Surya dengan GCS dengan membuat *flowchart* menggunakan Microsoft Visio 2007.
5. Pembuatan GUI dari GCS(*Ground Control Software*) menggunakan *Microsoft Visual Studio* 2010.
6. Pengujian nilai minimum dari sensor tegangan.
7. Pengujian komunikasi antara Panel Surya dengan komputer.
8. Pengujian *software* pada *Microsoft visual studio* 2010.
9. Membahas data hasil dari pengujian.
10. Pengambilan kesimpulan.

tegangan sebagai acuan untuk menentukan status panel. Data tegangan yang terukur akan dibandingkan dengan nilai tegangan minimum, Apabila nilai tegangan kurang dari nilai minimum maka sisi panel akan berwarna merah dan berstatus kurang baik, Sebaliknya akan menyala hijau jika tegangan lebih dari nilai minimum dan berstatus baik.



Gambar 1. Gambaran umum

Pengoperasian data logger yang telah terhubung dengan *software* memiliki 2 proses yakni 1) proses pengiriman data dari data logger menuju *software*, 2) penyimpanan, penghapusan dan penampilan data pengukuran pada database *software* yang telah dirancang.

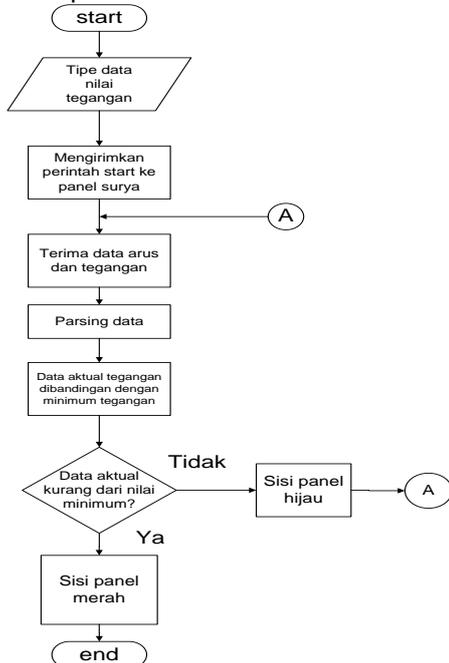
3.2 Gambaran Umum Sistem

Penelitian ini terdiri dari dua bagian yaitu *software* dan panel surya yang ditunjukkan pada Gambar 1. Pada *Ground Control Software* (GCS) operator login ke sistem dan *software* memulai pengambilan data arus dan tegangan dari sensor yang terpasang pada panel surya, kemudian data arus dan tegangan dipilah sesuai dengan nomor panel, Penelitian ini menggunakan nilai minimum

3.3 Diagram Alir GCS(*Ground Control Software*)

Diagram Gambar 2 menggunakan *software* Arduino IDE, Pada diagram GCS awalnya operator menekan tombol start dilanjutkan dengan memasukkan inialisasi tipe data nilai karakteristik tegangan minimum. Langkah berikutnya mengirimkan ke database, di panel surya akan menerima data nilai aktual dari sensor tegangan yang dipasang pada panel. Nilai data aktual tersebut akan dipilah. Selanjutnya pada GCS akan membandingkan nilai karakteristik tegangan minimum dan nilai tegangan aktual yang diperoleh dari sensor. Apabila data nilai aktual kurang dari data nilai minimum, maka sisi panel akan menyala merah dan berstatus kurang baik. Jika tidak, maka sisi panel akan

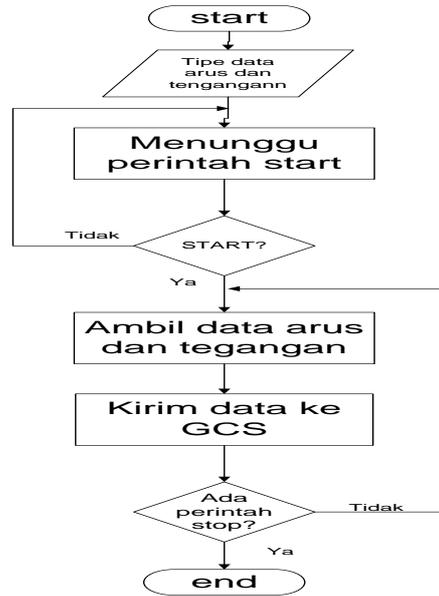
menyala hijau dan berstatus baik. Selanjutnya kembali ke proses awal.



