SKRIPSI

RANCANG BANGUN ALAT TELEMETRI PARAMETER PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA BERBASIS IoT

Disusun Oleh:

FIKRAN FAUZY

D041171017

Disusun dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan program strata satu (S1) Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar

DEPARTEMEN ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN ALAT TELEMETRI PARAMETER PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA BERBASIS IoT

Disusun dan diajukan oleh :

FIKRAN FAUZY

D041171017

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada Tanggal 6 Oktober 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama	Pembimbing Pendamping
Dr. Eng. Intan Sari Areni, ST, MT	Dr. Indar Chaerah Gunadin, ST, MT.
NIP. 197502032000122002	NIP. 197311181998032001

Ketua Program Studi

Dr. Eng. Ir. Dewiani, MT.
NIP. 196910261994122001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama	: FIKRAN FAUZY
NIM	: D041171017
Program Studi	: Teknik Elektro
Jenjang	: Sl

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

"Rancang Bangun Alat Telemetri Parameter Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis IoT"

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 6 Oktober 2021

Yang Menyatakan

(Fikran fauzy)

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji alat telemetri dengan mengukur nilai parameter-parameter komponen PLTS yang bersistem *off-grid*. Pembuatan alat ini diharapkan dapat mempermudah proses monitoring parameter PLTS pada komponen *Photovoltaic*, komponen Baterai, dan komponen Beban menggunakan aplikasi *blynk*. Proses pembuatan alat telemetri PLTS berbasis IoT secara keseluruhan melalui 5 tahapan: (1) studi literatur; (2) identifikasi kebutuhan alat dan bahan dalam merancang alat telemetri; (3) merancang alat telemetri; (4) implementasi alat yang telah di rancang; dan (5) pengujian dan evaluasi alat. Komponen alat telemetri ini terdiri dari PZEM-017 DC, PZEM-016 AC, Modul ESP32, Modul RS-485 TTL *Converter*, dan kabel jumper. Metode penelitian yang digunakan adalah *experiment*, yaitu menguji implementasi alat telemetri yang telah dirancang pada sistem PLTS *off-grid*. Penelitian ini hanya fokus untuk menguji 3 parameter-parameter komponen PLTS yang terdiri dari tegangan, arus dan daya. Alat telemetri ini dapat menampilkan dan menyimpan data parameter komponen PLTS dalam data numerik dan grafik pada aplikasi *blynk*. Pada saat pengujian alat telemetri pada sistem PLTS *off-grid* hasil perbandingan pembacaan nilai (tegangan, arus dan daya) antara alat telemetri dan alat validasi standar (multimeter) memiliki rata-rata tingkat kesalahan pengukuran tegangan sebesar 3,3%, arus sebesar 9,8% dan daya sebesar 12%.

Kata kunci : Telemetri, PLTS, *Internet of things*

Abstract

The purpose of this research is to design and test the device by measuring to parameter values off-grid solar power plants system. The manufacture of this device is expected to facilitate the process of monitoring the parameters of the solar power plant system on the photovoltaic component, battery component, and load component using blynk application. The step of making this telemetry device of solar power plant system based internet of things overall have five step: (1) literature study; (2) identification of the needs of the equipment and materials in designing telemetry device; (3) designing a telemetry device; (4) the implementation of a device that has been designed; (5) testing and evaluation device. The component of this telemetry device there are PZEM-017 DC, PZEM-016 AC, ESP32 module, RS-485 TTL Converter module, and jumper cable. The research method used is experimental research, by testing the implementation of device that have been designed on a solar power plant with an off-grid system. This research is only focuses to testing three parameters component of solar power plant system consisting of voltage, current and power. This telemetry device can display and save data of parameters solar power plant components in numerical data and graphs on blynk application. When the time of testing this telemetry device to solar power system, the results of the comparison of reading parameters values (voltage, current and power) between the telemetry device and the standard validation tool (Multimeter) the results of comparasion have average error rate is 3,3% for voltage measurement, 9,8% for current measurement and 12% for power measurement.

