

**SISTEM *OFF-GRID* PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN  
BERBASIS IOT (*INTERNET OF THINGS*)**

**SKRIPSI**

Oleh

**M. Zainul Hasan**

**NIM. 151910201043**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO STRATA 1  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2019**



**SISTEM *OFF-GRID* PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN  
BERBASIS IOT (*INTERNET OF THINGS*)**

**SKRIPSI**

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**M. Zainul Hasan**

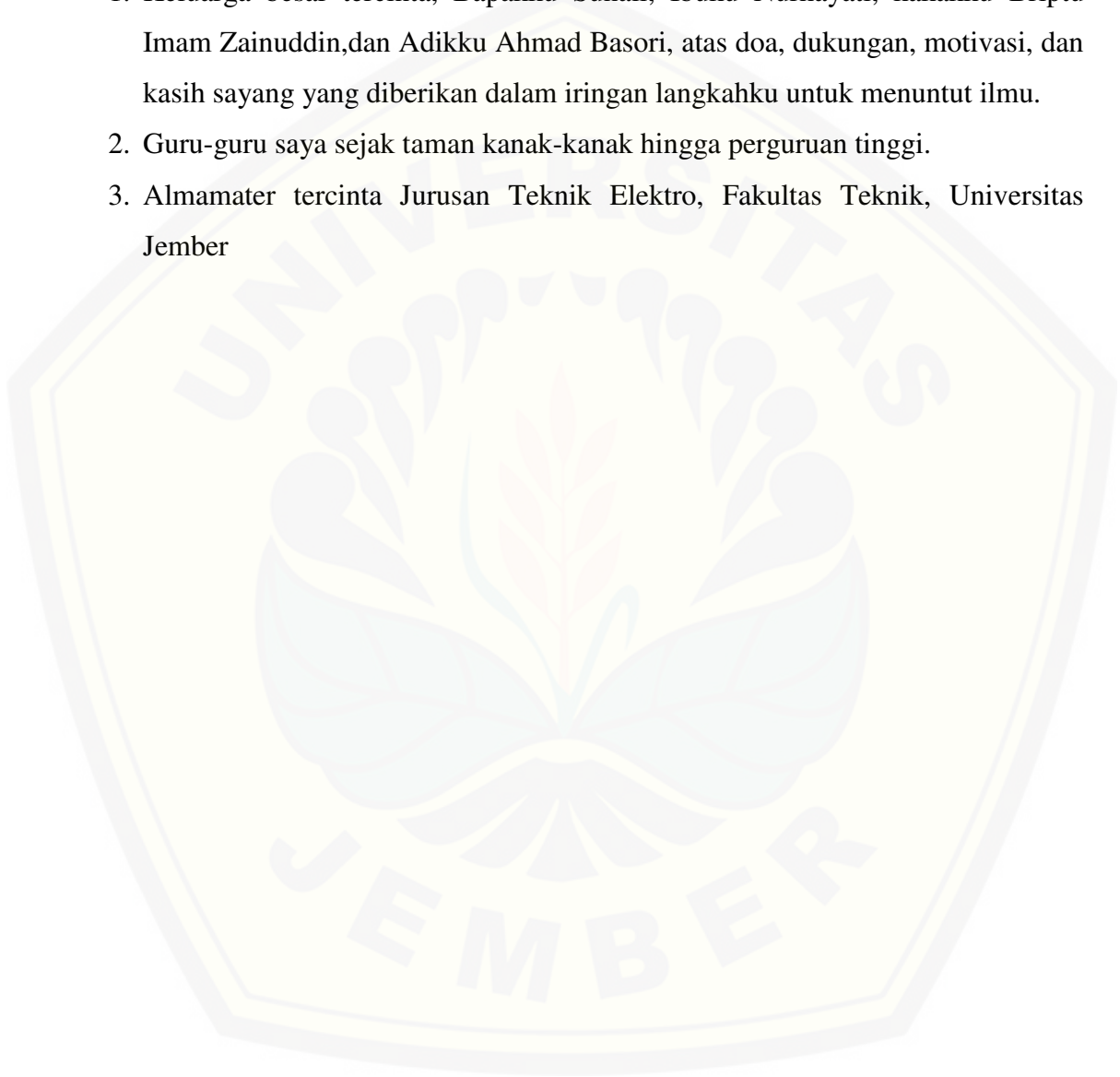
**NIM. 151910201043**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO STRATA 1  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2019**

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan sebagai rasa terimakasih saya yang tidak terkira kepada:

1. Keluarga besar tercinta, Bapakku Sunali, Ibuku Nurhayati, kakakku Briptu Imam Zainuddin, dan Adikku Ahmad Basori, atas doa, dukungan, motivasi, dan kasih sayang yang diberikan dalam iringan langkahku untuk menuntut ilmu.
2. Guru-guru saya sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi.
3. Almamater tercinta Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember



**MOTTO**

Biarkan hidup ini mengalir seperti air, jangan menoleh kebelakang atas kegagalanmu tapi tetaplah maju untuk menggapai kesuksesanmu.

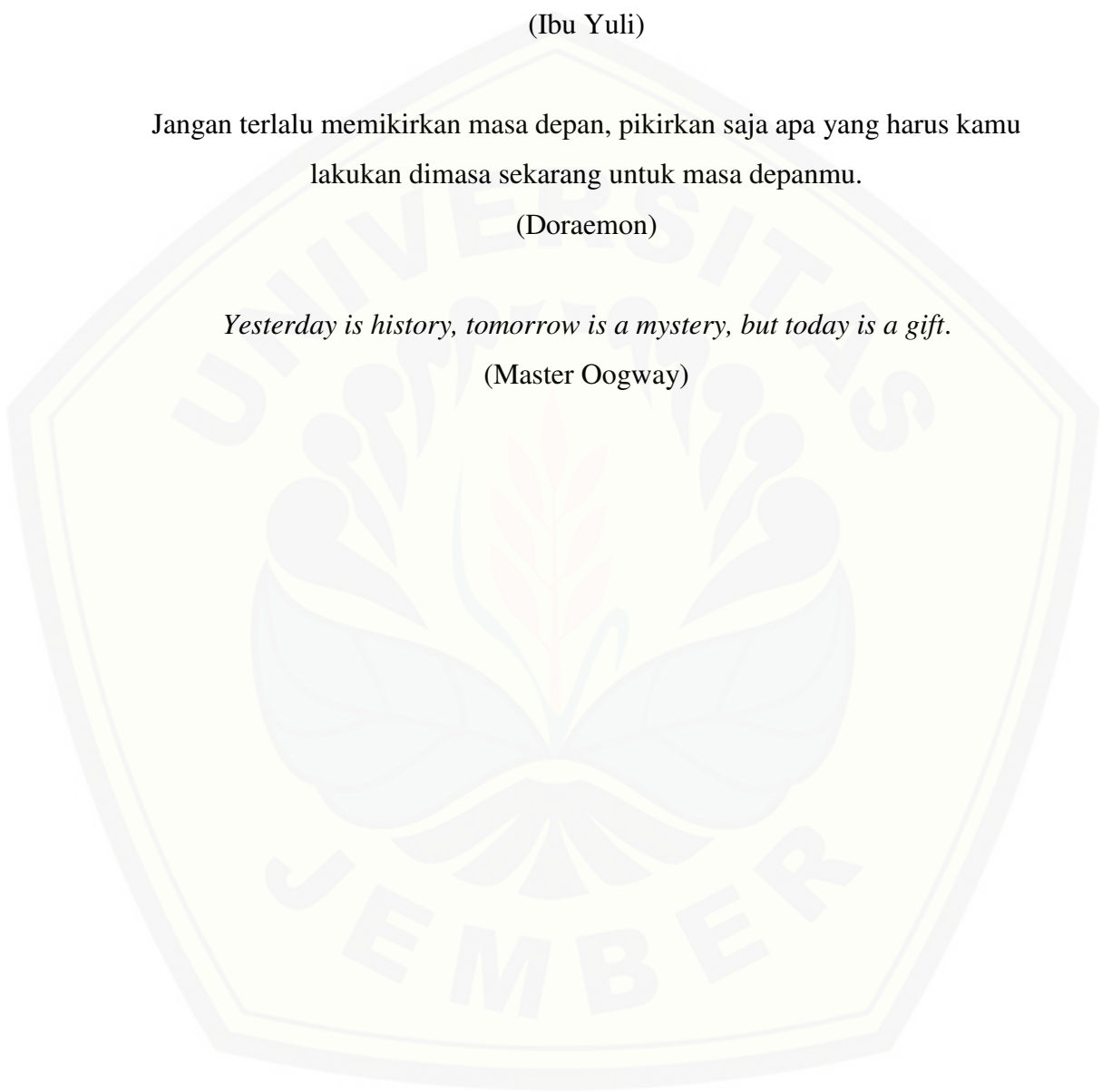
(Ibu Yuli)

Jangan terlalu memikirkan masa depan, pikirkan saja apa yang harus kamu lakukan dimasa sekarang untuk masa depanmu.

(Doraemon)

*Yesterday is history, tomorrow is a mystery, but today is a gift.*

(Master Oogway)



**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : M. Zainul Hasan

NIM : 151910201043

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Sistem *Off-Grid* Pembangkit Listrik Tenaga Angin berbasis IOT (*Internet Of Things*)” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 29 Mei 2019  
Yang menyatakan,

M. Zainul Hasan  
NIM 151910201043

**SKRIPSI**

**SISTEM *OFF-GRID* PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN  
BERBASIS IOT (*INTERNET OF THINGS*)**

Oleh

**M. Zainul Hasan  
NIM 151910201043**

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M.  
Dosen Pembimbing Anggota : Samsul Bachri M., S.T., M.MT.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Sistem *Off-Grid* Pembangkit Listrik Tenaga Angin berbasis IOT (*Internet Of Things*)” telah diuji dan disahkan pada:

Hari : Selasa  
Tanggal : 28 Mei 2019  
Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji,

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M.  
NIP. 196312011994021002

Samsul Bachri M., S.T., M.MT.  
NIP. 196403171998021001

Penguji Utama,

Penguji Anggota,

Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.  
NIP. 197008261997021001

Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T.  
NIP. 197104022003121001

Mengesahkan,  
Dekan Fakultas Teknik,  
Universitas Jember

Dr. Ir. Entin Hidayah M.U.M  
NIP.196612151995032001



## RINGKASAN

**Sistem *Off-Grid* Pembangkit Listrik Tenaga Angin berbasis IOT (*Internet Of Things*);**M. Zainul Hasan, 151910201043; 2019; 74 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Kebutuhan masyarakat akan energi listrik saat ini sangatlah tinggi, sehingga mendorong masyarakat untuk melakukan berbagai pengembangan terkait sumber energi listrik. Bahan bakar fosil yang digunakan sebagai sumber energi listrik semakin lama akan semakin habis karena bahan bakar fosil tidak dapat diperbarui. Sumber energi listrik terbarukan kini menjadi jawaban dari permasalahan tersebut. Salah satu sumber energi listrik terbarukan yang dapat dimanfaatkan yaitu angin. Angin merupakan salah satu sumber energi listrik terbarukan yang tersedia melimpah dialam dan bebas polusi. Penerapan penggunaan energi angin ini sangat cocok diimplementasikan di daerah pedesaan atau pegunungan dengan kondisi alam yang masih terjaga dan hembusan anginnya kencang, selain hal itu juga dapat membantu memberikan alternatif energi listrik tanpa mengeluarkan banyak biaya. Karena di pedesaan sering terjadinya pemadaman listrik. Semakin pesatnya perkembangan dalam bidang teknologi saat ini makin banyak penggunaan turbin angin dalam menghasilkan energi listrik. Namun karena energi angin yang naik turun (tidak stabil) dapat diterapkan sebagai sistem *off-grid* dengan jaringan listrik PLN di daerah pedesaan agar dapat menjadi alternatif ketika terjadi pemadaman listrik dari PLN, dan penggunaan sistem *off-grid* ini juga akan dapat mengurangi tagihan listrik dari PLN.

Dalam skripsi ini akan dibuat perancangan sistem *off-grid* pembangkit listrik tenaga angin turbin vertikal terhadap jaringan listrik PLN pada *smarthome* berbasis teknologi IoT (*Internet Of Things*). Dimana teknologi IoT tersebut digunakan untuk mengawasi energi listrik keluaran dari pembangkit listrik tenaga angin vertikal yang tersimpan pada baterai, dan melakukan pengontrolan terhadap sistem *off-grid* antara pembangkit tenaga angin dengan jaringan listrik PLN. Sistem *off-grid* berbasis teknologi IoT akan memungkinkan pengguna dapat melakukan pengawasan dan pengontrolan tegangan keluaran dari pembangkit listrik tenaga



angin dan juga koneksi *off-grid* terhadap jaringan PLN dari mana saja dan kapan saja melalui internet.

Pembuatan dan pengujian alat akan dilakukan di Laboratorium Renewable Energy, CDAST, Universitas Jember dan di alamat JL. Mangga 2 No.03 Patrang, Kabupaten Jember. Pada penelitian ini, merancang dan membuat sistem *off-grid* berbasis IoT sehingga baik akuisi data, kontrol dan pengawasan bisa dilakukan dari manapun dan kapanpun secara real time. Alat ini akan menggunakan 2 sensor yaitu sensor arus, dan sensor tegangan. Semua sensor mula mula di kalibrasi sehingga sensor akan lebih presisi dengan hasil pengukuran yang error persennya tidak terlalu besar. Ketika kalibrasi sudah sesuai maka selanjutnya sistem akan dibuat online sehingga akan ada mode pengaturan secara otomatis maupun secara manual. rangkaian sistem *off-grid* PLT-Angin berbasis IoT terdiri dari turbin angin vertikal (PLT-Angin), yang kemudian tersambung dengan konverter untuk mengkonversi tegangan AC menjadi DC, dimana tegangan akan disimpan pada accu 12V 5Ah dan dapat dimonitoring melalui IoT, namun apabila accu/baterai telah penuh pengguna dapat langsung menggunakannya untuk pembebanan. Tegangan dari baterai kemudian disalurkan pada inverter untuk dikonversi kembali menjadi tegangan DC, yang selanjutnya dapat dikontrol menggunakan *switch* (relay) melalui IoT, dimana tegangan dari PLN juga terhubung ke relay sehingga dapat dikontrol koneksi grid antara PLT-Angin dengan jaringan PLN. Apabila tegangan dari baterai/PLT-Angin memadai, relay PLT-Angin akan diaktifkan dan relay dari PLN akan dinonaktifkan. Dan apabila tegangan dari baterai/PLT-Angin tidak memadai, relay PLT-Angin akan dinonaktifkan dan relay dari PLN akan diaktifkan.

Dari penelitian tentang sistem *off-grid* PLT-Angin berbasis IoT (Internet of Things) diperoleh kesimpulan yaitu Penggunaan teknologi IoT pada sistem *off-grid* plt-angin memungkinkan pengawasan, pengontrolan, dan perekaman data dapat dilakukan secara online dimana saja dan kapan saja dengan koneksi internet secara real time. Pengontrolan secara otomatis maupun manual sistem *off-grid* berbasis IoT dapat terakses dengan baik melalui internet (*online*).

## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT, atas segala rahmad dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Sistem *Off-Grid* Pembangkit Listrik Tenaga Angin berbasis IOT (*Internet Of Things*)”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

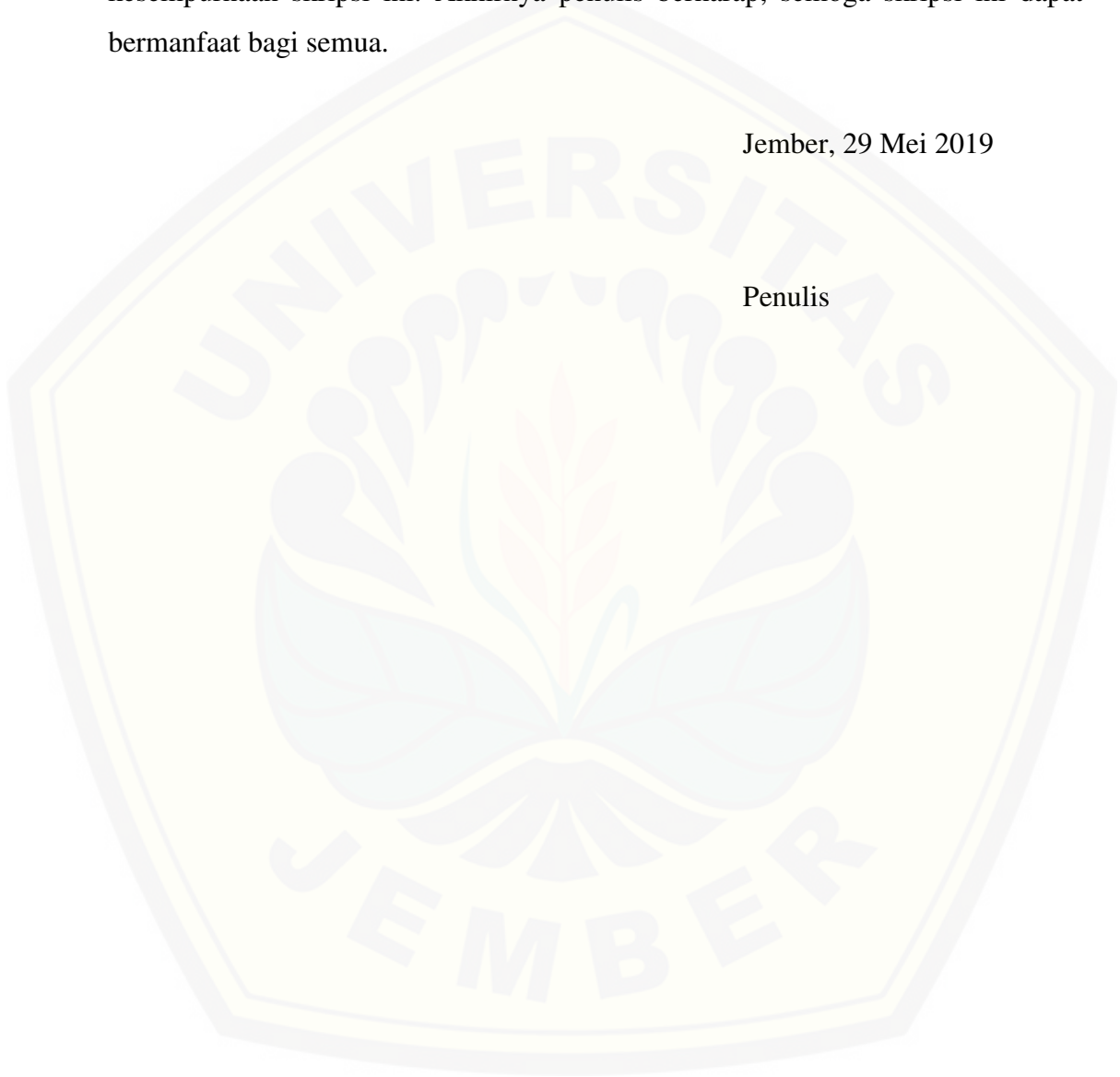
1. Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M., selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan tenaga, waktu, pikiran dan perhatian dalam membimbing penulisan skripsi ini;
2. Samsul Bachri M., S.T., M.MT., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan tenaga, waktu, pikiran dan perhatian dalam membimbing penulisan skripsi ini;
3. Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji I, dan Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan kritik dan saran yang sangat membangun demi penyempurnaan skripsi ini;
4. R.B. Moch Ghozali, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
5. Seluruh dosen pengampu mata kuliah, terimakasih atas ilmu dan pengalaman yang diberikan serta bimbingan selama studi di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember;
6. Seluruh staf dan karyawan di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Jember, terimakasih atas bantuan dalam mengurus administrasi dan lainnya;
7. Keluarga saya, Bapak Sunali dan Ibu Nurhayatiserta kakak dan adik saya Briptu Imam Zainuddin dan Ahmad Basoriyang selalu memberikan semangat, dan kasih sayang yang tak terhingga, serta doa setiap waktu;
8. Teman-temanku seperjuangan Teknik Elektro angkatan 2015 yang selalu memberi support dan saran kepada penulis;

9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu baik tenaga maupun pikiran dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi ini.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua.

Jember, 29 Mei 2019

Penulis

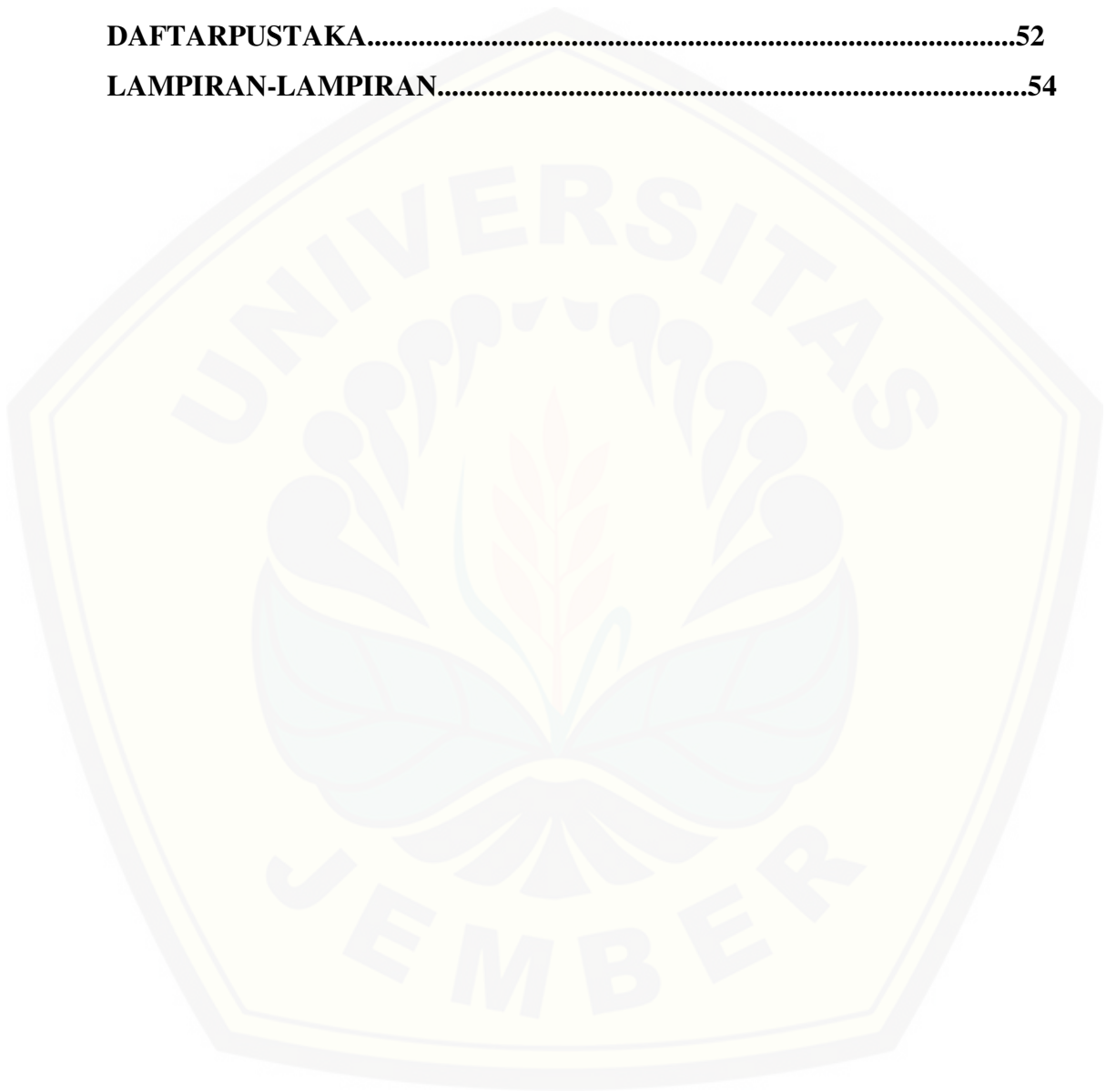


DAFTAR ISI

|                                     | Halaman  |
|-------------------------------------|----------|
| HALAMAN JUDUL.....                  | i        |
| HALAMAN SAMPUL.....                 | ii       |
| HALAMAN PERSEMBAHAN.....            | iii      |
| HALAMAN MOTTO.....                  | iv       |
| HALAMAN PERNYATAAN.....             | v        |
| HALAMAN PEMBIMBING.....             | vi       |
| HALAMAN PENGESAHAN.....             | vii      |
| RINGKASAN.....                      | viii     |
| PRAKATA.....                        | x        |
| DAFTAR ISI.....                     | xii      |
| DAFTAR TABEL.....                   | xv       |
| DAFTAR GAMBAR.....                  | xvi      |
| DAFTAR LAMPIRAN.....                | xviii    |
| <b>BAB 1. PENDAHULUAN.....</b>      | <b>1</b> |
| 1.1 LatarBelakang.....              | 1        |
| 1.2 RumusanMasalah.....             | 3        |
| 1.3. BatasanMasalah.....            | 4        |
| 1.4 TujuanPenelitian.....           | 4        |
| 1.5.Manfaat Penelitian.....         | 5        |
| <b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b> | <b>6</b> |
| 2.1 <i>Internet of Things</i> ..... | 6        |
| 2.2 Energi Angin.....               | 7        |
| 2.3 Daya Listrik.....               | 8        |
| 2.4 Turbin Angin Vertikal.....      | 8        |
| 2.5 Baterai/Akumulator.....         | 9        |
| 2.6 Rectifier-Inverter.....         | 10       |
| 2.7 Sistem <i>Off-Grid</i> .....    | 10       |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.8 Arduino UNO .....  | 11        |
| 2.9 Modul ESP 8266 .....   | 13        |
| 2.10 Indikator Tegangan dan Arus.....  | 14        |
| <b>BAB 3. METODE PENELITIAN.....</b>   | <b>15</b> |
| 3.1 Tempat Penelitian.....   | 15        |
| 3.2 Waktu Penelitian.....  | 15        |
| 3.3 Tahapan Penelitian.....  | 16        |
| 3.4 Alat dan Bahan Penelitian.....   | 17        |
| 3.5 Rancangan Penelitian.....  | 18        |
| 3.5.1 <i>Flowchart</i> Program.....  | 19        |
| 3.5.2 <i>Flowchart</i> <i>webservice</i> .....                                   | 20        |
| 3.5.3 Blok Diagram Sistem <i>Off-grid</i> Berbasis IoT.....                      | 21        |
| 3.5.4 Desain Rangkaian sistem.....   | 22        |
| 3.5.5 Desain <i>Graphic user interface</i> pada <i>webservice</i> .....          | 23        |
| 3.5.6 Karakterja alat.....   | 25        |
| <b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>  | <b>27</b> |
| 4.1 Pengujian Alat ukur.....   | 28        |
| 4.1.1 Sensor Tegangan.....   | 28        |
| 4.1.2 Sensor Arus.....   | 31        |
| 4.2 Analisa Karakteristik Baterai Penyimpanan.....                               | 33        |
| 4.3 Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Angin.....                               | 34        |
| 4.4 Pengujian Sistem <i>Off-Grid</i> berbasis IoT.....                           | 36        |
| 4.4.1 Pengujian Sistem <i>Off-Grid</i> Berbasis IoT Tanpa Beban.....             | 37        |
| 4.4.2 Pengujian Tegangan dan Arus Pembebanan Sumber PLN.....                     | 44        |
| 4.4.3 Pengujian Tegangan dan Arus Pembebanan sumber Energi<br>Terbarukan.....    | 46        |
| 4.4.4 Pengujian Tegangan dan Arus Battery untuk Supply Inverter<br>Berbeban..... | 48        |

|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| <b>BAB 5. PENUTUP.....</b>    | <b>51</b> |
| <b>5.1 Kesimpulan.....</b>    | <b>51</b> |
| <b>5.2 Saran.....</b>         | <b>51</b> |
| <b>DAFTARPUSTAKA.....</b>     | <b>52</b> |
| <b>LAMPIRAN-LAMPIRAN.....</b> | <b>54</b> |





## DAFTAR TABEL

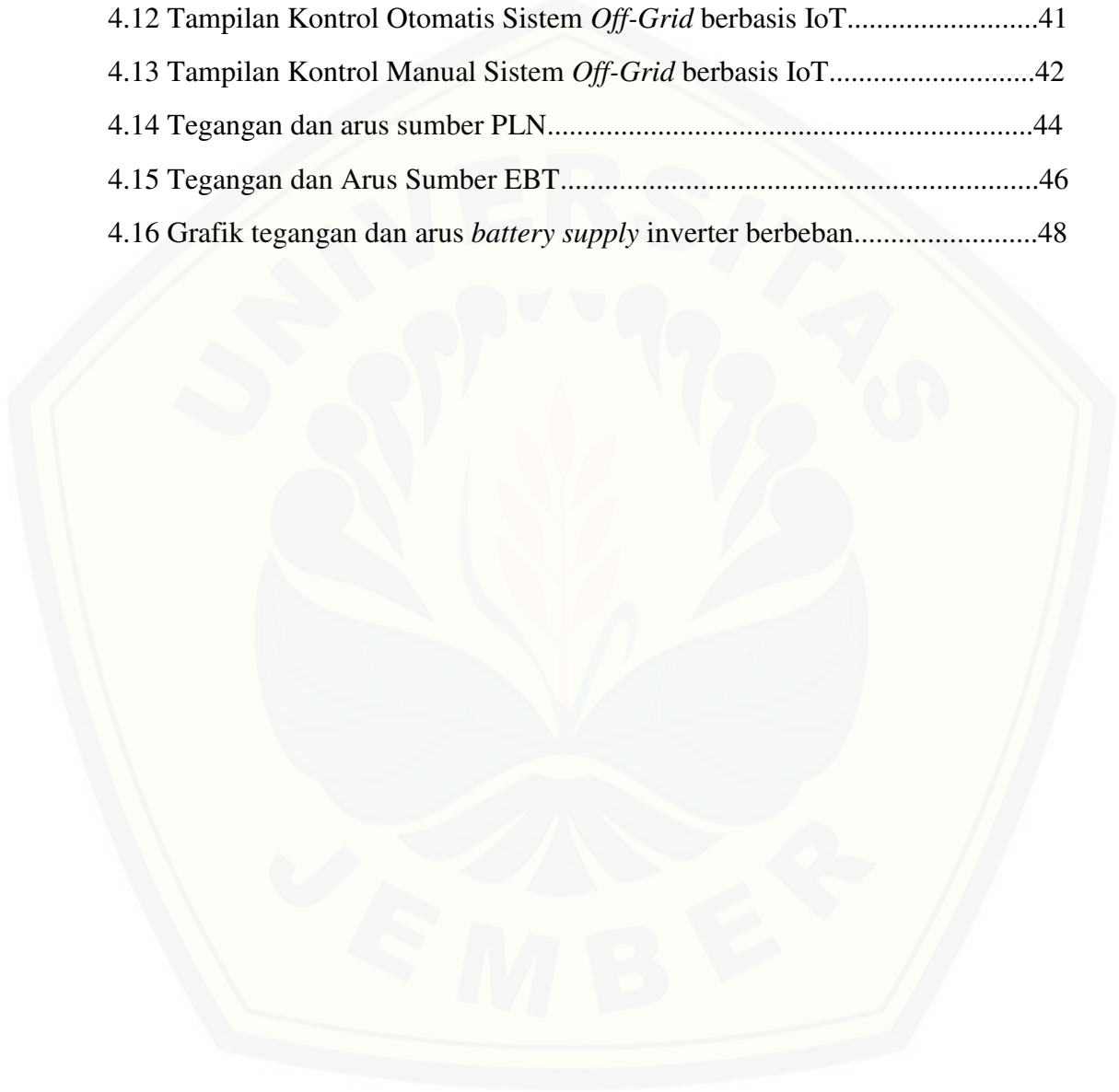
|   | Halaman |
|---|---------|
| 2.1 Spesifikasi Arduino UNO.....  | 12      |
| 3.1 Rencana dan jadwal pelaksanaan penelitian .....                                 | 15      |
| 4.1 Kalibrasi Sensor Tegangan.....  | 27      |
| 4.2 Pengujian sensor tegangan.....  | 28      |
| 4.3 Kalibrasi Sensor Arus.....  | 30      |
| 4.4 Pengujian sensor arus.....  | 31      |
| 4.5 Data hasil <i>monitoring</i> dan pengontrolan <i>off-grid</i> berbasis IoT..... | 35      |
| 4.6 Pengujian tegangan dan arus sumber PLN.....                                     | 43      |
| 4.7 Pengujian tegangan dan arus Sumber EBT .....                                    | 45      |
| 4.8 Pengujian tegangan dan arus <i>Supply Battery</i> .....                         | 47      |



