

MINI SCADA PLTS BERBASIS ARDUINO UNO DAN VISUAL BASIC MENGGUNAKAN WEB API CRUD

Erwin Nur Cahyono

Program Studi Sistem Tenaga, Fakultas Teknik Elektro
Universitas Bhayangkara Surabaya

Jl. Ahmad Yani No.14, Ketintang, Kec. Gayungan, Kota SBY, Jawa Timur 60231
erwinproject.id@gmail.com

Abstrak ~ Kebutuhan energi matahari di Indonesia masih terus berkembang. Pesatnya perkembangan teknologi di dunia industri dan pembangkit listrik telah memiliki dampak yang sangat signifikan di bidang komunikasi data dan instrumen.

Dengan perkembangan teknologi ini metode komunikasi juga berkembang, penggunaan SCADA diperlukan di dunia industri. tetapi harga untuk instal SCADA masih terlalu mahal. maka diperlukan inovasi untuk SCADA dengan harga rendah untuk industri industri kecil dengan sumber energi dari sel surya, dengan menjadikan Arduino Uno dan NodeMCU sebagai pengontrol dan Visual Basic sebagai HMI.

Berdasarkan hasil pengujian panas sangat berpengaruh terhadap kinerja surya karena mengandung bahan semikonduktor. fungsi sel surya adalah mengubah sinar matahari menjadi listrik melalui fotovoltaik. Sistem SCADA yang dibuat menggunakan Arduino Uno dan NodeMCU mengirim data harus menggunakan jaringan internet yang stabil. proses perlindungan pada perangkat saat ada kelebihan tegangan atau kelebihan arus sangat sensitif.

Kata Kunci: sistem scada, komunikasi data, Arduino, nodemcu, Visual Basic, sel surya.

Abstracts ~ The need for solar energy in Indonesia is still growing. The rapid development of technology in the industrial world and power generation has had a very significant impact on the field of data communication and instruments.

With the development of this technology communication methods are also developing, the use of system SCADA is needed in the industrial world. but the price for installing system SCADA is still too expensive. hence innovation is needed for low-priced system SCADA for small industrial industries with energy sources from solar cells, by making Arduino Uno and NodeMCU as controllers and Visual Basic as HMI.

Based on the results of heat testing it is very influential on solar performance because it contains semiconductor materials. the function of solar cells is to convert sunlight into electricity through photovoltaic. SCADA systems that are made using Arduino Uno and NodeMCU send data must use a stable internet network. the protection process on the device

when there is an excess voltage or excess current is very sensitive.

Keywords: *system scada, data communication, Arduino , nodemcu , visual basic net, solar cell.*

I. PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan teknologi pada dunia industri dan Power Plant memberi dampak sangat signifikan dalam bidang komunikasi data dan instrumen. Sejalan dengan perkembangan teknologi tersebut metode komunikasi juga berkembang, dengan macam - macam aplikasi perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software).

Kebutuhan akan energi, khususnya energi listrik di Indonesia makin berkembang dan menjadi bagian tak terpisahkan dari kebutuhan hidup masyarakat sehari-hari. Seiring dengan pesatnya peningkatan pembangunan di bidang teknologi, industri dan informasi. persediaan energi konvensional saat ini berarti terjadi penambahan pemakaian persediaan energi fosil dan meningkatnya emisi dari gas yang bahaya untuk lingkungan. Sumber minyak dunia akan habis, dengan demikian perlu adanya energi alternatif lain untuk memenuhi kebutuhan saat ini dan menggunakan energi yang dapat diperbaharui. Ada beberapa sumber yang dapat diperbaharui yang tersedia dimana dapat digunakan dalam skala besar untuk menghasilkan listrik di daerah terpencil dimana jaringan listrik tidak tersedia. Yang termasuk dalam tipe ini antara lain sinar matahari, angin, panas bumi, air, dan lain – lain.

Masalah umum pengaplikasian SCADA pada PLTS antara lain:

1. Harga komponen yang terbilang mahal untuk industri industri kecil.
2. Tidak melakukan pengukuran efisiensi pada sel surya yang digunakan pada industri .

