SISTEM PEMONITORINGAN DAN *AUTO SWITCH POWER SUPPLY* MENGGUNAKAN *SOLAR CELL POWERBANK* PADA SERVER

Yudha Fernando Loren Situmorang[1], Didit Andri Jatmiko[2]

Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer – UNIKOM

Jl. Dipatiukur No 112-114 Bandung

E-mail : situmorangit@gmail.com[1], didit@email.unikom.ac.id[2]

ABSTRAK

Sumber listrik yang disediakan oleh PLN (Pembangkit Listrik Negara) tidak selamanya dapat berjalan lancar seperti yang diharapkan. Banyak kendala-kendala teknis yang tidak dapat diprediksi seperti pemadaman listrik yang disebabkan faktor transmisi ataupun distribusi daya PLN ke konsumen. Kendala-kendala tersebut akan menghambat aktivitas konsumen khususnya dalam dunia industri, sehingga setiap pelaku industri harus memiliki sumber daya cadangan untuk mendukung operasional perusahaan. Pemilihan sumber daya cadangan pun nantinya dapat menimbulkan permasalahan baru, seperti meningkatnya pengeluaran biaya operasional dalam menggunakan sumber daya cadangan tersebut.

Permasalah tersebut dapat diantisipasi dengan mengkaji ulang pemilihan sumber daya cadangan yang tepat agar tidak merugikan konsumen. Selain itu, diperlukan juga sebuah desain sistem kontrol yang mampu menangani permasalahan sumber daya secara otomatis. PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) adalah salah satu sumber daya cadangan yang sudah sangat popular digunakan didunia industri. PLTS merupakan sumber daya listrik yang bersumber dari energi matahari yang tidak pernah habis dan membutuhkan biaya yang minimal untuk mengoperasikannya dibandingkan sumber daya listrik yang lain. Selain itu PLTS dapat diintegrasikan dengan alat switch otomatis atau yang sering disebut ATS (*automatic transfer switch*). ATS adalah sebuah rangkaian kontrol sakelar power inverter untuk menghubungkan power inverter ke beban dan mengalihkannya secara otomatis ketika sumber listrik dari PLN padam atau hidup kembali.

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan integrasi ATS dapat mempermudah operator server dalam memonitoring arus pada server dan melakukan perpindahan sumber daya. Solar sistem mampu menghasilkan keuntungan sebesar Rp 4.225,766,-/bulan jika menggunakan panel surya dengan daya maksimal 20W. Dalam penelitian ini masih banyak permasalah yang pada penelitian selanjutnya dapat ditingkatkan, khususnya dalam hal akurasi sensor, penggunaan komponen-komponen yang lebih aman digunakan untuk skala industri, penyederhanaan kabel pada perangkat keras, kemampuan pencadangan sumber daya listrik yang lebih tahan lama, dan mengolah data yang telah disimpan di database sebagai parameter pengambil keputusan perusahaan terhadap sumber daya listrik server.

Kata kunci : sumber daya, ATS, PLTS, *Power Inverter*, sistem kontrol

1. PENDAHULUAN

Server merupakan komputer induk yang digunakan untuk menyediakan sumber daya baik berupa data ataupun sumber daya lainnya. Dikarenakan fungsi server yang demikian, server diharuskan bekerja setiap saat agar permintaan sumber daya yang dibutuhkan *client* dapat disediakan oleh server. Untuk membantu kinerja server agar dapat bekerja setiap saat, dibutuhkan sumber daya listrik cadangan yang dapat membackup konsumsi arus server. Selain permasalahan sumber daya listrik, kondisi ruangan juga harus diperhatikan, pemakaian pendingin ruangan tidak setiap saat dibutuhkan agar biaya penggunaan listrik semakin hemat, sehingga dibutuhkan alat pengontrol pendingin ruangan server. [1]

PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) adalah salah satu sumber daya cadangan yang sudah sangat banyak digunakan baik secara perorangan ataupun *corporate*. Pembangunan PLTS di daerah yang beriklim tropis sangatlah strategis, dimana Indonesia adalah Negara yang memiliki iklim tropis, sehingga PLTS di Indonesia dapat berjalan dengan maksimal. Hal tersebut telah terealisasi dengan pembangunan PLTS dengan skala yang besar seperti contoh PLTS yang ada di bali dengan daya 1 *Mega watt peak.* [2]

Seiring perkembangan teknologi, segala sesuatu telah terkoneksi dengan internet, dan segala sesuatu

dapat dilakukan dengan koneksi internet, teknologi ini lebih sering disebut dengan *Internet Of Things* (IOT), begitu juga dengan PLTS sangat dimungkinkan dikombinasikan dengan teknologi IOT, dengan tujuan kita dapat memantau sistem PLTS kita dimanapun tanpa terhalang oleh jarak. Hal tersebut memudahkan konsumen dalam melakukan pemantauan sumber daya listrik mereka. [3]

1.1. Alat IOT

Dalam membangun sistem IOT, diperlukan sebuah mikrokontroler sebagai otak yang akan menjalankan sistem IOT. Sistem mikrokontroler juga dapat dikombinasikan dengan sensor sensor pendukung yang akan membantu mikroprosesor dalam mengelola data. Beberapa sensor pendukung yang dapat digunakan dalam membangun sistem monitoring sumber daya listrik adalah sebagai berikut [4]

1.1.1 Sensor Arus ACS 712

Sensor Arus ACS 712 adalah sensor pengukur arus AC yang mampu mengukur besaran arus yang melewati sensor tersebut, karena didalamnya terdapat rangkaian low-offset linear Hall dengan satu lintasan yang terbuat dari tembaga. cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat didalamnya yang menghasilkan medan magnet yang di tangkap oleh integrated Hall IC dan diubah menjadi tegangan proporsional. Ketelitian dalam pembacaan sensor dioptimalkan dengan cara pemasangan komponen yang ada didalamnya antara penghantar yang menghasilkan medan magnet dengan hall transducer secara berdekatan. [5]

Dalam penelitian ini sensor arus ACS 712 digunakan untuk mengukur arus pada sumber daya utama yaitu PLN, sehingga dapat dilakukan keputusan otomatis untuk memindahkan sakelar ke sumber cadangan.

1.1.2 Sensor Tegangan DC

Sensor tersebut berfungsi untuk menghitung tegangan DC, untuk sensor ini bisa menghitung 0-25V DC. Output dari sensor ini adalah voltase 0-5V. Sehingga 5x5=25V, jadi apabila tegangan yang dihitung adalah 5V maka keluarannya adalah 1V. Jika yang dihitung 12V, maka keluarannya adalah 2.4V.

1.1.3 Sensor Tegangan AC

Sensor tegangan AC berfungsi sebagai pengukur tegangan arus AC, dimana sensor Zmpt101b ini mampu mengukur tegangan AC 110-250 VAC

1.1.4 ESP8266 Module

ESP8266 *Module* adalah salah satu module yang dapat menghubungkan *micro controller* kita dengan koneksi jaringan lokal (*LAN*) ataupun jaringan internet menggunakan media *wifi* untuk melakukan transper data via jaringan lokal atau pun jaringan internet.

Dalam penelitian ini ESP8266 berfungsi sebagai sebuah alat untuk mengirim data dari mikrokontrol kedalam *firebase database*.

Firmware default yang digunakan oleh perangkat ini menggunakan *AT Command*, selain itu ada beberapa *Firmware SDK* yang digunakan oleh perangkat ini berbasis opensource yang diantaranya adalah sebagai berikut :

- **NodeMCU** dengan menggunakan basic programming *lua*, dan bisa juga menggunaakn bahasa C
- **MicroPython** dengan menggunakan basic programming *python*
- **AT Command** dengan menggunakan perintah perintah *AT command*

Untuk pemrogramannya sendiri kita bisa menggunakan *ESPlorer* untuk *Firmware* berbasis *NodeMCU* dan menggunakan *putty* sebagai terminal control untuk *AT Command*.