Gambar 2. Diagram alir GCS menggunakan software Arduino IDE

3.4 Diagram Alir Panel Surya

Diagram alir panel surya ditunjukkan pada Gambar 3. Diagram alir panel surya dimulai dari inialisasi data yang akan digunakan, Apabila perintah start sudah dimulai, maka sensor arus dan sensor tegangan mulai memberikan data nilai aktual. Data aktual ini akan dikirimkan langsung ke *Ground Control Software*(GCS) untuk dipilah dan dibandingkan dengan nilai tegangan minimum, selanjutnya kembali ke proses awal.



Gambar 3. Diagram alir panel surya

3.5 Perancangan Database

Tabel dalam *database* yang dirancang terdiri dari dua tabel yaitu Tabel User dan Tabel Panel. Tampilan perancangan *database* dapat dilihat pada Gambar 4.

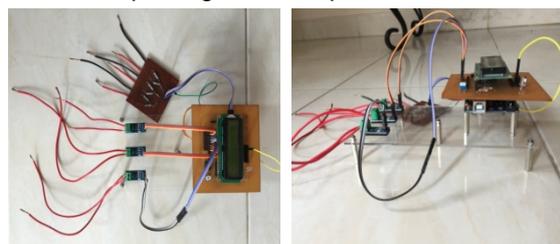
user		panel	
PK	no	PK	no
	username		Panel_1
	password		teganganv1
	hak akses		statuspanel1
			Panel_2
			arus12
			teganganv2
			statuspanel2
			Panel_3
			arus13
			teganganv3
			statuspanel3
			tanggal dan waktu

Gambar 4. Perancangan tabel *database*

4. HASIL dan PEMBAHASAN

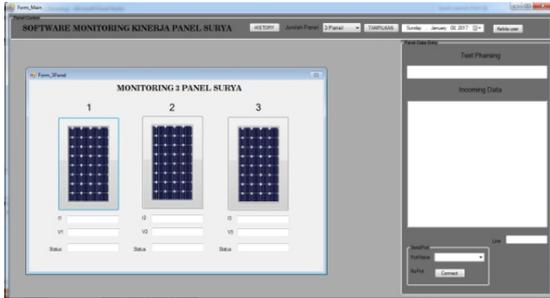
4.1 Realisasi Hasil Perancangan Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Realisasi perancangan perangkat keras Tampak atas dan tampak samping tanpa panel surya dapat dilihat pada Gambar 5. Realisasi perangkat lunak pada Gambar 6.





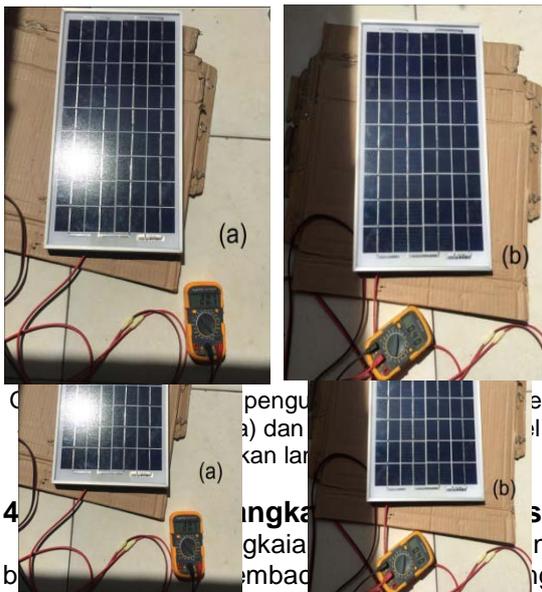
Gambar 5. Realisasi perangkat keras (tampak atas dan samping)



Gambar 6. Realisasi hasil perancangan perangkat lunak

4.2 Pengujian Karakteristik Arus dan Tegangan Panel Surya

Pengujian tegangan dan arus pada panel surya, awalnya dilakukan pengukuran tegangan pada panel surya tanpa menggunakan beban. Hasil pengukuran adalah 20,7 volt, Sedangkan karakteristik tegangan pada panel adalah 20,6 volt. Pengukuran arus dilakukan dengan cara member beban lampu led 12 volt. Hasil pengukuran adalah 0,40 ampere, Sedangkan karakteristik arus pada panel adalah 0,65 ampere. Berikut Gambar 7 yang menunjukkan saat melakukan pengukuran panel surya menggunakan Avometer untuk mengetahui besar tegangan dan arus panel surya.