Secara khusus, terkait dengan mini SCADA pada program studi, masalah yang terjadi antara lain:

1. Proses analisa dan kualitas sel surya yang sulit dilakukan.
2. Proses pemantauan dan pengontrolan yang sulit.
3. Proses sistem proteksi alat agar lebih tahan lama.
4. Proses pencarian terhadap bagian mana saja yang memerlukan perbaikan (dengan melihat hasil penilaian / perhitungan dari setiap bagian pada sel surya)

Melalui Penelitian ini, nantinya akan dibuat perangkat lunak yang dibuat menggunakan visual basic, perangkat lunak ini akan digunakan untuk menampilkan data dari solar sel hingga ke beban 220 VAC dan dapat di kontrol waktu pengecas'an pada aki, proteksi tegangan dan arus dan terdapat 2 loging yaitu dari perangkat lunak dan website. Diharapkan ke depannya sistem yang dikembangkan pada penelitian ini dapat digunakan secara umum (pada semua Program Studi dan Perguruan Tinggi).

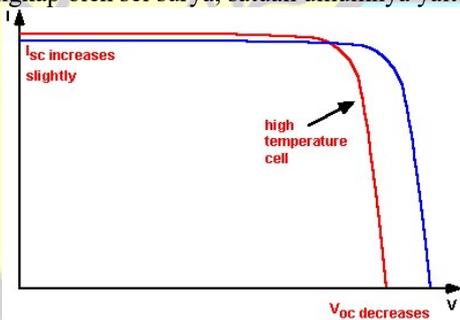
II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Energi Matahari

Matahari merupakan sebuah bola yang permukaannya di lingkupi oleh gas yang sangat panas, yang berasal dari 98% Hidrogen dan Helium. Di bagian dalam matahari berlangsung reaksi fusi inti secara terus menerus, yang melebur Hidrogen menjadi helium, dan sebagian massanya menjadi energi. Energi inilah yang membuat suhu matahari sangat panas.

B. Pengaruh Temperatur Panas Pada Sel Surya

Pengaruh suhu panas pada sel surya Pengaruh suhu panas pada matahari hanya akan memperkecil daya yang dihasilkan oleh sel surya. Pengaruh panas pada sel surya sangatlah sedikit. Karena dampak peningkatan daya cahaya masih lebih tinggi. Irradiance ataiu daya radiasi per unit area dijadikan parameter untuk melihat tingkat pencahayaan atau radiasi energi matahari yang ditangkap oleh sel surya, satuan umumnya yaitu W/m^2 .



Gambar 1. Efek temperatur pada karakteristik IV sel surya

Beberapa parameter yang mempengaruhi efisiensi sel surya yaitu VOC (Volt Open Circuit), Fill Factor, Power Input.

1. VOC (Volt Open Current)

Volt Open Curent adalah perbedaan potensial listrik antara dua terminal perangkat ketika terputus dari sirkuit apa pun. Tidak ada beban eksternal yang terhubung.[10]

$$Voc = \frac{nKT}{q} \ln\left(\frac{I_L}{I_0} + 1\right) \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

- n : ideale factor
- K : Konstanta Boltzman ($1,3806 \times 10^{-22} J.K^{-1}$)[5]
- q : Muatan elektron ($1,602 \times 10^{-19} C$) [5]
- T : Temperature (K)
- I_L : Arus yang dialiri solar cell (A)
- I_0 : Arus Saturasi diode (A)

2. Fill Factor

Fill factor sel surya atau faktor pengisian sel surya kerap kali dihubungkan dengan nilai efisiensi panel surya yang merupakan bagian dari pengukuran performansi panel surya[3]. Sel surya atau panel merupakan salah satu produk teknologi fotovoltaik yang dikembangkan pada bahan semikonduktor (silikon multi-kristal, mono-kristal dan amorf) yang mampu menyerap gelombang elektromagnetik

dan konversi energi cahaya (photon) menjadi energi listrik secara langsung.[6]

$$FF = \frac{V_{mp} \times I_{mp}}{V_{oc} \times I_{sc}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

- V_{mp} : Tegangan maksimum Solar Cell (V)
- I_{mp} : Arus maksimum Solar Cell (A)
- V_{oc} : Tegangan arus terbuka (V)
- I_{sc} : Arus hubung singkat (A)

3. Power Input

Power Input ini difungsikan untuk mencari daya yang dapat diterima sel surya oleh matahari.[7]

$$Pin = \frac{A}{IE} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

- A : Luas solar cell (mm^2)
- IE : Irradiance (W/m^2)

4. Efisiensi

Efisiensi panel surya merupakan rasio output listrik dari panel surya untuk untuk energi dalam bentuk sinar matahari[4]. Adapun efisiensi konversi energi dari sel surya adalah presentase energi surya untuk sel yang terkena tdiak diubah menjadi energi listrik. Sebuah sel surya beroperasi ats tegangan dan arus. Dengan peningkatan beban resistif pada sel iradiasi dari nol ke yang tertinggi. Berikut rumus efisiensi sel surya.[8]

$$\eta = \frac{V_{oc} \times I_{sc} \times FF}{Pin} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