1.1.5 Sensor DHT11

Sensor DHT 11 adalah sensor digital yang dapat mengukur suhu dan kelembaban udara di sekitarnya. Sensor ini sangat mudah digunakan bersama dengan *Arduino*. Memiliki tingkat stabilitas yang sangat baik serta fitur kalibrasi yang sangat akurat. Koefisien kalibrasi disimpan dalam *OTP program memory*, sehingga ketika internal sensor mendeteksi sesuatu, maka *module* ini menyertakan koefisien tersebut dalam kalkulasinya. [6]

Sensor DHT 11 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban pada ruangan Server, dimana suhu ruangan haruslah berada pada suhu operasional baik dari hardisk yaitu diantara $18\,℃ - 27\,℃$ dengan kelembaban $40RH - 60Rh$ [1]

1.2. Firebase Database

Firebase Realtime Database adalah basis data yang berbasis awan. Data disimpan bertipe JSON dan disinkronkan secara *real time* ke setiap klien yang terhubung. Ketika Anda membangun aplikasi lintas-platform dengan iOS, Android, dan JavaScript SDK, semua klien Anda berbagi satu *instance Realtime Database* dan secara otomatis menerima pembaruan dengan data terbaru

Keunggulan Database Firebase bisa dilihat pada tabe dibawah ini

Tabel 1 Keunggulan Database Firebase

Keunggulan	Keterangan
Realtime	Sebagai ganti permintaan HTTP biasa, Firebase Realtime Database menggunakan sinkronisasi data, setiap kali data berubah, setiap perangkat yang terhubung menerima pembaruan tersebut dalam milidetik. Memberikan pengalaman kolaboratif dan mendalam tanpa berpikir tentang kode jaringan.
Offline	Aplikasi Firebase tetap responsif bahkan ketika offline karena *SDK Firebase Realtime Database* mempertahankan data ke disk. Setelah konektivitas didapatkan kembali, perangkat klien akan menerima perubahan yang terlewat, menyinkronkannya dengan status Server saat ini.
Bisa Diakses dari Perangkat Klien	*Firebase Realtime Database* bisa diakses secara langsung dari perangkat seluler atau browser web; tidak diperlukan lagi Server aplikasi. Keamanan dan validasi data tersedia melalui *Firebase Realtime Database Security Rules*, aturan berbasis ekspresi yang dieksekusi ketika data dibaca atau ditulis.

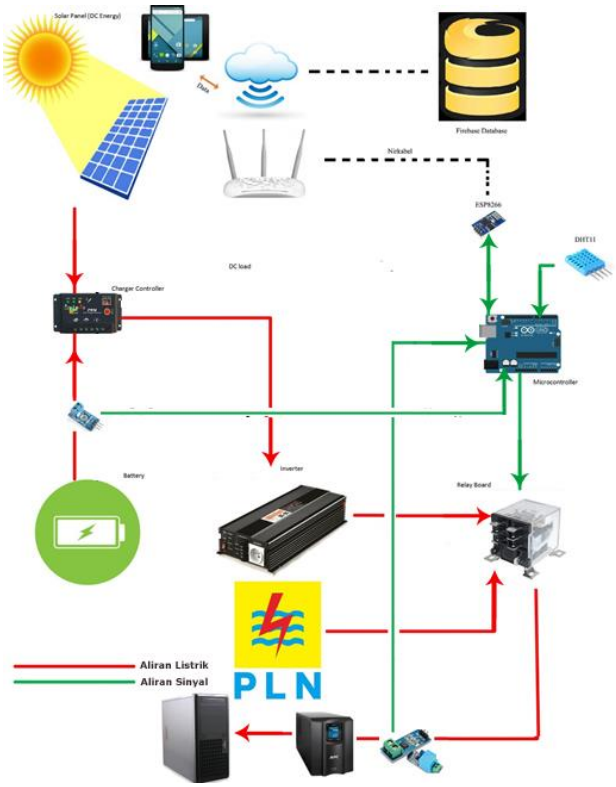
2. ISI PENELITIAN

1.3. Perancangan Sistem

Perancangan sistem dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu merancang diagram blok, merancang database, pengkodean mikrokontroler sehingga sensor sensor dapat dibaca dan diolah sehingga menghasilkan output dan berhasil dikirik ke database,

