

TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN KENDALI *Hybrid Power System* (PLTS-PLN)



Disusun oleh :

NAMA : ACHMAD FURI HAKIM

NIM : 1552001

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI LISTRIK DIII
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2018

LEMBAR PERSETUJUAN
UJIAN TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN KENDALI *Hybrid Power System* (PLTS-PLN)
Disusun dan diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan
guna mencapai gelar Ahli Madya Teknologi Listrik Diploma Tiga



Disusun oleh :

NAMA : ACHMAD FURI HAKIM
NIM : 1552001

Diperiksa dan Disetujui,

Dosen Pembimbing I

(Ir. M. Abdul Hamid, MT)

NIP. Y. 101880018

Dosen Pembimbing II

(Lauhil Mahfudz Hayusman ST., MT)

NIP. P. 1031400472

Mengetahui,
Program Studi Teknologi Listrik DIII

Ketua

(Ir. Eko Nurcahyo, MT)

NIP. Y. 1028700172

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan pada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan karunianya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan Tugas Akhir yang berjudul **RANCANG BANGUN KENDALI *Hybrid Power System* (PLTS-PLN)**

Laporan tugas ini dibuat untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Ahli Madya. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Dr. F. Yudi Limpraptono, ST., MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri
3. Bapak Ir. Eko Nurcahyo, MT selaku Ketua Prodi Teknik Listrik DIII Institut Teknologi Nasional Malang
4. Bapak Ir. M. Abdul Hamid, MT selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir dan Bapak Lauhil Mahfudz Hayusman, ST., MT selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir
5. Kedua orang tua yang saya cintai dan hormati karena telah memberi dukungan secara moril dan materil serta doa tiada henti.
6. Teman – teman satu angkatan yang telah memberi dukungan untuk cepat menyelesaikan kuliah.
7. Semua pihak yang telah membantu dalam penulisan dan penyusun tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu kritik dan saran dari pembaca sangat penulis harapkan untuk perbaikan Tugas Akhir ini.

Malang, 28 Januari 2018

Penulis

RANCANG BANGUN KENDALI *Hybrid Power System* (PLTS-PLN)

Achmad Furi Hakim (1552001)

Dosen Pembimbing1 : Ir. M. Abdul Hamid,MT T

Dosen Pembimbing2 : Lauhil Mahfudz Hayusman,ST.,MT

Prodi Teknologi Listrik DIII Institut Teknologi Nasional Malang

Email : furihakim96@gmail.com

ABSTRAK

Sel surya merupakan salah satu energi terbarukan. Sel surya dapat mengkonversi sinar matahari langsung energi disosiasi diatomik menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan oleh sel surya yang tidak dipengaruhi oleh intensitas matahari cahaya yang diterima, sehingga sel surya hanya dapat menghasilkan energi listrik jika ada sinar matahari. Suplai energi listrik harus dapat diterapkan setiap kali. Hibrid dari alternator energi surya (PLTS) dengan jaringan listrik dari PLN akan menghasilkan kelangsungan penyediaan energi listrik. Pada sistem hibrid ini, suplai listrik dari PLTS ini dirancang untuk menyuplai beban peralatan listrik yaitu pompa listrik untuk tandon air, beban sekundernya disuplai oleh PLN. Hibrid PLTS dengan jaringan listrik dikendalikan oleh switch pengontrol yang kerjanya satu cara arah, ketika PLTS bekerja (on), maka suplai listrik dari PLN akan terputus dan begitu sebaliknya. Dimana terdapat pengontrol *ATS (Automatic Transfer Switch)* sebagai pengendali perpindahan sumber PLTS ke PLN jika baterai dalam kondisi *low* pada tegangan 11 volt, maka otomatis rangkaian akan menggunakan listrik PLN sebagai backup. Ketika baterai sudah terisi penuh maka rangkaian akan memutus suplai listrik PLN dan akan menggunakan energi baterai PLTS sebagai energi utama.

Kata kunci : Sel Surya, sistem hibrid, kontrol *ATS*

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------|
| LEMBAR PERSETUJUAN | iii |
| KATA PENGANTAR | iii |
| ABSTRAK | iv |
| DAFTAR ISI | v |
| DAFTAR GAMBAR | vii |
| DAFTAR TABEL | viii |
| DAFTAR LAMPIRAN | ix |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3 Tujuan..... | 2 |
| 1.4 Batasan Masalah..... | 2 |
| 1.5 Sistematika Penulisan..... | 3 |
| BAB II LANDASAN TEORI | |
| 2.1 Sel Surya (<i>Photovoltaic</i>)..... | 5 |
| 2.1.1 Sistem Instalasi Sel Surya..... | 5 |
| 2.1.2 Jenis Jenis Sel Surya..... | 6 |
| 2.1.3 Karakteristik Sel Surya..... | 7 |
| 2.1.4 Baterai / Aki..... | 8 |
| 2.1.5 Jenis Jenis Baterai / Aki..... | 9 |
| 2.1.6 Perhitungan Daya Baterai..... | 11 |
| 2.1.7 <i>Inverter</i> | 12 |
| 2.1.8 Parameter Performa <i>Inverter</i> | 13 |
| 2.1.9 <i>Miniatur Circuit Breaker</i> | 13 |

| | | |
|---|---|----|
| 2.1.10 | Pengertian <i>Auto Transfer Switch (ATS)</i> | 14 |
| BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT | | |
| 3.1 | Alur Perancangan dan Pembuatan Alat..... | 16 |
| 3.2 | <i>Flowchart</i> Cara Kerja Rangkaian <i>Auto Transfer Switch</i> | 18 |
| 3.3 | Diagram Blok Alat | 20 |
| 3.4 | Perencanaan Rangkaian Kendali..... | 21 |
| 3.6 | Menentukan Kapasitas Peralatan..... | 22 |
| BAB IV PENGUJIAN ALAT | | |
| 4.1 | Pengujian Tegangan Motor | 24 |
| 4.1.1 | Tujuan | 24 |
| 4.1.2 | Peralatan Ukur Yang Digunakan..... | 24 |
| 4.1.3 | Gambar Pengujian | 24 |
| 4.1.4 | Prosedur Pengujian..... | 26 |
| 4.2 | Cara menjalankan alat..... | 27 |
| 4.2.1 | Tahap Pengoperasian Alat..... | 27 |
| BAB V PENUTUP | | |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 32 |
| 5.2 | Saran..... | 33 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 34 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Sistem Hibrid PLTS-PLN | 4 |
| Gambar 2.2 Sel Surya | 5 |
| Gambar 2.3 <i>Monocrystal Silicon</i> | 6 |
| Gambar 2.4 <i>Polycrystalin Silicon</i> | 6 |
| Gambar 2.5 <i>Amorphous silicon</i> | 7 |
| Gambar 2.6 Kurva Arus Dan Tegangan | 8 |
| Gambar 2.7 Baterai | 9 |
| Gambar 2.8 <i>Solar Charge Control</i> | 11 |
| Gambar 2.9 <i>Inverter</i> | 12 |
| Gambar 2.10 <i>MCB</i> | 14 |
| Gambar 2.11 Relai | 14 |
| Gambar 3.1 Alur Perancangan dan Pembuatan Alat | 17 |
| Gambar 3.2 <i>Flowchar Perancangan Alat</i> | 19 |
| Gambar 3.3 Diagram Blok Kontrol | 20 |
| Gambar 3.4 Rangkaian Kendali <i>ATS</i> | 21 |
| Gambar 3.5 Pompa Listrik 187 Watt | 22 |
| Gambar 4.1 Tegangan PLTS sebelum ada beban | 24 |
| Gambar 4.2 Tegangan PLTS setelah dibebani | 25 |
| Gambar 4.3 Tegangan PLN sebelum ada beban | 25 |
| Gambar 4.4 Tegangan PLN setelah dibebani | 26 |
| Gambar 4.5 Bentuk Fisik Tandon | 27 |
| Gambar 4.6 Pemasangan Sumber Tegangan Ke Beban | 27 |
| Gambar 4.7 Pilot Lamp Hijau Indikator PLTS Bekerja | 28 |
| Gambar 4.8 Pilot Lamp Merah Indikator PLN bekerja | 28 |
| Gambar 4.9 Kapasitas Baterai Pada <i>SCC</i> | 29 |
| Gambar 4.10 Proses Pengisian Tandon | 30 |

DAFTAR TABEL

Gambar 4.1 Tabel Hasil Pengujian.....26

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--------------------------------------|--|
| Berita Acara Ujian Tugas Akhir | |
| Lembar Perbaikan Tugas Akhir | |
| Formulir Perbaikan Tugas Akhir | |
| Formulir Bimbingan Tugas Akhir | |

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang mendapatkan sinar matahari sepanjang tahun. Artinya potensi pemanfaatan energi surya sangat besar. Hal ini tentunya merupakan sebuah alternatif yang sangat baik untuk mengurangi ketergantungan pembangkit pada sumber energi fosil yang semakin menipis. Salah satu pembangkit listrik yang menggunakan energi terbarukan adalah sistem *photovoltaic*. Sistem *photovoltaic* merupakan penyediaan energi listrik yang sumbernya menggunakan energi terbarukan yaitu radiasi matahari. Sistem hibrid merupakan penggabungan dua catu daya yaitu catu daya jala-jala PLN (*grid connection*) dan tenaga surya (sistem *photovoltaic*). Tujuan pembuatan alat tugas akhir ini adalah merancang hibrid sistem *photovoltaic* dipadukan dengan PLN. (Alamanda,D.,2004)

Hibrid merupakan suatu sistem yang memadukan antara dua atau lebih sumber energi listrik yang dapat bekerja bergantian. Dalam perancangan alat ini memadukan antara sumber energi listrik tenaga surya sebagai sumber energi alternatif dan sumber listrik dari PLN sebagai backup daya jika energi yang tersimpan dalam baterai PLTS mulai berkurang, maka secara otomatis sistem akan memutuskan sumber energi dari baterai agar panel surya dapat melakukan pengisian ulang dengan optimal dan sistem menggunakan sumber energi listrik dari PLN. Saat baterai sudah terisi penuh oleh panel surya, maka sistem akan menggunakan sumber energi listrik dari baterai dan sumber energi listrik dari PLN akan terputus. Proses ini akan berlangsung secara terus menerus. Dengan sistem ini diharapkan kebutuhan rumah tangga khususnya pada pemakaian pompa air tidak sepenuhnya bergantung pada sumber energi listrik PLN.