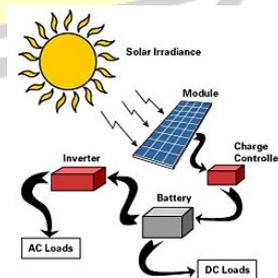
- V_{oc} : Tegangan arus terbuka (V)
- I_{sc} : Arus hubung singkat (A)
- FF : Fill Factor
- Pin : Power Input (Watt)

C. Module RTC DS3231 (Real Time Clock)

Untuk mengatur jam mulai dan akhir charging aki digunakan modul RTC. Dengan sistem pengaturan jam pada program Arduino uno dan Nodemcu mengambil data settingan server database.

D. Modul Photovoltaic

Sistem PV (photovoltaic) adalah sistem yang mengonversi sinar matahari menjadi listrik. Sistem PV terdiri dari modul atau panel surya, inverter, charger dan baterai. Modul PV menghasilkan listrik DC dan mengirimkannya ke charge controller yang mengatur muatan baterai, Cadangan listrik baterai yang dapat digunakan pada malam hari atau selama pemadaman atau bisa juga langsung digunakan untuk mencatu beban DC. Inverter mengubah daya DC yang tersimpan pada baterai menjadi listrik AC. Gambar dibawah dengan jelas tentang sistem photovoltaic beserta komponenkomponen utama penyusunnya. Berikut ini adalah penjelasan masing-masing komponennya.



Gambar 2. Bagian dari photovoltaic (Sumber: <http://hybrid solar cell.blogspot.com>)

E. PWM Charge Control

Solar Charge Control adalah sebuah modul untuk pengontrol pengisian baterai aki serta melindungi dari overcharge dan over-discharge sehingga masa pakai baterai aki lebih panjang.

Fungsi Menurut tegangan baterai, pengontrol pengisian daya surya akan menyesuaikan arus pengisian dan memutuskan apakah akan memasok daya ke beban.

1. Umumnya menjaga baterai pada kondisi tegangan penuh.
2. Mencegah baterai dari pengisian berlebih.
3. Mencegah baterai dari pemakaian yang berlebihan.
4. Mencegah baterai dari memasok daya ke panel surya pada malam hari.



Gambar 3. PWM Charge Control

F. Mikrokontroler Arduino

Arduino adalah sebuah platform dari physical computing yang bersifat open source. Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi kombinasi dari hardware, bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment* (IDE) yang canggih. IDE adalah sebuah software yang sangat berperan untuk menulis program, meng-compile menjadi kode biner dan meng-upload ke dalam memori mikrokontroler. Ada banyak proyek dan alat-alat yang dikembangkan oleh akademisi dan profesional dengan menggunakan Arduino, selain itu juga ada banyak modul-modul pendukung (sensor, tampilan, penggerak dan sebagainya) yang dibuat oleh pihak lain untuk bisa disambungkan dengan Arduino.

Tabel 1. Spesifikasi Arduino Uno

Mikrokontroler	ATmega 328
Tegangan Pengoperasian	5 V
Tegangan Input yang disarankan	7 – 12 V
Batas Tegangan Input	6 – 20 V
Jumlah pin I/O digital	14 pin digital (6 diantaranya menyediakan keluaran PWM)
Jumlah pin input Analog	6 pin
Arus DC tiap pin I/O	40mA
Arus DC untuk pin 3,3 V	50mA
Memori Flash	32 KB (ATmega 328) sekitar 0,5 KB digunakan oleh bootloader
SRAM	2 KB (ATmega 328)
EPROM	1 KB (ATmega 328)
Clock Speed	16 MHz

G. NodeMCU ESP8266

NodeMCU adalah sebuah platform IoT yang bersifat open source. Terdiri dari perangkat keras berupa System On Chip ESP8266 dari ESP8266 buatan Espressif System, juga firmware yang digunakan, yang menggunakan bahasa pemrograman scripting Lua. Pemrograman dapat dilakukan dalam IDE Arduino atau melakukan flashing pada modul dengan *software flasher*.