4. Pengujian rangkaian sensor tegangan ini bertujuan untuk membaca output tegangan yang dihasilkan dari panel surya. Nilai pengukuran dikonversi dengan mikrokontroler arduino untuk mendapatkan hasil yang diinginkan.

Pengujian sensor arus menggunakan mikrokontroler arduino untuk memproses pembacaan nilai analog dari hasil pengukuran pada objek yang diukur.

Tabel 1. Hasil pengujian sensor arus

no	sumber	beban	Hasil pengukuran	
			amperemeter (A)	Sensor Arus(A)
1	5 volt	10 ohm	0,41	0,42
2	7,4 volt	10 ohm	0,87	0,67
3	12 volt	10 ohm	1,15	1,18
4	20 volt	10 ohm	1,76	1,79

Berikut merupakan hasil perhitungan presentase perbedaan nilai amperemeter dengan sensor arus.

- Perbedaan = $\left| \frac{0,42-0,41}{0,41} \right| \times 100\% = 2,4\%$
- Perbedaan = $\left| \frac{0,67-0,87}{0,87} \right| \times 100\% = 1,5\%$
- Perbedaan = $\left| \frac{1,18-1,15}{1,15} \right| \times 100\% = 2,6\%$
- Perbedaan = $\left| \frac{1,79-1,76}{1,76} \right| \times 100\% = 1,7\%$

Dari perhitungan persentase tersebut didapatkan hasil persentase perbedaan nilai arus dengan amperemeter sebesar 2,6% dari maksimum nilai toleransi pengukuran amperemeter 3.2%. Sehingga hasil pengujian masih dalam toleransi pembacaan amperemeter.

4.4 Pengujian Sensor Tegangan

Pengujian rangkaian sensor tegangan ini bertujuan untuk membaca output tegangan yang dihasilkan dari panel surya, Nilai pengukuran dikonversi dan sebagai kalibrasi di mikrokontroler arduino sehingga menunjukkan hasil yang diinginkan. Pengujian sensor tegangan menggunakan mikrokontroler arduino untuk memproses pembacaan nilai analog dari hasil pengukuran pada objek yang diukur.

Tabel 2. Hasil pengujian sensor tegangan

no	Sumber	Hasil Pengukuran	
		Voltmeter(v)	Sensor tegangan(v)
1	Regulator 5 v	4,96	4,98
2	Baterai 7,4 v	7,22	7,36
3	Led 12 v	11,55	11,75
4	Panel surya 20 v	19,46	19,79

Berikut merupakan hasil perhitungan presentase perbedaan nilai voltmeter dengan sensor tegangan.

1. Perbedaan = $\left| \frac{4,95-4,93}{4,93} \right| \times 100\% = 0,42\%$
2. Perbedaan = $\left| \frac{7,36-7,22}{7,22} \right| \times 100\% = 0,19\%$
3. Perbedaan = $\left| \frac{11,75-11,53}{11,53} \right| \times 100\% = 1,9\%$
4. Perbedaan = $\left| \frac{19,79-19,46}{19,46} \right| \times 100\% = 1,06\%$

Dari perhitungan persentase tersebut didapatkan hasilkan persentase perbedaan nilai tegangan dengan *voltmeter* sebesar 1.9% dari maksimum nilai toleransi pengukuran *voltmeter* sebesar 2.5%.

4.5 Pengujian Login

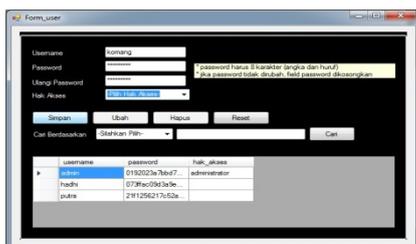
Pengujian form login ini bertujuan agar tidak sembarang orang bisa masuk ke dalam sistem. User dengan hak akses sebagai admin dapat melakukan management data aplikasi, sedangkan user dengan hak akses sebagai staff dan lainnya hanya dapat melihat sistem monitoring. User diharuskan untuk memasukan username dan password seperti terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Pengujian Form Login