DAFTARGAMBAR

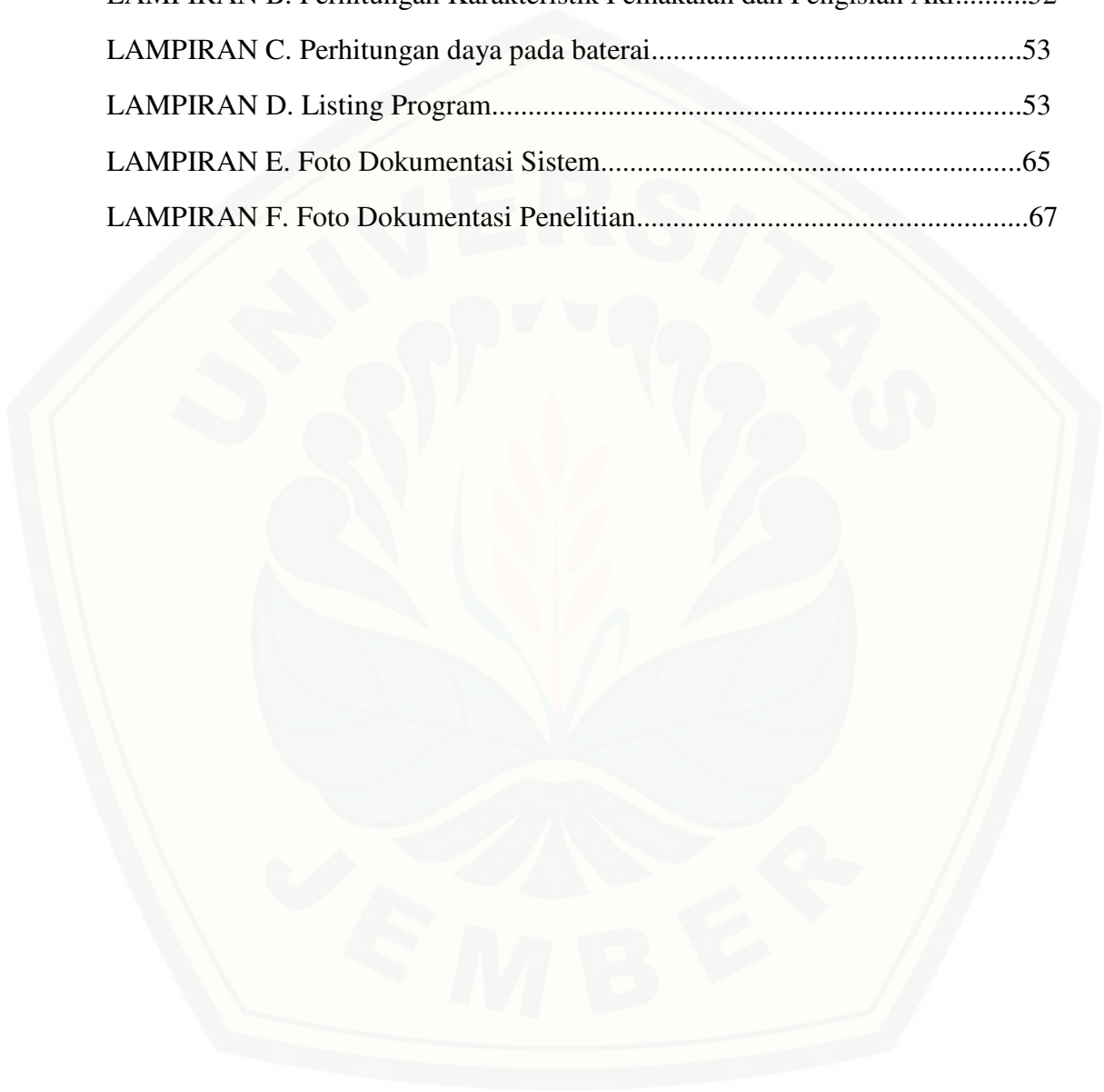
|  | Halaman |
|--|---------|
| 2.1 Konsep <i>Internet of Things</i> (IoT).....  | 6       |
| 2.2 Aliran angin gunung dan angin lembah .....   | 7       |
| 2.3 Turbin Angin sumbu <i>vertikal</i> .....   | 9       |
| 2.4 Baterai/akumulator dan <i>charge controller</i> .....  | 10      |
| 2.5 Mikrokontroler Arduino UNO .....   | 12      |
| 2.6 Modul ESP8266 .....  | 13      |
| 2.7 DC Volt Amp meter <i>Digital</i> 10A 0-100V.....   | 14      |
| 3.1 Tahapan pelaksanaan penelitian .....   | 16      |
| 3.2 <i>Flowchart</i> program arduino.....  | 20      |
| 3.3 <i>Flowchart</i> <i>Webserver</i> .....  | 21      |
| 3.4 Blok diagram sistem <i>Off-grid</i> berbasis IoT .....   | 21      |
| 3.5 Rangkaian sistem .....   | 22      |
| 3.6 Tampilan <i>Webserver</i> Tegangan pada baterai .....  | 23      |
| 3.7 Tampilan <i>Webserver</i> Arus pada baterai .....  | 23      |
| 3.8 Tampilan <i>Webserver</i> Pengontrolan Otomatis Sistem <i>Off-Grid</i> Berbasis IoT....<br>..... | 23      |
| 3.9 Tampilan <i>Webserver</i> Pengontrolan Manual Sistem <i>Off-Grid</i> Berbasis IoT.....<br>.....  | 24      |
| 3.10 Cara Kerja Alat .....   | 25      |
| 4.1 Desain Sistem <i>off-grid</i> dengan IoT.....  | 26      |
| 4.2 Regresi dan Korelasi Sensor Tegangan.....  | 28      |
| 4.3 Pengujian Sensor tegangan.....   | 29      |
| 4.4 Regresi dan Nilai Korelasi Kalibrasi Sensor Arus.....  | 30      |
| 4.5 Grafik Hasil Pengujian Sensor Arus.....  | 32      |
| 4.6 Grafik tegangan pada baterai.....  | 36      |
| 4.7 Grafik arus pada baterai.....  | 37      |

|  |    |
|--|----|
| 4.8 Grafik daya pada baterai.....  | 38 |
| 4.9 Tampilan Grafik Tegangan Pada <i>Websserver</i> .....                  | 38 |
| 4.10 Tampilan Grafik Arus Pada <i>Websserver</i> .....                     | 39 |
| 4.11 Tampilan grafik daya pada <i>websserver</i> .....                     | 40 |
| 4.12 Tampilan Kontrol Otomatis Sistem <i>Off-Grid</i> berbasis IoT.....    | 41 |
| 4.13 Tampilan Kontrol Manual Sistem <i>Off-Grid</i> berbasis IoT.....      | 42 |
| 4.14 Tegangan dan arus sumber PLN.....                                     | 44 |
| 4.15 Tegangan dan Arus Sumber EBT.....                                     | 46 |
| 4.16 Grafik tegangan dan arus <i>battery supply</i> inverter berbeban..... | 48 |



**DAFTARLAMPIRAN**

|  |    |
|--|----|
| LAMPIRANA. Alamat <i>Web</i> Sistem dan Cara Unduh Aplikasi.....       | 52 |
| LAMPIRAN B. Perhitungan Karakteristik Pemakaian dan Pengisian Aki..... | 52 |
| LAMPIRAN C. Perhitungan daya pada baterai.....                         | 53 |
| LAMPIRAN D. Listing Program.....                                       | 53 |
| LAMPIRAN E. Foto Dokumentasi Sistem.....                               | 65 |
| LAMPIRAN F. Foto Dokumentasi Penelitian.....                           | 67 |



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan masyarakat akan energi listrik saat ini sangatlah tinggi, sehingga mendorong masyarakat untuk melakukan berbagai pengembangan terkait sumber energi listrik. Bahan bakar fosil yang digunakan sebagai sumber energi listrik semakin lama akan semakin habis karena bahan bakar fosil tidak dapat diperbarui. Sumber energi listrik terbarukan kini menjadi jawaban dari permasalahan tersebut. Salah satu sumber energi listrik terbarukan yang dapat dimanfaatkan yaitu angin. Angin merupakan salah satu sumber energi listrik terbarukan yang tersedia melimpah dialam dan bebas polusi. Penerapan penggunaan energi angin ini sangat cocok diimplementasikan di daerah pedesaan atau pegunungan dengan kondisi alam yang masih terjaga dan hembusan anginnya kencang, selain hal itu juga dapat membantu memberikan alternatif energi listrik tanpa mengeluarkan banyak biaya. Karena di pedesaan sering terjadinya pemadaman listrik. Semakin pesatnya perkembangan dalam bidang teknologi saat ini makin banyak penggunaan turbin angin dalam menghasilkan energi listrik. Namun karena energi angin yang naik turun (tidak stabil) dapat diterapkan sebagai sistem *off-grid* dengan jaringan listrik PLN di daerah pedesaan agar dapat menjadi alternatif ketika terjadi pemadaman listrik dari PLN, dan penggunaan sistem *off-grid* ini juga akan dapat mengurangi tagihan listrik dari PLN.

Terdapat penelitian sebelumnya yakni Rancang Bangun Turbin Angin Vertikal Untuk Penerangan Rumah Tangga (Adityo Putranto, Andika Prasetyo, & Arief Zatmiko, 2011). Memanfaatkan pembangkit listrik tenaga angin dengan turbin vertikal yang dapat digunakan sebagai pensuplai tambahan energi listrik yang kemudian diterapkan pada *smarthome* di suatu daerah yang berpotensi memiliki angin yang baik. Dapat bermanfaat untuk tersedianya listrik di daerah/pulau terpencil terutama untuk listrik rumah tangga. Memberikan solusi terhadap masalah penyediaan energi yang murah dan ramah lingkungan. Dan menghemat biaya listrik bulanan akibat penggunaan listrik berlebih dari alat kelistrikan pada rumah tangga.

Penelitian sebelumnya yaitu Integrasi *Solar Home System* Dengan Jaringan Listrik PLN Menggunakan Relay dan Kontaktor Magnet (Wiranto, 2014), menghasilkan suatu inovasi baru tentang pemanfaatan sumber energi terbarukan sebagai energi listrik yang dipadukan dengan jaringan listrik PLN agar kontinuitas suplai energi listrik untuk beban rumah tinggal akan selalu tersedia, dan dapat mengurangi tagihan listrik dari PLN serta energi listrik dari sumber energi terbarukan akan dapat digunakan pada saat terjadi pemadaman dari PLN. Untuk dapat menghubungkan pembangkit energi terbarukan dengan jaringan listrik PLN yaitu dengan menggunakan sistem *grid*. Namun penggunaan sistem *grid* terkadang sering terjadi masalah pada saat pengisian baterai dari pembangkit sumber terbarukan dan tidak dapat ditentukan secara pasti kapan listrik tersambung dengan pembangkit sumber energi terbarukan dan kapan listrik akan tersambung dengan jaringan listrik PLN. Karena itulah diperlukan sistem yang dapat mengawasi, mengontrol, dan sebagai akuisi data dari hasil energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit sumber energi terbarukan, sehingga koneksi *grid* dari pembangkit sumber terbarukan terhadap jaringan PLN akan terkontrol dengan baik.

Penelitian sebelumnya yakni tentang Desain dan Aplikasi *Internet of Things* (IoT) untuk *Smart Grid Power System* (Nur Asyik Hidayatullah, & Dirvi Eko Juliando Sudirman, 2017), menghasilkan inovasi baru tentang jaringan energi listrik modern yang secara cerdas (*smart grid*) dapat terintegrasi antara jaringan listrik dengan perangkat komunikasi. Dengan *smart grid* berbasis IoT tersebut jaringan transmisi distribusi listrik menjadi lebih atraktif, komunikatif dan berkualitas. *Smart grid* juga dapat menyajikan informasi data kelistrikan secara *online* di internet dan *real time* melalui perangkat komunikasi seperti *smartphone*, PC atau laptop. *Internet of Things* (IoT) merupakan sebuah metode yang bertujuan untuk memaksimalkan manfaat dari konektivitas internet untuk melakukan transfer dan pemrosesan data-data atau informasi melalui sebuah jaringan internet secara nirkabel, virtual dan otonom. Desain dan aplikasi *smart grid* berbasis IoT dalam penelitian tersebut dapat mengkoordinasikan proses yang ada dalam jaringan listrik sehingga menjadi lebih efektif dan dinamis dalam pengelolaannya.



Namun pada penelitian tersebut pengaplikasian dari *smart grid* berbasis IoT untuk *power system* masih kurang handal dalam pengaksesan atau pengintegrasian pada jaringan telekomunikasi. Untuk itu dalam penelitian tersebut disarankan untuk menerapkan *smart grid* pada pembangkit listrik energi terbarukan dan dilakukan penyempurnaan akses IoT pada sistem *grid*nya.

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya dalam tugas akhir ini akan dibuat perancangan sistem *off-grid* pembangkit listrik tenaga angin turbin vertikal terhadap jaringan listrik PLN pada *smarthome* berbasis teknologi IoT (*Internet Of Things*). Dimana teknologi IoT tersebut digunakan untuk mengawasi energi listrik keluaran dari pembangkit listrik tenaga angin vertikal yang tersimpan pada baterai, dan melakukan pengontrolan terhadap sistem *off-grid* antara pembangkit tenaga angin dengan jaringan listrik PLN. Sistem *off-grid* berbasis teknologi IoT akan memungkinkan pengguna dapat melakukan pengawasan dan pengontrolan tegangan keluaran dari pembangkit listrik tenaga angin dan juga koneksi *off-grid* terhadap jaringan PLN dari mana saja dan kapan saja melalui internet. Tantangan utama pada IoT yaitu menjembatani kesenjangan antara dunia fisik dan dunia informasi. Seperti bagaimana mengolah data yang diperoleh dari peralatan elektronik melalui sebuah *interface* antara pengguna dan peralatan itu. (Suresh, Daniel, & Aswathy, 2014). Teknologi IoT dalam sebuah sistem akan melakukan pengumpulan data mentah fisik secara *real time* dan mengkonversikannya dalam format yang dapat dimengerti sehingga dapat mudah ditukarkan dengan berbagai format data (*Thing*).

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan topik yang akan dibahas, dapat dirumuskan permasalahan diantaranya :

1. Bagaimana perancangan sistem *off-grid* berbasis teknologi IoT pembangkit listrik tenaga angin dengan jaringan PLN?
2. Bagaimana monitoring dan pengontrolan koneksi *off-grid* pembangkit listrik tenaga angin terhadap jaringan listrik PLN menggunakan teknologi IoT?

### 1.3 Batasan Masalah

Pembahasan masalah pada penelitian ini dibatasi oleh beberapa hal, antara lain :

1. Fokus penelitian yaitu tentang pengawasan terhadap keluaran energi listrik dari pembangkit listrik tenaga angin yang tersimpan pada baterai dan pengontrolan koneksi *off-grid* antara pembangkit listrik tenaga angin dengan jaringan listrik PLN melalui teknologi IoT sehingga dapat diketahui besar tegangan dan arus listrik yang tersimpan pada baterai dan dapat ditentukan kapan listrik terkoneksi dari pembangkit listrik tenaga angin dan kapan terkoneksi dengan jaringan listrik PLN yang dapat dilakukan secara online, pengaruh panjang lengan turbin terhadap daya keluaran tidak akan dijelaskan secara spesifik pada penelitian kali ini.
2. Tempat penelitian dilakukan di Laboratorium *Renewable Energy* CDAST, Universitas Jember, dan di alamat Jl. Mangga 2 Nomor 03, Kabupaten Jember, dengan waktu penelitian jam 08:00 – 16.00 WIB.
3. Turbin angin yang digunakan adalah turbin angin horizontal, dimana pada penelitian ini menggunakan generator putaran rendah.
4. Relay yang digunakan yaitu relay 5V dan 12V, serta inverter 500 Watt
5. Beban yang digunakan yaitu lampu AC 10, 15, dan 25 Watt, serta accu 12V 5Ah sebagai baterai.
6. Pengujian monitoring IoT dilakukan secara terpisah, untuk pengujian monitoring tegangan dan arus baterai generator dikopel menggunakan mesin bor, dan pengujian monitoring kecepatan angin dan kecepatan rotor generator dipasang dengan turbin angin.
7. Tidak membahas sisi elektronika secara detail tetapi lebih kearah pengawasan dan kontrol sistem *off-grid* oleh teknologi IoT.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini antara lain :

1. Membangun sistem *off-grid* berbasis teknologi IoT pembangkit listrik tenaga angin dengan jaringan PLN.



2. Dapat mengetahui besar tegangan dan arus listrik yang tersimpan pada baterai dan dapat ditentukan kapan listrik terkoneksi dari pembangkit listrik tenaga angin dan kapan terkoneksi dengan jaringan listrik PLN.
3. Memanfaatkan energi yang ramah lingkungan sebagai pembangkit listrik untuk keperluan penerangan dalam skala rumah tangga.
4. Menghemat biaya listrik bulanan dari PLN.
5. Membuat sistem yang dapat mengontrol secara jarak jauh untuk koneksi grid.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yang dilakukan antara lain :

1. Menerapkan ilmu yang diperoleh dibangku kuliah.
2. Menciptakan inovasi yang dapat mengontrol dan pengawasan secara *online* sistem *off-grid* berbasis teknologi IoT secara *real time*.
3. Meningkatkan konsep atau teori yang mendukung tentang pemanfaatan energi angin sebagai pembangkit tenaga listrik terbarukan untuk skala rumah tangga.
4. Memberikan inovasi baru sebagai sarana mendobrak minat masyarakat untuk memanfaatkan energi angin sebagai pembangkit listrik energi terbarukan.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan beberapa bagian yang menjadi dasar dalam penelitian sistem *off-grid* PLT-Angin berbasis IoT ( *Internet of Things* ). Hal pertama yang menjadi bahasan pada bab ini yaitu deskripsi tentang *Internet of Things*.