H. Sensor Arus ACS712

ACS712 adalah Hall Effect current sensor. Hall effect allegro ACS712 merupakan sensor yang presisi sebagai sensor arus AC atau DC dalam pembacaan arus didalam dunia industri, otomotif, komersil dan sistem-sistem komunikasi. Pada umumnya aplikasi sensor ini biasanya digunakan untuk mengontrol motor, deteksi beban listrik, switched-mode power supplies dan proteksi beban berlebih.

I. Sensor Tegangan

Prinsip kerja modul sensor tegangan yaitu didasarkan pada prinsip penekanan resistansi, dan dapat membuat tegangan input berkurang hingga 5 kali dari tegangan asli. Prinsip kerja modul sensor tegangan ini dapat membuat tegangan input mengurangi 5 kali dari tegangan asli. Sehingga, sensor hanya mampu membaca tegangan maksimal 25 V bila diinginkan Arduino analog input dengan tegangan 5 V.

J. Inverter DC – AC

Inverter adalah perangkat elektronika yang dipergunakan untuk mengubah tegangan DC (Direct Current) menjadi tegangan AC (Alternating Current). Output suatu inverter dapat berupa tegangan AC dengan bentuk gelombang sinus (sine wave), gelombang kotak (square wave) dan sinus modifikasi (sine wave modified). Sumber tegangan input inverter dapat menggunakan baterai, tenaga surya, atau sumber tegangan DC yang lain. Inverter dalam proses konversi tegangan DC menjadi tegangan AC membutuhkan suatu penaik tegangan berupa step up transformer.

K. Relay

Relay adalah Saklar (Switch) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen Electromechanical (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (Coil) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar / Switch). Relay menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (low power) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan Relay yang menggunakan Elektromagnet 5V dan 50 mA mampu menggerakkan Armature Relay (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A.

L. PZEM-004

PZEM-004T adalah module pengukur arus listrik ac yang dapat di hubungkan dengan berbagai macam mikrokontroler dengan format TTL ataupun juga dapat di hubungkan langsung dengan PC untuk aplikasi monitoring energi.[2]



Gambar 4. Modul PZEM-004

M. Batrai Aki

Baterai atau aki, atau bisa juga accu adalah sebuah sel listrik dimana di dalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversibel (dapat berbalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia reversibel, adalah di dalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan), dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia, pengisian kembali dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan di dalam sel.[1]

N. 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 dialek bahasa Basic yang cenderung mudah dipelajari. Visual Basic telah menjadi tools yang terkenal bagi para pemula maupun para developer. Visual Basic adalah bahasa pemrograman berbasis Microsoft Windows yang merupakan Object Oriented Programming (OOP), yaitu pemrograman berorientasi objek, Visual Basic menyediakan objek-objek yang sangat kuat, berguna dan mudah.

Dalam lingkungan Windows, User-interface sangat memegang peranan penting, karena dalam pemakaian aplikasi yang kita buat, pemakai senantiasa berinteraksi dengan User-interface tanpa menyadari bahwa dibelakangnya berjalan instruksi-instruksi program

O. VPS (Virtual Private Server)

VPS adalah teknologi server side tentang sistem operasi dan perangkat lunak yang memungkinkan sebuah mesin dengan kapasitas besar dibagi ke beberapa virtual mesin. Tiap virtual mesin ini melayani sistem operasi dan perangkat lunak secara mandiri dan dengan konfigurasi yang cepat. Secara global VPS sering digunakan untuk Cloud Computing, Software Bot. Penggunaan VPS dapat dijalankan dengan Remote Access Dekstop atau biasa disebut pengendali jarak jauh, dengan menggunakan aplikasi seperti Putty untuk yang menggunakan OS windows dan Terminal untuk Linux.

P. Web Server

Web server adalah sebuah software yang memberikan layanan berbasis data dan berfungsi menerima permintaan dari HTTP atau HTTPS pada klien yang dikenal dan biasanya kita kenal dengan nama web browser dan untuk mengirimkan kembali yang hasilnya dalam bentuk beberapa halaman web dan pada umumnya akan berbentuk dokumen HTML. itulah pengertian web server sebenarnya. dalam bentuk sederhana web server akan mengirim data HTML kepada permintaan web Browser sehingga akan terlihat seperti pada umumnya yaitu sebuah tampilan website.

Q. MySql

MySQL adalah turunan salah satu konsep utama pada basis data yang sebelumnya sudah ada yaitu SQL (Structured Query Language). MySQL adalah sebuah implementasi dari RDBMS yang dapat digunakan secara bebas dan gratis dibawah lisensi GNU General Public License (GPL). Fungsi utama dari MySql ini adalah menyimpan data kedalam database.