Pada tugas akhir ini pengontrolan sistem *auto transfer switch* menggunakan relay omron yang memiliki kesederhanaan, kehandalan dan kemudahan serta harga yang relatif murah. *Auto transfer switch* yang menggunakan relay omron ini telah direncanakan dan dirakit sedemikian rupa agar pengoperasiannya menjadi otomatis.

Dimana ketika daya listrik PLTS melemah maka relai secara otomatis mengoperasikan PLN sebagai backup daya listrik yang dibutuhkan untuk beban pompa air. Sebaliknya apabila daya baterai PLTS telah terisi penuh, maka secara otomatis PLN akan berhenti dan PLTS akan membackup daya listrik yang dibutuhkan pompa air.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

- a) Bagaimana mekanisme kerja dan inovasi pembangkit listrik sistem hibrid berbasis energi surya dan PLN?
- b) Komponen apa saja yang dibutuhkan untuk pembuatan sistem hibrid tersebut?
- c) Bagaimana sistem kerja relai omron bisa mengontrol *ATS*?

1.3 Tujuan

Tujuan tugas akhir untuk melakukan perancangan *Hybrid Power System* berbasis PLTS dan PLN dilengkapi dengan sistem *Auto Transfer Switch*.

1.4 Batasan Masalah

Dari permasalahan yang muncul, dibatasi pada masalah masalah berikut:

- a) Pompa air yang digunakan berkapasitas 187 Watt
 - b) Pompa air ini saya implementasikan untuk mengisi tandon air otomatis dengan dimensi $P= 40\text{cm}$, $L= 40\text{cm}$, $T= 55\text{cm}$
 - c) Lamanya waktu pengisian tandon hingga penuh 7 menit
 - d) Kapasitas total tandon 112 liter dan pompa air mengisi 26,4 liter/menit.
 - e) Pada tegangan 11 volt baterai, maka sistem akan memutus daya dari PLTS dan beban dilayani oleh PLN
-

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, manfaat penelitian, tujuan penelitian, batasan penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini memuat pengertian-pengertian dan sifat-sifat yang diperlukan untuk pembahasan di bab-bab berikutnya. Apabila diperlukan, pada bagian ini dimungkinkan memuat hipotesis yang lebih terfokus/ spesifik. Hipotesis (jika ada) memuat pernyataan singkat yang disimpulkan dari landasan teori atau pertinjauan pustaka dan merupakan jawaban sementara (*conjecture*) terhadap masalah yang dihadapi, dan masih harus dibuktikan kebenarannya.

BAB III PERANCANGAN ALAT

Bagian ini menyajikan secara lengkap setiap langkah eksperimen yang dilakukan dalam penelitian. Berisi metode penelitian, bahan penelitian, prosedur dan pengumpulan data, analisis dan rancangan sistem, serta pengolahan data.

BAB IV ANALISA HASIL

Bagian ini merupakan bagian yang paling penting dari tugas akhir, karena bagian ini memuat semua temuan ilmiah yang diperoleh sebagai data hasil penelitian. Bagian ini diharapkan dapat memberikan penjelasan ilmiah, yang secara logis dapat menerangkan alasan diperolehnya hasil-hasil tersebut.

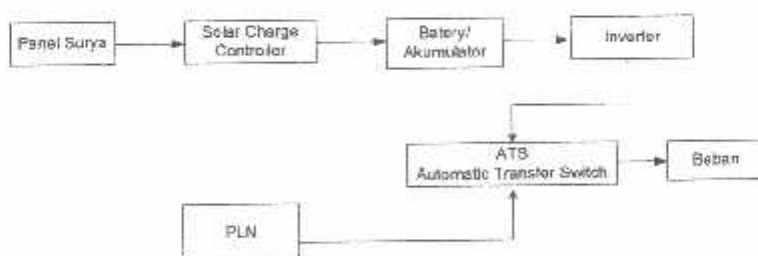
BAB V KESIMPULAN

Kesimpulan memuat secara singkat dan jelas tentang hasil penelitian yang diperoleh sesuai dengan tujuan penelitian. Apabila diperlukan, saran digunakan untuk menyampaikan masalah yang dimungkinkan untuk penelitian lebih lanjut.

BAB II

LANDASAN TEORI

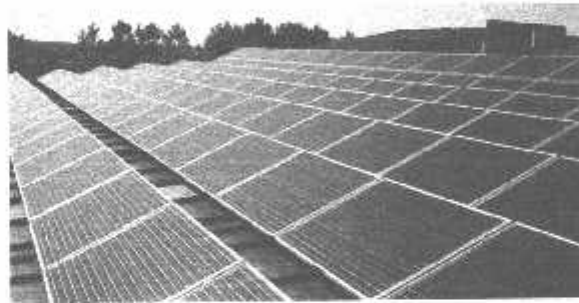
Pembangkit listrik dengan sistem hibrid ini diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu tanpa baterai dan yang menggunakan baterai. Pada penelitian ini akan dibahas mengenai sistem hibrid PLTS dengan PLN yang menggunakan baterai sebagai penyimpan energi listrik (*storage system*). Sistem hibrid PLTS dengan listrik PLN ini diterapkan pada tandon air otomatis (*water level control*), serta menganalisis faktor yang mempengaruhi besarnya energi listrik yang Dihybrid antara PLTS dengan listrik PLN bertujuan untuk mendapatkan kekontinuan pasokan (suplai) listrik ke beban. Pada sistem hibrid PLTS dengan PLN yang akan dirancang, terdiri dari *array fotovoltaik*, regulator (*charge controller*), baterai, dan *inverter*. Listrik arus searah (DC) dari modul *fotovoltaik*, akan diubah menjadi arus bolak-balik (AC) melalui *inverter*. Sistem hibrid yang akan dirancang menggunakan prinsip kerja satu arah, yaitu dalam satu waktu tertentu beban hanya dipasok oleh salah satu pembangkit; ketika PLTS bekerja mensuplai listrik ke beban maka sambungan ke PLN dilepaskan dari beban (sebagai contoh keadaan pada pagi hari sampai sore hari). Begitu pun sebaliknya apabila listrik PLN sedang memberikan suplai listrik ke beban, maka PLTS dilepaskan dari beban (sebagai contoh keadaan pada malam hari). Ketika pembangkit yang sedang mensuplai listrik ke beban tiba-tiba mengalami trip, maka pembangkit yang lain akan segera menggantikannya secara otomatis melalui switch pengatur. (Bachtiar,M.,2006)



Gambar 2.1 Sistem Hibrid PLTS-PLN

2.1 Sel Surya (*Photovoltaic*)

Sistem *photovoltaic* adalah sistem yang mengkonversi sinar matahari menjadi energi listrik. Sistem *photovoltaic* menghasilkan daya keluaran hanya pada saat modul *photovoltaic* di sinari matahari, oleh karena itu sistem *photovoltaic* menggunakan mekanisme penyimpanan energi agar energi listrik selalu tersedia pada waktu matahari sudah tidak menyinari (malam hari). Mekanisme sistem penyimpanan energi pada baterai umumnya digabungkan dengan *battery control regulator* yang digunakan untuk mencegah kondisi kelebihan pengisian (*over charged*) atau kondisi kelebihan pengosongan (*over discharged*). Jika beban yang disuplai sistem merupakan beban AC, maka dibutuhkan inverter untuk merubah tegangan DC menjadi tegangan AC. (Solarex,1996)



Gambar 2.2 Sel Surya

2.1.1 Sistem Instalasi Sel Surya

Terdapat dua sistem dalam instalasi solar cell, yaitu sistem dengan rangkaian seri dan sistem dengan rangkaian paralel.