4.6 Pengujian Pengelolaan User

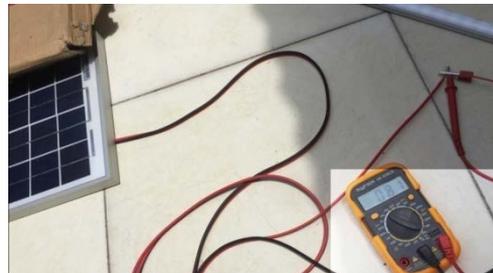
Pengujian user bertujuan untuk mengatur user/operator yang menggunakan *software* ini. Gambar 9 merupakan halaman kelola user yang mempunyai fitur antara lain admin dapat menambah user baru, mengubah username dan password user, serta menghapus user.



Gambar 9. Pengujian Pengelolaan User

4.7 Pengujian Nilai Minimum Tegangan Panel Surya

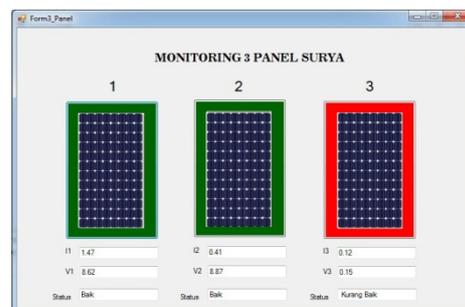
Pengujian nilai minimum tegangan panel bertujuan untuk mengetahui jika panel terjadi penurunan tegangan dari karakteristik panel sehingga pada sisi panel akan berwarna merah dan berstatus kurang baik. Sebaliknya, jika tegangan lebih dari karakteristik panel yang sebelumnya diukur maka akan berwarna hijau dan berstatus baik. Gambar 10 merupakan pengujian nilai tegangan minimum pada saat menggunakan beban lampu led 12v yaitu 8,1v. Pengujian ini sebagai acuan jika nilai tegangan kurang dari nilai minimum maka panel akan berwarna merah dan berstatus kurang baik.



Gambar 10. Hasil pengujian minimum tegangan

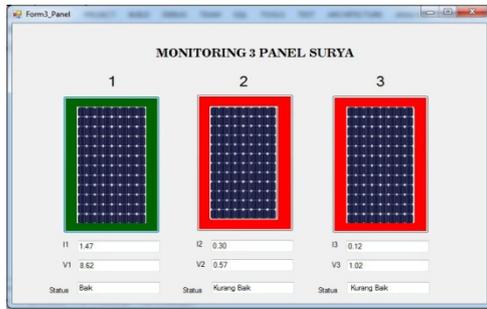
4.8 Pengujian Kondisi Panel

Kondisi Panel diujikan dengan cara menutup dengan benda tidak tembus cahaya pada masing-masing panel. Ketika tegangan kurang dari tegangan minimum, maka tampilan monitoring masing-masing panel akan berubah menjadi merah dan berstatus kurang baik. Gambar 11, menunjukkan nilai tegangan pada panel 3 yaitu 0,15v kurang dari nilai tegangan minimum yaitu 8v, maka pada sisi panel 3 berwarna merah dan berstatus kurang baik.



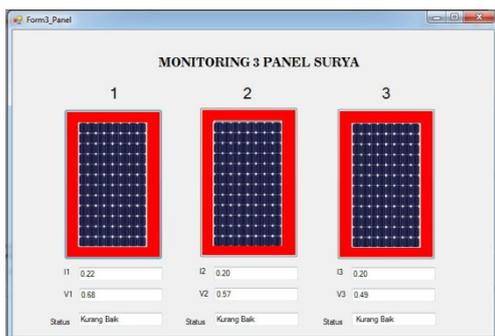
Gambar 11. Tampilan *software* monitoring pada saat panel 3 ditutup

Gambar 12, menunjukkan nilai tegangan pada panel 2 dan 3 yaitu 0,57v dan 1,02v kurang dari nilai tegangan minimum yaitu 8v maka pada sisi panel 2 dan 3 berwarna merah dan berstatus kurang baik



Gambar 12. Tampilan *software* monitoring pada saat panel 2 dan 3 ditutup

Gambar 13, menunjukkan nilai tegangan pada panel 1, 2, dan 3 yaitu 0,68v, 0,57v, 0,49v kurang dari nilai tegangan minimum yaitu 8v, maka pada sisi panel 1, 2, dan 3 berwarna merah dan berstatus kurang baik.