R. Apache

Server HTTP Apache atau Server Web/WWW Apache adalah server web yang dapat dijalankan di banyak sistem operasi (Unix, BSD, Linux, Microsoft Windows dan Novell Netware serta platform lainnya) yang berguna untuk melayani dan memfungsikan situs web. Protokol yang digunakan untuk melayani fasilitas web/www ini menggunakan HTTP.

Apache memiliki fitur-fitur canggih seperti pesan kesalahan yang dapat dikonfigur, autentikasi berbasis basis data dan lain-lain. Apache juga didukung oleh sejumlah antarmuka pengguna berbasis grafik (GUI) yang memungkinkan penanganan server menjadi mudah.

S. PHP (Hypertext Preprocessor)

PHP adalah bahasa pemrograman script server-side yang didesain untuk pengembangan web. PHP disebut bahasa pemrograman server side karena PHP diproses pada komputer server. Hal ini berbeda dibandingkan dengan bahasa pemrograman client-side seperti JavaScript yang diproses pada web browser (client). Kode PHP biasanya di sisipkan ke dalam dokumen HTML. Karena fitur inilah PHP disebut juga sebagai Scripting Language atau bahasa pemrograman script.

T. API CRUD

API adalah singkatan dari Application Programming Interface, dan memungkinkan developer untuk mengintegrasikan dua bagian dari aplikasi atau dengan aplikasi yang berbeda secara bersamaan. API terdiri dari berbagai elemen seperti function, protocols, dan tools lainnya yang memungkinkan developers untuk membuat aplikasi. Tujuan penggunaan API adalah untuk mempercepat proses development dengan menyediakan function secara terpisah sehingga tidak perlu membuat fitur yang serupa. Penerapan API akan sangat terasa jika fitur yang diinginkan sudah sangat kompleks, tentu membutuhkan waktu untuk membuat yang serupa dengannya. Misalnya: integrasi dengan payment gateway. Terdapat berbagai jenis sistem API yang dapat digunakan, termasuk sistem operasi, library, dan web.

CRUD adalah singkatan dari Create Read Update Delete , yang sering digunakan pada aplikasi-aplikasi pengolahan data yang kebanyakan menggunakan fungsi CRUD didalamnya . Fungsi ini digunakan untuk menambahkan data, menghapus data, serta mengupdate data.

III. METODOLOGI PENELITIAN

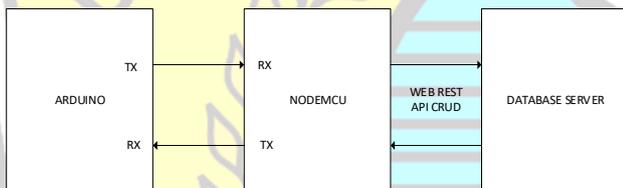
Metodologi penelitian dalam pembuatan Penelitian ini, dibutuhkan tahapan-tahapan sebagai berikut :

A. Studi Literatur

- Mencari literatur serta mengumpulkan data yang berhubungan dengan dan komponen pendukung lainnya yang digunakan.
- Mempelajari konversi Solar panel hingga menjadi listrik.

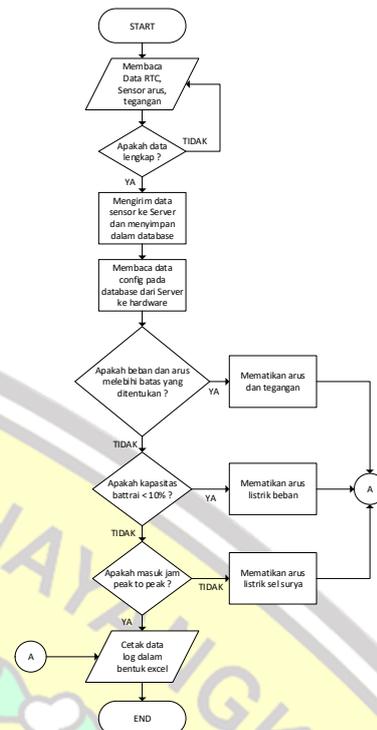
B. Pembuatan *Hardware* dan *Software*

Pada tahap ini perangkat keras menggunakan Arduino Uno sebagai pengganti PLC , dan membuat *software* sebagai HMI. Pada pembuatan perangkat keras yaitu pengontrolan dan monitoring sel surya dengan cara sensor pada Arduino akan di kirim kedalam modul NodeMCU menggunakan UART (TX RX) lalu akan dikirim kedalam server untuk penyimpanan data dengan menggunakan HTTP Request API CRUD. Untuk konfigurasi proteksi, dan konfigurasi timer untuk melakukan pengecasan yang disimpan dalam database akan di kirim dalam modul NodeMCU menggunakan HTTP Request kembali dan akan dari modul NodeMCU akan di kirim kedalam Arduino untuk disimpan .dapat dilihat pada gambar 5.