Keywords : Telemetry, Solar power plant system, Internet of things,

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, atas berkat Rahmat, Hikmat dan Karunia-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **"Rancang Bangun Alat Telemetri Parameter Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Iot**".

Dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini penulis banyak mendapatkan dukungan dan doa dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih yang teristimewa kepada kedua orang tua yakni Bapak H. Muh. Yasin Sulaemana dan Ibu Hj. Suriani Sujuty yang memberikan doa dan dukungan tanpa henti bagi penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Dengan segala hormat penulis ucapkan terima kasih atas segala bantuan baik secara materil maupun moril kepada berbagai pihak:

1. Ibu Prof. Dwia Aries Tina Pulubuhu selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Prof. Baharuddin Hamzah, S.T.,M.Arch.,Ph.D selaku Wakil Dekan Bidang Akademik, Riset dan Inovasi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Ibu Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T. selaku Ketua Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

4. Ibu Dr. Eng. Intan Sari Areni, ST. MT dan Bapak Dr. Indar Chaerah Gunadin, ST, MT. sebagai pembimbing yang senantiasa meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Ibu Andini Dani Achmad, ST. MT dan Ibu Ir. Zaenab Muslimin, MT Selaku penguji yang telah meluangkan waktunya dalam memberi kritik dan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik.
6. Bapak dan Ibu Dosen yang telah memberikan banyak ilmu pengetahuan dan berbagi pengalaman yang sangat berharga selama penulis menempuh pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
7. Ibu Salmiah dan seluruh Staff Departemen Elektro Universitas Hasanuddin atas segala bantuan yang diberikan kepada penulis.
8. Kakak Muh. Syahwil ST. M.T yang senantiasa memberikan dukungan dan bimbingan kepada penulis.
9. Teman-teman seperjuangan lab riset dibidang telekomunikasi yang selalu memberikan dukungan.
10. Semua pihak yang telah membantu penulis dan belum sempat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari skripsi ini tidak luput dari berbagai kekurangan dan kesalahan. Penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca yang sifatnya membangun. Penulis berharap tulisan ini dapat menjadi bahan bacaan yang baik dan sumber manfaat.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Makassar,

FIKRAN FAUZY

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ..... **ii**
PERNYATAAN KEASLIAN ..... **iii**
ABSTRAK ..... **iv**
KATA PENGANTAR ..... **vi**
DAFTAR ISI ..... **ix**
DAFTAR GAMBAR ..... **xii**
DAFTAR TABEL ..... **xiv**
BAB I PENDAHULUAN **1**
I.1 Latar Belakang 1
I.2 Rumusan Masalah 4
I.3 Tujuan Penelitian 5
I.4. Manfaat Penelitian 5
I.5. Batasan Masalah 6
I.6. Sistematika Penulisan 6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **8**
II.1. Pengertian Telemetri 8
II.2. Pembangkit Listrik Tenaga Surya 8
II.3. Komponen – komponen alat 11
II.3.1 ESP32 11
II.3.2 PZEM-017 DC *communication module* 14
II.3.3 PZEM-016 AC *communication module* 16
II.3.4 RS-485 TTL Converter 18
II.3.5 Aplikasi *Blynk* 20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN **22**
III.1 Jenis Penelitian 22
III.2 Waktu Penelitian 22
III.3 Lokasi Penelitian 22
III.4 Tahapan Penelitian 22