- Rangkaian Seri *Solar Cell*

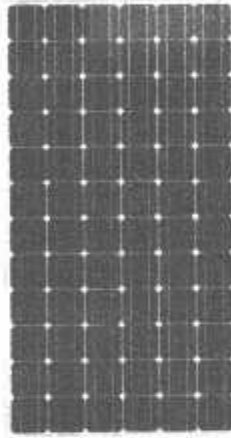
Rangkaian seri solar cell adalah suatu rangkaian yang dihubungkan secara seri yaitu dengan menghubungkan antara bagian depan (+) dari *solar cell* utama dengan bagian belakang (-) dari *solar cell* kedua.

- Rangkaian Pararel *Solar Cell*

Rangkaian parallel *solar cell* adalah suatu rangkaian yang dihubungkan secara parallel yaitu dengan menghubungkan antara terminal kutub positif dan negatif dari *solar cell* tersebut.

2.1.2 Jenis Jenis Sel Surya

Monokristal silikon merupakan jenis sel surya yang materialnya berasal dari silisium kristal tunggal yang berbentuk silinder yang ditarik dari cairan silisium dan jenis sel surya yang memiliki efisiensi yang paling tinggi yaitu mencapai 16-24 25%. Karena memiliki efisiensi yang tinggi, maka jenis ini sangat sesuai untuk digunakan area yang memiliki ruang yang sempit.



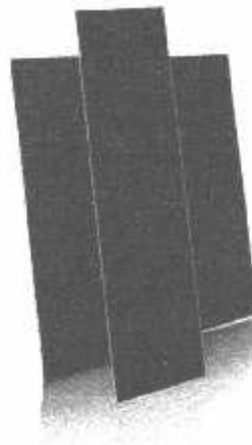
Gambar 2.3 *Monocrystal Silicon*

Polikristal silikon merupakan jenis sel surya yang materialnya berasal dari susunan Kristal yang acak dengan efisiensi yang dimiliki sebesar 14-16% . Jenis ini terbuat dari *coran silisium* yang dipotong seperti bentuk bunga Kristal es, jenis ini juga memiliki efisiensi yang tidak cepat menurun jika sinar matahari redup.



Gambar 2.4 *Polycrystalin Silicon*

Amorphous silikon merupakan jenis sel surya yang memiliki tingkat efisiensi paling rendah sebesar 9-14% dengan harga yang paling murah). Jenis ini juga biasanya digunakan pada alat-alat elektronik kecil berupa kalkulator dan jam tangan.

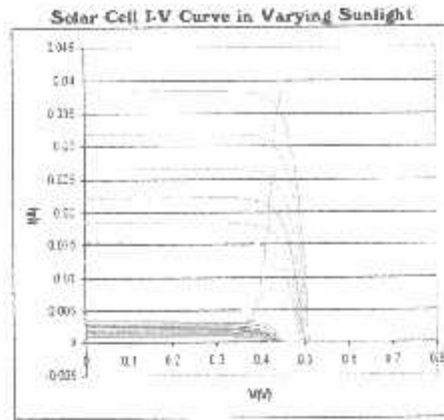


Gambar 2.5 *Amorphous silicon*

2.1.3 Karakteristik Sel Surya

Terdapat 3 karakteristik dari sel surya yaitu dilihat dari produksi listriknya, temperature, dan intensitas cahaya matahari. Pertama, dilihat dari produksi listriknya, *photovoltaic* dibuat dari semikonduktor berupa silikon yang digunakan sebagai insulator ketika suhunya kecil dan sebagai konduktor apabila terdapat energi dan panas. Besaran luas bidang semikonduktor jenis silikon ini tidak menentukan produksi energi listrik (energi matahari menjadi foton) dari *photovoltaic* dan secara stabil akan dapat memproduksi energi sekitar kurang lebih mulai dari 0.5 volt hingga mencapai 600 mV dengan arusnya sebesar 2 A dan nilai intensitas radiasi matahari sebesar $1000 \text{ W/m}^2 = "1 \text{ Sun}"$. Kekuatan radiasi solar matahari tersebut akan dapat memproduksi arus listrik (I) berkisar 30 mA/cm^2 setiap panel suryanya.

Photovoltaic akan dapat memproduksi energi maksimal apabila nilai tegangan maksimal (V_m) dan arus maksimal (I_m). Sedangkan arus hubung singkat (I_{sc}) akan mengeluarkan arus listrik maksimal ketika tidak adanya nilai tegangan dan arus hubung singkat (I_{sc}) berbanding langsung dengan intensitas radiasi matahari. Tegangan *open circuit* sendiri akan maksimal apabila nilai arusnya nol dan V_{oc} akan naik secara logaritma apabila intensitas radiasi matahari juga naik. Karakteristik inilah yang memungkinkan *photovoltaic* dapat mengisi aki. (Zulfakar Athur, 2010)



Gambar 2.6 Kurva Arus Dan Tegangan

Efisiensi dari konversi energi surya dari sel surya di deskripsikan melalui persamaan:

$$\eta = \text{Daya Keluaran} / \text{Daya Masukan} \times 100\% \dots\dots\dots(2.1)$$

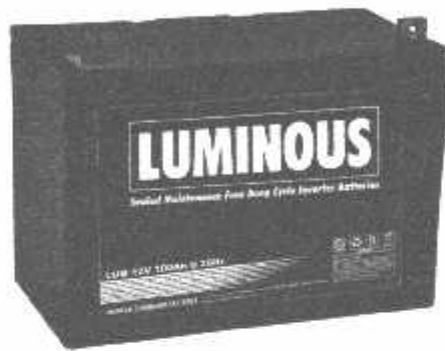
Tentunya dengan semakin tingginya nilai efisiensi maka semakin tinggi pula daya keluaran sel surya yang di dapatkan.

2.1.4 Baterai / Aki

Baterai merupakan suatu komponen yang digunakan pada sistem PLTS memiliki fungsi sebagai penyimpan hasil dari photovoltaic yaitu energi listrik dalam bentuk energi arus DC. Energi yang disimpan pada baterai berfungsi sebagai cadangan (back up), yang biasanya digunakan pada saat panel surya tidak menghasilkan energi listrik, contohnya pada saat malam hari atau pada saat cuaca mendung, selain itu tegangan keluaran ke sistem cenderung lebih stabil. Satuan kapasitas energi yang dihasilkan pada baterai adalah *ampere hour (Ah)*, yang artinya arus maksimum yang dapat dikeluarkan oleh baterai selama satu jam. Proses pengosongan baterai (*discharge*), baterai tidak boleh dikosongkan hingga titik maksimum, sebab hal ini mempengaruhi usia pakai (*life time*) dari baterai tersebut. Batas pengosongan dari baterai disebut dengan *depth of discharge (DOD)* dengan satuan persen. Apabila baterai memiliki *depth of discharge* sebesar 80%, maka energi yang tersedia di dalam baterai hanya dapat digunakan sebesar 80% dan 20% lainnya digunakan sebagai cadangan. Kemudian, semakin besar *depth of discharge* yang diberlakukan pada suatu baterai, maka umur teknis dari baterai akan semakin pendek.

Baterai dapat diartikan sebagai gabungan dari sel-sel yang terhubung seri. Secara umum ada dua jenis baterai yang digunakan untuk keperluan *solar electric*

systems, yaitu *lead acid battery (accu)* dan *nicel cadmium battery*. Kedua jenis baterai tersebut memiliki komponen yang hampir sama, hanya saja berbeda dalam jenis elektroda yang dipakai dan jenis elektrolit yang digunakan untuk membangkitkan reaksi elektrokimia. *Lead acid battery* menggunakan lempengan yang terbuat dari *lead*, dan sebagai elektrolitnya digunakan H_2SO_4 (asam sulfur) yang sama seperti pada accu serta memiliki efisiensi 80%. Sedangkan *nickel cadmium battery* menggunakan *cadmium* sebagai elektroda negatif dan nikel sebagai elektroda positif sedang elektrolitnya dipakai potassium hidroksida dan memiliki efisiensi 70%.



Gambar 2.7 Baterai/Aki

2.1.5 Jenis Jenis Baterai / Aki

Sistem penyimpanan energi yang biasanya di pakai pada sel surya adalah baterai, dari segi penggunaannya baterai dapat diklasifikasikan menjadi 2 jenis yaitu. (Zulfakar Athur, 2010)

a) Baterai Primer

Baterai primer adalah baterai yang hanya digunakan atau di pakai sekali saja. Pada waktu baterai dipakai, material dari salah satu elektroda menjadi larut dalam elektrolit dan tidak dapat dikembalikan dalam keadaan semula.

b) Baterai Sekunder

Baterai sekunder adalah jenis baterai yang dapat digunakan dan dapat diisi ulang kembali dengan mengembalikan komposisi awal elektroda dengan menggunakan arus yang berkebalikan. Baterai berperan sangat penting dalam sistem sel surya karena baterai di gunakan untuk membantu agar sel surya dapat memenuhi kestabilan suplai daya ke beban. Baterai pada sel

surya mengalami dua tahapan siklus yaitu tahapan siklus pengisian (*Charging*) dan tahapan siklus pengosongan (*Discharging*) yang sangat bergantung pada terdapat tidaknya radiasi matahari. Selama adanya ketersediaan radiasi matahari, maka *photovoltaic* dapat memproduksi energi listrik. Dan apabila terdapat kelebihan energi listrik, maka kelebihan energi ini dapat digunakan untuk mengisi baterai. Namun, apabila tidak ada sinar matahari, maka kebutuhan listrik dapat dipasok dari energi yang tersimpan di baterai. Tahapan siklus mengisi dan mengosongkan.

