

**RANCANG BANGUN SISTEM AUTOMATIC TRANSFER
SWITCH PADA SOLAR CELL – GRID HYBRID BERBASIS
APLIKASI ANDROID**



WASHILLA AUDIA

NIM. 17034129/2017

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2022**

**RANCANG BANGUN SISTEM AUTOMATIC TRANSFER
SWITCH PADA SOLAR CELL – GRID HYBRID BERBASIS
APLIKASI ANDROID**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Sains



Oleh :

WASHILLA AUDIA

NIM. 17034129/2017

PROGRAM STUDI FISIKA

DEPARTEMEN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2022

PERSETUJUAN SKRIPSI

RANCANG BANGUN SISTEM *AUTOMATIC TRANSFER SWITCH* PADA *SOLAR CELL – GRID HYBRID* BERBASIS APLIKASI ANDROID

Nama : Washilla Audia
NIM : 17034129
Program Studi : Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

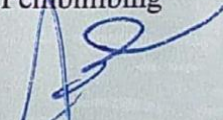
Padang, 7 Juni 2022

Mengetahui:
Kepala Departemen Fisika



Dr. Ratnawulan, M.Si.
NIP. 19690120199303 2 002

Disetujui Oleh :
Pembimbing



Dr. Yulkifli, M.Si.
NIP. 19730702200312 1 002

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Washilla Audia
NIM : 17034129
Program Studi : Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

RANCANG BANGUN SISTEM *AUTOMATIC TRANSFER SWITCH* PADA *SOLAR CELL – GRID HYBRID* BERBASIS APLIKASI ANDROID

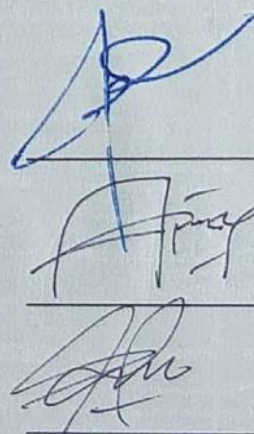
Dinyatakan Lulus Setelah Dipertahankan di Depan Tim Penguji Skripsi
Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, 7 Juni 2022

Tim Penguji

	Nama
Ketua	: Dr. Yulkifli, M.Si
Anggota	: Dr. Asrizal, M.Si
Anggota	: Mairizwan, M.Si

Tanda tangan



SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Washilla Audia
NIM/TM : 17034129/2017
Program Studi : Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : FMIPA

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi saya dengan judul : "Rancang Bangun Sistem *Automatic Transfer Switch* pada *Solar Cell – Grid Hybrid* Berbasis Aplikasi Android" adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di Institusi UNP maupun dimasyarakat dan hukum Negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Saya yang menyatakan,



Washilla Audia

NIM. 17034129

RANCANG BANGUN SISTEM AUTOMATIC TRANSFER SWITCH PADA SOLAR CELL – GRID HYBRID BERBASIS APLIKASI ANDROID

Washilla Audia

ABSTRAK

Catu daya utama yaitu PLN tidak selamanya kontinyu dalam penyalurannya. Hal ini dapat mengakibatkan terganggunya aktivitas dan produktifitas manusia. Solusi permasalahan ini adalah dibuatnya suatu sistem Automatic Transfer Switch (ATS) hybrid memanfaatkan energi solar cell dan PLN berbasis android. Sistem bekerja secara otomatis sebagai pembangkit listrik hybrid menggunakan panel surya dan catuan PLN memanfaatkan ATS serta melakukan monitoring dari jarak jauh. Jenis penelitian tergolong penelitian rekayasa. Pada sistem dapat diukur daya yang mengalir dari PLN ke beban, dan pembacaan data dibandingkan dengan pembacaan alat ukur standart(wattmeter). Data diperoleh adalah daya pemanenan panel surya, daya dibutuhkan beban dan daya mengalir dari PLN ke beban baik sesudah maupun sebelum menggunakan sistem ATS. Penelitian bertujuan mengetahui penghematan daya PLN yang mengalir ke beban setelah menggunakan sistem ATS, menentukan spesifikasi kerja dan spesifikasi desain sistem alat. Pengambilan data dilakukan pada 11 Februari 2022 jam 07.00 WIB –17.00 WIB. Hasil penghematan daya PLN mengalir ke beban terdiri dari daya PLN yang mengalir ke beban sebelum menggunakan sistem dan sesudahnya. Spesifikasi performansi sistem adalah memiliki ukuran yang kecil, portable dan mudah untuk dioperasikan. Pada penelitian ini digunakan panel surya berspesifikasi 64 cm x 29 cm x 2 cm dengan kapasitas maksimum 20 watt. Hasil penghematan daya setelah menggunakan sistem ATS dalam keadaan cuaca cerah selama 10 jam dengan intensitas matahari rata-rata 318,55 lux adalah 16,84%. Hasil spesifikasi desain sistem ATS didapatkan nilai ketepatan sistem 96,132%. Disisi lain nilai ketelitian sistem daya sebelum terpasang alat, sesudah terpasang alat dan penghematan daya yaitu 99,54%, 98,42% dan 95,01%.

Keywords : Panel Surya, ATS, *Hybrid*, Android

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segala puji dan syukur diucapkan kehadiran Allah SWT atas segala berkah, rahmat dan hidayah-Nya yang senantiasa dilimpahkan sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi ini. Sebagai judul penelitian adalah “Rancang Bangun Sistem *Automatic Transfer Switch* pada *Solar Cell – Grid Hybrid* Berbasis Aplikasi Android”. Tujuan penulisan skripsi ini untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) bagi mahasiswa program S-1 di program studi Fisika Departemen Fisika Universitas Negeri Padang.

Peneliti menyadari bahwa skripsi ini tidak dapat terselesaikan tanpa dukungan dari berbagai pihak. Dengan dasar ini, tidak lupa pula peneliti mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan kepada peneliti dalam menyusun skripsi ini, terutama kepada :

1. Bapak Dr. Yulkifli, M.Si sebagai Pembimbing atas segala bantuannya yang tulus ikhlas memberikan bimbingan, arahan, dan saran dalam penyelesaian skripsi ini.
2. Bapak Dr. H. Asrizal, M.Si sebagai dosen penguji skripsi yang telah meluangkan waktu untuk memberikan masukan, kritikan dan saran kepada peneliti untuk menyempurnakan skripsi ini.
3. Bapak Mairizwan, M.Si sebagai dosen penguji skripsi sekaligus selaku Pembimbing Akademik yang telah meluangkan waktu untuk memberikan masukan, kritikan dan saran kepada peneliti untuk menyempurnakan skripsi ini.

4. Ibu Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si selaku kepala Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
5. Ibu Syafriani, M.Si, Ph.D selaku ketua Prodi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang
6. Orang tua dan keluarga tercinta yang telah memberikan dukungan baik berupa moril dan spiritual kepada penulis.
7. Bapak dan Ibu Dosen Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
8. Staf Administrasi dan Laboran di Laboratorium Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
9. Rekan-rekan Fisika C 2017, ELINS 2019 yang telah ikut membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.

Peneliti menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan penulisan skripsi ini. Dengan alasan ini, peneliti mengharapkan masukan yang bersifat membangun untuk kesempurnaan laporan selanjutnya. Semoga laporan skripsi ini membantu mengubah pengetahuan dan pengalaman bagi para pembaca.