### 2.1 *Internet of Things*

*Internet of Things* (IoT) adalah paradigma komunikasi yang dimana objek kehidupan sehari-hari akan dilengkapi dengan mikrokontroler, *transceiver* untuk komunikasi digital, dan tumpukan protokol yang sesuai yang memungkinkan mereka berkomunikasi satu sama lain melalui jaringan internet. Konsep *Internet of Things* ini cukup sederhana dengan cara kerja mengacu pada 3 elemen utama pada arsitektur pembentuknya. Elemen tersebut seperti barang fisik yang dilengkapi modul *Internet of Things*, perangkat koneksi ke internet seperti modem dan *router wireless*, dan *cloud data center* tempat untuk menyimpan aplikasi beserta *database*. Konsep *internet of things* ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Konsep *Internet Of Things* (IoT)  
(Sumber : <http://www.mobnasesemka.com>)

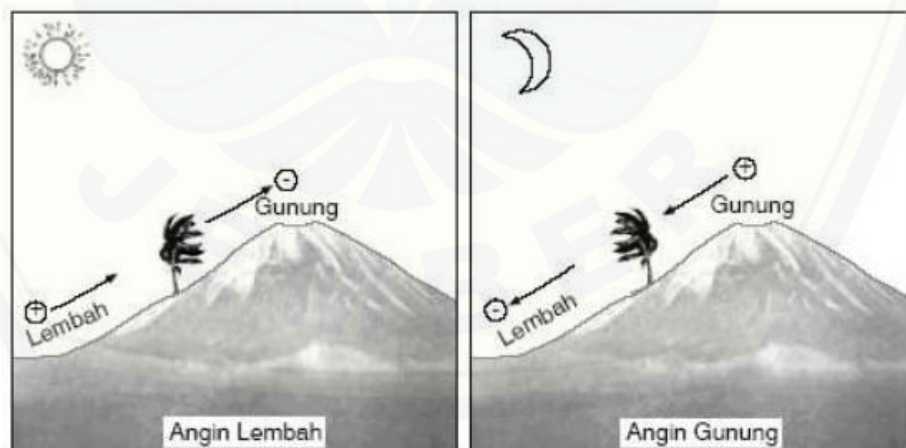
Konsep IoT bertujuan untuk menjadikan fungsi Internet semakin mendalam dan meluas, dengan memungkinkan mengakses dan berinteraksi dengan beragam perangkat seperti peralatan rumah tangga, kamera pengintai, sensor pemantauan, aktuator, *display*, kendaraan, dan sebagainya melalui internet yang memanfaatkan jumlah dan variasi data yang berpotensi besar yang dihasilkan oleh benda-benda tersebut untuk memberikan layanan baru kepada warga negara, perusahaan, dan administrasi publik. Paradigma ini memang

menemukan aplikasi di berbagai domain, seperti otomasi rumah, otomasi industri, alat bantu medis, perawatan kesehatan, bantuan lansia, manajemen energi cerdas dan grid pintar, manajemen lalu lintas, otomotif, dan banyak lainnya.

## 2.2 Energi Angin

Angin merupakan energi alternatif yang murah dan dapat berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi bagi kebutuhan masyarakat. Energi tersebut dapat dikonversikan menjadi beberapa energi kinetik yang nantinya dapat mempermudah pekerjaan manusia. Hal ini sudah diterapkan dalam pemanfaatan angin menjadi penggerak utama pompa air guna untuk pengairan sawah (Sugiyanto, 2014).

Proses pemanfaatan energi angin juga dilakukan sejak lama untuk pemanfaatan energi listrik. Dengan bantuan energi angin ini proses pengubahan energi dilakukan melalui dua tahapan konversi energi, pertama aliran angin akan menggerakkan rotor (baling-baling) yang menyebabkan rotor berputar selaras dengan angin yang bertiup, kemudian putaran dari rotor dihubungkan dengan generator, dari generator inilah dihasilkan arus listrik.



Gambar 2.2 Aliran angin gunung dan angin lembah  
Sumber : (Mutiara Nur Azizah, 2014)

### 2.3 Daya Listrik

Daya listrik adalah jumlah energi yang diserap dan dihasilkan dalam sebuah sirkuit/rangkaian. Sumber energi seperti tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik dan beban yang terhubung akan menyerap daya listrik tersebut. Daya listrik biasanya dilambangkan dengan huruf “P” yang merupakan singkatan dari *power* dan Satuan Internasional (SI) adalah Watt. Daya listrik didapatkan dari perhitungan tegangan dikalikan dengan arus. Daya pada baterai dapat dihitung dengan rumus perhitungan sebagai berikut :

$$P = V \times I$$

Dimana :

P : Daya listrik dengan satuan Watt (W)

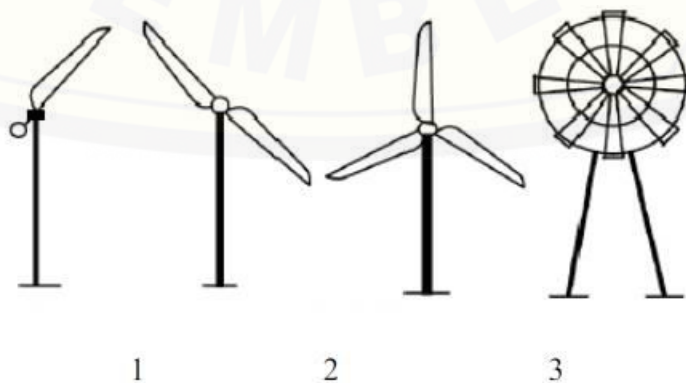
V : Tegangan dengan satuan Volt (V)

I : Arus dengan satuan Ampere (A)

### 2.4 Turbin Angin Horizontal

Turbin angin sumbu horizontal merupakan jenis turbin angin yang terdiri dari sebuah menara yang dipuncaknya terdapat rangka dan sudu yang berfungsi sebagai rotor yang menghadap atau membelakangi arah angin. Dilihat dari jumlah sudu, turbin angin sumbu horizontal terbagi menjadi:

1. Turbin angin satu sudu (*single blade*)
2. Turbin angin dua sudu (*double blade*)
3. Turbin angin tiga sudu (*three blade*)
4. Turbin angin banyak sudu (*multi blade*)

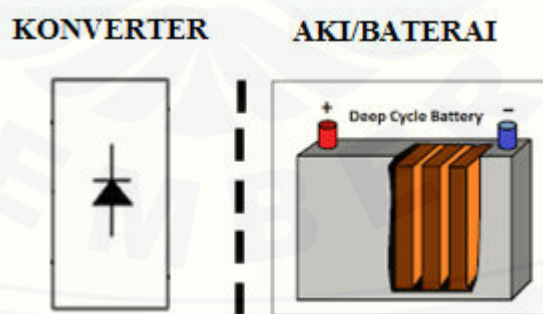


Gambar 2.3 Jenis-jenis turbin horizontal

## 2.5 Baterai/Akumulator

Baterai atau akumulator merupakan salah satu alat yang dapat mengkonversikan energi listrik menjadi energi kimia, atau energi kimia menjadi energi listrik. Akumulator ini sering dikenal sebagai sel sekunder. Pada saat sel ini diisi atau dialiri arus listrik, maka arus listrik tersebut disimpan ke dalam bentuk energi kimia, dan pada saat sel ini dibebani dengan peralatan listrik, maka energi kimia yang tersimpan akan dirubah menjadi energi listrik. Kemampuan untuk menyimpan energi listrik kedalam bentuk energi kimia ini memungkinkan penggunaannya dapat diperluas dalam sistem kelistrikan. Untuk diterapkan pada pembangkit listrik skala kecil seperti solar cell dan turbin angin perlunya *charge controller*.

*Charge controller* berfungsi untuk menjaga keseimbangan energi di akumulator dengan cara mengatur tegangan maksimum dan minimal dari akumulator tersebut, alat ini juga berfungsi untuk memberikan pengamanan terhadap sistem yaitu Proteksi terhadap pengisian berlebih (*over charge*) di akumulator, proteksi terhadap pemakaian berlebih (*over discharge*) oleh beban, mencegah terjadinya arus balik ke turbin angin, melindungi terhadap terjadinya hubungan singkat pada beban listrik dan sebagai interkoneksi dan komponen-komponen PLTB lainnya.



Gambar 2.4 Baterai/akumulator dan *charge controller*

Sumber : ( Penulis )

Aki yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu aki sebesar 12 volt 50 Ah. Untuk mengetahui lama waktu pengisian aki langkah pertama adalah



mengetahui spek charger yang digunakan terlebih dahulu. Berikut rumus perhitungan lama waktu pengisian aki :

$$I_{out\ charger} = I_{charger} + \text{diefisiensi aki } 20\%$$

$$P_{charger} = V_{charger} \times I_{out\ charger}$$

$$\text{Waktu pengisian} = I_{aki} / I_{charger}$$

## 2.6 Rectifier-Inverter

Sistem konverter atau sistem pengkondisian daya adalah sistem semi konduktor daya yang difungsikan untuk meratakan (*rectifying*), inverting, maupun modulasi daya keluaran dari sebuah sumber energi AC maupun DC. Untuk dapat menyimpan energi listrik pada baterai/akumulator memerlukan catu daya DC (*Direct Current*) untuk meng-charge/mengisi energi, sedangkan dari generator pembangkit tenaga angin dihasilkan catu daya AC (*Alternating Current*). Oleh karena itu diperlukan rectifier-inverter untuk mengakomodasi keperluan ini.

Rectifier berarti penyearah, rectifier dapat menyearahkan gelombang sinusoidal (AC) yang dihasilkan oleh generator menjadi gelombang DC. Inverter berarti pembalik, ketika dibutuhkan daya dari penyimpan energi (aki/lainnya) maka catu yang dihasilkan oleh aki akan berbentuk gelombang DC. Karena kebanyakan kebutuhan rumah tangga menggunakan catu daya AC, maka diperlukan inverter untuk mengubah gelombang DC yang dikeluarkan oleh aki menjadi gelombang AC, agar dapat digunakan oleh rumah tangga.

## 2.7 Sistem Off-Grid

Sistem *off-grid* merupakan penggunaan satu buah sistem atau lebih, pembangkit listrik dengan sumber energi terbarukan. Pada penelitian ini sistem *off-grid* dikoneksikan dengan jaringan listrik PLN, agar aliran listrik rumah tetap kontinuitas atau selalu ada. Apabila listrik dari sumber listrik terbarukan tidak memadai maka peralatan rumah dapat dicatu oleh aliran listrik PLN. Umumnya sumber pembangkit yang dikoneksikan dengan sumber energi listrik dari PLN ini adalah pembangkit listrik tenaga surya ataupun pembangkit listrik tenaga angin, karena kedua jenis sumber pembangkit ini dapat menghasilkan energi listrik yang ramah lingkungan dan bebas emisi. Dengan adanya sistem ini maka diharapkan

akan dapat membantu mengurangi tagihan listrik rumah tangga, dan menjadikan cara baru dalam pemanfaatan energi alternatif dari bahan bakar fosil dimasa mendatang.

Rangkaian sistem ini akan dapat tetap berhubungan dengan jaringan listrik PLN dengan mengoptimalkan pemanfaatan energi dari pembangkit listrik tenaga angin, agar menghasilkan listrik secara maksimal untuk digunakan pada beban. Pada sistem *off-grid* berbeda dengan sistem *on-grid*, jika sistem *on-grid* adalah sistem jaringan listrik yang terhubung dengan jaringan listrik PLN dan saling menyokong satu sama lain. Sedangkan sistem *off-grid* merupakan sistem jaringan listrik yang terhubung dengan jaringan PLN namun tidak saling menyokong atau bisa secara bergantian mencatu bebannya. Bahkan dalam sistem *off-grid* diutamakan sumber pembangkit energi terbarukan yang secara maksimal mencatu beban, selama energi listrik dari energi terbarukan tersebut memadai untuk pembebanan. Dan apabila energi listrik dari energi terbarukan telah tidak memadai untuk digunakan pada pembebanan maka pembebanan dapat dihubungkan dengan jaringan listrik PLN.

## 2.8 Arduino UNO

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis AT-mega 328 (*datasheet*). Memiliki 14 pin *input* dari *output* digital dimana 6 pin *input* tersebut dapat digunakan sebagai *output* PWM dan 6 pin *input* analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack *power*, ICSP *header*, dan tombol reset. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang ke adaptor DC atau baterai untuk menjalankannya.





Gambar 2.5 Mikrokontroler Arduino UNO  
(Sumber : [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc))

Setiap 14 pin digital pada Arduino Uno dapat digunakan sebagai *input* dan *output*, menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalwrite()`, dan `digitalRead()`. Fungsi fungsi tersebut beroperasi di tegangan 5 volt, Setiap pin dapat memberikan atau menerima suatu arus maksimum 40 mA dan mempunyai sebuah *resistor pull-up* (terputus secara default) 20-50 kOhm.

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino UNO

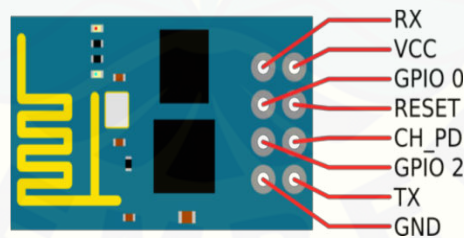
| Name                               | Spesifikasi                              |
|------------------------------------|--|
| <i>Microcontroller</i>             | ATmega 328                               |
| <i>Operating Voltage</i>           | 5V                                       |
| <i>Input Voltage (recommended)</i> | 7-12V                                    |
| <i>Input Voltage (limit)</i>       | 6-20V                                    |
| <i>Digital I/O Pins</i>            | 14 (of which 6 provide PWM output)       |
| <i>Analog Input Pins</i>           | 6 pin                                    |
| <i>DC Current per I/O Pin</i>      | 40 mA                                    |
| <i>DC Current for 3.3V Pin</i>     | 50 mA                                    |
| <i>Flash Memory</i>                | 32 KB of which 0,5 KB used by Bootloader |
| RAM                                | 2 KB                                     |
| EEPROM                             | 1 KB                                     |
| <i>Clock Speed</i>                 | 16 MHz                                   |

## 2.9 Modul ESP 8266

Modul ESP8266 adalah sebuah komponen chip terintegrasi yang didesain untuk keperluan dunia masa kini yang serba tersambung. Chip ini menawarkan solusi networking Wi-Fi yang lengkap dan menyatu, yang dapat digunakan sebagai penyedia aplikasi atau untuk memisahkan semua fungsi networking Wi-Fi ke pemroses aplikasi lainnya. ESP8266 memiliki kemampuan on-board prosesi dan storage yang memungkinkan chip tersebut untuk diintegrasikan dengan sensor-sensor atau dengan aplikasi alat tertentu melalui pin input output hanya dengan pemrograman singkat.

Modul komunikasi WiFi dengan IC SoC ESP8266EX Serial-to-WiFi *Communication Module* ini merupakan modul WiFi dengan harga ekonomis. Kini Anda dapat menyambungkan rangkaian elektronika Anda ke internet secara nirkabel karena modul elektronika ini menyediakan akses ke jaringan WiFi secara transparan dengan mudah melalui interkoneksi serial (UART RX/TX).

Keunggulan utama modul ini adalah tersedianya mikrokontroler RISC (Tensilica 106 $\mu$  Diamond Standard Core LX3) dan Flash Memory SPI 4 Mbit Winbond W2540BVNIG terpadu, dengan demikian Anda dapat langsung menginjeksi kode program aplikasi langsung ke modul ini.



Gambar 2.6 Modul ESP8266

(Sumber : <http://zeflo.com/2014/esp8266-weather-display/>)

Modul WiFi ini bekerja dengan catu daya 3,3 volt. Salah satu kelebihan modul ini adalah kekuatan transmisinya yang dapat mencapai 100 meter, dengan begitu modul ini memerlukan koneksi arus yang cukup besar (rata-rata 80 mA, mencapai 215 mA pada CCK 1 MBps, moda transmisi 802.11b dengan daya pancar +19,5 dBm belum termasuk 100 mA untuk sirkuit pengatur tegangan internal).Perhatian bagi pengguna Arduino: jangan ambil catu daya dari pin 3v3

Arduino karena pin tersebut tidak dirancang untuk memasok arus dalam jumlah besar, harap gunakan catu daya terpisah. Anda dapat menggunakan DC Buck Converter semacam AMS1117-3.3 untuk mengkonversi tegangan dari catu daya 5 Volt. Untuk berkomunikasi dengan MCU 5V, gunakan level converter 5V  $\leftrightarrow$  3,3V. Untuk komunikasi, model ini menggunakan koneksi 115200,8,N,1 (115.200 bps, 8 data-bit, no parity, 1stop bit).