Berikut beberapa hal yang harus diperhatikan pada baterai :

a. Tegangan baterai

Tegangan baterai yaitu suatu nilai tegangan yang merupakan watak dasar baterai yang ditentukan dari proses elektrolit baterai yaitu konversi antara energi kimia menjadi energi listrik.

b. Kapasitas baterai

Kapasitas baterai yaitu jumlah muatan yang tersimpan pada baterai yang menggambarkan sejumlah energi maksimal yang di keluarkan dari sebuah baterai yang dinyatakan dalam *Ampere Hour (Ah)*. Nilai Ah ini didapatkan dari perkalian antara nilai arus yang dapat dikeluarkan baterai dengan berapa lamanya waktu untuk mengeluarkannya. Untuk itu, baterai yang bernilai 12 V 100 Ah berarti bahwa baterai akan dapat melepaskan baik sebesar 100 A dalam 1 jam, 50 A dalam 4 jam, 4 A dalam 50 jam, atau 1 A dalam 200 jam. Kemudian, ketika merancang kapasitas baterai untuk sistem PLTS yang paling penting dilakukan yaitu memperhatikan berapa jumlah hari-hari otonominya (*days of autonomy*). Hari-hari otonomi yaitu hari-hari disaat tidak adanya sinar matahari .

c. *Parameter charging dan discharging* baterai (*solar charge controller*)

Kapasitas sebuah baterai sangat dipengaruhi oleh nilai *charging* dan *discharging*. Apabila baterai dikosongkan dengan cepat, maka energi listrik yang akan digunakan baterai akan menurun, untuk itu kapasitas baterai juga akan menurun. Hal tersebut disebabkan karena keperluan suatu komponen untuk melakukan reaksi yang terjadi hanya memiliki waktu yang terbatas untuk berpindah ke tempat yang seharusnya. Jadi seharusnya arus

discharging yang digunakan harus 38 sangat rendah, sehingga energi yang digunakannya pun juga rendah dan kapasitas baterai yang didapat menjadi lebih besar. Pengaturan aliran daya pada sistem dilakukan oleh *SCC* (*Solar Charge Controller*). Hal ini berguna untuk melindungi baterai dan peralatan lainnya dari berbagai penyebab kerusakan. Jenis-jenis Solar charge controller yang ada di pasaran yakni adalah kontroler seri, kontroler paralel, dan kontroler menggunakan *MPP* (*Maximum Power Point*) tracker, *PWM*.

Berikut formula untuk menghitung kapasitas *BCR* sebagai berikut :

$$IBC R = ISC \text{ panel} \times N_{\text{panel}} \times 125\% \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

- $IBC R$ = Arus *BCR* (*Ampere*)
- $ISC \text{ panel}$ = Arus hubung-singkat panel surya (*Ampere*)
- N_{panel} = Jumlah panel surya 125% = Kompensasi



Gambar 2.8 Solar Charge Control

2.1.6 Perhitungan Daya Baterai

Intensitas arus listrik didefinisikan sebagai muatan listrik yang lewat per satuan waktu melalui suatu penampang daerah dimana muatan mengalir, seperti penampang tabung pemacu atau kawat logam. Karena itu jika dalam waktu t , N partikel bermuatan yang masing-masing membawa muatan q , lewat melalui suatu penampang medium penghantar, maka muatan total yang lewat adalah $Q = Nq$, dan intensitas listriknya adalah :

$$I = Q/t \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

- I = Arus listrik dalam ampere
- Q = Muatan listrik yang satuannya *coulomb*
- t = Waktu (*second*)

Dari persamaan diatas, persamaan muatan listrik dapat diperoleh sebagai berikut :

$$Q = I \times t \dots\dots\dots(2.4)$$

Perhitungan daya tahan baterai dihitung dari persamaan sebagai berikut :

$$T = Q/I \dots\dots\dots(2.5)$$

Dari persamaan tegangan diperoleh :

$$V = I \times R \dots\dots\dots(2.6)$$

2.1.7 Inverter

Inverter adalah suatu komponen sistem PLTS yang digunakan untuk mengkonversikan arus DC dari panel surya atau baterai menjadi arus AC. Tegangan keluaran yang dihasilkan setelah dilakukannya konversi melalui inverter ini dapat bernilai tetap atau berubah-ubah sesuai kebutuhan. Bentuk gelombang keluaran dari inverter idealnya gelombang sinus. Tetapi pada kenyataannya tidak demikian karena adanya harmonisa. *Inverter* di bagi menjadi 2 macam yaitu, *inverter* satu fase dan *inverter* tiga fase. Dan menurut jenis gelombangnya ada tiga jenis inverter yang ada di pasaran yakni *inverter* gelombang sinus, gelombang sinus termodifikasi, dan *inverter* gelombang kotak. Berikut formula untuk menghitung kapasitas inverter.

$$P \text{ inverter} = P \text{ max} \times 125\% \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan:

$P_{inverter}$ = Daya inverter (Watt)

P_{max} = Beban puncak (Watt) 125%



Gambar 2.9 Inverter

Berdasarkan karakteristik dari performa yang dibutuhkan, *inverter* untuk sistem PLTS berdiri sendiri (*stand-alone*) dan PLTS *grid-connected* memiliki karakteristik yang berbeda, yaitu:

- a. Pada PLTS *stand-alone*, *inverter* harus mampu mensuplai tegangan AC yang konstan pada variasi produksi dari modul surya dan tuntutan beban (*load demand*) yang dipikul.
- b. Pada PLTS *grid-connected*, *inverter* dapat menghasilkan kembali tegangan yang sama persis dengan tegangan jaringan pada waktu yang sama, untuk mengoptimalkan dan memaksimalkan keluaran energi yang dihasilkan oleh modul surya.

2.1.8 Parameter Performa *Inverter*

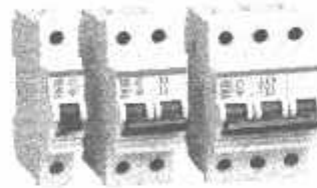
Keluaran energi listrik yang sudah dikonversikan oleh *inverter* akan terdapat adanya kualitas inverter secara normal dan noise yang mengganggu gelombang sinus yang dikeluarkan dari *inverter* yang dinamakan dengan harmonisa. Berikut parameter performa dari inverter ini. Harmonisa faktor dari harmonisa ke-n (HFn) Harmonisa faktor dari ke-n yaitu jumlah dari pasokan harmonisa itu sendiri.

- *Total harmonic distortion (THD)* *Total harmonic distortion* merupakan suatu ukuran kemiripan bentuk antara komponen dasarnya dengan sebuah gelombang.
- *Distortion Factor (DF)* *Distortion factor* adalah ukuran efektivitas dari pengurangan harmonisa harmonisa yang tidak diperlukan tanpa adanya nilai spesifik filter beban orde kedua. 41
- Harmonisa Orde Terendah Harmonisa pada orde paling rendah yaitu harmonisa yang memiliki nilai frekuensi yang hampir dekat dengan nilai frekuensi dari komponen dasarnya. Sedangkan, nilai amplitudonya lebih tinggi yaitu sebesar 3% dari amplitudo komponen dasarnya.

2.1.9 *Miniatur Circuit Breaker*

Singkatan *MCB* adalah *Mini Circuit Breaker* yang memiliki fungsi sebagai alat pengaman arus lebih. *MCB* ini memproteksi arus lebih yang disebabkan terjadinya beban lebih atau arus lebih karena adanya hubungan pendek. Dengan demikian prinsip dasar kerjanya yaitu untuk pemutusan hubungan yang disebabkan beban lebih dengan relai arus lebih seketika digunakan *electromagnetic* bila bimetal ataupun *electromagnet* bekerja, maa ini akan memutus hubungan kontak yang terletak pada pemadam busur dan membuka

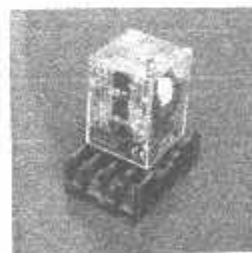
saklar. *MCB* untuk rumah seperti pada pengaman lebur diutamakan untuk proteksi hubung pendek sehingga pemakaiannya lebih diutamakan untuk mengamankan instalasi atau konduktornya. Sedang *MCB* pada APP diutamakan sebagai pembawa arus dengan karakteristik *CL (Current Limiter)* disamping itu juga sebagai gawai pengaman arus hubung pendek yang bekerja seketika. Arus nominal yang digunakan pada APP mengenal tegangan 230/440 ialah: 1,2,4,6,10,16,20,25,35 dan 50 Ampere disesuaikan dengan tingkat VA konsumen.