Padang, 7 Juni 2022

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
BAB I	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Batasan Masalah	5
D. Tujuan Penelitian	6
E. Manfaat Penelitian	6
BAB II	7
A. Panel Surya	7
B. <i>Automatic Transfer Switch</i>	10
C. Sistem <i>Hybrid</i>	11
D. Komponen Elektronika Pendukung Instrumen	13
E. <i>Thingspeak</i>	18
F. <i>App Inventor</i>	20
BAB III	22
A. Tempat dan Waktu Penelitian	22
B. Alat Dan Bahan	22
C. Jenis Penelitian	23
D. Data dan Variabel Penelitian	24
E. Prosedur Penelitian	26
BAB IV	36
A. Hasil Penelitian	36
B. Pembahasan	51
BAB V	55
A. Kesimpulan	55
B. Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hirarki Modul Sel Surya	8
Gambar 2.2 Rangkaian Ekvivalen Sel Surya	9
Gambar 2.3 Skema Hybrid System.....	12
Gambar 2.4 Sensor ACS712	14
Gambar 2.5 Sensor INA219.....	14
Gambar 2.6 Modul Relay	15
Gambar 2.7 Struktur Sederhana Relay.....	16
Gambar 2.8 Modul ESP8266	17
Gambar 2.9 Arduino mega 2560	18
Gambar 2.10 Tampilan Awal Thingspeak	19
Gambar 2.11 Tampilan Data Keluaran Sensor pada Thingspeak	20
Gambar 2.12 Tampilan Component Designer Aplikasi App Inventor	21
Gambar 2.13 Tampilan Block Editor Aplikasi App Inventor	21
Gambar 3.1 Langkah-langkah penelitian	24
Gambar 3.2 Blok Diagram Pembuatan Sistem ATS pada solar cell hybrid	27
Gambar 3.3 Flowchart Sistem ATS pada Solar cell Grid Hybrid.....	29
Gambar 3.4 Rangkaian Sistem ATS pada Solar Cell Grid Hybrid	30
Gambar 3.5 Hasil Konseptual Rancangan	37
Gambar 3.6 Hasil susunan geometri dan kefungsiap penelitian	38
Gambar 4.1 Sistem ATS Pada Solar Cell Grid Hybrid.....	39
Gambar 4.2 (a) Spesifikasi Panel Surya (b) Tampak Depan Panel Surya	40
Gambar 4.3 Monitoring Android Sistem ATS Pada Solar Cell Grid Hybrid	42
Gambar 4.4 Rangkaian Elektronika Sistem ATS Pada Solar Cell Grid Hybrid ...	43
Gambar 4.5 Hasil Pemodelan Rancangan Sistem ATS	44
Gambar 4.6 Grafik Penghematan Daya Pada Tanggal 11 Februari 2022	47

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Alat desain rancang bangun sistem ATS pada solar cell-grid hybrid .	22
Tabel 3.2 Bahan desain rancang bangun ATS pada solar cell-grid hybrid	23
Tabel 4.1 Data Penghematan Daya PLN Mengalir ke Beban pada Sistem	45
Tabel 4.2 Data Ketepatan Pengukuran Daya Penghematan.....	49
Tabel 4.3 Data Ketelitian Pengukuran Daya Penghematan	50

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Program Pengontrolan	62
Lampiran 2. Pengambilan Data.....	72
Lampiran 3. Data Penelitian.....	74
Lampiran 4. Foto Alat	79
Lampiran 5. Tampilan pada Aplikasi Android	82
Lampiran 6. Tampilan pada Serial Monitor Sistem	85
Lampiran 7. Tampilan pada Thingspeak.....	87
Lampiran 8. Dokumentasi Pengambilan data	91

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Energi merupakan hal yang sangat dibutuhkan dalam menunjang kehidupan manusia sehari-hari dan Douglas C. Giancoli (2001:203) berpendapat bahwa energi dapat didefinisikan sebagai kemampuan untuk melakukan kerja. Di era digital kebutuhan akan energi listrik sangat besar, pada tahun 2025 akan terjadi peningkatan kebutuhan energi sekitar 35% terutama pada bidang transportasi yang terus meningkat hingga 2050 sekitar 37 % sampai 42% terutama pada bidang industri (Danur Dwi,2020). Indonesia masih menggunakan energi listrik yang dihasilkan oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN). Energi listrik yang digunakan ini kebanyakan menggunakan energi fosil yang tidak dapat diperbaharui (Fadriantam, 2013). Berdasarkan Outlook Energi Indonesia (2019) menyatakan bahwa kapasitas pembangkit tenaga listrik sampai dengan tahun 2018 mencapai 64,5 GW atau naik sebesar 3% dibandingkan kapasitas tahun 2017. Kapasitas terpasang pembangkit listrik tahun 2018 sebagian besar berasal dari pembangkit energi fosil khususnya batubara (50%), diikuti gas bumi (29%), BBM (7%) dan energi terbarukan (14%)(Outlook Energi Indonesia,2019). Persediaan energi fosil yang bersifat tidak permanen mengakibatkan ketersediannya menjadi habis, sehingga dibutuhkan energi alternatif sebagai sumber energi yang dapat diperbaharui.

Ketergantungan manusia terhadap energi listrik ini menimbulkan suatu kebiasaan buruk. Banyak orang yang terkadang membiarkan suatu perangkat hidup baik saat ada di rumah ataupun saat tidak di rumah (pergi jauh). Contohnya adalah lupa mematikan TV dan bahkan lupa apakah kondisi listrik di rumah sudah mati

atau belum saat ditinggal berpergian jauh seperti mudik lebaran, dan lain-lain. Hal ini tentu saja mengakibatkan pemborosan listrik yang sangat besar walaupun menggunakan alat yang hemat energi sekalipun(Bian,2003).

Kemajuan teknologi di segala bidang mengakibatkan catu daya utama PLN sangat berpengaruh terhadap penyediaan energi listrik bagi layanan publik, baik itu daya besar maupun daya kecil. Pada banyak kasus, PLN tidak selalu dapat menjamin ketersediaan daya dari sumber listrik yang dibutuhkan bahkan masih ada daerah yang belum terjangkau PLN seperti di pulau-pulau kecil atau daerah terpencil. Akan tetapi suplai daya utama yang berasal dari PLN tidak selamanya kontinu dalam penyalurannya. Menurut Shiha, dkk (2011) menyatakan bahwa suatu saat pasti terjadi pemadaman total yang dapat disebabkan oleh gangguan pada sistem pembangkit, atau gangguan pada sistem transmisi dan sistem distribusi. Sedangkan suplai energi listrik sangat diperlukan untuk produktifitas dan aktivitas manusia. Sehingga jika PLN padam, maka suplai energi listrik pun berhenti, dan akibatnya seluruh aktifitas produksipun berhenti. Memanfaatkan sinar radiasi matahari untuk dikonversi menjadi energi listrik bisa menjadi alternatif dalam permasalahan ini agar kestabilan energi listrik terus terjaga.

Sel surya atau *solar cell* adalah perangkat yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan prinsip efek *photovoltaic*(Subandi,2015). Kemampuan panen daya listrik yang dihasilkan akan berubah secara berkala seiring dengan perubahan intensitas matahari. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Indonesia memang belum optimal dalam penggunaannya (Asyari,2019). PLTS merupakan teknologi yang ramah lingkungan karena tidak melepaskan polutan seperti halnya pembangkit listrik tenaga fosil.

Penerapan PLTS dapat dimanfaatkan pada perumahan atau sering disebut *Solar Home System* (SHS), pompa air, televisi, komunikasi dan peralatan rumah lainnya (Rahardjo, 2005). Namun jenis konversi yang didasarkan pada panas matahari biaya pembuatan yang mahal, membuatnya jarang digunakan. Oleh karena itu, sangat dibutuhkan keefektifan dalam memanfaatkan sinar radiasi matahari agar menjadi sumber energi listrik.