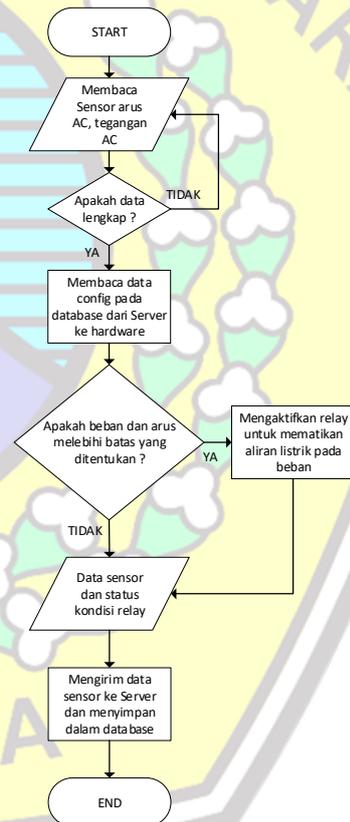


Gambar 5. Komunikasi UART dan WEB API CRUD

Sisi input pada solar cell terdapat sensor tegangan DC dan sensor arus DC, dan pada bagian beban terdapat inverter 12VDC ke 220VAC 500Watt dengan sensor tegangan AC dan sensor arus AC. Pada sisi output solar cell terdapat relay sebagai pemutus untuk charging pada aki, dan pada output beban AC bias digunakan lampu ataupun peralatan elektronik lainnya dengan daya maksimal 500 Watt. Flowchart dapat dilihat pada gambar 6. Software yang digunakan yaitu menggunakan software pertama dibuat menggunakan Visual Basic dan software kedua untuk membuat server online menggunakan VPS (Virtual Private Server) , yang dibuat sebagai Interface atau sebagai HMI. Software ini digunakan untuk memonitoring, mengontrol, dan dalam software ini dapat mengkonfigurasi server sesuai keinginan user dengan GUI yang menarik dan mudah digunakan.

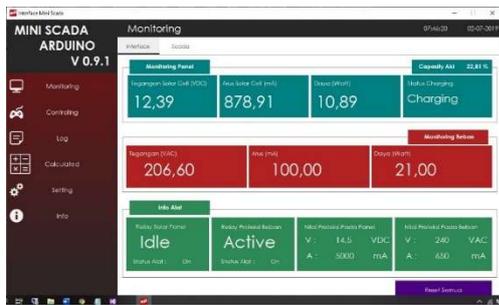


Gambar 6. Flowchart sistem pada perangkat keras

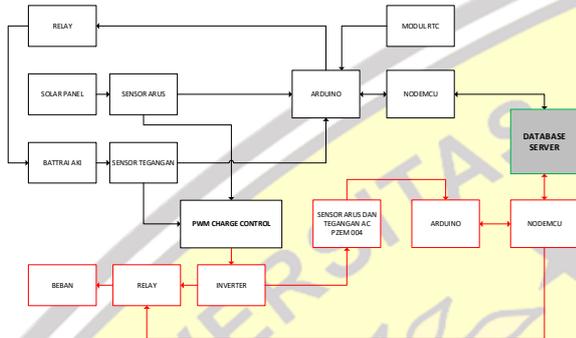


Gambar 7. Flowchart pada perangkat keras beban AC

Software HMI dibuat menggunakan Visual Studio dengan Bahasa pemrograman Visual Basic Net. Software ini memiliki fitur mode Real time, monitoring, controlling data pada mini SCADA, akses konfigurasi untuk server, memiliki 2 record data, pada software dan pada server website. Sehingga pengguna dapat memonitoring tanpa perlu membuka software. Software dapat dilihat pada gambar 8 dan perancangan hardware keseluruhan pada gambar 9.