## 2.10 Indikator Tegangan dan Arus

Indikator tegangan dan arus merupakan komponen yang dapat menampilkan besar tegangan dan arus pada baterai. Indikator V & I yang digunakan yaitu DC Volt Amp meter *Digital* 10A 0-100V, yang mana indikator tersebut telah dilengkapi dengan pengukuran Voltmeter dan Amperemeter dalam 1 display, pembacaan tegangan warna merah dan arus warna biru. Display juga telah dilengkapi dengan frame sehingga aman untuk di pasang di berbagai tempat. Berikut adalah spesifikasi DC Volt Amp meter *Digital* 10A 0-100V :



Gambar 2.7 DC Volt Amp meter *Digital* 10A 0-100V  
(Sumber : [http://tokopedia.com/2018/DC-Volt-Ampmeter-Digital /](http://tokopedia.com/2018/DC-Volt-Ampmeter-Digital/))

### BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Pembahasan pada bab metode penelitian ini dijelaskan beberapa hal pokok yaitu tempat dan waktu penelitian, alat dan bahan penelitian, tahap penelitian, perancangan alat, blok sistem dan diagram alir (flowchart), perancangan desain alat, serta langkah-langkah dalam pengambilan data dan manajemen penelitian di lapangan, dalam penelitian ini akan membuat sistem *off-grid* PLT-Angin berbasis IoT (*Internet of Things*).

#### 3.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Renewable Energy CDAST, Universitas Jember, dan di alamat Jl. Mangga 2 Nomor 03, Patrang, Kabupaten Jember.

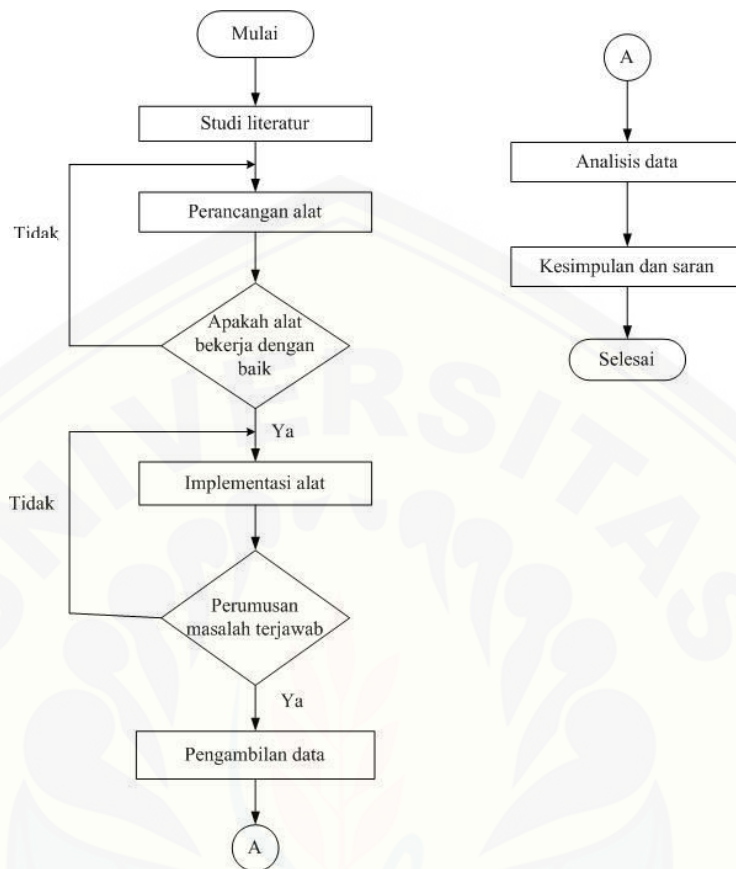
#### 3.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian ini dimulai pada bulan Februari 2019 – April 2019, dengan rincian sebagai berikut :

Tabel 3.1 Rencana dan Jadwal Pelaksanaan Penelitian

| No | Kegiatan                        | Bulan/Minggu |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |
|----|---------------------------------|--------------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|
|    |                                 | Februari     |   |   |   | Maret |   |   |   | April |   |   |   |
|    |                                 | 1            | 2 | 3 | 4 | 1     | 2 | 3 | 4 | 1     | 2 | 3 | 4 |
| 1  | Studi literatur                 |              |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |
| 2  | Rancangan sistem                |              |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |
| 3  | Pengukuran dan pengambilan data |              |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |
| 4  | Analisa data dan pembahasan     |              |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |
| 5  | Penyusunan laporan              |              |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |

### 3.3 Tahapan Penelitian



Gambar 3.1 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Langkah - langkah yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

#### 1. Studi Literatur

Tahap awal pelaksanaan penelitian ini adalah dengan mencari literatur dari hasil penelitian sebelumnya melalui buku atau internet untuk mengetahui karakteristik komponen sistem, prinsip kerja serta teori yang menunjang lainnya. Diharapkan dengan literatur yang telah didapat dapat memberikan arahan untuk mengurangi kesalahan dalam penelitian.

#### 2. Perancangan Alat

Tahapan ini merupakan tahap merancang konstruksi secara sistematis dari alat yang akan dilakukan penelitian. Diharapkan dari proses perancangan konstruksi yang sistematis ini, alat yang nantinya akan diteliti dapat terbentuk.



Hal – hal lain yang dilakukan yakni seperti penyoderan, perancangan sistem *off-grid* berbasis teknologi IoT.

### 3. Implementasi Alat

Setelah *hardware* dan *software* terbentuk maka dilakukan pengujian pada tiap blok dan kemudian pengujian dilakukan pada keseluruhan sistem. Dalam implementasi alat ini juga dilakukan proses kalibrasi dimana pada proses kalibrasi ini bertujuan agar pembacaan sensor akurat sesuai dengan alat ukur.

### 4. Analisa dan Pengambilan Data

Setelah melakukan pengujian pada keseluruhan sistem dan memastikan bekerja dengan baik dan hasilnya memenuhi target, maka yang dilakukan selanjutnya adalah pengambilan data yang diperlukan untuk kemudian dianalisa dari data yang telah didapatkan. Analisa yang dilakukan yaitu pengawasan terhadap tegangan dan arus keluaran dari PLTB yang tersimpan pada baterai apakah memadai untuk digunakan pada beban atau tidak. Apabila tegangan listrik yang tersimpan pada baterai tidak memadai untuk digunakan pada beban, maka akan menonaktifkan aliran listrik baterai dari PLTB dan mengaktifkan aliran listrik dari PLN untuk pembebanan.

### 5. Penyusunan Laporan

Pada tahap akhir ini, hasil pengambilan data dan analisa dimasukkan ke pembahasan. Kemudian, dari apa yang telah dianalisa dapat ditarik beberapa kesimpulan yang menyangkut kinerja dari alat yang dibuat dan memberikan saran untuk memperbaiki kekurangan yang ada, kemungkinan pengembangan, serta penyempurnaan alat di masa mendatang.

## 3.4 Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang diperlukan dalam penelitian ini adalah :

1. Komputer/PC
2. *Smart Phone*
3. Akrilik
4. Alat – alat ukur : AVOMeter, anemometer
5. Perkakas mekanis : Solder, Tang, Obeng, Bor dll.

6. Perangkat lunak: Windows 7, *software* arduino, html, dll

Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah :

1. Arduino UNO R3
2. Accu 12 volt 5Ah
3. Poros dan besi pejal
4. Baling-baling seng tipis
5. Bearing
6. Modul WIFI (Nodemcu)
7. Aluminium hole 2,5"
8. Ring, Mur, dan Baut
9. Sensor tegangan
10. Hall effect
11. Sensor arus (ACS712)
12. Lampu 10, 15, dan 25 Watt
13. Project Board
14. Baterai level
15. Generator
16. Relay 5V dan 12V
17. Indikator V & I
18. Konverter
19. Inverter 500 Watt
20. Dan bahan penunjang lainnya.

### **3.5 Rancangan Penelitian**

Jenis penelitian yang akan dilakukan yaitu *direct observation* dan pengujian langsung ke lapangan. Observasi lapangan ini bertujuan untuk memasang PLTB di lokasi penelitian dengan sistem *off-grid* terhadap PLN. Dan apabila semua peralatan telah terpasang maka akan dapat dilakukan pengujian secara langsung, yang mana data keluaran akan dapat di pantau dan dilakukan pengontrolan koneksi *off-grid*nya secara *online* melalui teknologi IoT dari mana saja secara *real time*.

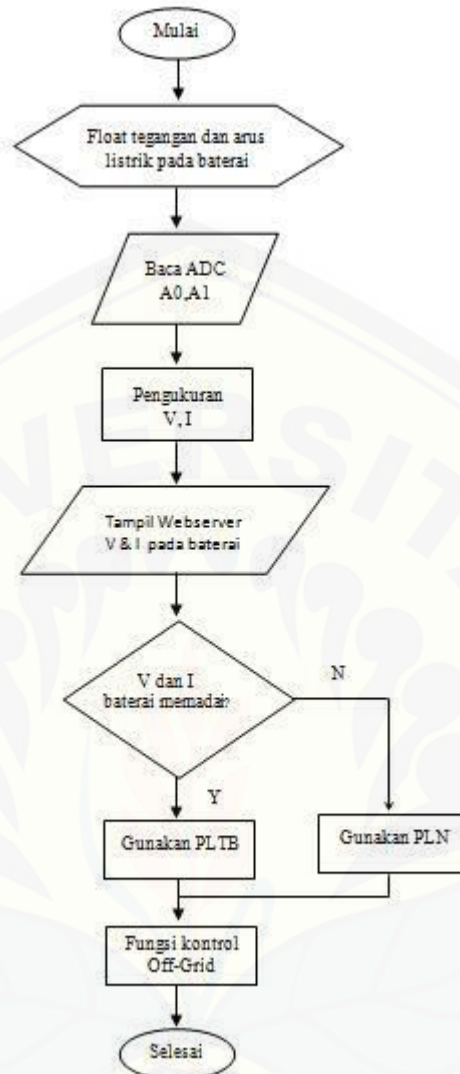


Penelitian ini di dasarkan pada PLTB yang daya keluarannya tidak stabil karena angin yang selalu naik turun, dengan sistem *off-grid* diharapkan PLTB akan menjadi alternatif dalam usaha penghematan energi listrik, memunculkan cara baru agar energi terbarukan dapat dimanfaatkan, dan diminati oleh masyarakat di daerah yang mempunyai potensi angin yang cukup memadai untuk dibangun PLTB. Namun pengawasan pada energi listrik yang tersimpan pada baterai PLTB yang tidak dapat diketahui secara pasti, dan *controlling* pada koneksi *off-grid* antara PLTB dengan jaringan PLN yang belum bisa di pantau dan dikontrol secara jarak jauh membuat sistem *off-grid* tersebut belum efektif.

Pada bagian ini, sistem *off-grid* berbasis teknologi IoT (*internet of things*) adalah solusi permasalahan di atas, teknologi komunikasi yang telah berkembang pesat akan disandingkan dengan teknologi energi terbarukan sehingga tercipta sebuah pembangkit listrik yang fleksibel, dapat dipantau dan dikontrol dari mana saja, serta keluar masuknya energi ter-akuisi dengan baik. Pengujian sistem *off-grid* PLT-Angin dengan jaringan PLN menggunakan teknologi IoT (*Internet of Things*) yaitu pagi hari pukul 08:00 hingga pukul 16:00 WIB, alat akan melakukan pengawasan terhadap tegangan dan arus listrik yang tersimpan pada baterai, sehingga dapat diketahui apakah energi yang tersimpan tersebut telah memadai untuk pembebanan atau tidak. Jika energi pada baterai belum bisa digunakan untuk pembebanan maka kontrol relay oleh IoT akan menonaktifkan aliran listrik dari baterai PLTB, dan mengaktifkan aliran listrik dari jaringan PLN sambil membiarkan baterai terisi energi listrik kembali.

#### 3.5.1 *Flowchart* program

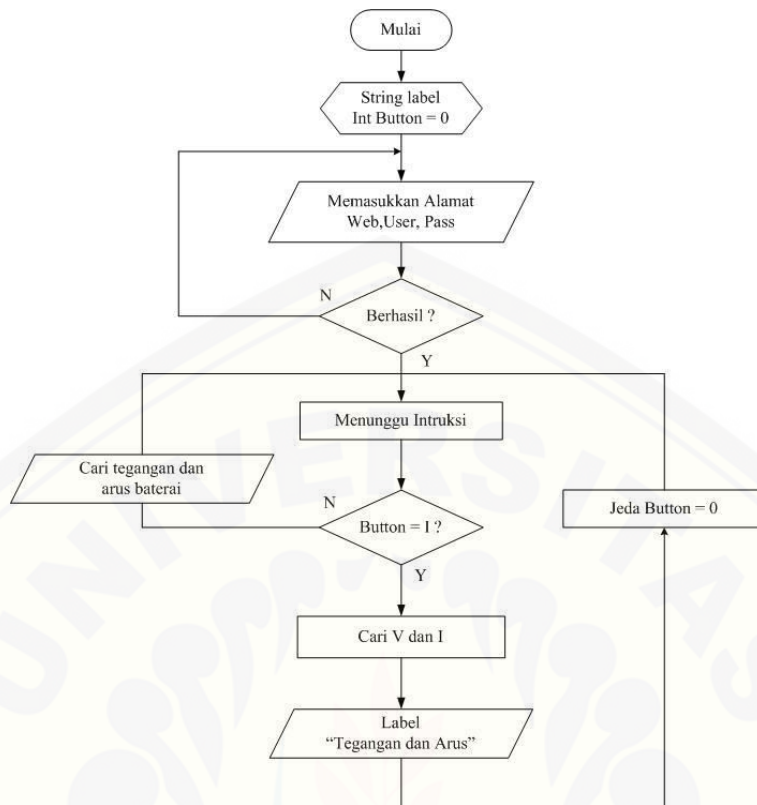
Pada pembuatan “Sistem *Off-grid* Pembangkit Listrik Tenaga Angin Berbasis IoT” dibutuhkan program yang akan memberikan perintah khusus pada mikrokontroler Arduino. Berikut adalah diagram alir (*Flowchart*) program yang akan dimasukkan dalam program Arduino :



Gambar 3.2 *Flowchart* Program Arduino

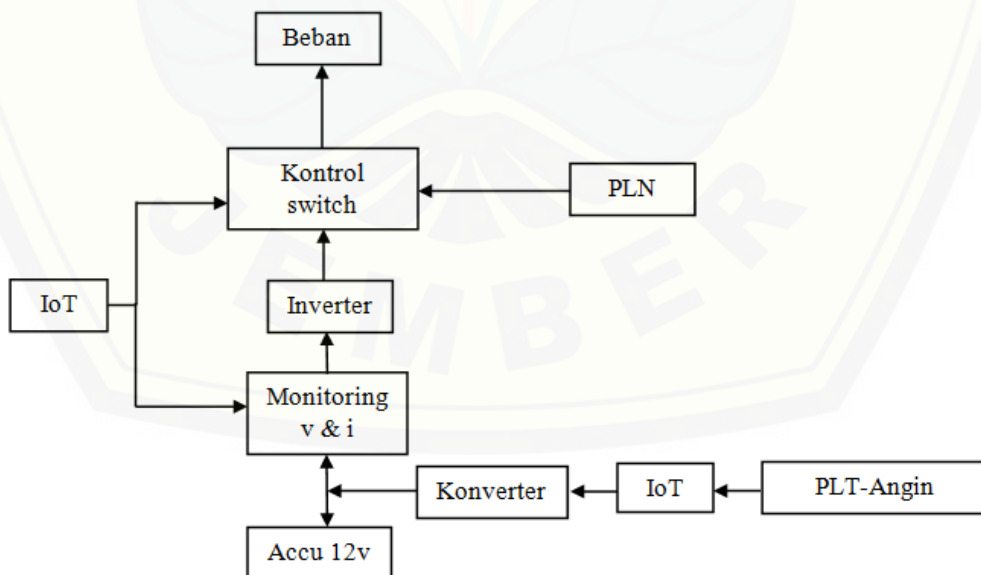
### 3.5.2 *Flowchart* Webservice

Dalam menunjang “Sistem *Off-grid* Pembangkit Listrik Tenaga Angin Berbasis IoT” dibutuhkan perintah khusus pada *Webservice*. Berikut adalah diagram alir (*Flowchart*) yang akan diaplikasikan pada *Webservice*:



Gambar 3.3 Flowchart Webserver

### 3.5.3 Blok Diagram Sistem *Off-grid* Berbasis IoT

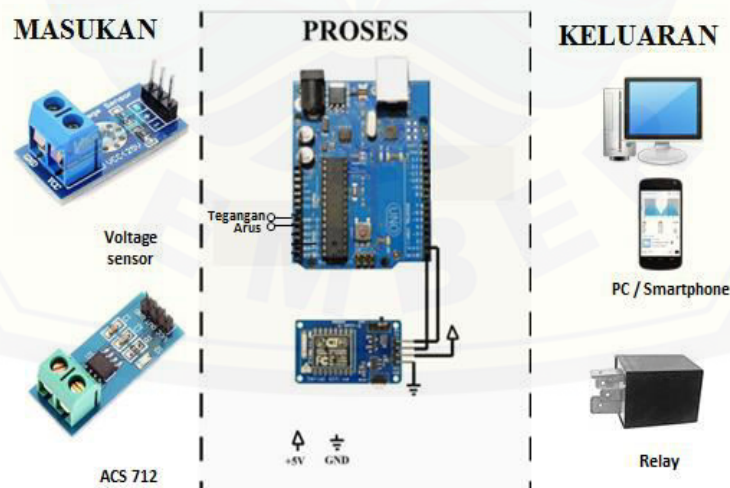


Gambar 3.4 Blok Diagram Sistem *Off-grid* Berbasis IoT

Konsep kerja dari blok rangkaian ini yaitu dimana tegangan dan arus keluaran dari Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTB) akan dikonversikan menjadi DC oleh konverter (rectifier) dan disimpan pada baterai atau bisa langsung digunakan pada pembebanan. Tegangan dan arus dari konverter atau yang tersimpan pada baterai kemudian bisa untuk dimonitoring melalui IoT dari mana saja secara real time. Apabila tegangan dan arus dari konverter atau yang tersimpan pada baterai telah mencukupi untuk digunakan pada pembebanan, maka akan dikonversikan menjadi tegangan dan arus AC kembali oleh inverter. Dari inverter kemudian akan dapat dikontrol melalui teknologi IoT menggunakan sebuah relay/switch untuk disalurkan ke beban. Namun apabila tegangan dan arus dari pltb atau yang tersimpan pada baterai tidak memadai ( $\leq 10.7$  Volt) untuk digunakan pada pembebanan, maka mini SCADA akan menonaktifkan relay dari PLTB dan mengaktifkan relay dari jaringan PLN.