Hybrid System atau sistem hibrida adalah kombinasi dari dua atau lebih sumber energi, yang bila dipadukan berisi suatu sistem daya hibrida atau kombinasi suatu sumber energi terbarukan dengan sumber konvensional guna memberikan kemampuan terkontrol yang diperlukan untuk pemakaian sehari-hari (Tjunawan dkk, 2011). Penggunaan sistem hibrida ini sangat diperlukan dalam mengatasi permasalahan diatas. Sistem hibrida ini memerlukan rangkaian *switcher* yang bertugas mengalihkan catuan daya listrik yang dialirkan ke rumah. Menurut Sadi dan Mulyati (2019) menyatakan bahwa *Automatic Transfer Switch (ATS)* merupakan alat penghubung beban utama dengan dua sumber catu daya (sumber cadangan dan sumber utama) ataupun lebih yang dipisahkan guna untuk terjaganya pasokan yang tertuju ke beban dan berfungsi sebagai pengganti saklar pemindah posisi yang bekerja secara otomatis. Shiha (2011) telah membuat sistem ATS dan AMF dengan memanfaatkan PLC sebagai pengendali utama dalam menjalankan genset saat terjadinya pemadaman listrik PLN. Tegangan listrik dari PLN dideteksi dengan detektor tegangan, yang berguna untuk memberikan informasi kondisi pasokan listrik dari PLN. Oleh sebab itu, sistem hibrida merupakan salah satu alternatif sistem pembangkit yang tepat diaplikasikan untuk meminimalisir penggunaan listrik dari sumber PLN sehingga dapat menghemat anggaran (Siti

Saodah dan Nasrun Hariyanto, 2019). Menurut Syukri (2020), menyatakan bahwa efisiensi salah satunya dilakukan dengan cara memanfaatkan perangkat lunak dalam perencanaan kebutuhan. Tidak adanya monitoring terhadap sistem ATS ini mengakibatkan pengguna sulit untuk melihat penggunaan daya listrik oleh rumah, pemanenan daya listrik oleh sel surya serta melihat apabila terjadi kerusakan pada alat.

Seiring berkembangnya teknologi yang serba praktis dan *online*, maka banyak penelitian dalam pengontrolan yang berbasis android dengan memanfaatkan sistem *Internet Of Things (IoT)*. Secara umum bisa dilihat bahwa IoT merupakan salah satu cara memanfaatkan internet serta dapat diakses dimanapun dan kapanpun selama kita terhubung dengan internet. Penggunaan IoT pada sistem *switching* ini dapat memudahkan pengguna dalam memonitoring penggunaan daya listrik pada beban serta pemanenan daya listrik oleh sel surya dan melihat apabila terjadi kerusakan pada alat walaupun sedang tidak berada di dekat alat. Oleh sebab itu, potensi IoT dalam pemanfaatan konektivitas internet dapat terus dikembangkan sehingga menghasilkan manfaat yang banyak pada berbagai bidang.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka peneliti akan membuat suatu pengembangan *Automatic Transfer Switch* pada sistem hibrida sel surya berbasis aplikasi android agar mempermudah aksesibilitas kita dalam melihat penggunaan energi listrik pada beban serta penggunaan energi listrik dapat secara efektif dan efisien. Penelitian ini juga diharapkan dapat membantu terjadinya pemerataan energi listrik di seluruh daerah dan sebagai alternatif dari penggunaan bahan fosil yang terbatas dalam menghasilkan energi listrik. Sehingga penelitian ini berjudul

“Rancang Bangun Sistem *Automatic Transfer Switch* pada *Solar Cell – Grid Hybrid* Berbasis Aplikasi Android”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan sebelumnya, masalah yang dibahas pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana rancangan sistem sistem *automatic transfer switch* pada *solar cell – grid hybrid* berbasis aplikasi android?
2. Bagaimana spesifikasi performansi sistem *automatic transfer switch* pada *solar cell – grid hybrid* berbasis aplikasi android?
3. Bagaimana penghematan daya pada penggunaan beban setelah digunakan sistem *automatic transfer switch* pada *solar cell – grid hybrid* berbasis aplikasi android?
4. Bagaimana spesifikasi desain sistem *automatic transfer switch* pada *solar cell – grid hybrid* berbasis aplikasi android?

C. Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terfokus, maka dalam rancang bangun sistem *automatic transfer switch* pada *solar cell – grid hybrid* berbasis aplikasi android perlu diberikan batasan masalah yaitu sebagai berikut :

1. Panel surya yang digunakan pada alat adalah panel surya berkapasitas 20 wat.
2. Prototipe disusun dengan beban lampu DC.
3. Sistem switching *automatic transfer switch* menggunakan aplikasi android berbasis IoT untuk melakukan monitoring daya dengan data yang disajikan dalam bentuk angka dan grafik secara realtime.

D. Tujuan Penelitian

Secara umum tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan keefektifan penggunaan daya listrik dan mengurangi ketergantungan energi listrik dari PLN.

Sementara itu secara khusus penelitian ini bertujuan untuk :

1. Merancang sistem *automatic transfer switch* pada *solar cell – grid hybrid* berbasis aplikasi android.
2. Menentukan spesifikasi performansi dari sistem *automatic transfer switch* pada *solar cell – grid hybrid* berbasis android.
3. Menentukan penghematan daya listrik pada beban setelah menggunakan sistem *automatic transfer switch* pada *solar cell – grid hybrid* berbasis aplikasi android.
4. Menentukan spesifikasi desain dari sistem *automatic transfer switch* pada *solar cell – grid hybrid* berbasis android.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Peneliti, sebagai syarat menyelesaikan program studi fisika S1 dan pengembangan diri dalam bidang penelitian fisika.
2. Pembaca, untuk menambah pengetahuan dan memperluas wawasan dalam bidang kajian elektronika dan instrumentasi dan upaya pengembangan instrumentasi berbasis elektronika.
3. Peneliti lain, sebagai sumber ide dan referensi dalam pengembangan penelitian tentang elektronika dan instrumentasi, khususnya pada bidang energi terbarukan berbasis sel surya.

BAB II

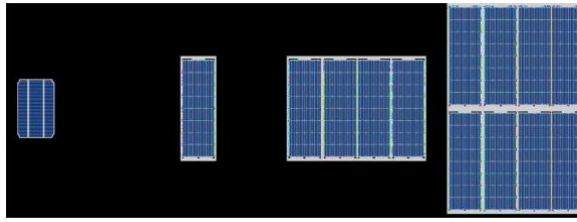
KERANGKA TEORITIS

A. Panel Surya

Panel Surya merupakan alat konversi energi yang dapat merubah intensitas cahaya matahari menjadi elektron yang bergerak atau yang disebut dengan arus listrik (Zanawar dan Sudrajat, 2014). Sel surya tersusun dari dua lapisan semikonduktor yang berbeda muatan. Lapisan atas bermuatan negatif sedangkan lapisan bawahnya bermuatan positif. Bahan semikonduktor yang paling umum digunakan untuk sel surya adalah *silikon*. (Subandi,2015).

Sel matahari terdiri dari partikel sangat kecil yang disebut dengan foton. Ketika sel surya terkena sinar matahari, partikel foton pada matahari menghantam atom semikonduktor pada sel surya. Hantaman ini, menghasilkan energi yang cukup besar untuk memisahkan elektron dari struktur atomnya, sehingga menjadi elektron yang bergerak bebas. Adanya perpindahan elektron-elektron inilah yang mengalirkan arus dengan jumlah tertentu (Subandi,2015).