Gambar 2.10 *MCB*

2.1.10 Pengertian *Auto Transfer Switch (ATS)*

ATS merupakan singkatan dari kata *Automatic Transfer Switch*, alat ini berfungsi untuk memindahkan koneksi antara sumber tegangan listrik satu dengan sumber tegangan listrik lainnya secara otomatis. Karena fungsi tersebut *ATS* sering juga disebut dengan *Automatic COS (Change Over Switch)*. Alat ini berfungsi untuk menyalakan listrik dari PLN jika beban yang dilayani oleh PLTS kehabisan sumber energi. Dari penjelasan singkat diatas dapat diketahui fungsi alat ini, yaitu sebuah alat yang berfungsi menyalakan PLN jika sumber listrik dari baterai PLTS melemah atau padam (dilakukan oleh *ATS*). Di dalam panel *ATS* terdapat rangkaian relay yang menggunakan prinsip electromagnetic untuk menggerakkan kontak sakelar, sehingga dengan arus listrik yang kecil dapat menghantarkan listrik bertegangan tinggi.

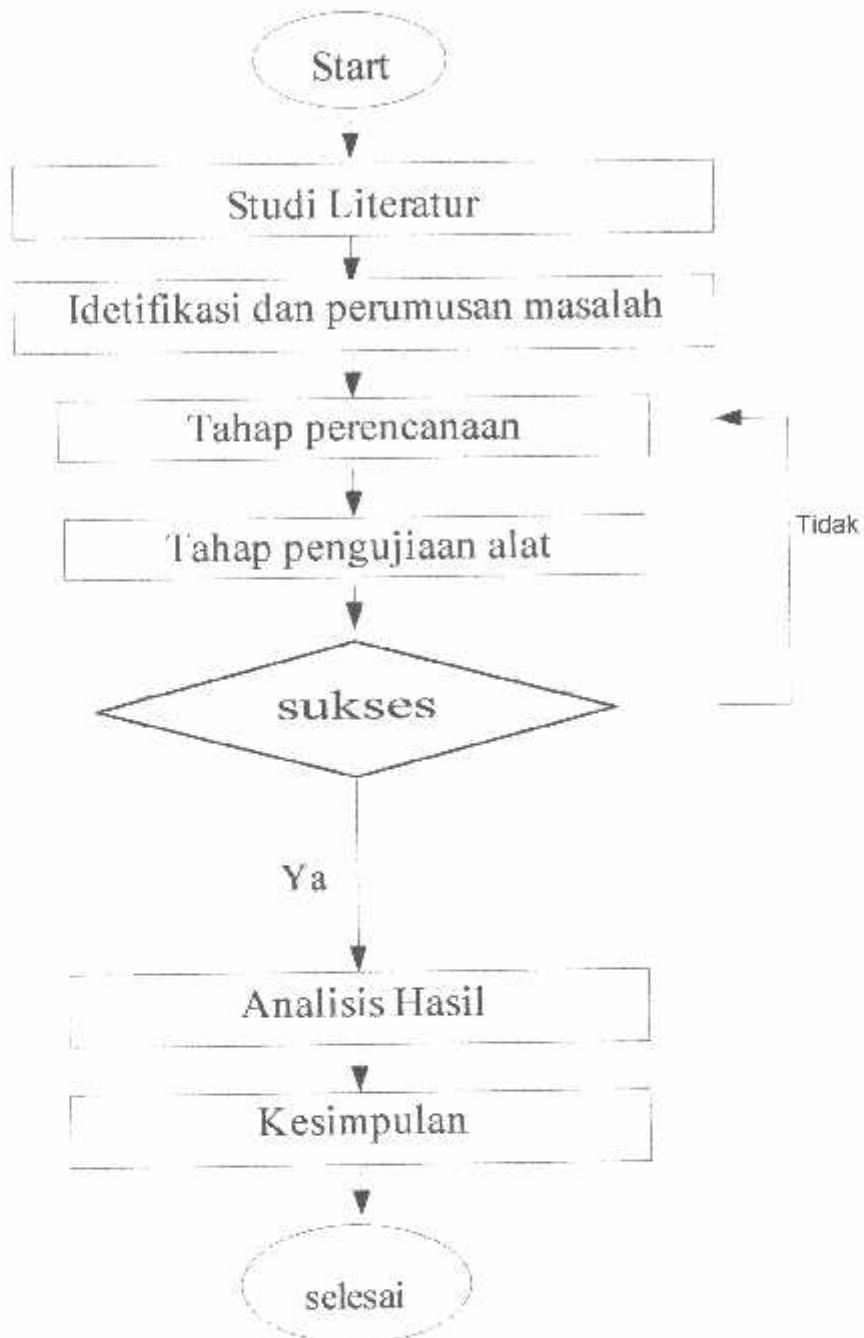


Gambar 2.11 Relai

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 Alur Perancangan dan Pembuatan Alat

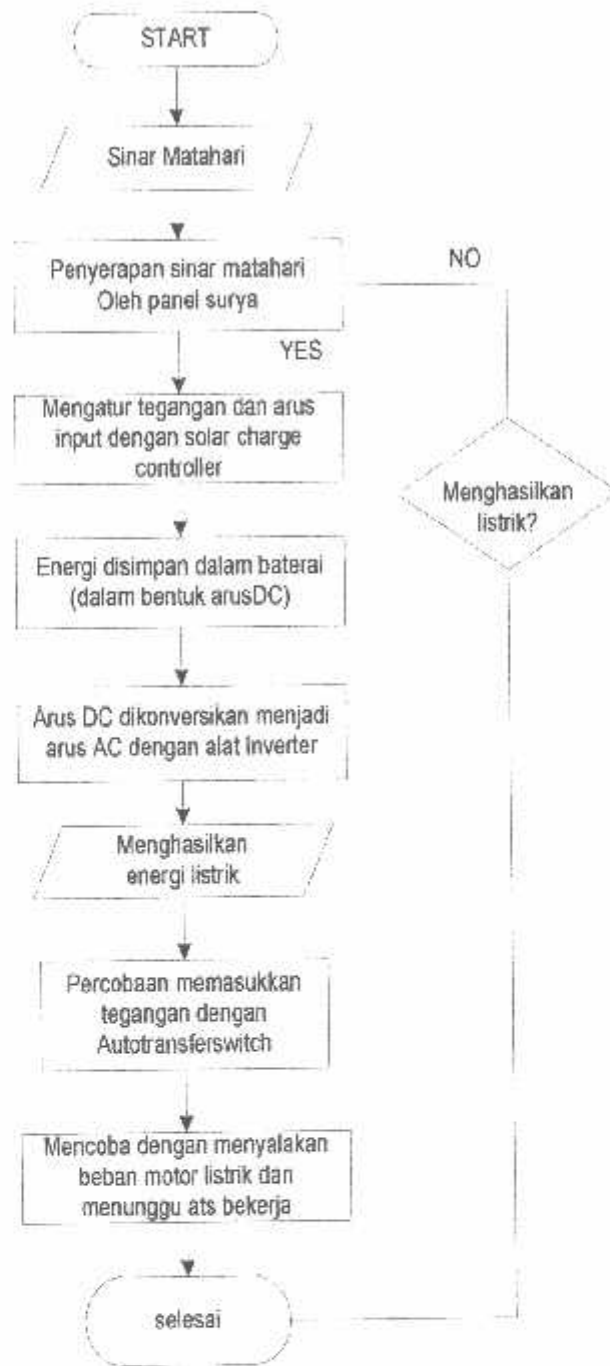
Alur perancangan dan pembuatan alat dimulai dengan studi literatur berupa pengumpulan artikel jurnal tentang PLTS dan *hybrid power sistem*. Dilanjutkan dengan identifikasi dan perumusan masalah yang ada pada pembangkit tenaga surya ini, agar menjadi sumber energi yang siap pakai dengan alat bahan yang sudah ditentukan. Kemudian masuk pada tahap perencanaan yaitu mencari solusi terhadap masalah yang ditemukan pada tahap identifikasi masalah. Setelah itu pembuatan *Auto Transfer Switch* sebagai media backup daya yang terjadi antara sumber PLTS sebagai inputan primer dan PLN sebagai inputan sekunder. Selanjutnya dilakukan pengujian alat sebagai bukti bahwa pembuatan alat ini bekerja sesuai perencanaan dan melihat kinerja sistem *Auto Transfer Switch* nya bekerja dengan baik saat pemindahan sumber dari PLTS ke PLN. Setelah sukses dalam pengujian alat didapatkan hasil analisa berupa data informasi tentang kerja sistem hibrid PLTS dan PLN yang dibuat. Indikator bahwa alat sukses ialah perpindahan dari PLTS ke PLN tidak membutuhkan waktu lama dan relai tetap dalam kondisi baik. Setelah semua alur selesai dilewati maka dapat ditarik kesimpulan dari perancangan dan pembuatan alat.