#### 3.5.4 Desain Rangkaian Sistem

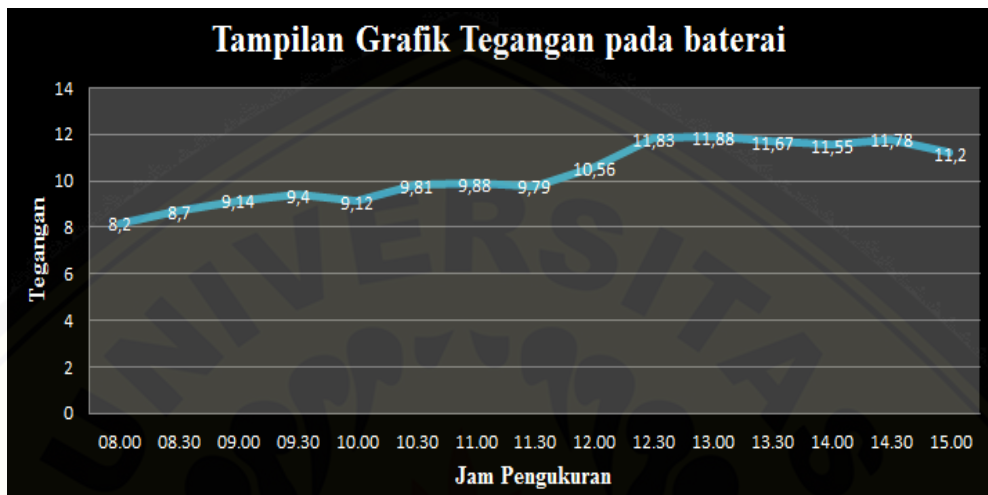
Untuk dapat mengawasi besar tegangan yang tersimpan pada baterai dan mengontrol sistem *off-grid* PLTB dengan jaringan PLN diperlukan suatu sistem pengatur. Dimana sistem tersebut terdapat beberapa komponen-komponen yang ada pada gambar berikut:



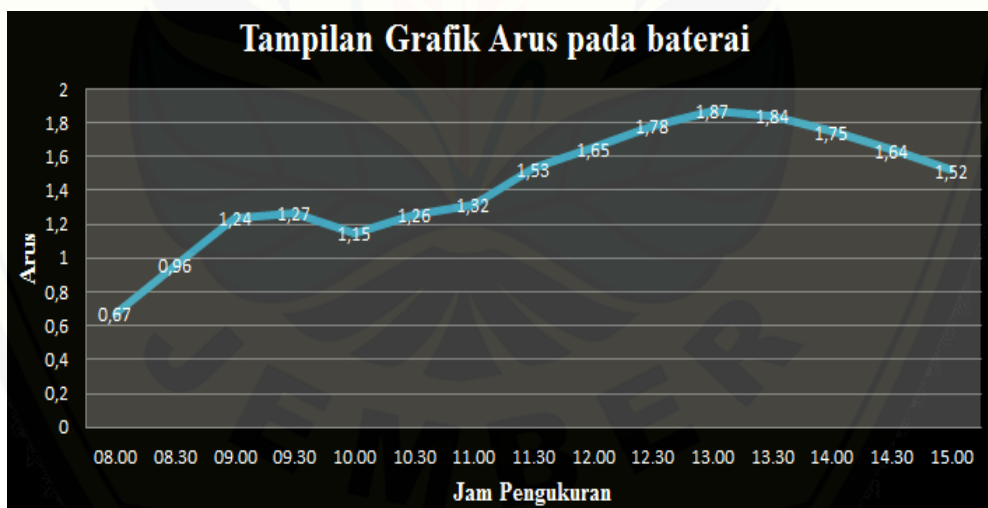
Gambar 3.5 Rangkaian Sistem

### 3.5.5 Desain *Graphical User Interface* Pada *Webserver*

Adapun desain untuk menampilkan berbagai parameter-parameter masukan dari sensor ke *Webserver* supaya lebih menarik, sebagai berikut :

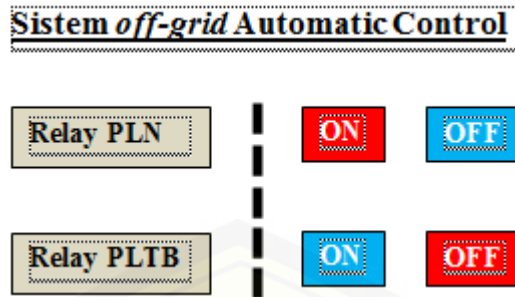


Gambar 3.6 Tampilan *Webserver* Tegangan pada baterai

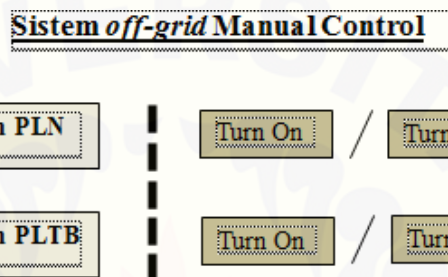


Gambar 3.7 Tampilan *Webserver* Arus pada baterai





Gambar 3.8 Tampilan *Webserver* Pengontrolan Otomatis Sistem *Off-Grid* Berbasis IoT



Gambar 3.9 Tampilan *Webserver* Pengontrolan Manual Sistem *Off-Grid* Berbasis IoT

Keterangan :

- Sistem *off-grid automatic control* merupakan pengontrolan sistem *off-grid* yang dilakukan secara otomatis melalui teknologi IoT (*Internet Of Things*). Ketika baterai dari PLTB memadai untuk digunakan pada pembebanan maka kontrol sistem *off-grid* berbasis teknologi IoT secara otomatis memutus Relay PLN dan mengaktifkan relay PLTB. Dan ketika baterai dari PLTB tidak memadai untuk digunakan pada pembebanan maka secara otomatis sistem *off-grid* berbasis teknologi IoT memutus Relay PLTB dan mengaktifkan relay PLN.
- Sistem *off-grid manual control* merupakan pengontrolan sistem *off-grid* yang dilakukan secara manual melalui teknologi IoT (*Internet Of Things*) yang masih menunggu perintah dari pengguna (*server*). Sistem *off-grid manual control* ini digunakan ketika terjadi pemadaman dari PLN, dan keperluan listrik saat itu sedang dibutuhkan untuk peralatan rumah. Karena dirancangnya sistem *off-grid* berbasis IoT ini adalah agar listrik tetap tersedia untuk mencatu peralatan rumah. Maka ketika terjadi pemadaman dari PLN,



pengguna dapat mengaktifkan relay PLTB secara manual untuk keperluan mendesak saat itu, misal *charge* laptop/Hp, menyalakan lampu jika pemadaman pada malam hari, dan keperluan mendesak lainnya.

### 3.5.6 Cara Kerja Alat



Gambar 3.10 Cara Kerja Alat

Berdasarkan diagram alir (*Flowchart*) pada program sehingga langkah-langkah sistem cara kerja alat sebagai berikut :

1. Langkah pertama Arduino akan mendeklarasikan semua variabel tipe data dan nilai awal suatu variabel.
2. Kemudian sensor akan mengubah besaran perubahan lingkungan fisik menjadi besaran listrik.
3. Besaran listrik yang telah diubah tersebut akan dikirim ke Arduino untuk dibaca nilai tegangan yang berupa pembacaan analog.
4. Tegangan analog tersebut akan dikonversikan menjadi nilai digital oleh arduino melalui proses ADC (*Analog to Digital Converter*).
5. Arduino akan menerima parameter data tegangan, arus, kecepatan angin dan kecepatan rotor (Rpm) berdasarkan waktu tertentu (*real time*) saat pengukuran.
6. Kemudian semua parameter data dikirimkan ke *Webserver* melalui modul ESP8266 dan WIFI yang sudah terkoneksi dengan internet.
7. Data yang sudah berada pada *Webserver* dapat dilihat secara *real-time* menggunakan *Smartphone* atau laptop yang sudah terkoneksi dengan jaringan internet, dan dapat melakukan pengontrolan terhadap sistem *off-grid* melalui

On/Off Relay.

8. *Smartphone* dan laptop dapat memantau semua data dari mana saja selama pengukuran berlangsung.



## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada sistem *off-grid* PLT-Angin berbasis IoT (Internet of Things) maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan teknologi IoT pada sistem *off-grid* plt-angin memungkinkan pengawasan, pengontrolan, dan perekaman data dapat dilakukan secara online dimana saja dan kapan saja dengan koneksi internet secara real time.
2. Ketika tegangan aki memadai ( $>11V$ ) untuk digunakan pada pembebanan maka relay dari PLT-Angin aktif, dan relay dari PLN non-aktif. Dan apabila tegangan aki tidak mencukupi ( $\leq 10,7V$ ) maka relay dari PLT-Angin non-aktif dan relay dari PLN akan aktif.
3. Pengontrolan secara otomatis maupun manual koneksi jaringan listrik sistem *off-grid* berbasis IoT dapat terakses dengan baik melalui internet (*online*).

### 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian ini disarankan penelitian selanjutnya bahwa :

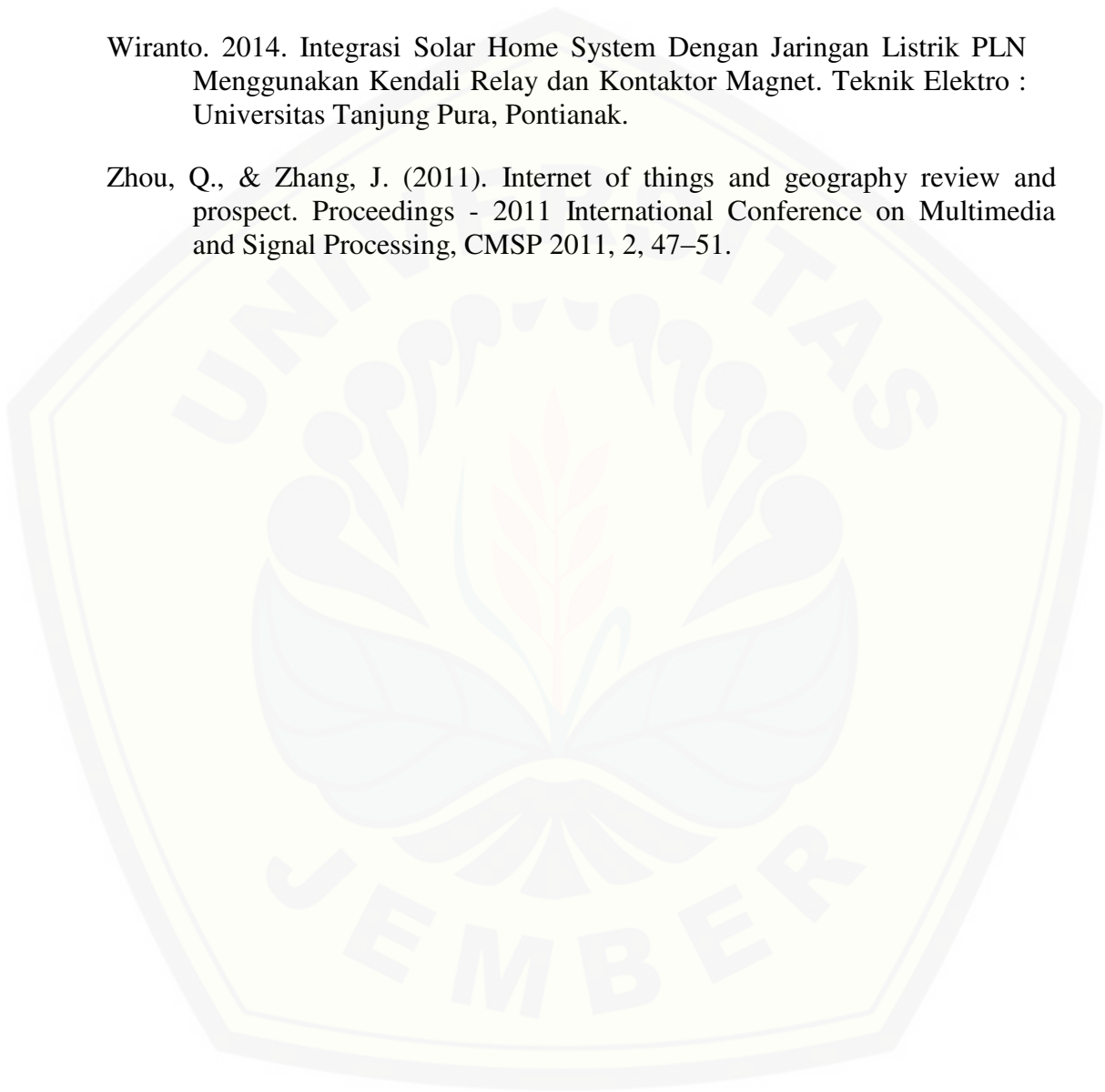
1. Rancanglah pembangkit listrik tenaga angin yang memiliki tegangan *output* yang besar sekitar 200-220 volt atau menggunakan sumber energi terbarukan *Hybrid* (PLTB dan PLTS) untuk dipasangkan dengan sistem *off-grid* berbasis IoT, agar sistem *off-grid* ini benar-benar dapat diterapkan pada smarthome.
2. Menjadikan skripsi ini sebagai referensi dalam dunia pendidikan agar dapat mengenalkan dan sebagai pengetahuan terhadap Revolusi Industri 4.0 terutama tentang *Internet of Things* dan *Big Data*.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Aryuanto., & Nakhoda, Yusuf Ismail. 2009. Pengembangan Sistem Scada (Supervisory Control And Data Acquisition) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida. Jurusan Teknik Elektro : Institut Teknologi Nasional (ITN) Malang.
- Amaro, Najib. 2017. Sistem Monitoring Besaran Listrik Dengan Teknologi IoT (Internet of Things). Fakultas Teknik :Universitas Lampung.
- Fadhil, Romadhoni Ibnu. 2016. Sistem Real Time Monitoring Kecepatan Angin, Arah Angin, dan Suhu Berbasis Web Menggunakan Proxy Reserve Pada Protokol Transmission Control Protocol (TCP). Fakultas Teknik : Universitas Jember
- Kusumaningrum, Angraini., Pujiastuti, Asih., & Zeny, Muhammad. 2017. Pemanfaatan Internet of Things Pada Kendali Lampu. Teknik Informatika : Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto Yogyakarta.
- Kusriyanto, Medilla., & Syariffudin, Muhammad. 2017. Mini Scada Berbasis Mikrokontroler AT-MEGA 32 Dengan Komunikasi Modbus RS 485 dan Sistem Monitoring Menggunakan Visual Basic. Teknik Elektro: Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Putranto, Adityo., Prasetyo, Andika., & Zatmiko, arif. 2011. Rancang Bangun Turbin Angin Vertikal Untuk Penerangan Rumah Tangga. Fakultas Teknik : Universitas Diponegoro.
- Rohman, Fian. 2017. Aplikasi Boost Converter Dalam Pengisian Baterai Dari PLT Angin. <https://www.scribd.com/doc/308389718/Aplikasi-Boost-Converter-Dalam-Pengisian-Baterai-Dari-Plt-Angin>. Diakses pada 14 Januari 2019 : 18.43.
- Soetedjo, Aryuanto., Nakhoda, Yusuf Ismail., Lomi, Ibrahim., & Farhan. 2014. Web-Scada for Monitoring and Controlling Hybrid Wind-PV Power System. Electrical Engineering : National Institute of Technology Malang.
- Suresh, P., Daniel, J. V., & Aswathy, R. H. (2014). A state of the art review on the Internet of Things ( IoT ) History , Technology and fields of deployment.
- Satria, Habib., & Syafii. 2018. Sistem Monitoring Online dan Analisa Performansi PLTS Rooftop Terhubung ke Grid PLN. Teknik Elektro : Universitas Andalas.