Pada aplikasinya, energi listrik yang dihasilkan dari satu modul sel surya masih cukup kecil, maka dalam pemanfaatannya beberapa modul digabungkan dengan cara hubungan seri maupun paralel yang disebut *array*. Bentuk *array* inilah yang diaplikasikan untuk pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Hirarki modul sel surya ditunjukkan pada Gambar 2.1 berikut: (Ing Bagus R,2018)



Gambar 2.1 Hirarki Modul Sel Surya (Sel Modul Array)(Ing Bagus R,2018)

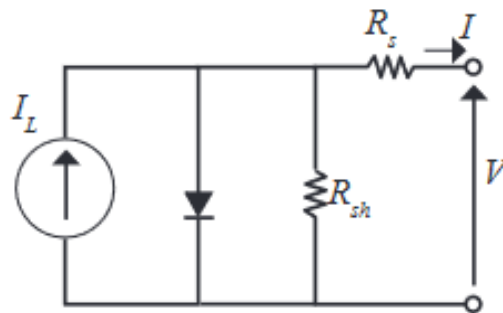
1. Prinsip Kerja Panel Surya

Cahaya matahari dapat diubah menjadi energi listrik melalui modul surya yang terbuat dari bahan semi konduktor. Bahan semikonduktor, merupakan bahan semi logam yang memiliki partikel yang disebut elektron-proton, yang apabila digerakkan oleh energi dari luar akan membuat pelepasan elektron sehingga menimbulkan arus listrik dan pasangan elektron *hole*. Modul surya mampu menyerap cahaya sinar matahari yang mengandung gelombang elektromagnetik atau energi foton ini. Energi foton pada cahaya matahari ini menghasilkan energi kinetik yang mampu melepaskan elektron-elektron ke pita konduksi sehingga menimbulkan arus listrik. Energi kinetik akan makin besar seiring dengan meningkatnya intensitas cahaya dari matahari. Intensitas cahaya matahari tertinggi diserap bumi di siang hari sehingga menghasilkan tenaga surya yang diserap bumi ada sekitar 120.000 terra Watt. Jenis logam yang digunakan juga akan menentukan kinerja daripada sel surya. (Hasan,2012)

2. Rangkaian Ekuivalen Sel Surya

Pada umumnya panel surya atau *photovoltaic* (PV) memiliki rangkaian ekuivalen seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2 dan pemodelan matematis sangat diperlukan untuk mengetahui parameter PV yang digunakan (Hamdani,dkk,2011).

Sebuah sel PV dapat dimodelkan dengan sebuah sumber arus yang diparalel dengan sebuah dioda. Sebuah resistor *shunt* dan sebuah resistor seri ditambahkan untuk memodelkan mekanisme kerugian dalam sebuah sel PV. Dari rangkaian ekivalen pada Gambar 2. 2 diperoleh hubungan arus dan tegangan sebuah sel surya seperti ditunjukkan pada Persamaan (Farihah,dkk.2015).



Gambar 2.2 Rangkaian Ekivalen Sel Surya(Hamdani,dkk,2011)

$$I = I_L - I_o \left[\exp \left(\frac{V + R_s I}{V_t a} - 1 \right) - \frac{V + R_s I}{R_{sh}} \right] \quad (1)$$

Dimana I_L arus yang dibangkitkan cahaya (A), I_o arus saturasi dioda p-n (A), R_s merupakan resistor seri pada sel PV (W), R_{sh} resistor paralel sel PV (W), a adalah parameter dioda yang bernilai antara 1 dan 2, serta V_t tegangan terminal (V) yang dinyatakan seperti Persamaan (2) berikut:

$$V_t = N_s \frac{kT}{q} \quad (2)$$

T merupakan temperatur (K), k konstanta *Boltzmann* (1.3806×10^{-23} J/K) dan q muatan elektron (1.6021×10^{-19} C). R_p resistor *shunt* atau resistor paralel

menunjukkan arus yang bocor (*leakage*) pada sambungan p-n dioda, dimana nilainya untuk PV modul silikon sekitar 0.1 – 10 m2 (Hamdani,dkk,2011). Efisiensi energi PV dinyatakan sebagai rasio energi total (termal dan elektrik) terhadap energi matahari yang jatuh pada permukaan panel surya dirumuskan pada Persamaan (3) (Camella,dkk.2009).

$$\eta_{en} = \frac{V_{oc} I_{sc}}{A S_T} \quad (3)$$

dimana VOC (V) menyatakan tegangan *open circuit*, ISC arus *short circuit* (A), ST radiasi global Matahari (W/m2), dan A luas permukaan modul PV (m2). (Hamdani,dkk,2011)

B. Automatic Transfer Switch

ATS adalah singkatan dari *Automatic Transfer Switch*, yaitu proses pemindahan penyulang dari penyulang/sumber listrik yang satu ke sumber listrik yang lain secara bergantian sesuai perintah pemrograman, ATS adalah pengembangan dari COS atau yang biasa disebut secara jelas sebagai *Change Over Switch*, beda keduanya adalah terletak pada sistim kerjanya, untuk ATS kendali kerja dilakukan secara otomatis, sedangkan COS dikendalikan atau dioperasikan secara manual (Raka,2018).

Secara umum fungsi dari ATS adalah untuk menghubungkan beban dengan dua sumber tenaga (sumber utama & sumber cadangan) atau lebih yang terpisah yang bertujuan untuk menjaga ketersediaan dan keandalan aliran daya menuju beban. Secara sederhana fungsi ATS adalah untuk melakukan *transfer* daya secara otomatis ke beban, dari sebuah sumber utama (jaringan listrik) ke sumber

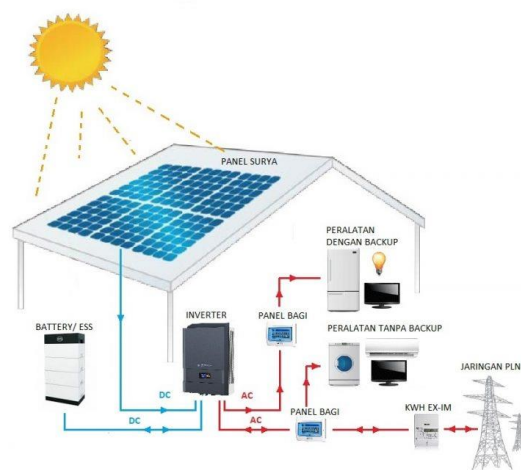
cadangan ketika terjadi gangguan pada sumber utama. Secara luas ATS telah diaplikasikan di industri maupun perkantoran yang membutuhkan sistem kelistrikan dengan tingkat keandalan yang tinggi. (Ginting & Sinuraya, 2014).

Sistem ATS ini digunakan untuk memindahkan koneksi antara sumber tegangan listrik satu dengan sumber tegangan listrik lainnya secara otomatis. Dengan demikian, pada sistem ini ATS berfungsi untuk memindahkan antara sumber energi listrik alternatif dari panel surya dengan sumber energi listrik primer dari PLN pada saat tertentu dan dilakukan secara otomatis (Laksana, 2014).

C. Sistem *Hybrid*

Hybrid System atau sistem hibrida adalah kombinasi dari dua atau lebih sumber energi yang bila dipadukan berisi suatu sistem daya hibrida atau kombinasi suatu sumber energi terbarukan dengan sumber konvensional guna memberikan kemampuan terkontrol yang diperlukan untuk pemakaian sehari-hari. (Tjunawan dkk, 2011).

Tujuan utama dari sistem hibrid pada dasarnya adalah berusaha menggabungkan dua atau lebih sumber energi (sistem pembangkit) sehingga dapat saling menutupi kelemahan masing-masing dan dapat dicapai keandalan suplai dan efisiensi ekonomis pada *type load (load profile)* tertentu (Eodia Tasik S. L,dkk:2019). Berikut dapat dilihat skema dari *Hybrid System* :



Gambar 2.3 Skema Hybrid System

Sistem hibrida atau Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (PLTH) merupakan salah satu alternatif sistem pembangkit yang tepat diaplikasikan untuk meminimalisir penggunaan listrik dari sumber PLN sehingga dapat menghemat anggaran(Siti Saodah dan Nasrun Hariyanto, 2019).