Gambar 13. Tampilan *software* monitoring pada saat semua panel ditutup

4.9 Pengujian Data pada *History Database*

Pengujian ini memiliki 2 fungsi, Pertama, pengambilan dan penyimpanan data arus, tegangan, dan status. Fungsi kedua, untuk menampilkan data yang sudah tersimpan pada *database*.

Tabel 3. Tampilan data history database yang ter

32	PANEL_1	0.57	9.75	Baik	PANEL_2	0.36	9.24	Baik	PANEL_3	0.41	8.26	Baik
33	PANEL_1	0.59	9.73	Baik	PANEL_2	0.44	9.26	Baik	PANEL_3	0.41	8.26	Baik
34	PANEL_1	0.52	9.73	Baik	PANEL_2	0.41	9.26	Baik	PANEL_3	0.41	8.26	Baik
35	PANEL_1	0.36	9.75	Baik	PANEL_2	0.12	9.26	Baik	PANEL_3	0.41	8.26	Baik
36	PANEL_1	0.44	9.73	Baik	PANEL_2	0.15	9.26	Baik	PANEL_3	0.41	8.26	Baik
37	PANEL_1	0.49	9.75	Baik	PANEL_2	0.3	9.26	Baik	PANEL_3	0.41	8.26	Baik
38	PANEL_1	0.49	9.75	Baik	PANEL_2	0.3	9.26	Baik	PANEL_3	0.41	8.26	Baik
39	PANEL_1	0.52	9.75	Baik	PANEL_2	0.36	9.26	Baik	PANEL_3	0.41	8.26	Baik
40	PANEL_1	0.7	9.75	Baik	PANEL_2	0.49	9.26	Baik	PANEL_3	0.41	8.26	Baik
41	PANEL_1	0.52	9.73	Baik	PANEL_2	0.36	9.24	Baik	PANEL_3	0.41	8.26	Baik
42	PANEL_1	0.33	9.75	Baik	PANEL_2	0.22	9.26	Baik	PANEL_3	0.41	8.26	Baik
43	PANEL_1	0.41	9.75	Baik	PANEL_2	0.22	9.26	Baik	PANEL_3	0.41	8.26	Baik
44	PANEL_1	0.44	9.73	Baik	PANEL_2	0.22	9.24	Baik	PANEL_3	0.41	8.26	Baik
45	PANEL_1	0.09	9.77	Baik	PANEL_2	0.3	9.26	Baik	PANEL_3	0.41	8.26	Baik
46	PANEL_1	0.46	9.75	Baik	PANEL_2	0.28	9.26	Baik	PANEL_3	0.41	8.26	Baik
47	PANEL_1	0.73	9.75	Baik	PANEL_2	0.41	9.26	Baik	PANEL_3	0.41	8.26	Baik
48	PANEL_1	0.49	8.73	Baik	PANEL_2	0.33	8.26	Baik	PANEL_3	0.41	8.26	Baik
49	PANEL_1	0.36	8.77	Baik	PANEL_2	0.12	8.26	Baik	PANEL_3	0.41	8.26	Baik
50	PANEL_1	0.36	8.75	Baik	PANEL_2	0.12	8.28	Baik	PANEL_3	0.41	8.26	Baik
51	PANEL_1	0.41	8.75	Baik	PANEL_2	0.28	8.26	Baik	PANEL_3	0.41	8.26	Baik
52	PANEL_1	0.44	8.75	Baik	PANEL_2	0.28	8.26	Baik	PANEL_3	0.41	8.26	Baik
53	PANEL_1	0.52	8.75	Baik	PANEL_2	0.33	8.28	Baik	PANEL_3	0.41	8.26	Baik
54	PANEL_1	0.62	8.75	Baik	PANEL_2	0.46	8.28	Baik	PANEL_3	0.41	8.26	Baik
55	PANEL_1	0.57	8.75	Baik	PANEL_2	0.38	8.28	Baik	PANEL_3	0.41	8.26	Baik
56	PANEL_1	0.3	8.75	Baik	PANEL_2	0.27	8.28	Baik	PANEL_3	0.41	8.26	Baik
57	PANEL_1	0.33	8.75	Baik	PANEL_2	0.17	8.28	Baik	PANEL_3	0.41	8.26	Baik
58	PANEL_1	0.49	8.75	Baik	PANEL_2	0.33	8.3	Baik	PANEL_3	0.41	8.26	Baik
59	PANEL_1	0.52	8.75	Baik	PANEL_2	0.28	8.28	Baik	PANEL_3	0.41	8.26	Baik
60	PANEL_1	0.46	8.77	Baik	PANEL_2	0.3	8.28	Baik	PANEL_3	0.41	8.26	Baik
61	PANEL_1	0.59	8.75	Baik	PANEL_2	0.49	8.28	Baik	PANEL_3	0.41	8.26	Baik