- Winarno, Bachtiar Salim. 2010. Perancangan Sistem SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition Pada Miniatur Warehouse Berbasis PLC (Programmable Logic Controller). Fakultas Teknik : Universitas Indonesia
- Wang, C., Daneshmand, M., Dohler, M., Mao, X., Hu, R. Q., & Wang, H. (2013). Guest Editorial - Special issue on internet of things (IoT): Architecture, protocols and services. IEEE.
- Wiranto. 2014. Integrasi Solar Home System Dengan Jaringan Listrik PLN Menggunakan Kendali Relay dan Kontaktor Magnet. Teknik Elektro : Universitas Tanjung Pura, Pontianak.
- Zhou, Q., & Zhang, J. (2011). Internet of things and geography review and prospect. Proceedings - 2011 International Conference on Multimedia and Signal Processing, CMSP 2011, 2, 47–51.





## LAMPIRAN

### A. Alamat Web Sistem dan Cara Unduh Aplikasi

Sistem dibuat untuk diakses baik dengan web dan dengan menggunakan aplikasi versi android, berikut link akses sistem :

1. Bit.ly/webhasan

Alamat web di atas merupakan versi webserver yang dapat diakses dengan perangkat apapun baik *computer*, *smartphone* dan tablet. Untuk *device* akses gunakan utamanya google chrome untuk mengakses sistem.

2. Bit.ly/unduhhasan

Alamat tersebut untuk download aplikasi versi android.

3. Scan barcode berikut untuk keseluruhan akses sistem.



Gambar 1. Barcode Akses Sistem

### B. Perhitungan Karakteristik Pemakaian dan Pengisian Aki

Perhitungan lama pengisian dan pemakaian aki terlebih dahulu harus mengetahui spesifikasi *charger* dan spesifikasi aki yang digunakan. Berikut adalah rumus dan perhitungan lama pemakaian dan pengisian aki :

Spesifikasi aki : 12 Volt 5 Ah  
Spesifikasi konverter : 12 Volt 1,2 A  
Beban yang digunakan : 10 W, 15 W, dan 25 W

1. Lama pemakaian aki :  $12V \times 5Ah = 60 Wh$   
 $60Wh \times 20\% = 48 Wh$

- Untuk beban 10 Watt :  $48 \text{ Wh} / 10\text{W} = 4.8 \text{ h}$   
 Untuk beban 15 Watt :  $48 \text{ Wh} / 15\text{W} = 3.2 \text{ h}$   
 Untuk beban 25 Watt :  $48 \text{ Wh} / 25\text{W} = 1.92 \text{ h}$   
 Untuk beban 50 Watt :  $48 \text{ Wh} / 50\text{W} = 0.96 \text{ h}$
2. Lama pengisian aki :  $12\text{V} \times 5\text{Ah} = 60 \text{ Wh}$   
 $60\text{Wh} \times 20\% = 48 \text{ Wh}$   
 $12\text{V} \times 1.2\text{A} = 14.4 \text{ W}$   
 $48 \text{ Wh} / 14.4 \text{ W} = 3.333 \text{ h}$

### C. Perhitungan daya pada baterai

Daya pada baterai dapat dihitung dengan menggunakan rumus  $P = V \cdot I$ , berikut adalah hasil dari perhitungan daya pada baterai :

Tabel data hasil monitoring tegangan, arus dan daya baterai

| Tegangan (V) | Arus (A) | Daya (W) |
|--------------|----------|----------|
| 12.550       | 0.290    | 3.640    |
| 12.497       | 0.322    | 4.029    |
| 12.468       | 0.253    | 3.151    |
| 12.436       | 0.255    | 3.169    |
| 12.414       | 0.250    | 3.099    |
| 12.380       | 0.252    | 3.124    |
| 12.340       | 0.294    | 3.633    |
| 12.301       | 0.297    | 3.649    |
| 12.278       | 0.300    | 3.684    |
| 12.242       | 0.298    | 3.650    |
| 12.213       | 0.297    | 3.623    |
| 12.185       | 0.298    | 3.631    |
| 12.156       | 0.307    | 3.726    |
| 12.120       | 0.305    | 3.693    |
| 12.082       | 0.302    | 3.648    |
| 12.047       | 0.302    | 3.636    |
| 12.012       | 0.299    | 3.589    |

### D. Listing Program

#### 1. Program Akuisi dan Grafik Data

```
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>
```

```
float v = 0;
float a = 0;
float s = 0;
float c = 0;
float d = 0;
float b = 0;

byte mac[] = { 0xD4, 0x28, 0xB2, 0xFF, 0xA0, 0xA1 };
char thingSpeakAddress[] = "api.thingspeak.com";
String writeAPIKey = "8MVTHO271D4RR1QE";
const int updateThingSpeakInterval = 16* 1000;
long lastConnectionTime = 0;
boolean lastConnected = false;
int failedCounter = 0;

EthernetClient client;

void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  startEthernet();
}

void loop()
{
  char v_buffer[10];
  char a_buffer[10];

  v = 0.0527*analogRead(A0) + 0.189;
  a = -0.0254*analogRead(A1) + 12.984;

  String volt=dtostrf(v,0,2,v_buffer);
  String amp=dtostrf(a,0,2,a_buffer);

  Serial.print("tegangan= " );
  Serial.print(v);
  Serial.print("; arus = " );
  Serial.print(a);

  Serial.println();

  if (client.available())
  {
    char c = client.read();
```

```
        Serial.print(c);
    }

    if (!client.connected() && lastConnected)
    {
        Serial.println("...disconnected");
        Serial.println();
        client.stop();
    }

    if(!client.connected() && (millis() -
lastConnectionTime > updateThingSpeakInterval))
    {
        updateThingSpeak("field1="+volt+"&field2="+amp);
    }

    if (failedCounter > 0 ) {startEthernet();}
    lastConnected = client.connected();
}

void updateThingSpeak(String tsData)
{
    if (client.connect(thingSpeakAddress, 80))
    {
        client.print("POST /update HTTP/1.1\n");
        client.print("Host: api.thingspeak.com\n");
        client.print("Connection: close\n");
        client.print("X-THINGSPEAKAPIKEY: "+writeAPIKey+"\n");
        client.print("Content-Type: application/x-www-form-
urlencoded\n");
        client.print("Content-Length: ");
        client.print(tsData.length());
        client.print("\n\n");
        client.print(tsData);
        lastConnectionTime = millis();

        if (client.connected())
        {
            Serial.println("Connecting to ThingSpeak...");
            Serial.println();
            failedCounter = 0;
        }
    }

    else
```

```
        {
            failedCounter++;
            Serial.println("Connection to ThingSpeak failed
("+String(failedCounter, DEC)+"")");
            Serial.println();
        }

    }

else
{
    failedCounter++;
    Serial.println("Connection to ThingSpeak Failed
("+String(failedCounter, DEC)+"")");
    Serial.println();
    lastConnectionTime = millis();
}

delay(20000);
}

void startEthernet()
{
    client.stop();
    Serial.println("Connecting Arduino to network...");
    Serial.println();
    delay(5000);

    if (Ethernet.begin(mac) == 0)
    {
        Serial.println("DHCP Failed, reset Arduino to try
again");
        Serial.println();
    }

else
{
    Serial.println("Arduino connected to network using
DHCP");
    Serial.println();
}

delay(5000);
}
```

## 2. Program Kontrol Sistem

```
#include <ESP8266WiFi.h>
  const char* ssid = "semhas";
  const char* password = "barakallah";
  ; //
  WiFiServer server(80);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  delay(10);
  pinMode(5, OUTPUT);
  pinMode(4, OUTPUT);
  pinMode(0, OUTPUT);
  pinMode(13, OUTPUT);
  digitalWrite(5, LOW);
  digitalWrite(4, LOW);
  digitalWrite(0, LOW);
  digitalWrite(13, LOW);

  // Connect to WiFi network
  Serial.println();
  Serial.println();
  Serial.print("Connecting to ");
  Serial.println(ssid);

  WiFi.begin(ssid, password);

  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("");
  Serial.println("WiFi connected");

  // Start the server
  server.begin();
  Serial.println("Server started");

  // Print the IP address
  Serial.print("Use this URL to connect: ");
  Serial.print("http://");
  Serial.print(WiFi.localIP());
```



```
Serial.println("/");  
  
}  
  
void loop() {  
  // Check if a client has connected  
  WiFiClient client = server.available();  
  if (!client) {  
    return;  
  }  
  
  // Wait until the client sends some data  
  Serial.println("new client");  
  while(!client.available()){  
    delay(1);  
  }  
  
  // Read the first line of the request  
  String request = client.readStringUntil('\r');  
  Serial.println(request);  
  client.flush();  
  
  // Match the request  
  
  if (request.indexOf("/light1on") > 0) {  
    digitalWrite(5, HIGH);  
  }  
  if (request.indexOf("/light1off") >0) {  
    digitalWrite(5, LOW);  
  }  
  
  if (request.indexOf("/light2on") > 0) {  
    digitalWrite(4, HIGH);  
  }  
  if (request.indexOf("/light2off") >0) {  
    digitalWrite(4, LOW);  
  }  
  
  // Set ledPin according to the request  
  //digitalWrite(ledPin, value);  
}
```

```
// Return the response
client.println("HTTP/1.1 200 OK");
client.println("Content-Type: text/html");
client.println(""); // do not forget this one
client.println("<!DOCTYPE HTML>");
client.println("<html>");
client.println("<head>");
client.println("<meta name='apple-mobile-web-app-
capable' content='yes' />");
client.println("<meta name='apple-mobile-web-app-status-
bar-style' content='black-translucent' />");
client.println("</head>");
client.println("<body bgcolor = \"#f7e6ec\">");
client.println("<hr/><hr>");
client.println("<h4><center> Bismillah Semhas Hasan
</center></h4>");
client.println("<hr/><hr>");
client.println("<br><br>");
client.println("<br><br>");
client.println("<center>");
client.println("relay PLTB");
client.println("<a href=\"\"/light1on\"\"><button>aktif
</button></a>");
client.println("</center>");
client.println("<br><br>");
client.println("<center>");
client.println("relay PLN");
client.println("<a href=\"\"/light2on\"\"><button>aktif
</button></a>");
client.println("</center>");
client.println("<br><br>");
client.println("<center>");
client.println("Sumber");
client.println("<a href=\"\"/light3on\"\"><button>PLTS
</button></a>");
client.println("<a href=\"\"/light3off\"\"><button>PLN
</button></a><br />");
client.println("</center>");
client.println("<br><br>");
client.println("<center>");
client.println("Beban");
client.println("<a href=\"\"/light4on\"\"><button>Turn On
</button></a>");
```

```
    client.println("<a href=\\\"/light4off\\\"><button>Turn  
Off </button></a><br />");  
    client.println("</center>");  
    client.println("<br><br>");  
    client.println("<center>");  
    client.println("<table border=\\\"5\\\">");  
    client.println("<tr>");  
    if (digitalRead(5))  
    {  
        client.print("<td>relay PLTB</td>");  
    }  
    else  
    {  
        client.print("<td>Relay PLN</td>");  
    }  
    client.println("<br />");  
    if (digitalRead(4))  
    {  
        client.print("<td>sistem auto</td>");  
    }  
    else  
    {  
        client.print("<td>sistem manual</td>");  
    }  
    client.println("</tr>");  
    client.println("<tr>");  
    if (digitalRead(0))  
    {  
        client.print("<td>beban on</td>");  
    }  
    else  
    {  
        client.print("<td>beban off</td>");  
    }  
    if (digitalRead(13))  
    {  
        client.print("<td>Reset turn ON</td>");  
    }  
    else  
    {  
        client.print("<td>Reset turn OFF</td>");  
    }  
    client.println("</tr>");
```

```
        client.println("</table>");
        client.println("</center>");
    client.println("</html>");
    delay(1);
    Serial.println("Client disconnected");
    Serial.println("");
}
```

### 3. Parsing Data untuk Arduino

```
float v = 0;
float i = 0;

int a = 1;
int b = 1;

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    pinMode(3, INPUT);
    digitalWrite(3, LOW);
    pinMode(4, OUTPUT);
    pinMode(5, OUTPUT);
    pinMode(6, OUTPUT);
    pinMode(7, OUTPUT);
}

void step1(int kec){
    digitalWrite(4, HIGH);
    digitalWrite(5, LOW);
    digitalWrite(6, LOW);
    digitalWrite(7, LOW);
    delay(kec);
    digitalWrite(4, LOW);
    digitalWrite(5, HIGH);
    digitalWrite(6, LOW);
    digitalWrite(7, LOW);
    delay(kec);
    digitalWrite(4, LOW);
    digitalWrite(5, LOW);
    digitalWrite(6, HIGH);
    digitalWrite(7, LOW);
    delay(kec);
    digitalWrite(4, LOW);
    digitalWrite(5, LOW);
    digitalWrite(6, LOW);
}
```

```
    digitalWrite(7, HIGH);
    delay(kec);
}
void step2(int kec){
    digitalWrite(4, LOW);
    digitalWrite(5, LOW);
    digitalWrite(6, LOW);
    digitalWrite(7, HIGH);
    delay(kec);
    digitalWrite(4, LOW);
    digitalWrite(5, LOW);
    digitalWrite(6, HIGH);
    digitalWrite(7, LOW);
    delay(kec);
    digitalWrite(4, LOW);
    digitalWrite(5, HIGH);
    digitalWrite(6, LOW);
    digitalWrite(7, LOW);
    delay(kec);
    digitalWrite(4, HIGH);
    digitalWrite(5, LOW);
    digitalWrite(6, LOW);
    digitalWrite(7, LOW);
    delay(kec);
}
void loop() {
    int a,b,c = 0; //v sebagai tegangan, dan i sebagai arus
    v = 0.0527*analogRead(A0) + 0.189;
    i = -0.0254*analogRead(A1) + 12.984;

    Serial.print(v);
    Serial.print(" ");
    Serial.print(i);
    Serial.print(" ");
    Serial.println();
    delay(3000);
}
```

#### 4. Program Parcing Data untuk Nodemcu

```
#include <ESP8266WiFi.h>

const char* ssid = "semhas";
const char* password = "barakallah";
String myString;
```

```
char c;
int Index1, Index2, Index3;
String secondValue, thirdValue, firstValue;

; //
WiFiServer server(80);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println();
  Serial.println();
  Serial.print("Connecting to ");
  Serial.println(ssid);

  WiFi.begin(ssid, password);

  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("");
  Serial.println("WiFi connected");

  // Start the server
  server.begin();
  Serial.println("Server started");

  // Print the IP address
  Serial.print("Use this URL to connect: ");
  Serial.print("http://");
  Serial.print(WiFi.localIP());
  Serial.println("/");
}

void loop()
{
  while (Serial.available() > 0)
  {
    delay(10);
    c = Serial.read();
    myString += c;
  }
  if (myString.length() > 0)
  {
    Index1 = myString.indexOf(' ');
    Index2 = myString.indexOf(' ', Index1+1);
```



```
Index3 = myString.indexOf(' ', Index6+1);
secondValue = myString.substring(Index1+1, Index2);
firstValue = myString.substring(Index6+1, Index7);
//Serial.println(Index1);
Serial.print("data Tegangan:");Serial.println(firstValue);
Serial.print("data arus:");Serial.println(secondValue);

}
myString="";
// Check if a client has connected
WiFiClient client = server.available();
if (!client) {
    return;
}

// Wait until the client sends some data
Serial.println("new client");
while(!client.available()){
    delay(1);
}

// Read the first line of the request
String request = client.readStringUntil('\r');
Serial.println(request);
client.flush();
client.println("HTTP/1.1 200 OK");
client.println("Content-Type: text/html");
client.println(""); // do not forget this one
client.println("<!DOCTYPE HTML>");
client.println("<html>");
client.println("<head>");
client.println("<meta name='apple-mobile-web-app-capable'
content='yes' />");
client.println("<meta name='apple-mobile-web-app-status-
bar-style' content='black-translucent' />");
client.println("</head>");
client.println("<body bgcolor = \"#f7e6ec\">");
client.println("<hr/><hr>");
client.println("<h4><center> Bismillah </center></h4>");
client.println("<hr/><hr>");
client.println("<br><br>");
client.println("<br><br>");
client.println("<center>");
client.println("tegangan");
client.println(firstValue);
```

```

client.println("</center>");
client.println("<br><br>");
client.println("<center>");
client.println("Arus");
client.println(secondValue);
client.println("</center>");

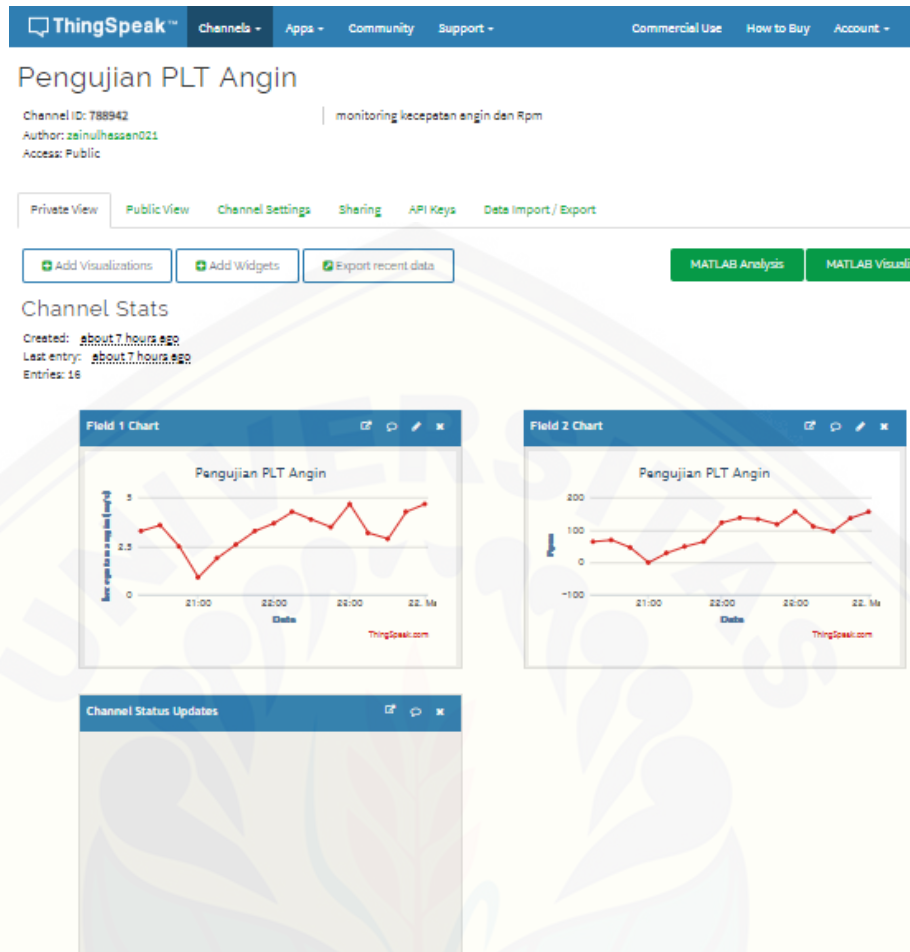
client.println("<table border=\"5\">");
client.println("<tr>");
client.println("</tr>");
client.println("</table>");
client.println("</center>");
client.println("</html>");
delay(1);
Serial.println("Client disonnected");
Serial.println("");
}