Definisi sistem PLTS dengan teknologi *Hybrid* adalah dimana sumber listrik yang dihasilkan oleh panel surya dapat digabungkan dengan sumber listrik dari PLN. Dengan demikian secara berganti kedua sistem ini akan saling membackup ketika terjadi kekurangan daya listrik atau pemadaman. Dalam sistem ini, sumber energi utama adalah dari panel surya yang dikonversikan dan ditampung ke baterai, dan ketika pemakaian listriknya melebihi dari kapasitas baterainya, maka secara otomatis listrik dari PLN akan masuk.

Sistem *hybrid* terbagi dalam beberapa komponen dengan fungsi sebagai berikut :

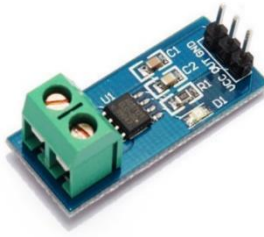
1. Panel surya sebagai sumber energi akan terus mengisi ulang baterai.
2. Baterai sebagai penyimpanan energi.

3. Inverter merubah tegangan searah (DC) menjadi tegangan bolak – balik (AC).
4. ATS berfungsi saat energi pada baterai maksimal maka ATS akan menggunakan sumber energi listrik alternatif dari baterai. Saat energi pada baterai mulai melemah ATS akan menggunakan sumber energi listrik dari PLN dan memutus sumber energi listrik alternatif agar pengisian ulang baterai lebih optimal dan saat baterai berhasil terisi penuh oleh panel surya maka ATS akan memilih sumber energi listrik dari baterai dan memutus sumber energi listrik primer dari PLN.(Majid,Abdul.2017)

D. Komponen Elektronika Pendukung Instrumen

1. Sensor ACS712

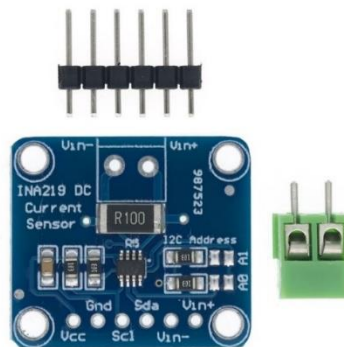
Sensor adalah sebuah perangkat yang menerima stimulus dan direspon dengan suatu sinyal listrik. Stimulus itu sendiri yaitu kondisi yang dirasakan dan diubah ke dalam sinyal listrik (Yulkifli, 2013). ACS712 adalah *Hall Effect current* sensor. *Hall effect allegro* ACS712 merupakan sensor yang presisi sebagai sensor arus AC atau DC dala 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(Ratnasari, Titi.2018)



Gambar 2.4 Sensor ACS712

2. Sensor INA219

Sensor adalah sebuah perangkat yang menerima stimulus dan direspon dengan suatu sinyal listrik. Stimulus itu sendiri yaitu kondisi yang dirasakan dan diubah ke dalam sinyal listrik (Yulkifli, 2013). INA219 merupakan modul sensor yang digunakan untuk mengukur arus, tegangan dan daya pada suatu rangkaian dengan tingkat kepresisian yang baik. Modul INA219 mampu mengukur arus hingga 3,2 A dan tegangan 26 VDC dengan catu daya hanya menggunakan VCC 5 atau 3 V (Sulistyan, Andhika C : 2019).



Gambar 2.5 Sensor INA219

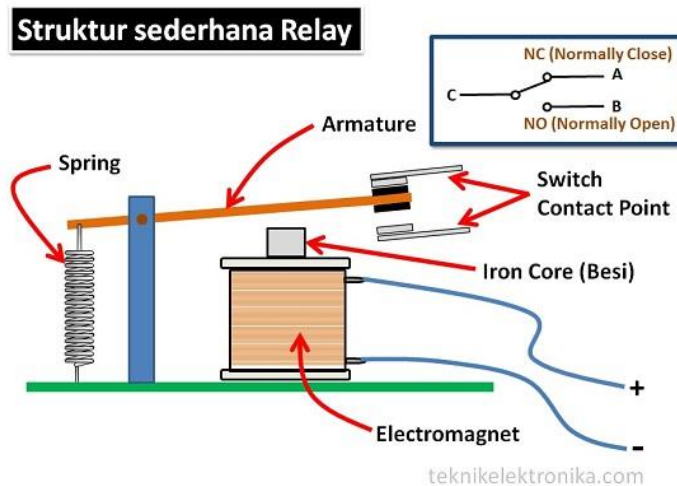
3. Modul Relay

Relay adalah saklar (*switch*) yang dioperasikan secara otomatis oleh tegangan listrik dan merupakan komponen *electromechanical* yang terdiri dari dua bagian utama yaitu elektromagnet (*coil*) dan mekanikal (seperangkat kontak saklar). Relay menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi.



Gambar 2.6 Modul Relay

Pada dasarnya relay terdiri dari 4 komponen dasar yaitu *electromagnet*, *armature*, saklar, *spring*. Berikut adalah gambar struktur sederhana dari sebuah relay.



Gambar 2.7 Struktur Sederhana Relay

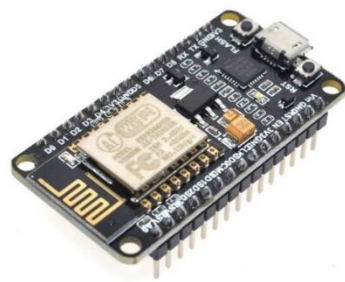
Kontak poin (*contact point*) relay terdiri dari dua jenis, yaitu:

1. *Normally Close*, yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi *close* (tertutup).
2. *Normally Open*, yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi *open* (terbuka)(Hermawan,Rizki:2020)

4. ESP 8266

Modul WiFi ESP8266 adalah modul mandiri dengan terintegrasi protokol ke jaringan WiFi. Setiap modul ESP8266 diprogram dengan *firmware* set perintah AT, yang dapat terhubung ke Arduino untuk mendapatkan atau menghubungkan ke WiFi dengan kemampuan sebagai WiFi *Shield* (Haquu Makhabbah dan Achamd I A:2020). ESP8266 memiliki kemampuan *on-board prosesing* dan *storage* yang memungkinkan chip tersebut untuk diintegrasikan dengan sensor-sensor atau dengan aplikasi alat tertentu melalui *pin input output* hanya dengan pemrograman singkat (Ahmad Rohimam, dkk:2016). Menurut Mehta (2015), modul ini adalah modul yang sangat baik untuk digunakan dalam teknologi *Internet Of Things (IoT)*

karena selain harganya yang rendah, kebutuhan dayanya relatif sangat kecil. Modul ini terdiri dari 2 pin GPIO, UART untuk berkomunikasi, CPU 32 bit dan antena yang sudah ditanam dalam PCB (Bohora et al., 2016).