III.5 Alat dan Bahan 25
III.5.1 Alat dan bahan untuk membuat alat telemetri PLTS 25
III.5.2 Alat dan bahan yang digunakan dalam Pengujian 27
III.6 Tahapan Perancangan 32
III.6.1 Rancangan Alat Telemetri 32
III.6.2 Rancangan Box alat telemetri PLTS 33
III.6.3 Rancangan Perangkat Lunak 34
III.6.3.1 Perancangan *layout* 34
III.6.3.2 Perancangan program ESP32 37
III.6.3.3 Perancangan notifikasi pada aplikasi *blynk* 38
III.7 Alat Telemetri PLTS 39
III.8 Tahapan Pengambilan Data 40
III.9 Metode Pengambilan Data 42
III.9.1 Teknik pengambilan data alat telemetri pada sistem PLTS *off-grid* saat melakukan Pengisian (Tanpa beban) 42
III.9.2 Teknik pengambilan data pada sistem PLTS *off-grid* saat inverter dan beban aktif 43
III.10 Proses Pengujian dan Pengambilan Data 45
III.10.1 Tahapan persiapan 45
III.10.2 Pengujian Pengukuran sistem PLTS Saat Pengisian Baterai tanpa beban 46
III.10.3 Pengujian pengukuran sistem PLTS saat inverter dan beban aktif 48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 50
IV.1 Hasil Pengukuran Alat Telemetri PLTS Saat Pengisian Baterai tanpa beban. 50
IV.2 Hasil Pengukuran Alat Telemetri PLTS saat inverter dan beban aktif 64
IV.3 Pembahasan 72

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 73
V.1 Kesimpulan 73
V.2 Saran 74
DAFTAR PUSTAKA 75
LAMPIRAN 77
Lampiran 1 Proses uji coba alat telemetri 77
Lampiran 2 Kode program ESP32 alat telemetri PLTS 78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Modul ESP32 11
Gambar 2.2 Pin Out Modul ESP32 12
Gambar 2.3 Modul PZEM-017 15
Gambar 2.4 Modul PZEM-016 16
Gambar 2.5 Modul RS-485 18
Gambar 2.6 Aplikasi Blynk 20
Gambar 2.7 Widget Box Aplikasi Blynk 21
Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian. 23
Gambar 3.2 Rancangan Alat Telemetri PLTS 32
Gambar 3.3 Tampilan Depan Box 34
Gambar 3.4 Tampilan Layout Hal. Depan 35
Gambar 3.5 Tampilan layout perhatian 35
Gambar 3.6 Tampilan Layout Paramater Komponen Photovoltaic 36
Gambar 3.7 Tampilan Layout Paramater Komponen Baterai 36
Gambar 3.8 Tampilan Layout Paramater Komponen Beban 37
Gambar 3.9 Rancangan Notifikasi 38
Gambar 3.10 Alat Telemetri PLTS 39
Gambar 3.11 Diagram Alir Tahapan Pengambilan Data 40
Gambar 3.12 Rangkaian Pengujian Pengukuran Sistem PLTS Off-Grid Saat Melakukan Pengisian (Tanpa Beban) 42
Gambar 3.13 Rangkaian Pengujian Pengukuran Sistem PLTS Off-Grid Saat Inverter Dan Beban Aktif 43
Gambar 3.14 Implementasi Rangkaian Pengujian Pengukuran Sistem PLTS Off-Grid Saat Pengisian 47
Gambar 3.15 Implementasi Rangkaian Pengujian Pengukuran Sistem PLTS Off-Grid Saat Inverter Dan Beban Aktif 48
Gambar 4.1 Hasil Pengukuran Alat Dan Multimeter Saat Pengisian 50

Gambar 4.2 Tegangan Komponen PV 51
Gambar 4.3 Arus Komponen PV 53
Gambar 4.4 Daya Komponen PV 55
Gambar 4.5 Tegangan Komponen Baterai 57
Gambar 4.6 Arus Komponen Baterai 59
Gambar 4.7 Daya Komponen Baterai 61
Gambar 4.8 Parameter Komponen PV Dan Parameter Komponen Baterai Saat Pengisian pada aplikasi blynk 63
Gambar 4.9 Hasil Pengukuran Alat Dan Multimeter Pada Parameter Komponen Baterai Saat Inverter Dan Beban Aktif 64
Gambar 4.10 Hasil Pengukuran Alat Dan Multimeter Pada Parameter Komponen Beban Saat Inverter Dan Beban Aktif 68