1.3.1 Diagram Blok

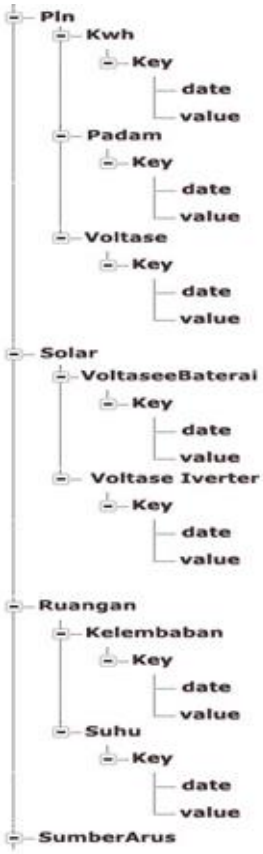
Diagram blog dari sistem monitoring ditunjukan oleh gambar dibawah ini:



Gambar 1 Diagram blok sistem monitoring secara keseluruhan

1.3.2 Perancangan database

Dalam memenuhi kebutuhan sistem monitoring sumber daya, diperlukannya database untuk menyimpan data-data yang nantinya dapat memudahkan user dalam melakukan monitoring sumber daya listrik. Perancangan database ini menggunakan firebase database dimana database ini dapat melakukan singkronisasi secara realtime. Adapun skema perancangan data berdasarkan sensor-sensor yang digunakan adalah sebagai berikut

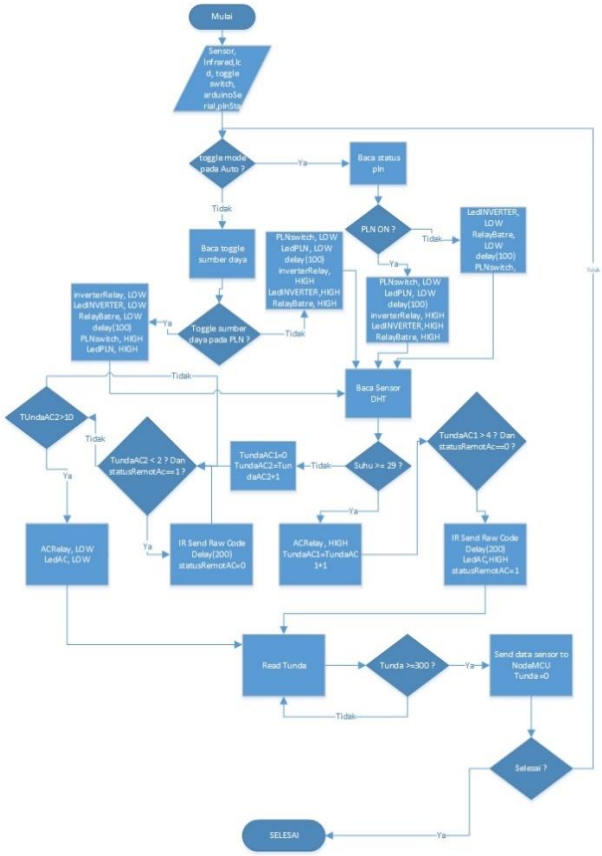


Gambar 2 skema database

1.3.3 Perancangan Perangkat Lunak Arduino

Perancangan ini dilakukan untuk mengetahui alur kerja dari arduino untuk melakukan pembacaan sensor, pengendalian relay-relay dan pengiriman data ke NodeMCU