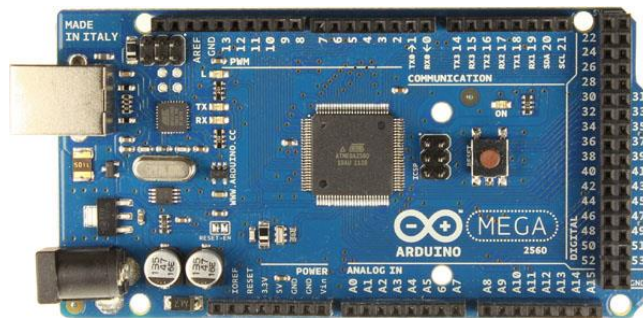


Gambar 2.8 Modul ESP8266

5. Arduino Mega 2560

Mikrokontroler adalah sebuah *general purpose device*, tetapi hanya difungsikan untuk membaca data, melakukan kalkulasi terbatas pada data dan mengendalikannya pada kalkulasi tersebut. Penggunaan utama mikrokontroller adalah untuk mengontrol operasi sebuah mesin menggunakan program yang tetap disimpan dalam ROM dan tidak berubah sepanjang umur sistem tersebut. Kelebihan utama dari mikrokontroler tersedianya RAM dan I/O pendukung didalamnya dan ukuran yang ringkas. Mikrokontroler terdiri dari beberapa *unit* pendukung seperti *Central Processing Unit* (CPU), Memori, I/O tertentu dan pendukung lain seperti *Analog to Digital Converter* (ADC). Salah satu jenis mikrokontroler adalah mikrokontroler ATmega 2560. Mikrokontroler ini mempunyai kapasitas memori yang cukup besar dan pin I/O yang cukup banyak. Bentuk mikrokontroler arduino ATmega 2560 terdapat pada Gambar 2.9 .

Mikrokontroler ATmega2560 yang terdapat di dalam *minimum system* Arduino menggunakan bahasa pemrograman *processing*. *Processing* adalah bahasa pemrograman tingkat tinggi yang dialeknya sangat mirip dengan C++ dan Java. *Software* minimum sistem Arduino meliputi IDE untuk menulis program, *driver* untuk koneksi dengan komputer, contoh program dan *library* untuk pengembangan program. IDE Arduino adalah *software* yang ditulis dengan menggunakan Java. IDE Arduino terdiri dari editor program, sebuah *window* yang digunakan untuk menulis dan mengedit program dalam bahasa *processing*. *compiler*, sebuah modul yang mengubah kode program (bahasa *Processing*) menjadi kode biner (Maryanto,Inta dan M.Ilyas Sikki,2018).



Gambar 2.9 Arduino mega 2560

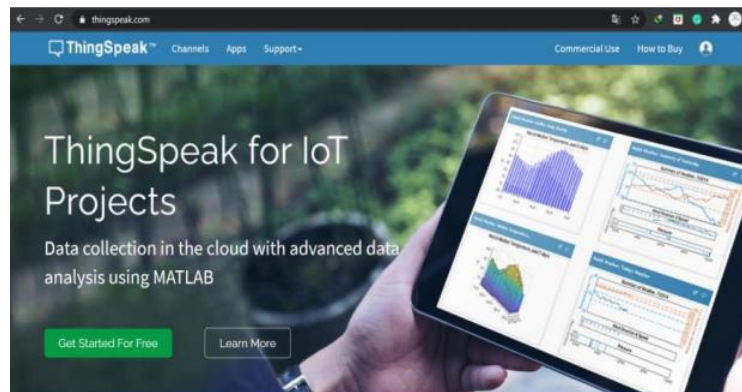
E. Thingspeak

ThingSpeak adalah layanan platform analisis IoT berbasis *cloud* yang memungkinkan pengguna untuk mengumpulkan, memvisualisasikan, dan menganalisis aliran data. *ThingSpeak* memberikan visualisasi instan terhadap data yang diposting oleh perangkat pengguna. Fitur *ThingSpeak* diantaranya mengumpulkan data dalam *channel privat*, mendukung *restful* dan MQTT API, analisis dan visualisasi berbasis MATLAB, mendukung *alert*, *event scheduling*,

integrasi app dan dukungan komunitas global. *Thingspeak* dapat bekerja pada perangkat arduino, *particle photon* dan elektron, WiFi modul ESP8266 dan *raspberry pi* (Dzaki dkk, 2018).

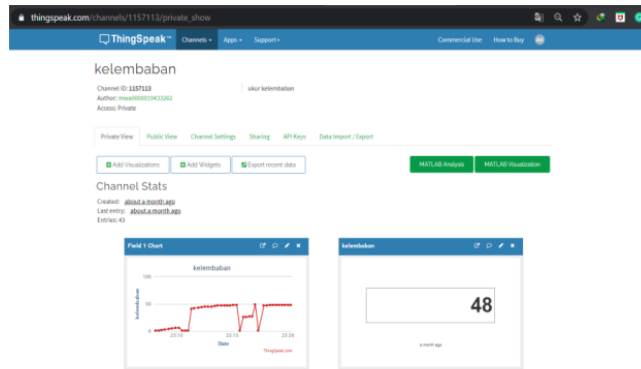
Data yang ditampilkan pada thingspeak dapat dimonitoring atau diakses secara *online*. *ThingSpeak* dapat menyimpan data hasil pengukuran dan menampilkan dalam bentuk grafik serta dapat ditampilkan juga dalam bentuk grafik pada aplikasi berbasis android atau handphone (Noor dkk, 2018). Handphone (HP) dapat dibawa ke mana-mana dan tidak perlu disambungkan dengan jaringan telepon menggunakan kabel (Permana, 2013).

Gambar 2.10 memperlihatkan tampilan utama dari layar *Thingspeak*



Gambar 2.10 Tampilan Awal *Thingspeak*

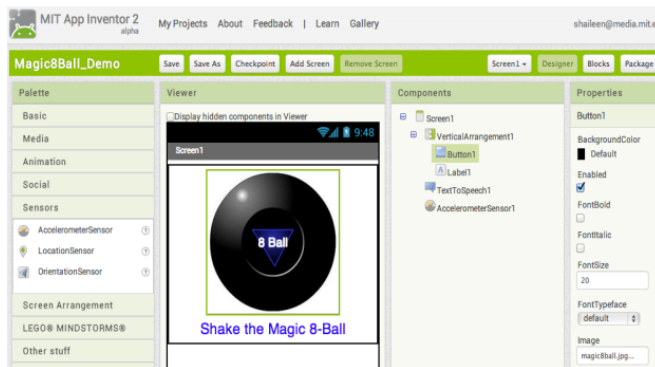
Sedangkan Gambar 2.11 memperlihatkan data keluaran sensor yang ditampilkan pada *Thingspeak*.



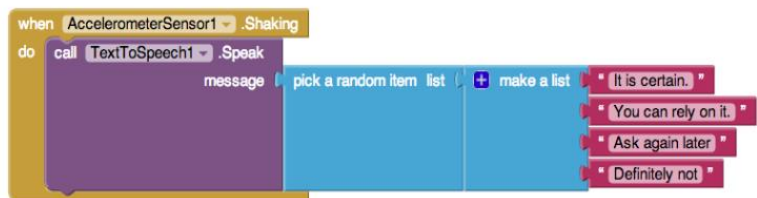
Gambar 2.11 Tampilan Data Keluaran Sensor pada *Thingspeak*

F. App Inventor

App Inventor adalah alat yang digunakan untuk membuat aplikasi android, hal yang menyenangkan dari alat ini adalah alat ini didasarkan pada pemrograman blok visual (Hamdi, 2011). *App Inventor* adalah aplikasi *web open source* yang awalnya dikembangkan oleh Google, saat ini dikelola oleh Massachusetts Institut Teknologi (MIT). MIT mengembangkan *app inventor* sebagai IDE cocok untuk aplikasi android berbasis *cloud* yang mudah digunakan dengan kode-kode berupa *puzzle click and drag*. Menggunakan metode pemrograman ini pemrogram akan lebih memperhatikan tingkat abstraksi dan algoritma pemrograman, sehingga tidak harus fokus kepada proses *debugging* dari daftar program yang rumit. Gambar 2.12 memperlihatkan tampilan aplikasi App Inventor dari sisi *component designer*, dan Gambar 2.13 memperlihatkan sisi *block editor*.