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Perbandingan Efisiensi Modul surya 9
Tabel 2.1 Alat Dan Bahan Untuk Membuat Alat Telemetri. 25
Tabel 2.2 Performance Solar Panel Under Standatd Test Condition 27
Tabel 2.3 Spesifikasi Solar Charge Controler 28
Tabel 2.4 Baterai Spesification 29
Tabel 2.5 Inverter Modified Sine Wave Spesification 29
Tabel 2.6 Digital Multimeter Spesification 30
Tabel 2.7 Analog Multimeter Spesification 31
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Parameter Tegangan pada Komponen Photovoltaic Saat Pengisian 51
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Parameter Arus pada Komponen Photovoltaik Saat Pengisian Baterai 53
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Parameter Daya pada Komponen Photovoltaik Saat Pengisian 55
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Parameter Tegangan pada Komponen Baterai Saat Pengisian 57
Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Parameter Arus pada Komponen Baterai Saat Pengisian 59
Tabel 4.6 Hasil Pengukuran Parameter Daya pada Komponen Baterai Saat Pengisian 61
Tabel 4.7 Hasil Pengukuran Parameter Tegangan Pada Komponen Baterai Saat Inverter Dan Beban Aktif 65
Tabel 4.8 Hasil Pengukuran Parameter Arus Pada Komponen Baterai Saat Inverter Dan Beban Aktif 66
Tabel 4.9 Hasil Pengukuran Parameter Daya Pada Komponen Baterai Saat Inverter Dan Beban Aktif 67
Tabel 4.10 Hasil Pengukuran Parameter Tegangan Pada Komponen Beban Saat Inverter Dan Beban Aktif 69
Tabel 4.11 Hasil Pengukuran Parameter Arus Pada Komponen Beban Saat Inverter Dan Beban Aktif 70
Tabel 4.12 Hasil Pengukuran Parameter Daya Pada Komponen Beban Saat Inverter Dan Beban Aktif 71

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepuluan yang dilalui oleh garis khatulistiwa dan beriklim tropis sehingga potensi yang dihasilkan dari energi matahari cukup tinggi. Potensi sumber daya matahari di Indonesia sangat besar apabila dimanfaatkan dengan cara yang tepat. Energi matahari dapat di manfaatkan dengan bantuan *solar cell* atau yang biasa disebut dengan panel surya, dengan bantuan dari *solar cell* sinar matahari dapat dikonversi menjadi energi listrik yang dapat digunakan oleh manusia sebagai energi alternatif pada tempat yang sulit terjangkau oleh PLN. Energi matahari yang mencapai bumi hanya 30% dan energi yang dihasilkan hanya dapat terpancar selama 30 menit saja namun mampu memenuhi kebutuhan energi di bumi selama setahun. Indonesia memiliki sumber energi matahari yang berlimpah dengan rata-rata intensitas yang dihasilkan sekitar 4,8 kWh/m^2 perharinya. Kondisi cerah di Indonesia sekitar 2975 jam atau 124 hari dengan rata-rata penyinaran matahari sekitar 8,2 jam per harinya (Anhar, Sara and Siregar, 2017).

Komponen utama dalam PLTS adalah solar cell (*Photovoltaic*-PV) yang mampu mengkonversi energi surya menjadi energi listrik. Pengembangan teknologi solar cell terus mengalami kemajuan, tetapi tidak untuk teknologi optimasi, monitoring dan manajemennya, sehingga tidak heran jika terdapat suatu PLTS dapat mengalami penurunan performansi dan kehilangan kemampuan konversinya. Monitoring secara

real-time sangat diperlukan untuk mengetahui performa dari sistem PLTS, mengingat bahwa efisiensi dari *solar cell* ini sangat dipengaruhi oleh radiasi matahari dan kondisi *solar cell* itu sendiri (Muttaqin, 2017).