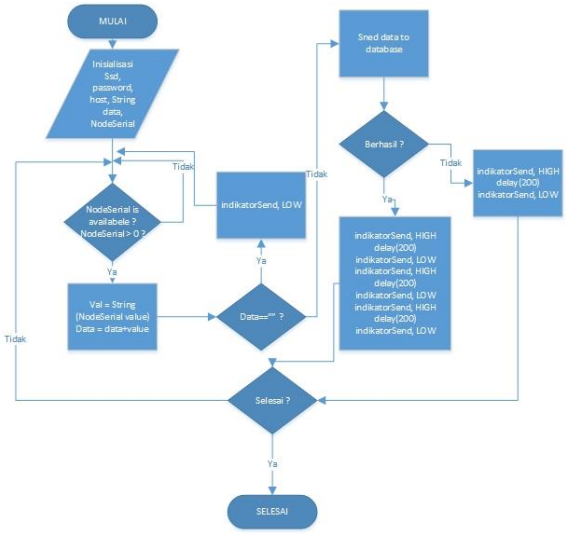
Adapun alur kerjanya dapat digambarkan dalam bentuk flowchart berikut ini



Gambar 3 Flowchart Arduino

1.3.4 Perancangan Perangkat Lunak NodeMCU

Perancangan ini dilakukan untuk mengetahui alur kerja dari NodeMCU untuk melakukan pengiriman data ke database. Adapun alur kerjanya dapat digambarkan dalam bentuk flowchart berikut ini



Gambar 4 Flowchart NodeMCU

1.4. Hasil dan Analisa

1.4.1 Pengujian Pembacaan data sensor

Pengujian ini dilakukan dengan mengoperasikan alat monitoring tanpa melakukan update data ke database. Pengujian ini dilakukan dalam jangka waktu 5 jam dimana setiap pembacaan semua sensor dilakukan dalam waktu 2 detik.

Hasil dari pengujian ini didapat data pembacaan sensor sebanyak 9000 data-data sensor, dengan keberhasilan data yang didapat adalah 8999 kali dengan kegagalan pembacaan data pada sensor tegangan AC dan sensor arus sebanyak 1 kali, sehingga dapat disimpulkan bahwa percobaan pembacaan data-data sensor berhasil dengan persentasi keberhasilan 99.9999%.

1.4.2 Pengujian kalibrasi sensor tegangan AC

Pengukuran kalibrasi tegangan AC dilakukan dengan mengukur tegangan sumber dilakukan pengukuran 10 kali, dimana dalam menentukan kesesuaian pembacaan tegangan sumber digunakan alat *energy meter* sebagai acuan data yang akurat, adapun data data yang telah di peroleh adalah sebagai berikut :

Tabel 1 kalibrasi pengukuran sensor tegangan AC

Percobaan	Pembacaan dengan sensor (v1) (Volt)	Pembacaan dengan energy meter(v2) (Volt)	Persentase kesalahan abs(v1-v2)/v2 * 100%
1	0	0	0%
2	224	223	0.00493%
3	202	203	0.00495%
4	201	202	0.000205%
5	202	202	0%
6	203	203	0%
7	224	223	0.00448%
8	223	223	0%
9	225	224	0.00446%
10	224	224	0%
Persentase kesalahan			0.00233%

Dari data pengujian diatas dapat diasumsikan bahwa kesalahan relatif antara data perhitungan sensor terhadap data pembacaan *energy meter* adalah 0.00233% sehingga data pembacaan sensor dapat dikatakan akurat dan dapat dijadikan variabel perhitungan penggunaan daya.