```

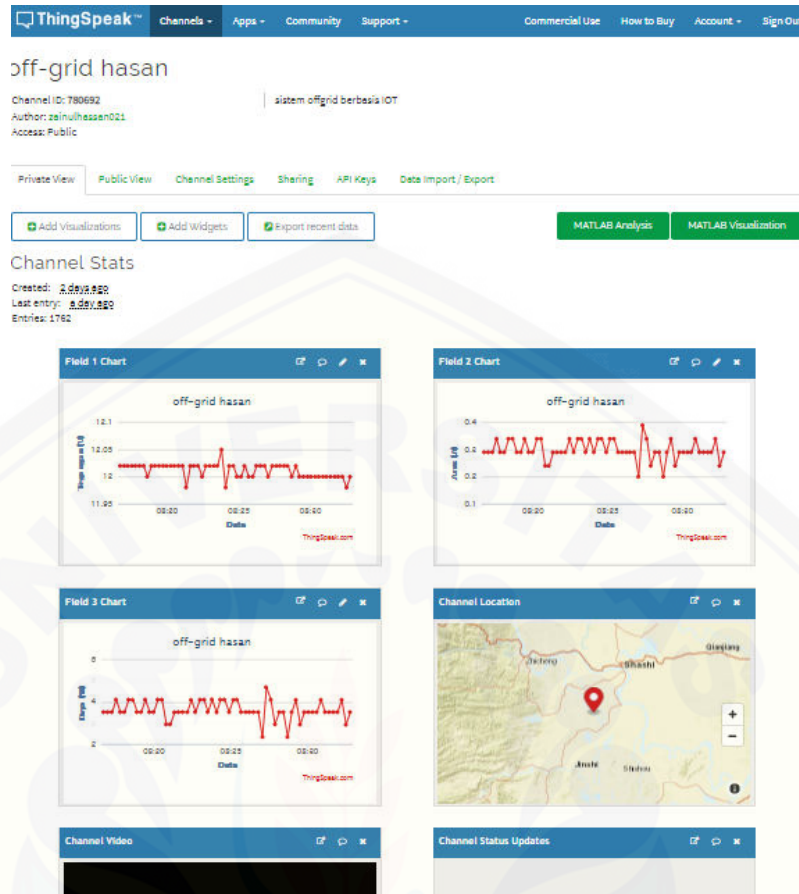
### E. Foto Dokumentasi Sistem

Tabel data hasil *monitoring* kecepatan angin dan kecepatan rotor

| Jam (UTC)        | Kecepatan angin | Rpm |
|------------------|-----------------|-----|
| 04/05/2019 13.15 | 3,3             | 65  |
| 04/05/2019 13.30 | 3,6             | 70  |
| 04/05/2019 13.45 | 2,5             | 47  |
| 04/05/2019 14.00 | 0,9             | 0   |
| 04/05/2019 14.15 | 1,9             | 30  |
| 04/05/2019 14.30 | 2,6             | 50  |
| 04/05/2019 14.45 | 3,3             | 65  |
| 04/05/2019 15.00 | 3,7             | 124 |
| 04/05/2019 15.15 | 4,3             | 139 |
| 04/05/2019 15.30 | 3,9             | 135 |
| 04/05/2019 15.45 | 3,5             | 119 |
| 04/05/2019 16.00 | 4,7             | 158 |
| 04/05/2019 16.15 | 3,2             | 112 |
| 04/05/2019 16.30 | 2,9             | 97  |
| 04/05/2019 16.45 | 4,3             | 138 |
| 04/05/2019 17.00 | 4,7             | 158 |



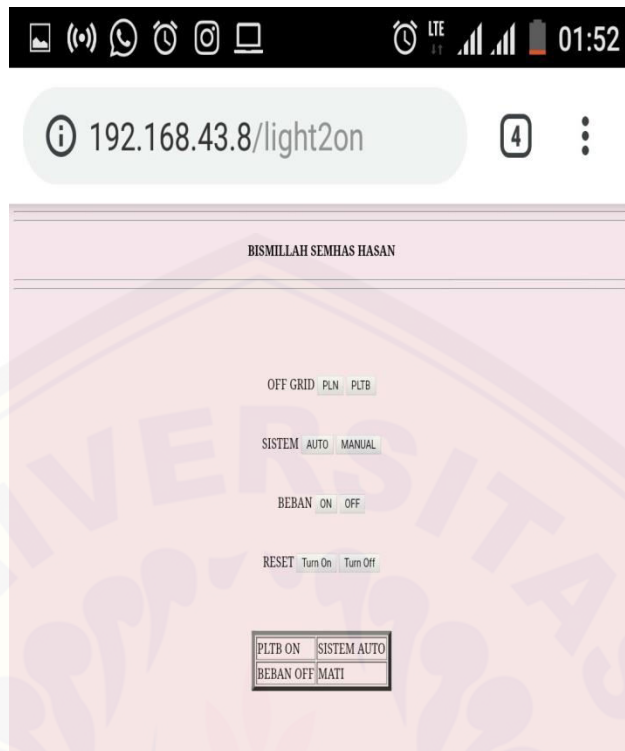
Gambar 2. Grafik dari server database kecepatan angin dan kecepatan rotor



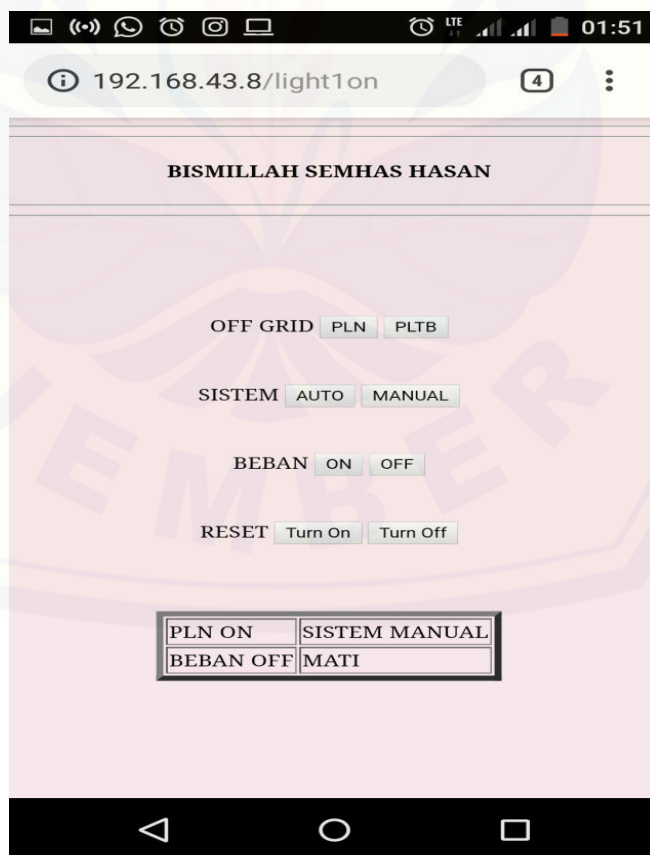
Gambar 3. Grafik dari server database sistem off-grid

| Jam (UTC)               | Tegangan | Arus | Daya |
|-------------------------|----------|------|------|
| 2019-05-15 18:00:06 UTC | 12.53    | 0.34 | 4.28 |
| 2019-05-15 18:00:38 UTC | 12.53    | 0.29 | 3.67 |
| 2019-05-15 18:00:54 UTC | 12.53    | 0.34 | 4.28 |
| 2019-05-15 18:01:10 UTC | 12.53    | 0.29 | 3.67 |
| 2019-05-15 18:01:26 UTC | 12.53    | 0.34 | 4.28 |
| 2019-05-15 18:01:42 UTC | 12.53    | 0.29 | 3.67 |
| 2019-05-15 18:01:58 UTC | 12.53    | 0.34 | 4.28 |
| 2019-05-15 18:02:14 UTC | 12.53    | 0.29 | 3.67 |
| 2019-05-15 18:02:31 UTC | 12.48    | 0.34 | 4.26 |
| 2019-05-15 18:02:47 UTC | 12.5     | 0.34 | 4.27 |
| 2019-05-15 18:03:03 UTC | 12.5     | 0.29 | 3.66 |
| 2019-05-15 18:03:19 UTC | 12.5     | 0.34 | 4.27 |
| 2019-05-15 18:03:35 UTC | 12.5     | 0.34 | 4.27 |
| 2019-05-15 18:03:51 UTC | 12.5     | 0.29 | 3.66 |
| 2019-05-15 18:04:07 UTC | 12.5     | 0.39 | 4.88 |
| 2019-05-15 18:04:24 UTC | 12.48    | 0.34 | 4.26 |
| 2019-05-15 18:04:40 UTC | 12.5     | 0.29 | 3.66 |
| 2019-05-15 18:04:56 UTC | 12.5     | 0.29 | 3.66 |
| 2019-05-15 18:05:12 UTC | 12.5     | 0.34 | 4.27 |
| 2019-05-15 18:05:28 UTC | 12.5     | 0.24 | 3.05 |
| 2019-05-15 18:05:44 UTC | 12.48    | 0.34 | 4.26 |
| 2019-05-15 18:06:01 UTC | 12.48    | 0.29 | 3.66 |

Gambar 4. Data Unduh dari Database.

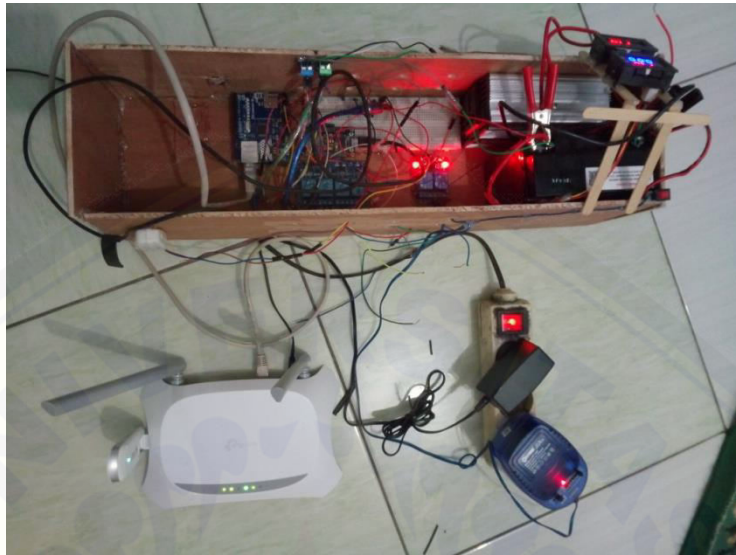


Gambar 5. Kontrol Sistem Otomatis



Gambar 6. Kontrol Sistem Manual



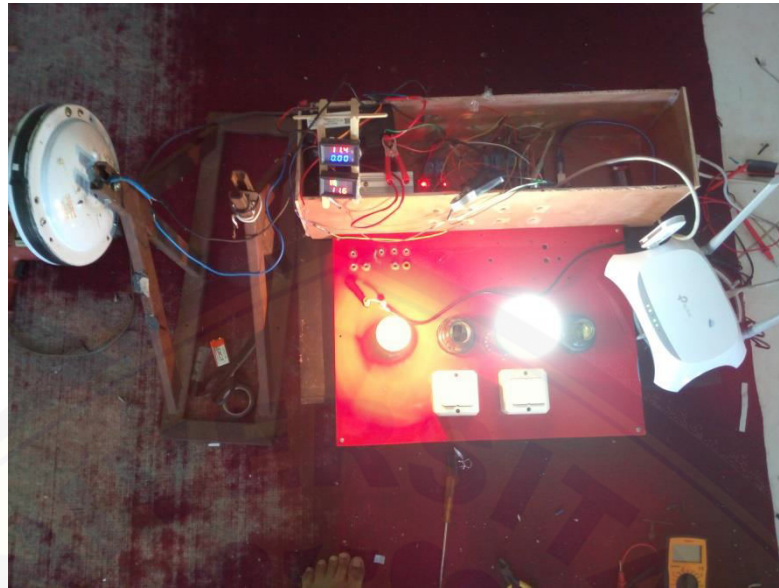
**F. Foto Dokumentasi Penelitian**

Gambar 7. Uji karakteristik pengisian baterai penyimpanan

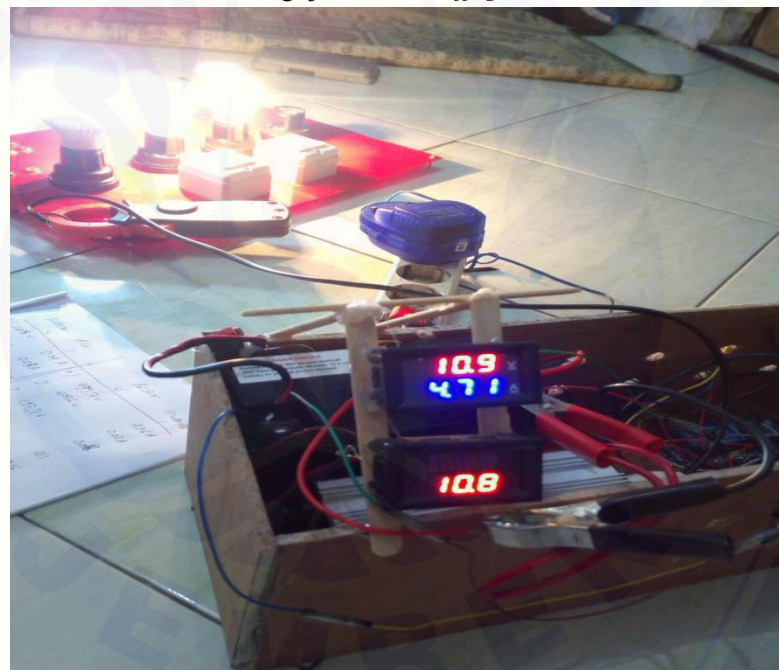


Gambar 8. Uji karakteristik pemakaian baterai penyimpanan





Gambar 9. Pengujian sistem *off-grid* berbasis IoT



Gambar 10. Pengukuran Arus dan tegangan baterai saat berbeban



Gambar 11. Pengukuran Arus dan Tegangan baterai tanpa beban



Gambar 12. Keterangan desain

1. Turbin horizontal dan Generator
2. Konverter
3. Aki 12 V 5 Ah
4. Sensor arus dan tegangan berada diatas arduino

5. Anemometer *connect to* Arduino
6. Inverter
7. Relay 12 V dan 5 V
8. Arduino 2 buah
9. V & I *indicator*
10. Baterai level
11. *Acces point*