Gambar 3.1 Alur Perancangan dan Pembuatan Alat

3.2 *Flowchart Cara Kerja Rangkaian Auto Transfer Switch*

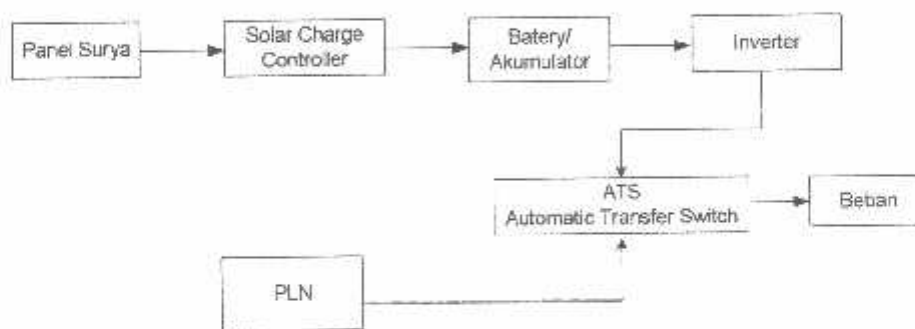
Flowchart digunakan untuk menggambarkan apa yang harus dikerjakan sebelum merancang suatu sistem. Pada bagian ini akan dijelaskan cara kerja cara kerja sistem pada rangkaian kontrol *Auto Transfer Switch* menggunakan relai omron. Pada saat memulai kerja rangkaian, sistem akan menghidupkan kedua sumber inputan yaitu PLTS sebagai energi primer dan PLN sebagai backup jika baterai pada PLTS melemah. Pada sistem sudah beroperasi secara otomatis jika inputan utama padam, maka inputan sekunder PLN tetap hidup untuk menggantikan peran PLTS yang padam, dan jika baterai pada PLTS telah terisi penuh maka sistem akan otomatis memindah inputan utama ke sumber PLTS. Proses tersebut akan terjadi terus menerus.



Gambar 3.2 *Flowchart* Perancangan Alat

3.3 Diagram Blok Alat

Diagram blok merupakan gambaran dasar dari suatu sistem yang akan dirancang. Dari diagram berikut dapat diketahui bahwa dibutuhkan *Auto Transfer Switch* sebagai pemisah antara tegangan PLTS dengan PLN dengan menggunakan relai omron 5 ampere 220/230. Didalam diagram blok terdapat *solar charge controller* untuk mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian karena baterai sudah penuh) dan kelebihan voltase dari panel surya, karena kelebihan voltase dalam pengisian akan mengurangi umur baterai dan sebagai monitoring temperatur baterai. Jika baterai sudah terisi penuh maka kita gunakan *inverter* sebagai pengubah tegangan dari baterai yaitu dc ke ac.

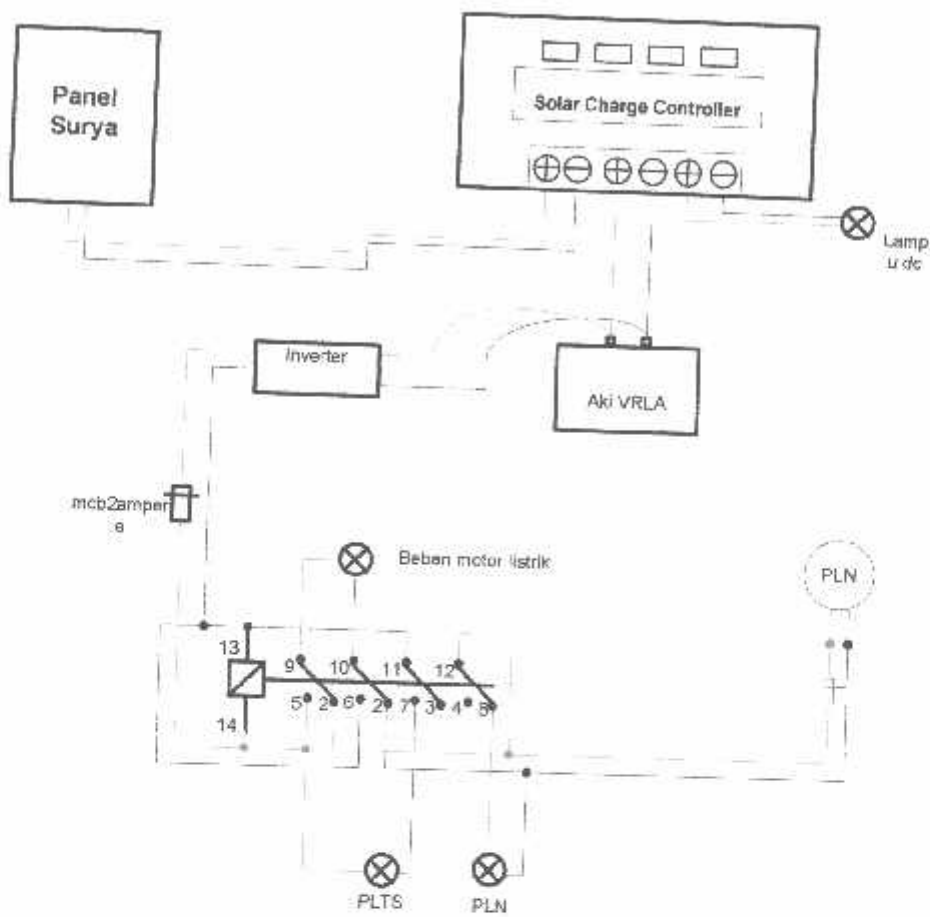


Gambar 3.3 Diagram Blok Kontrol

Keterangan:

- | | |
|--------------------------------|---|
| Panel surya | : Sebagai pengisi daya pada baterai |
| <i>Solar Charge Controller</i> | : Pengaman arus pengisian daya ke baterai |
| Baterai / Aki | : Menyimpan arus dari pengisian panel surya |
| <i>Inverter</i> | : Mengkonversi arus dc ke ac |
| <i>ATS</i> | : Sebagai kendali PLTS dan PLN bekerja otomatis |

3.4 Perencanaan Rangkaian Kendali



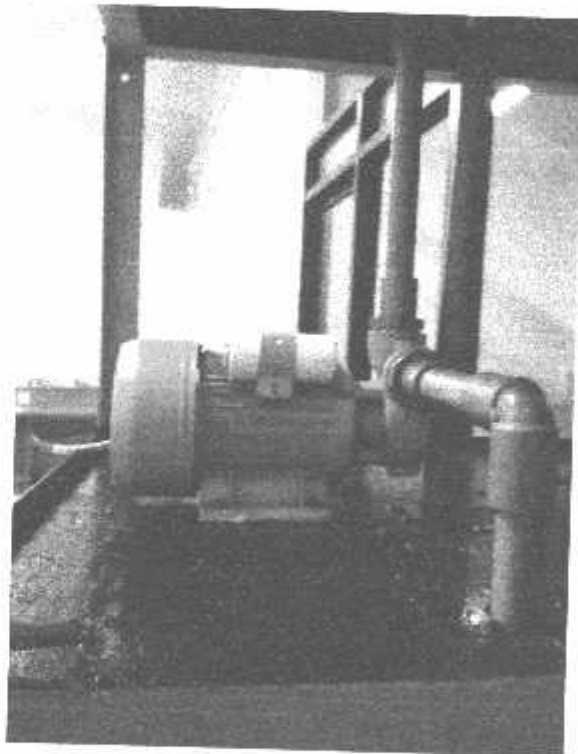
Gambar 3.4 Rangkaian Kendali ATS

3.5 Cara Kerja Rangkaian

Kendali *ATS (Auto Transfer Switch)* dengan sistem hibrid disini memadukan antara sumber energi dari PLN dengan sumber energi alternatif menggunakan panel surya dimana kedua sumber energi listrik ini akan bekerja secara bergantian. Saat energi pada baterai berkurang hingga batas 20%, yaitu pada tegangan 11 volt maka sistem akan memutuskan energi dari baterai agar panel surya dapat mengisi kembali baterai dengan optimal dan sistem akan menggunakan sumber energi listrik dari PLN sebagai backup daya. Saat baterai sudah terisi penuh oleh panel surya, maka sistem akan menggunakan sumber energi listrik dari baterai dan memutus sumber dari PLN.

3.6 Menentukan Kapasitas Peralatan

Berdasarkan beban pompa listrik yang akan dipakai maka perhitungan yang didapat adalah sebagai berikut :



Gambar 3.5 Pompa Listrik 187watt

Diketahui beban pompa listrik yang dipakai sebesar 187 Watt. Dengan diketahuinya total daya beban, maka dapat mengetahui kapasitas pengaman (MCB) dan relai yang akan digunakan pada pompa listrik ini.

a.) Menentukan kapasitas MCB :

Maka dapat digunakan MCB sebesar 2 Ampere sebagai pengaman pompa listrik ini.

$$\begin{aligned} I &= P / V \dots\dots\dots(3.1) \\ &= 187 / 220 \\ &= 0.85 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

b.) Menentukan kapasitas Relai yang dipakai :

$$\begin{aligned} I &= P / V \dots\dots\dots(3.2) \\ &= 187 / 220 \\ &= 0.85 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Dengan diketahui kapasitas relai sebesar 0.85 Ampere , maka saya menggunakan relai sebesar 5 Ampere supaya lebih aman dan efektif.

BAB IV

PENGUJIAN ALAT

Dalam bab ini akan dilakukan beberapa pengujian pengukuran tegangan pada pompa listrik dengan dua sumber inputan PLTS dan PLN menggunakan alat ukur AVO meter digital untuk mengetahui tegangan pompa pada saat dibebani dan belum dibebani.

4.1 Pengujian Tegangan Motor

Pengujian tegangan pompa listrik saat berbeban dan belum dibebani meliputi, tujuan, peralatan yang digunakan, gambar pengujian, prosedur pengujian dan tabel hasil pengujian.