1.4.3 Pengujian kalibrasi sensor tegangan DC

Pengukuran kalibrasi tegangan DC dilakukan dengan mengukur tegangan DC dari aki, dimana pengujian ini dilakukan sebanyak 10 kali, untuk data perbandingan nilai acuan kebenarannya menggunakan alat solar charger controller yamg telah dinyatakan sesuai standart pengukuran tegangan. Adapun data pengujiannya adalah sebagai berikut

Tabel 2 kalibrasi pengukuran tegangan aki

Percobaan	Pembacaan dengan sensor (Volt)	Pembacaan dengan solar charger controller (Volt)
1	12.50	12.5
2	12.33	12.3
3	12.52	12.5
4	12.62	12.6
5	12.74	12.7
6	12.81	12.8
7	12.57	12.6
8	12.52	12.5
9	12.71	12.7
10	12.86	12.8

Dari data pengujian ini dapat dilihat bahwa data tegangan aki dapat terukur dengan baik disesuaikan dengan *solar charger controller* sebagai acuan voltase aki yang benar, sehingga dapat dijadikan variable voltase aki yang sesungguhnya untuk menghitung solar panel 20WP dapat menghasilkan arus dalam perharinya.

1.4.4 Pengujian kalibrasi sensor Arus

Pengujian kalibrasi sensor Arus dilakukan dengan mengukur pembacaan pemakaian daya dari suatu beban, dimana data tersebut akan dilakukan perbandingan dengan perhitungan pemakaian daya menggunakan rumus. Diketahui beban yang digunakan adalah monitor vorte 13 watt, dilakukan pengukuran setiap 1 jam sekali sebanyak 10 kali. Adapun data pengujiannya adalah sebagai berikut

Tabel 3 kalibrasi pengukuran sensor arus

Jam (WIB)	Pembacaan dengan sensor (k1) (Kwh)	Perhitungan dengan rumus P=V*I*T (k2) (Kwh)	Persentase kesalahan abs(k1-k2)/k2 * 100%
11.00	0.00	0.00	0%
12.00	0.12	0.13	0.07692%
13.00	0.25	0.26	0.03846%
14.00	0.37	0.39	0.05128%
15.00	0.50	0.52	0.03846%
16.00	0.61	0.65	0.06154%
17.00	0.74	0.78	0.05128%
18.00	0.87	0.91	0.04396%
19.00	0.98	1.04	0.05769%
20.00	1.11	1.17	0.05128%
Persentase kesalahan			0.04709%

Dari data pengujian diatas dapat diasumsikan bahwa persentase kesalahan antara data perhitungan sensor terhadap data pengukuran menggunakan rumus adalah 0.04709% sehingga data pembacaan sensor dapat dikatakan akurat.

1.4.5 Pengujian Kalibrasi Pembacaan status pln

Setelah dilakukan pengujian pengecekan status pln dengan melakukan pengukuran 10 kali

Tabel 4 kalibrasi pembacaan status pln

Percobaan	Tindakan	Nilai yang dibaca arduino	Nilai yang seharusnya
1	Melepaskan hubungan steker alat dari pln	0	0
2	Menghubungkan kembali steker alat ke sumber pln	1	1
3	Melepaskan hubungan steker alat dari pln	0	0
4	Menghubungkan kembali steker alat ke sumber pln	1	1
5	Melepaskan hubungan steker alat dari pln	0	0
6	Menghubungkan kembali steker alat ke sumber pln	1	1
7	Melepaskan hubungan steker alat dari pln	0	0
8	Menghubungkan kembali steker alat ke sumber pln	1	1
9	Melepaskan hubungan steker alat dari pln	0	0
10	Menghubungkan kembali steker alat ke sumber pln	1	1

1.4.6 Pengujian Mode Manual

Pengujian ini dilakukan dengan mengoperasikan alat sistem monitoring dalam mode manual dengan cara melakukan switch toggle button ke mode manual. Setelah dilakukan pengamatan, terdapat 2 hasil pengamatan yaitu :

1. Mode Manual dengan pilihan PLN

   Berdasarkan pengamatan, relay PLN aktif dalam waktu ± 1 detik. Hal ini dapat diamati dari nyala indikator LED pada relay PLN dan beban monitor yang menyala.

2. Mode Manual dengan pilihan *Accu*

   Berdasarkan pengamatan, relay Accu aktif dalam waktu ± 1 detik. Hal ini dapat diamati dari nyala indikator LED pada relay accu, power inverter yang menyala dan beban monitor yang menyala.