Gambar 8. Software HMI



Gambar 9. Perancangan Hardware

C. Pengujian dan analisa alat

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui konsep konversi energi panas matahari menjadi listrik. Lalu pengimplementasi sistem SCADA pada *Hardware*. Memonitoring pengujian hasil pengiriman data sensor tegangan aki, arus sel surya, daya sel surya, kapasitas aki dalam bentuk persen, tegangan beban, arus beban, daya beban. Melakukan pengontrolan pengiriman data konfigurasi *charging peak to peak*, nilai proteksi *over voltage*, dan *over current*.

D. Penutup

Pada tahap ini dilakukan pengambilan kesimpulan berdasarkan hasil dari teori dan Analisa pengujian pada alat. Meliputi hal-hal yang menjadi kendala dalam penelitian ini, atau hal-hal yang masih memerlukan kajian lebih dalam lagi.

IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Data

1. Data pengujian panas matahari

Analisa ini dilakukan untuk menganalisa waktu *peak to peak* pada sel surya sehingga dapat menentukan jam awal dan akhir melakukan pengisian.

Tabel 2. Tabel pengujian suhu dan tegangan sel surya

Tanggal	Jam	Suhu (°C)	Tegangan (V)
03/03/2019	05.30	23,88	6,72
03/03/2019	06.00	24,5	20,27
03/03/2019	07.00	26,88	21,54
03/03/2019	08.00	28,69	21,86
03/03/2019	09.00	32,94	21,71
03/03/2019	10.00	33,5	22,18
03/03/2019	11.00	35,69	21,88
03/03/2019	12.00	30,06	21,01

03/03/2019	13.00	29,75	21,86
03/03/2019	14.00	26,88	22,08
03/03/2019	15.00	28	21,3
03/03/2019	16.00	27,56	19,58
03/03/2019	17.00	25,5	13,42
03/03/2019	18.00	24,75	0,22

2. Data pengujian alat pada sel surya

Analisa pada alat untuk mengetahui performa dari mini SCADA dengan melakukan pengujian pengisian baterai aki.

Tabel 3. Pengujian performa alat saat pengisian aki

No	Date	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (Watt)	Status Alat	Status Relay	Persen Aki (%)
1	30,06,2019-10:15:29	11,9	878,91	10,46	Charging	Idle	6,23
2	30,06,2019-11:10:21	12,22	585,94	7,16	Charging	Idle	17,40
3	30,06,2019-12:09:40	12,39	927,73	11,50	Charging	Idle	19,05
4	30,06,2019-13:05:03	12,7	1040,23	13,21	Charging	Idle	64,60
5	30,06,2019-14:23:20	13,6	1203,3	16,36	Charging	Idle	68,69
6	30,06,2019-15:10:34	14,2	932,31	13,24	Charging	Idle	90,68
7	30,06,2019-16:00:32	14,4	430,21	6,20	Charging	Idle	96,11
8	30,06,2019-17:15:36	14,5	0	0,00	Not Charging	Idle	100,00

3. Data pengujian alat pada beban

Analisa pada beban untuk mengetahui performa baterai aki terhadap beban AC menggunakan mini SCADA.

Tabel 4. Pengujian performa alat pada beban AC

No	Date	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (Watt)	Status Relay
1	03/07/2019 01:38	226.10	110.00	0.00	Idle
2	03/07/2019 01:39	226.70	110.00	24.00	Idle
3	03/07/2019 01:40	224.50	100.00	24.00	Idle
4	03/07/2019 01:40	224.30	110.00	24.00	Idle
5	03/07/2019 01:41	224.40	100.00	23.00	Idle
6	03/07/2019 01:42	224.60	100.00	25.00	Idle
7	03/07/2019 01:42	224.60	100.00	25.00	Idle
8	03/07/2019 02:00	225.10	100.00	24.00	Idle
9	03/07/2019 02:01	225.00	100.00	24.00	Idle
10	03/07/2019 02:01	225.00	110.00	24.00	Idle
11	03/07/2019 02:01	224.90	110.00	24.00	Idle
12	03/07/2019 02:01	224.80	110.00	24.00	Idle
13	03/07/2019 02:01	224.70	100.00	25.00	Idle
14	03/07/2019 02:02	224.60	110.00	24.00	Idle
15	03/07/2019 02:03	225.10	110.00	23.00	Idle
16	03/07/2019 02:04	224.80	100.00	24.00	Idle
17	03/07/2019 02:05	225.30	100.00	25.00	Idle
18	03/07/2019 02:06	224.80	110.00	24.00	Idle
19	03/07/2019 02:30	220.30	100.00	22.00	Idle
20	03/07/2019 02:31	220.20	100.00	23.00	Idle
21	03/07/2019 02:32	219.60	100.00	24.00	Idle
22	03/07/2019 02:33	219.00	100.00	22.00	Idle
23	03/07/2019 02:34	218.40	100.00	22.00	Idle
24	03/07/2019 02:35	217.80	100.00	22.00	Idle
25	03/07/2019 02:36	217.20	100.00	22.00	Idle
26	03/07/2019 02:44	208.80	100.00	21.00	Idle
27	03/07/2019 02:45	208.30	100.00	20.00	Idle
28	03/07/2019 02:45	0.00	0.00	0.00	Idle