Gambar 2.12 Tampilan Component Designer Aplikasi *App Inventor*



Gambar 2.13 Tampilan *Block Editor* Aplikasi *App Inventor*(Turbak,2014)

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data serta pembahasan terhadap sistem *automatic transfer switch* pada *solar cell grid hybrid* berbasis aplikasi android dapat dirumuskan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil rancangan sistem *automatic transfer switch* pada *solar cell grid hybrid* berbasis aplikasi android memiliki dimensi yang kecil, portable, tampilan yang ringkas pada android dan display berupa LCD pada sistem.
2. Hasil spesifikasi performansi sistem *automatic transfer switch* pada *solar cell grid hybrid* berbasis aplikasi android terdiri atas panel surya dan sistem yang terdiri dari rangkaian elektronika. Sistem *automatic transfer switch* bekerja secara otomatis dalam mengalirkan daya dari PLN dan panel surya ke beban sehingga didapat penghematan daya yang mengalir dari PLN ke beban ketika panel menghasilkan daya.
3. Hasil penghematan daya yang mengalir dari PLN ke beban sebelum dan sesudah menggunakan sistem *automatic transfer switch* adalah sebesar 16,84 % dengan rata-rata intensitas 318,55 lux selama 10 jam penyinaran.
4. Hasil spesifikasi desain sistem *automatic transfer switch* pada *solar cell grid hybrid* berbasis aplikasi android didapatkan hasil parameter fisika dengan nilai ketepatan dan ketelitian yang tinggi. Semakin tinggi intensitas matahari maka pemanen daya oleh panel surya juga akan tinggi dan sebaliknya. Pemanenan daya pada panel surya yang tinggi akan memperbesar angka penghematan daya PLN yang mengalir ke beban.

B. Saran

Berdasarkan pembahasan yang telah dipaparkan, maka sebagai saran dalam tindak lanjut pengembangan penelitian tentang alat ini sebagai berikut :

1. Sistem *automatic transfer switch* pada *solar cell grid hybrid* dikembangkan menggunakan inverter agar dapat bekerja pada tegangan AC yang dapat mengangkat alat elektronik yang lebih besar.
2. Sistem *automatic transfer switch* pada *solar cell grid hybrid* dikembangkan dengan pengontrolan android sehingga selain untuk memonitoring android juga dapat melakukan pengontrolan aliran daya.
3. Sistem *automatic transfer switch* pada *solar cell grid hybrid* dikembangkan dengan menggunakan jaringan kartu GSM agar lebih dapat mencakup wilayah yang lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi, A. & N.2011. Teori Metodologi Penelitian. In *Teori Metodologi Penelitian* (pp. 1–21)
- Adipartika, Raka.2018.Rancang Bangun Sistem ATS/AMF untuk Pembebanan bertingkat menggunakan Arduino Mega2560 berbasis IoT. Skripsi. Diterbitkan Universitas Diponegoro. Semarang
<http://eprints.undip.ac.id/67115/>
- Asyari, H., & Umar, U.2019. Desain Prototipe Kompor Listrik Tenaga Surya. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*.
<https://doi.org/10.23917/emitor.v19i1.6997>
- Bohora, B., Maharjan, S., & Shrestha, B. R.2016. IoT Based Smart Home Using Blynk Framework. *Zerone Scholar*, 1(1), 26–30.
<http://zerone.pcampus.edu.np/ojs/index.php/scholar/article/view/6>
- Cahyono, Danur Dwi.2020.Studi Literatur : Sistem Panel Surya Menggunakan Automatic Transfer Switch dan Solar Tracking.Vol9.No.3.
<file:///C:/Users/asus/AppData/Local/Temp/35937-45127-1-SM.pdf>
- Carmela, Maria., Ragusa, Antonella., Vitale, Gianpaolo., “Identification of Photovoltaic Array Model Parameters by Robust Linear Regression Methods,” International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ’09), Valencia (Spain), 15th to 17th April, 2009.
- Cooper, W, D. 1999. *Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran*. Jakarta:Erlangga.
- Dzaki, Dawam Muhammad Iqbal, dkk. 2018. *Rancang Bangun Prototype Telemetering Arus dan Tegangan pada Sub Distribution Panel Berbasis Android*. Politeknik Penerbangan Surabaya. Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan (SNITP) Tahun 2018 ISSN : 2548-8112.
- Fariyah S., Nasrudin A.R., Hew W. P., “Zigbee-based data acquisition system for online monitoring of grid-connected photovoltaic system”, *Expert Systems with Applications*, Vol. 42, pp: 1730–1742, 2015
- Giancoli, Douglas C.2001.Fisika Edisi kelima.Jakarta : Erlangga
- Ginting, H. P., & Sinuraya, W. E. 2014. Perancangan Automatic Transfer Switch (Ats) Parameter Transisi Berupa Tegangan Dan Frekuensi Dengan Mikrokontroler Atmega 16. *TRANSMISI*, 16, (3), 2014, 129, 129.
<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/transmisi/article/view/7193/5866>
- Hamdani, Dadan., Subagiada, Kadek., Subagio, Lambang., “Analisis Kinerja Solar Photovoltaic System (Sps) Berdasarkan Tinjauan Efisiensi Energi dan

Eksergi,” Jurnal Material dan Energi Indonesia, Vol. 01, No. 02 (2011), pp : 84 – 92

Hamdi, G., & Krisnawati.2011. Membangun Aplikasi Berbasis Android “Pembelajaran Psikotes” Menggunakan App Inventor. *JURNAL DASIS* Vol. 12 No. 4 .
<https://media.neliti.com/media/publications/177613-ID-membangun-aplikasi-berbasis-android-pemb.pdf>

Hasan, Hasnawijaya.2012. Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Pulau Saugi. Jurnal Riset Dan Teknologi Kelautan (JRTK).Vol10,Nomor 2.

Hermawan,Rizky dkk.2020.Pemanfaatan Teknologi Internet of Things pada Alarm Sepeda Motor Menggunakan Node MCU LoLiN v3 dan media telegram. Sangga buana :Jurnal infotronik.vol 5 no. 2
<http://jurnal.usbypkp.ac.id/index.php/infotronik/article/view/453>

Ing. Bagus Ramadhani, M.Sc. Jakarta. 2018. Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Dos* dan *Don'ts*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit(GIZ) GmbH dan Energising Development (EnDev) Indonesia

Islamy, Zawahar dan Agung Sudrajat.2014.Studi Perencanaan Atap Panel Surya di Hotel The Rolyale Krakatau Cilegon.Jurnal Energi dan Manufaktur Vol. 7, No. 2,(119-224)
<file:///C:/Users/asus/AppData/Local/Temp/14207-1-34788-1-10-20160124.pdf>

Jasri,Zelbia Lesa.2019.Pengembangan Sistem Pengukuran Konstanta Dielektrik Bahan Menggunakan Antena Mikroskopis.Skripsi.Padang:Universitas Negeri Padang.

Kirkup, L. 1994. *Experimental Method An Introduction to The Analysis and Presentation of Data*. Singapore: John Willey & Sons.

Laksmiana, A. 2014. *rancang bangun sistem kelistrikan hybrid pada rumah tangga untuk mengurangi ketergantungan energi listrik dari PLN*.
<http://www.slideshare.net/agustalaksmiana/rancang-bangun-sistem-hybrid-pltspln>

Lufri.2007.Kiat Memahami Metodologi dan Melakukan Penelitian.Padang:UNP Press.

Majid,Abdul.2017. Perancangan Sistem *Automatic Transfer Switch* (Ats) Sebagai Komponen Pelengkap Sistem *Hybrid Pln* - Sel Surya.Jurnal Teknik Elektro.Vol.6,No.12.