Sistem pembangkit listrik tenaga surya dibedakan menjadi tiga yaitu sistem PLTS yang langsung dihubungkan ke jaringan PLN disebut sistem PLTS *On-grid*. Sistem PLTS yang tidak dihubungkan langsung ke jaringan PLN disebut PLTS *off-grid* dan PLTS yang sistemnya di gabung dengan jenis pembangkit yang lain dinamakan sistem PLTS *hybrid.*

Sistem PLTS *on-grid* yang biasa disebut dengan *grid connected* PV adalah sistem pembangkit litsrik yang memanfaatkan radiasi matahari untuk menghasilkan listrik. Sistem ini akan terhubung langsung ke jaringan PLN dengan mengoptimalkan pemanfaatan energi matahari (Jurnal, 2019).

PLTS sistem *off-grid* atau disebut juga dengan PLTS *stand alone* yang dimana sistem ini hanya akan disuplai oleh panel surya saja tanpa adanya pembangkit jenis lain yang membantu, sistem tipe iini sangat bergantung pada sinar matahari seutuhnya namun, panel surya tidak mampu mendapatkan sinar matahari terus menerus terutama pada kondisi malam hari. Maka dari itu sistem ini membutuhkan media penyimpanan yaitu baterai. PLTS *off-grid* umumnya digunakan untuk menyuplai listrik ke daerah yang sangat terisolasi (Sianipar, 2014).

Dalam sistem PLTS *off-grid* ada beberapa parameter yang patut di pantau secara rutin yaitu parameter pada komponen *photovoltaic* (PV) yang dimana dalam menilai kinerja dari komponen *photovoltaic* tersebut dapat bekerja dengan semestinya

atau tidak, serta menentukan kualitas dari komponen *photovoltaic* tersebut. Apabila suatu komponen *photovoltaic* memiliki efisiensi yang baik, maka daya yang dihasilkan akan maksimal dan rugi-ruginya semakin kecil. Efisiensi pada suatu komponen *photovoltaic* dapat dipengaruhi oleh beberapa hal yaitu, radiasi matahari, luas kolektor daya *photovoltaic* dan kolektor daya maksimum *photovoltaic.* Dan parameter pada komponen baterai di pantau untuk mengetahui kondisi umur baterai dengan memperhatikan daya pengurasan dan daya yang tersimpan saat melakukan pengisian, serta parameter pada komponen beban di pantau untuk mengetahui kondisi maksimal penggunaan beban agar baterai tidak cepat terkuras habis energinya.

Beberapa teknik monitoring serta sistem koleksi data pembangkit listrik tenaga surya telah di usulkan dan dikembangkan oleh peneliti sebelumnya. Ada yang membuat Teknik monitoring dan kontrol PLTS berbasis GSM yang dikembangkan oleh gagliarducci. Adapun teknik lainnnya yaitu, monitoring PLTS menggunakan media komunikasi zigbee (Satria and Syafii, 2018) serta ada juga yang membuat prototipe sistem monitoring PLTS menggunakan Arduino dengan sensor-sensor berbasis web server sebagai media monitoring (Ulfah Tian, 2017). Pada penelitian ini dibuat suatu alat monitoring portabel dengan sistem telemetri dan berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dapat memonitoring parameter komponen PLTS secara real-time dimana hasil pengukurannya dikirim ke aplikasi *blynk* secara langsung.

Menurut *Institute of Electrical and Electronics Engineers,* IoT adalah sebuah jaringan dengan masing-masing benda yang dihubungkan dengan sensor-sensor dan terhubung ke dalam jaringan internet (Setiadi and Abdul Muhaemin, 2018) dan

telemetri adalah proses pengiriman besaran yang diukur secara jarak jauh melalui media komunikasi data (Munggaran, 2017). Besaran yang akan diukur dalam penelitian ini dari segi beban DC adalah arus, tegangan, daya, dan energi sedangkan dari segi beban AC adalah arus, tegangan, daya, energi, frekuensi dan *power factor*.