Tampilan *history database* yang sudah tersimpan ditunjukkan pada Tabel 3. Hasil *monitoring* dan pencatatan data pada tanggal 08 Februari 2017 mulai pukul 9.00 pagi sampai 17.00 pada Tabel. 3, nilai tegangan terbesar pada pukul 11.45 sampai pukul 13.10 wita yaitu sebesar 9,75v.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan, Sistem *monitoring* kinerja panel surya berbasis mikrokontroller Atmega 328 telah berhasil diimplementasikan. Berdasarkan hasil pengujian menggunakan beban lampu led 12v, sistem *monitoring* telah dapat menginformasikan bila pada panel surya terjadi gangguan penurunan tegangan dengan adanya indikator pada sisi-sisi panel, bila berkedip merah maka tegangan kurang dari batas tegangan minimum yaitu 8,0v dan akan berstatus kurang baik, namun sebaliknya akan berkedip hijau jika tegangan lebih dari batas tegangan minimum yaitu 8,0v dan berstatus baik. Pengujian *software* sudah berhasil menunjukkan hasil yang diharapkan menggunakan metode black box test.. Untuk

pengembangan sistem ini dapat ditambahkan perangkat *wireless* untuk komunikasi jarak jauh dan panel surya yang lebih banyak.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Putro, Muhamad Revo D. 2014. Rancang Bangun Sistem Informasi Monitoring Antrian Pada Koperasi Setia Bhakti Wanita Berbasis Web(Skripsi). Surabaya: STIKOM Surabaya.
- [2] Winata, P. P. T . 2015. Rancang Bangun Sistem Monitoring Output dan Pencatatan Data pada PLTS Berbasis Mikrokontroler Arduino(Skripsi). Bali: Universitas Udayana.
- [3] Ridho, Ahmad Z. 2010. Akuisi Solar Cell dengan menggunakan program Labview(Skripsi). Bandung: UNIKOM.
- [4] Hutauruk, Oki P. 1987. Studi Optimasi Untuk Lokasi Gardu Induk(Skripsi). Medan: Universitas Sumatera Utara.
- [5] Nalwan, A. Teknik Rancang Bangun Robot. Yogyakarta : Andi offset.2012.
- [6] Kadir, Abdul. Zero to a pro, Arduino. Yogyakarta:CV. ANDI OFFSET. 2015.
- [7] Arduino™. (t.t.). *ArduinoUno*. http://www.arduino.com/download_files/manual. Pdf, diakses tanggal 14 Desember 2017.
- [8] Mintorogo, Danny santoso, Strategi Aplikasi sel surya pada perumahan dan bangunan komersial. Jurnal Universitas Kristen Petra, Vol.28 No.2.
- [9] Agussalim. "Sistem Informasi Penjualan Obat Pada Apotik Rumah Sakit U'Budiyah Indonesia Menggunakan Visual Basic 6.0" STMIK U'Budiyah Indonesia. 2012.
- [10] Shocket, Abe. Smart Charging Systems for Plug-in Electric Vehicles. World Electric Vehicle Journal Vol. 5, 2012.
- [11] I.B.A.Swamardika,I.N.Budiastra,I.N. Setiawan,M.Y. Hendrayanto, dan I.P.A.M.Pratama. Rancang Bangun Robot 6WD sebagai Alat Pendeteksi Kebocoran Gas Berbasis Komunikasi Wireless XBee-Pro Serial 1 60mW. Jurnal Teknik elektro universitas udayana Vol.14 No.1,2015.