1.4.7 Pengujian Mode Auto

Pengujian ini dilakukan dengan mengoperasikan alat sistem monitoring dalam mode auto dengan cara melakukan switch toggle button ke mode auto. Setelah dilakukan pengamatan, terdapat 2 hasil pengamatan yaitu :

1. Mode Auto PLN dalam keadaan hidup

   Pengujian ini dilakukan pada saat kondisi PLN dalam keadaan normal. Pengujian ini dilakukan 4 kali percobaan dengan cara menghubungkan steker ke sumber arus PLN.

   Berdasarkan pengamatan, relay PLN aktif dalam waktu ± 1 detik. Hal ini dapat diamati dari nyala indikator LED pada relay PLN dan beban monitor yang menyala. Dalam melakukan percobaan 4 kali, didapat hasil gagal sebanyak 0 kali, dan berhasil 4 kali sehingga disimpulkan pada mode auto ini berjalan dengan normal

2. Mode Auto PLN dalam keadaan padam

   Pengujian ini dilakukan pada saat kondisi tegangan dan frekuensi PLN dalam keadaan tidak menyala. Pada saat pengujian tegangan yang terbaca pada LCD sebesar 0 VAC, dan pengujian ini dilakukan sebanyak 4 kali dengan cara melepaskan steker dari sumber arus PLN.

   Berdasarkan pengamatan, relay Accu aktif dalam waktu ± 1 detik. Hal ini dapat diamati dari nyala indikator LED pada relay accu, power inverter yang menyala dan beban monitor yang menyala. Dalam melakukan percobaan 4 kali, didapat hasil gagal sebanyak 0 kali, dan berhasil 4 kali sehingga disimpulkan pada mode auto ini

perpindahan sumber daya berjalan dengan normal

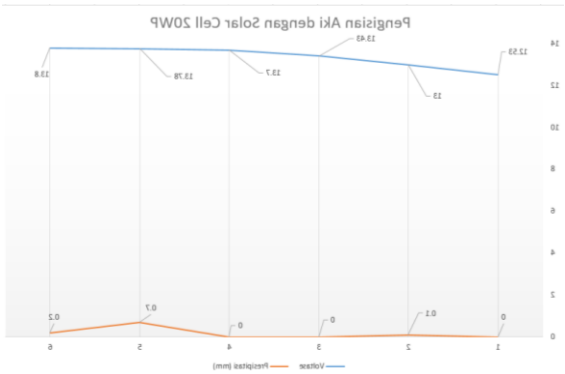
1.4.8 Pengujian On Off Air Conditioner

Pengujian ini dilakukan dengan melakukan pemanasan kondisi ruangan, sehingga sensor suhu membaca suhu ruangan berada pada suhu lebih atau sama dengan 29℃ . dan setelah suhu berada pada batas yang ditentukan, apakah *air conditioner* akan menyala atau tidak, dan sebaliknya jika suhu dibawah dari 29℃ diharapkan *air conditioner* dalam keadaan padam.

Setelah dilakukan pengujian dengan percobaan 4 kali dimana dilakukan pemanasan dan pendinginan ruangan setiap 1 jam sekali, dan didapat hasil 4 kali berhasil, sehingga dapat disimpulkan fungsional untuk melakukan on/off AC berjalan dengan baik dimana persentasi keberhasilannya adalah 100%

1.4.9 Pengujian Pengisian Accu

Pengujian ini adalah pengujian pengisian accu menggunakan solar panel 20WP dan accu 60AH. Adapun data hasil pengujiannya dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 5 grafik pengisian accu 60AH dengan solar panel 20WP

1.4.10 Pengujian Pemakaian Accu

Pengujian ini adalah pengujian penggunaan accu 60AH dengan beban lampu pijar *LED* 10W 220V dan *power inverter 1200W DC 12V to AC 230V* dimana dalam melakukan konversi arus DC menjadi AC membutuhkan daya sebesar 12W, sehingga total beban adalah 22W, dimana kondisi awal sebelum *accu* dihubungkan dengan beban pada pukul 13:57 WIB *accu 60AH* berada pada tegangan 13.71 VDC dan kondisi akhir pada pukul 16:58 setelah *accu* tidak terhubung dengan beban menjadi 13.3 VDC. Adapun grafik pemakaian *accu* ketika dihubungkan dengan beban adalah sebagai berikut.