4.1.1 Tujuan

Untuk memastikan tegangan yang masuk ke pompa listrik tidak mengalami penurunan tegangan yang drastis.

4.1.2 Peralatan Ukur Yang Digunakan

AVO meter digital,

4.1.3 Gambar Pengujian



Gambar 4.1 Tegangan PLTS sebelum ada beban



Gambar 4.2 Tegangan PLTS setelah dibebani



Gambar 4.3 Tegangan PLN sebelum ada beban



Gambar 4.4 Tegangan PLN setelah dibebani

4.1.4 Prosedur Pengujian

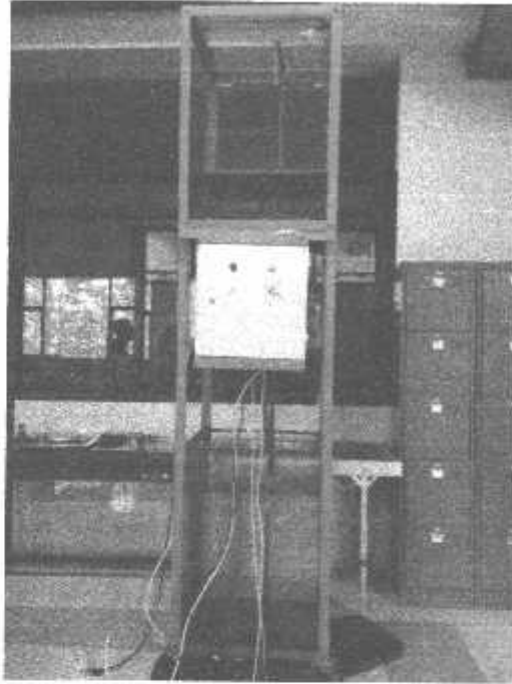
1. Siapkan alat ukur AVO meter digital
2. Seting alat ukur dengan memutar *selector* pada AVO meter digital ke setingan mengukur tegangan
3. Tekan tombol *select* untuk menyatel AVO meter digunakan untuk mengukur tegangan AC di terminal fasa dan netral
4. Lakukan pengukuran tegangan pada PLTS terlebih dahulu, baik tanpa beban dan herbeban
5. Selanjutnya mengukur tegangan dengan input PLN baik tanpa beban, maupun beban
6. Catat hasil pengukuran

4.1.5 Tabel Hasil Pengujian Pengukuran Tegangan

Tabel 4.1 Hasil Pengujian

| No | Sumber tegangan | Sebelum dibebani | Setelah dibebani |
|----|-----------------|------------------|------------------|
| 1 | PLTS | 221,7 Volt | 205,5 Volt |
| 2 | PLN | 224,6 Volt | 222,9 Volt |

4.2 Cara Menjalankan Peralatan



Gambar 4.5 Bentuk Fisik Tandon

Diketahui dimensinya : Panjang 60cm, Lebar 60cm, dan Tinggi 55cm
Dengan kapasitas total air full tandon 112 liter .

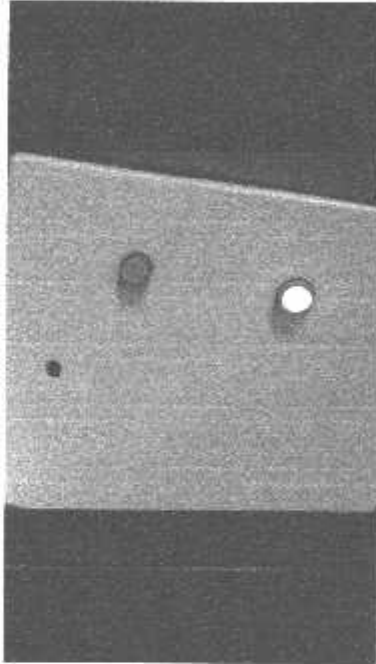
4.2.1 Tahap Pengoperasian Alat

Pertama tama kita siapkan sumber tegangan dari PLN untuk disambungkan ke terminal panel sebagai inputan sekunder yaitu PLN dilanjutkan dengan pemasangan kabel dari terminal panel ke beban pompa listrik.

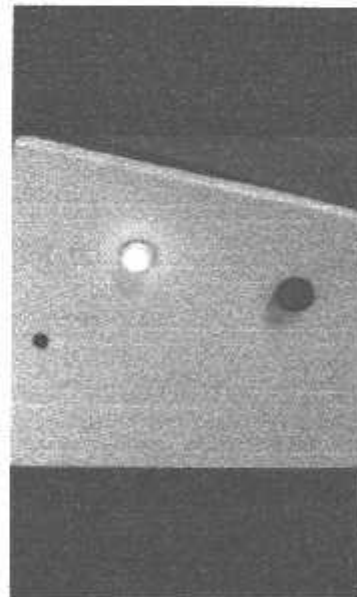


Gambar 4.6 Pemasangan Sumber Tegangan Ke Beban

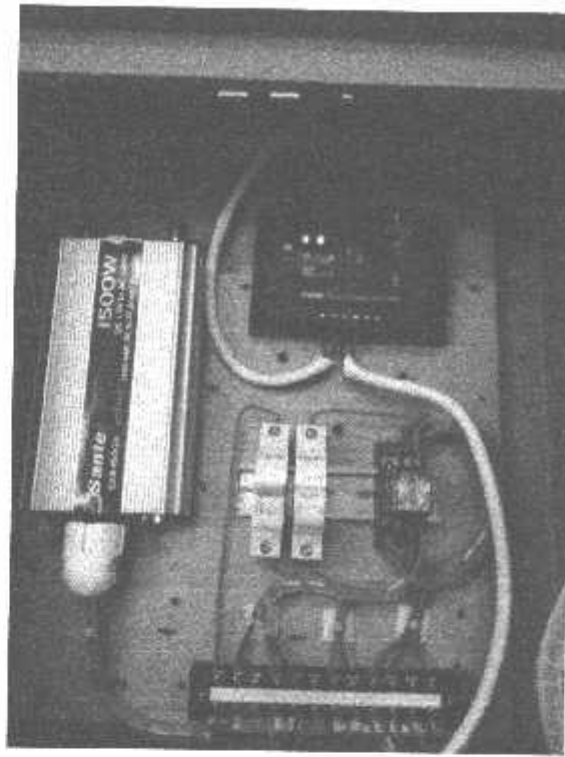
Sumber tegangan yang masuk termasuk dari Inverter PLTS dan backup PLN yang kedua sumber tegangan menyala bersamaan dimana PLTS sebagai inputan utama. Selanjutnya setelah sumber tegangan sudah siap maka langsung dilakukan pengukuran tegangan pada pompa listrik yang sudah dijelaskan di table pengukuran diatas. Dilanjutkan dengan pengujian *ATS (Auto transfer Switch)* dengan cara kita naikkan kedua *MCB* inputan utama yakni PLTS dan PLN sebagai backup, yang mana indikator bekerja ditandai dengan *pilot lamp*



Gambar 4.7 *Pilot Lamp* Hijau Indikator PLTS Bekerja



Gambar 4.8 *Pilot Lamp* Merah Indikator PLN bekerja



Gambar 4.9 Kapasitas Baterai Pada SCC

Pada saat PLTS bekerja kita juga dapat mengetahui seberapa kapasitas baterai melalui *Solar Charge Controller* dalam panel kendali *ATS* ini, indikator lampu hijau menandakan bahwa baterai dalam kondisi baik.

Selanjutnya adalah pengoperasian pompa listrik untuk mengisi air dari kondisi tandon *low*, *middle*, hingga *full*. Kendali *ATS* yang terpasang juga akan memberikan indikator saat dua sumber listrik dari PLTS bekerja atau PLN yang bekerja supaya dapat diketahui kondisi PLTS mati dan PLN bekerja otomatis sebagai backup daya.