<http://jurnal.unpal.ac.id/index.php/jte/article/view/200/162>

- Makhabbah, Haqqu, and Achmad Imam Agung.2020.“Rancang Bangun Sistem Monitoring Konsumsi Daya Listrik Dan Pemutus Daya Otomatis Berbasis Internet,” ." JURNAL TEKNIK ELEKTRO, vol. 9, no. 1.
<https://jurnalmahasiswa.unesa.ac.id/index.php/JTE/article/view/29937>
- Marturidi, D. (2014). Metode Penelitian Teknik Informatika Umar, F. (1994). Metodologi Penelitian intuk Insinyur. Institut Teknologi Bandung: Bandung.
- Maryanto,Inta dan M.Ilyas Sikki.2018. *Sistem Automatic Transfer Switch (Ats) Automatic Main Failure (Amf) Menggunakan Sms*.Journal of ElectricalandElectronics.Vol.6No.1.
<http://jurnal.unismabekasi.ac.id/index.php/jrec/article/download/1377/1238/>
- Mehta, M. 2015. ESP8266 : A Breakthrough in Wireless Sensor Networks and Internet of Things. *International Journal of Electronics and Communication Engineering & Technology*, 6(8), 7– 11.
https://www.academia.edu/27613529/ESP_8266_A_BREAKTHROUGH_IN_WIRELESS_SENSOR_NETWORKS_AND_INTERNET_OF_THINGS
- Muhammad Ihsan Fadriantam. 2013. Analisis Perbandingan Kinerja Algoritme Perturb And Observe (P&O) Dan Incremental Conductance (IC) Pada Sistem Kendali Maximum Power Point Tracker (MPPT) Untuk Sistem Photovoltaic (PV) Paralel. *Journal of Chemical Information and Modeling*.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Muhammadi.2011.Penelitian Rekayasa.Bandung:Informatika.
- M. Syukri and K. Kunci.2010. “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpadu Menggunakan Software PVSYST Pada Komplek Perumahan di Banda Aceh,” vol. 9, no. 2,
- Nirwan A, Noor dkk.2018.Implementasi Websever Thingspeak pada Alat Ukur Parameter Portable Solar Panel.Makasar :Teknik elektro politeknik negerei ujung pandang.pp121-128
<http://jurnal.poliupg.ac.id/index.php/snp2m/article/download/778/667>
- Perrmana, Arvanida Feizal, dkk. 2017. *Pintu Pemberitahu Kegiatan Ruangan Menggunakan HMI SCADA Berbasis Modul Mikrokontroler (Hardware Sistem Alarm dan Kunci Otomatis)*. Politeknik Negeri Bandung : Bandung.
<https://docplayer.info/57758111-Pintu-pemberitahu-kegiatan-ruangan-menggunakan-hmi-scada-berbasis-modul-mikrokontroler-hardware-sistem-alarm-dan-kunci-otomatis.html>

- Rahardjo, I., & Fitriana, I. 2005. Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Indonesia. *Strategi Penyediaan Listrik Nasional Dalam Rangka Mengantisipasi Pemanfaatan PLTU Batubara Skala Kecil, PLTN, dan Energi Terbarukan, P3TKKE, BPPT*
https://www.oocities.org/markal_bppt/publish/pltkcl/plrahard.pdf
- Ratnasari,Titi dkk.2017.Perancangan Prototipe Alat Ukur Arus Listrik AC dan DC Berbasis Mikrokontroler Arduino dengan Sensor Arus ACS712 30 Ampere. Jakarta :jurnal suter.Vol7 No. 2
<https://stt-pln.e-journal.id/sutet/article/view/713/463>
- Rohiman,Ahmad,Angga Permana dan Desy Mila.2016.Monitoring Kebocoran Gas Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno dan ESP8266 Berbasis Internet Of Things.ICIT Journal.Vol2 No. 2.
<https://doi.org/10.33050/icit.v2i2.30>
- Sadi, Sumardi dan Mulyati, Sri. 2019. “ATS (*automatic transfer switch*) based programmable logic controller cpm1a automatic transfer switch (ATS) based on programmable logic controller Cpm1a”. Jurnal Teknik: Universitas Muhammadiyah Tangerang vol. 8 no. 1.
<http://jurnal.umt.ac.id/index.php/jt/article/download/1579/1017>
- Sania,Elsa.2020.Rancang Bangun Alat Press Digital Berbasis Arduino. Skripsi.Padang:Universitas Negeri Padang.
- Saodah,Siti dan Nasrun Hariyanto.2019.Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Hybrid Dengan Kapasitas3KVA.PSNPPM.Vol.3.ISSN:978-602-61545-0-7
<https://doi.org/10.33019/snppm.v3i0.1346>
- Saodah,Siti dan Sri Utami.2019.Perancangan Sistem *Grid Tie Inverter* Pembangkit Listrik Tenaga Surya.ELKOMIKA.Vol.7,No.2. ISSN(p):2338-8323,ISSN(e);2459-9638.
<http://dx.doi.org/10.26760/elkomika.v7i2.339>
- Scaddan,Bian.2003.*Electric Wring Domestic Twelfth Edition*.Elevier Ltd:England.
- S. H. Subandi, 2015 "Pembangkit Listrik Energi Matahari Sebagai Penggerak Pompa Air Dengan Menggunakan Solar Cell," *Jurnal Teknologi Technoscientia*, Vol. 7 No. 2, p. 157.
<https://doi.org/10.34151/technoscientia.v7i2.203>
- Shiha, M. N., 2011.*Rancang Bangun Sistem Automatic Transfer Switch (ATS) dan Automatic Main Failure (AMF) PLN – Genset Berbasis PLC Dilengkapi dengan Monitoring,Tugas Akhir, D4 Elektro Industri, PENS-ITS, Surabaya*
<http://docplayer.info/storage/55/36058546/36058546.pdf>
- Sulistyawan, Andika G.2020.Teknologi Iot pada Monitoring dan Otomasi Kolam Pembesaran Ikan Lele Berbasis Mikrokontroler.Yogyakarta:teknologi Industri.

<https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/16586/08.%20naskah%20publikasi%20.pdf?sequence=13&isAllowed=y>

- Surhayati,dkk.2019.Outlook Enegr Indonesia.Jakarta : Kementrian ESDM.
<https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-outlook-energi-indonesia-2019-bahasa-indonesia.pdf>
- Tasik, Eodia Sedan Lobo,dkk.2019.Sistem Hibrid Energi Surya-Bayu.Seminar National dan Expo Teknik Elektro.
<http://snete.unsyiah.ac.id/2019/wp-content/uploads/2019/12/Naskah-19-Matius3.pdf>
- Tjunawan, E. A., & Joewono, A. 2011. Sumber Energi Listrik Dengan Sistem Hybrid (Solar panel dan jaringan listrik PLN). *Sumber Energi Listrik Dengan Sistem Hybrid*.
<https://doi.org/10.33508/wt.v10i1.159>
- Turbak, F., Martin, F., Pokress, S. C., Morelli, R., Sherman, M., & Wolber, D. 2014. *Mobile computational thinking with app inventor 2 (abstract only)*.
<https://doi.org/10.1145/2538862.2539023>
- Umar, F. 1994. *Metodologi Penelitian untuk Insinyur*. Institut Teknologi Bandung: Bandung
- Yani.2019. Pembuatan Tool Pemodelan Eksperimen Bandul Matematis dengan Pengontrolan Panjang Tali Otomatis untuk Analisis Video Tracker. Skripsi. Padang:Universitas Negeri Padang.
- Yulkifli., Hufri., Mitra. (2011). Desain Sensor Getaran Frekuensi Rendah Berbasis Fluxgate. *j. Oto.Ktrl.Inst*, 2.