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari beberapa percobaan yang telah dilakukan pada Tugas Akhir ini maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengaruh suhu panas terhadap sel surya sangat berpengaruh pada penurunan tegangan, dan banyak factor lain yang mempengaruhi sel surya seperti intensitas cahaya, iradiasi dan sudut matahari terhadap posisi sel surya. Untuk melakukan pengujian digunakan acuan suhu 25°C atau 300 Kelvin dengan arus saturasi $1 \times 10^{-10} A/cm^2$. Untuk pengujian secara langsung setiap perubahan suhu pada sel surya akan mempengaruhi besar arus saturasi diode.
2. Luas sel surya dan iradiasi mempengaruhi *power input* sel surya.
3. Efisiensi sel surya dipengaruhi oleh *volt open circuit*, *short circuit current*, *Fill Factor* dan *Power Input*.
4. Pengiriman data UART antara Arduino uno dan NodeMCU menggunakan jalur yang baik, agar data yang dikirim tidak ada *noise*.

5. Pengiriman data dari modul NodeMCU untuk melakukan `http request` membutuhkan delay 1 hingga 3 detik. Koneksi jaringan internet sangat berpengaruh hingga mengganggu proses pengiriman data.
6. Untuk proses proteksi sangat sensitif apabila data proteksi didalam server sudah tersimpan dalam mikrokontroler Arduino.

B. Saran

Untuk kelanjutan Riset yang akan datang, diharapkan adanya pengembangan pada Mini Scada PLTS berbasis Arduino Uno dan Visual Basic menggunakan API CRUD PHP dengan menambahkan beberapa Fitur didalamnya. Adapun masukan-masukan yang dapat diberikan untuk pengembangan Sistem ini ke depan adalah sebagai berikut:

1. Melakukan Analisa efisiensi sel surya terhadap beban 220VAC
2. Uji kemampuan sistem untuk menyalurkan daya atau energi secara terus menerus.
3. Uji stabilitas, kemampuan ketika alat mengalami gangguan.
4. Mengganti mikrokontroler Arduino yang menggunakan ATMEGA328 8 bit dengan ARM CORTEX 32bit sehingga pemrosesan program lebih cepat.
5. Mengganti sensor suhu yang lebih presisi untuk melakukan pengujian sel surya.
6. Penambahan modul NodeMCU untuk melakukan auto trouble solving apabila koneksi modul pertama tidak berfungsi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kita Punya, "Pengertian dan Fungsi Baterai", <https://www.kitapunya.net/2013/12/pengertian-dan-fungsi-baterai-aki.html> (diakses tanggal 20 februari 2019)
- [2] pdacontrolen, "PZEM - 004", <http://pdacontrolen.com/meter-pzem-004t-with-arduino-esp32-esp8266-python-raspberry-pi/> (diakses tanggal 21 februari 2019)
- [3] M. A. Green, "Solar cell fill factors: General graph and empirical expressions", *Solid-State Electronics*, vol. 24, pp. 788 - 789, 1981.
- [4] M. J. O'Neil and McDanal, A. J., "Outdoor measurement of 28% efficiency for a mini-concentrator module", National Center for Photovoltaics Program Review Meeting. Denver, USA, 2000.
- [5] M. A. Green, Emery, K., Hishikawa, Y., and Warta, W., "Solar cell efficiency tables (version 35)", *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, vol. 18, pp. 144-150, 2010.
- [6] PVE Education, "Open Circuit Voltage", <https://www.pveducation.org/pvcdrom/solar-cell-operation/open-circuit-voltage> (diakses tanggal 03 maret 2019)
- [7] PVE Education, "Ideality Factor", <https://www.pveducation.org/pvcdrom/solar-cell-operation/ideality-factor> (diakses tanggal 03 maret 2019)
- [8] PVE Education, "Solar Cell Efficiency", <https://www.pveducation.org/pvcdrom/solar-cell-operation/solar-cell-efficiency> (diakses tanggal 03 maret 2019)