Gambar 4.10 Proses Pengisian Tandon

Dalam proses pengisian tandon didapatkan data bahwa kapasitas tandon ialah 112 liter dan membutuhkan waktu 7 menit hingga penuh pengisiannya dan pompa listrik ini mengisi 26,7 liter per menitnya. Dimensinya Panjang 60cm, Lebar 60cm, dan Tinggi 55cm maka diperoleh perhitungan :

a.) Besarnya daya yang diperlukan

$$\text{Rumus : } P = V \cdot I \cdot \cos \phi$$

Dimana P = daya yang diperlukan (watt)

V = tegangan (volt)

I = arus (ampere)

Cos phi = faktor daya

$$\begin{aligned} P &= 222,5 \text{ volt} \times 1 \text{ ampere} \times 0,8 \\ &= 155,75 \text{ Watt} \end{aligned}$$

b.) Volume air pada tandon dan sumber

$$\text{Rumus : } P \times L \times T$$

$$\text{Volume} = 60\text{cm} \times 60\text{cm} \times 55\text{cm}$$

Volume = 198 liter

c.) Waktu pengisian hingga penuh Volume / daya pompa

$$\text{Waktu} = 198 \text{ Liter} / 26.7$$

$$= 7.4 \text{ menit}$$

d.) Energi yang dibutuhkan saat pengisian

$$\text{Rumus: } W = P \times T$$

Dimana: W = energi yang terpakai (Watt Hour)

P = daya yang digunakan (Watt)

T = waktu (jam/hour)

$$W = 155,75 \text{ watt} \times 7.4$$

$$= 1,152 \text{ watt hour}$$

BAB V PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Setelah melakukan perencanaan dan pembuatan alat, serta membuat suatu sistem pengujian beserta analisisnya, maka dapat diambil kesimpulan dari kinerja keseluruhan sistem Kendali ATS dengan Sistem *Hybrid* adalah sebagai berikut :

1. Perpindahan daya dari PLTS ke PLN tanpa jeda waktu dan akan terjadi jika tegangan terendah baterai berada pada 11 volt dan akan otomatis di backup oleh listrik PLN
2. Dengan pompa listrik 187 watt kita membutuhkan waktu 7 menit untuk mengisi tandon hingga penuh, dan setiap menitnya pompa mengisi sebanyak 26,4 liter
3. Dalam panel kendali *ATS* kita dapat memantau kapasitas baterai melalui *Solar Charge Control* dengan indicator lampu hijau jika kapasitas penuh, kuning jika kapasitas low, dan merah jika baterai mendekati batas minimal pemakaian baterai
4. Tegangan pada PLTS dan PLN akan turun ketika beban pompa listrik bekerja.
5. Besarnya daya yang dikeluarkan untuk memindahkan air dari sumber ke tandon memerlukan daya sebesar 155,75 watt dan energi yang terpakai sebesar 1,152 watt hour.

5.2 Saran

Tidak dipungkiri bahwa masih ada kekurangan dari sistem perpindahan tegangan dari PLTS ke PLN yang telah dibuat. Kekurangan ini bisa disempurnakan pada kesempatan yang akan datang. Berikut beberapa poin yang dapat dikembangkan :

1. Penambahan aspek keamanan seperti sensor tegangan untuk mengendalikan perpindahan tegangan dari PLTS ke PLN supaya inverternya aman.
2. Meningkatkan kapasitas relai yang dipakai agar aman dan awet jika *ATS* bekerja terus menerus.
3. Penambahan kode nama pada indikator lampu pilot

DAFTAR PUSTAKA

1. Alamanda, D., 2004, Penerapan Teknologi PLTS sebagai solusi untuk membuka keterisolasian wilayah pedalaman dan terpencil, Berita BPPT.
2. Bachtiar, M., 2006, Prosedur Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Perumahan (Solar Home System), jurnal Smartek, Vol.4, No.3.
3. Solarex, 1996, Discover the Newest World Power, Frederick Court, Maryland, USA. Teknologi Sel Surya: Perkembangan dewasa ini dan yang akan datang, Majalah Elektro Indonesia, Edisi ke-4.
4. Zulfakar Athur, 2010. Sistem Tenaga Listrik Tenaga Hybrid (PLTS – PLN) : Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

LAMPIRAN



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

VI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (F-unting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

**BERITA ACARA UJIAN TUGAS AKHIR
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : Achmad Furi Hakim
N.I.M : 1552001
Program Studi : Teknik Listrik DIII
Judul : **Rancang Bangun Kendali *Hybrid Power System* (PLTS-PLN)**

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Tugas Akhir jenjang Diploma Tiga (DIII)
pada:

Hari : Kamis
Tanggal : 01 Februari 2018
Dengan Nilai : **81 (A)**

Panitia Ujian Tugas Akhir


Ketua Majelis Penguji

Ir. Eko Nurcahyo, MT
NIP.Y.1028700172

Sekretaris Majelis Penguji

Lauhil Mahfudz Hayusman, ST., MT
NIP.P.1031400472

Anggota Penguji

Dosen Penguji I

Ir. Taufik Hidayat, MT
NIP.Y.1018700151

Dosen Penguji II

Bambang Prio Hartono, ST., MT
NIP.Y.1028400082





PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145.
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

LEMBAR PERBAIKAN TUGAS AKHIR

Dalam pelaksanaan jenjang diploma III, program studi teknik listrik D-III,
maka perlu adanya perbaikan tugas akhir mahasiswa dibawah ini :

Nama : Achmad Furi Hakim
NIM : 1552001
Prodi : Teknik Listrik DIII
Masa Bimbingan : Semester Ganjil 2017/2018
Judul : Rancang Bangun *Hybrid Power System* (PLTS-PLN)

| No. | Penguji | Tanggal | Materi Perbaikan | Paraf |
|-----|------------|---------|--|-------|
| 1. | Penguji I | | Jelaskan kerja ATS dan ubah judul baru, cara menjalankan peralatan, kesimpulan dirubah | |
| 2. | Penguji II | | Beri penjelasan pada gambar, dan ganti kesimpulan | |

Disetujui :

Dosen Penguji I

Ir. Taufik Hidayat, MT
NIP.Y. 1018700151

Dosen Penguji II

Bambang Prio Hartono, ST, MT
NIP.Y. 1028400082

Mengetahui :

Dosen Pembimbing I

Ir. M. Abdul Hamid, MT
NIP.Y. 1028700163

Dosen Pembimbing II

Lauhil Mahfudz Hayusman, ST, MT
NIP.P. 1031400472





FORMULIR PERBAIKAN TUGAS AKHIR

Dalam melaksanakan Ujian Tugas Akhir jenjang Diploma Tiga Fakultas Teknologi Industri Program Studi Teknik Listrik DIII, maka perlu adanya perbaikan Tugas Akhir untuk Mahasiswa:

Nama : Achmad Furi Hakim

NIM : 1552001

Program Studi : Teknik Listrik DIII

Adapun perbaikan-perbaikan tersebut sebagai berikut:

- Gelaskan keya dari ATS (perbaikan dan
PLTS ke PLN), pada tegangan busbar
kontrol sistem Power Sys (PLT-PN).

Buku cara mengelas perlatan,

- Alatnya dratler?

- Bab IV Keselamatan

Malang, Februari 2018

Dosen Penguji II

(Ir. Taufik Hidayat, MT)



FORMULIR PERBAIKAN TUGAS AKHIR

Dalam melaksanakan Ujian Tugas Akhir jenjang Diploma Tiga Fakultas Teknologi Industri Program Studi Teknik Listrik DIII, maka perlu adanya perbaikan Tugas Akhir untuk Mahasiswa:

Nama : Achmad Furi Hakim
NIM : 1552001
Program Studi : Teknik Listrik DIII

Adapun perbaikan-perbaikan tersebut sebagai berikut:

Telastkan dg gambar, gambar 3.3.

gambar 3.4. beri keterangan

Gambar 4.1 - 4.5 diberi
penjelasan.

Kerimpulan. diganti

Malang, Februari 2018
Dosen Penguji II,

(Bambang Prio Hartono, ST., MT)



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PERSERO) Malang
NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax.(0341) 553015 Malang 6514
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

FORMULIR BIMBINGAN TUGAS AKHIR

A : Achmad Furi Hakim
I : 1552001
A BIMBINGAN : Semester Ganjil 2017/2018
JL : Rancang Bangun Hybrid Power System (PLTS-PLN)

| TANGGAL | URAIAN | PARAF PEMBIMBING |
|-----------|---|------------------|
| 13-1-2018 | - Skala prototipe menggunakan solar cell untuk sistem hybrid, tambahkan flowchart pengujian | ff |
| 18-1-2018 | Pengukuran Kapasitas Daya Pompa | ff |
| 20-1-2018 | Jelaskan cara pengukuran dan Daya Pompa | ff |
| 22-1-2018 | Sistem hybrid, flowchart pengujian | ff |
| 24-1-2018 | Parameter Performa Inverter | ff |
| 27-1-2018 | Diagram Blok Alat | ff |
| 28-1-2018 | Peralatan dan pengujian | ff |
| 29-1-2018 | Tentukan Pengujian Alat | ff |
| 31-1-2018 | ACC mengikuti ujian. | ff |
| | | |
| | | |
| | | |

Malang, Januari 2018
Dosen Pembimbing 2,

Ir. M. Abdul Haric, N1
NIP.Y.101880018



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PERSERO) Malang
 NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax.(0341) 553015 Malang 6514
 Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

FORMULIR BIMBINGAN TUGAS AKHIR

A : Achmad Furi Hakim
 I : 1552001
 A BIMBINGAN : Semester Ganjil 2017/2018
 JL : Rancang Bangun Hybrid Power System (PLTS-PLN)

| TANGGAL | URAIAN | PARAF PEMBIMBING |
|------------|--|------------------|
| 11-1-2018 | Kapasitas motor listrik (pompa) itu berapa? - PLTS, solar charger Controlnya, baterai, inverternya → kapasitas? - Hybrid PLTS dan PLN → caranya bagaimana? smart relay mikrokontroler? - Latar belakang, Rumusannya, tujuan dan batasan masalah | fs. fs. |
| 19-01-2018 | Revisi Bab I dan Bab II, masukkan referensi yang digunakan. | fs. |
| 25-01-2018 | Apa Bab I dan Bab II, lanjutkan (sa BAB II). "Perencanaan Alat" | fs. |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Malang, Januari 2018
 Dosen Pembimbing 1,

Lauhil Mahfudz Hayusman, ST., MT
 NIP.P.1031400472