Oleh karena itu, pada penelitian ini telah dibuat sebuah alat telemetri PLTS yang sifatnya portabel sehingga dapat memonitoring sistem PLTS yang berbeda-beda dan hasil pengukurannya akan tampil pada aplikasi *blynk* secara *real-time* menggunakan sistem IoT sehingga ketika ada kerusakan atau penurunan performa yang terjadi pada sistem PLTS akan segera diketahui.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana merancang alat telemetri parameter pembangkit listrik tenaga surya berbasis *internet of things*?
2. Bagaimana unjuk kerja dari alat telemetri parameter pembangkit listrik tenaga surya berbasis *internet of things* yang di buat?

I.3 Tujuan Penelitian

1. Membuat alat telemetri yang mampu menampilkan hasil pembacaan nilai besaran pengukuran parameter PLTS sistem *off-grid* baik itu pada parameter komponen *photovoltaic,* komponen baterai dan komponen beban pada aplikasi *blynk*.
2. Mengetahui unjuk kerja alat telemetri PLTS sistem *off-grid* saat mengukur nilai parameter PLTS (tegangan, arus dan daya).

I.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa manfaat seperti yang di uraikan berikut ini:

1. Bagi mahasiswa, diharapkan dengan adanya penelitian ini mahasiswa mendapatkan pengalaman dalam pembuatan alat telemetri nilai besaran pengukuran parameter komponen pembangkit listrik tenaga listrik berbasis IoT.
2. Bagi institusi Universitas Hasanuddin, penelitian ini dapat berguna sebeagai alat pengukuran PLTS yang dapat menggantika alat ukur analog dan alat ukur digital yang tidak dapat di pantau perubahannya setiap saat.
3. Bagi peneliti, penelitian ini memiliki manfaat untuk menambah wawasan terkait pembangkit listrik tenaga surya serta membuat alat monitoring yang dapat mentelemetri nilai besaran pengukuran pembangkit listrik tenaga surya.

I.5. Batasan Masalah

Penelitian ini membatasi masalah penulisan guna mengoptimalkan hasil penelitian. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini ialah:

1. Memusatkan penelitian hanya pada pembangkit listrik yang bersistem *Off-grid*.
2. Memantau nilai parameter-parameter PLTS baik itu parameter pada komponen *photovoltaic*, komponen baterai dan komponen beban.
3. Memantau nilai besaran pengukuran parameter-parameter komponen PLTS yang akan di telemetri ke aplikasi *blynk* untuk monitoring secara *real-time.*

I.6. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisikan gambaran umum penelitian yang dilakukan meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan terkait tentang rancang bangun alat telemetri PLTS berbasis IoT

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini membahas tentang teori telemetri, pembangkit listrik tenaga matahari, modul ESP32, modul PZEM-016, modul PZEM-017, RS-485 *converter* dan aplikasi *blynk* yang diambil sebagai bahan referensi terkait dengan penelitian yang dilakukan.

BAB III METODOLOGI PENULISAN

Pada bab ini berisikan mengenai jenis penelitian, waktu dan lokasi penelitian, tahapan penelitian, tahapan pengambilan data, alat dan bahan yang digunakan, tahap perancangan, metode pengambilan data dan proses pengujian serta pengambilan data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai hasil pengujian alat penelitian dan Perbandingan hasil pembacaan yang terbaca pada alat telemetri dengan yang terbaca pada multimeter standar sebagai alat validasi.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian yang diperoleh pada bab sebelumnya dan saran-saran yang dapat berguna dalam pengembangan studi kasus pada penelitian selanjutnya di masa yang akan datang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Pengertian Telemetri

Telemetri adalah penggunaan telekomunikasi untuk merekam dan mengirimkan sinyal pengukuran secara otomatis dari suatu alat ukur yang berada pada jarak jauh. Selanjutnya informasi hasil pengukuran tersebut dikirimkan dengan berbagai cara menuju user. Sistem telemetri bertujuan untuk mengambil suatu data dari tempat yang lokasinya jauh dan mengirimkannya ke stasiun pusat untuk diolah (Munarso and Suryono, 2014).