Gambar 6 grafik penggunaan accu 60AH dengan beban 22W

1.4.11 Pengujian pengiriman data ke database

Pengujian pengiriman data dilakukan sebanyak 15 kali, dimana data berhasil dikirim dengan waktu pengiriman setiap 2 menit sekali.

Tabel 5 Pengujian pengiriman data ke database

Percobaan	Voltase PLN	Voltase Inverter	volt baterai	Suhu (Celcius)	Kelembaban (RH)
1	212	0	13.93	25	65
2	220	0	13.93	25	65
3	212	0	13.93	25	65
4	214.9	0	13.95	25	65
5	218.3	0	13.93	25	65
6	218.9	0	13.93	25	65
7	212	0	13.93	25	65
8	217.7	0	13.95	25	66
9	208.6	0	13.95	25	66
10	216.6	0	13.98	25	66
11	218.9	0	13.95	25	66
12	217.7	0	13.98	25	66
13	224.6	0	13.98	25	65
14	211.4	0	13.98	25	66
15	208	0	13.98	25	66

3. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan sistem monitoring dan *Automatic Transfer Switch* (ATS) yang dapat melakukan pergantian sumber daya ke

sumbar daya cadangan secara otomatis. Ketika Tegangan sumber arus utama padam, sistem mampu melakukan perpindahan sumber arus ke sumber utama kembali ketika sumber utama hidup kembali. Sistem mampu melakukan pergantian secara manual sesuai dengan posisi *toggle swith*. Sistem juga dapat mempermudah operator server dalam memonitoring arus pada server dan melakukan perpindahan sumber daya. Sistem solar panel mampu mengisi penuh *accu* 60AH selama 6hari jika menggunakan panel surya dengan daya maksimal 20W dengan kemampuan accu yang setiap 0.4 Voltnya dapat melakukan backup beban sebesar 22W selama 3 jam.

DAFTAR PUSTAKA

[1] M. F. Awaj, "Sistem Pengukur Suhu Dan Kelembaban Ruang Server," Undip, 2014.

[2] t. C. E. Indonesia, Energi yang Terbarukan.

[3] S. M., Membuat Sendiri Pembangkit Listrik Tenaga Surya, BukuDigitalNet, 2013.

[4] P. Jatmiko, Training Basic PLC, Tangerang: Kartanagari, 2015.

[5] Allegromicro, "Datasheet Allegro ACS712," Allegromicro, Worcester.

[6] Microbot, "DHT11 Humidity and Temperature," Microbot, California.

[7] R. S. Pressman, A Practitioner’s Approach, 7th ed, McGraw-Hill Education, 2012.

[8] E. Susanto, "Automatic Transfer Switch (Suatu Tinjauan)," *Automatic Transfer Switch (Suatu Tinjauan)*, vol. 5, 2013.

[9] A. D. Heri Andrianto, "Arduino Belajar Cepat dan Pemprograman," Informatika Bandung, Bandung, 2016.

[10] K. H. Russ Miles, Learning UML 2.0, Newton: O'Reilly Media, 2008.

[11] P. D. Sugiyono, metode penelitian kuantitatif, kualitatif dan R&D, Bandung: Alfabeta, CV. Bandung, 2013.

[12] P. H. Ginting, "Perancangan Automatic Transfer Switch (Ats) Mode Transisi Open-Transition Re-Transfer Dengan Parameter Transisi Berupa Tegangan Dan Frekuensi".

[13] B. F. Hardiansyah, *Perhitungan Optimasi Bahan Bakar Solar Pada Pemakaian Generator Set Di BTS*, vol. 6, p. 15, 2015.