II.2. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya atau PLTS merupakan sumber energi listrik alternatif yang memanfaatkan sinar matahari. Sinar matahari memiliki peranan penting pada proses yang terjadi di alam. Manfaat sinar matahari dapat dirasakan langsung oleh masyarakat, contoh untuk menjemur pakaian atau menjemur hasil bumi. Potensi energi yang dihasilkan oleh matahari sangatlah banyak. PLTS merupakan bentuk pemanfaatan sinar matahari. Pembuatan pembangkit listrik tenaga surya ini menggunakan sistem *photovoltaic* atau biasa disingkat PV.

Kata "*photovoltaic*" terdiri dari dua kata yaitu photo dan volta. Photo yang berarti cahaya (dari bahasa Yunani yaitu phos, photos: cahaya) dan Volta (berasal dari nama seorang fisikawan Italia yang hidup antara tahun 1745-1827 yang bernama Alessandro Volta) yang berarti unit tegangan listrik. Dengan kata lain, arti *photovoltaic*

yaitu konversi cahaya matahari secara langsung untuk diubah menjadi listrik. Oleh karena itu, kata *photovoltaic* biasa disingkat PV.(Ulfah Tian, 2017) .

Dalam instalasi pembangkit listrik tenaga surya, ada 4 komponen penting yang harus terpasang agar PLTS dapat berfungsi secara optimal yaitu:

1) Panel surya, merupakan komponen utama yang harus ada dalam sebuah sistem PLTS yang berfungsi untuk mengubah energi radiasi matahari menjadi energi listrik. Terdapat 2 jenis modul surya, yaitu Modul *Crystalline* dan Modul *Thin Film* Berikut merupakan tabel efisiensi dari setiap modul surya (Latasya *et al.*, 2019):

Tabel 1.1 Perbandingan Efisiensi Modul surya

Jenis Modul Surya	Efisiensi Modul Surya
Monocrystalline	15%-18%
Polycrystalline	13%-16%
Amorphous Silicon	6%-8%
Cadmium Teluride	9%-11%
Copper Indium Gallium Diselinide (CIGS)	10%-12%

2) Controller atau sering disebut *Solar Charge Controller* (SCC) merupakan komponen/peralatan pendukung yang berfungsi untuk mengatur *charging* dan *discharging* baterai dengan mengatur energi yang dapat diisi ke baterai setelah diproduksi oleh panel surya dan berapa besar pelepasan energi tersebut ke beban.

3) Baterai, merupakan komponen pendukung yang difungsikan untuk menyimpan energi yang dihasilkan oleh panel surya. Beberapa teknologi baterai yang umum dikenal adalah lead acid, alkalin, NiFe, Ni-Cad dan Li-ion. Masing-masing jenis baterai memiliki kelemahan dan kelebihan baik dari segi teknis maupun ekonomi (Sianipar, 2014).

Adapun faktor yang harus diperhatikan dalam menentukan jenis dan kapasitas baterai untuk suatu PLTS dan pengaruhnya pada umur baterai antara lain:

a. *Depth of Discharge* (DOD). DOD merupakan penentuan berapa besar daya baterai yang dapat ditansferkan ke beban melalui inverter. Daya dari baterai tidak dapat ditransferkan keseluruhan hingga baterai kosong, ini akan mengurangi kualitas baterai dari segi umur pakai baterai.

b. *State of charge* (SOC) merupakan penentuan berapa besar daya yang akan tetap tersimpan dalam baterai selama prores pengisian baterai berlangsung. Jika DOD 80%, maka SOC sebesar 20%. Ini artinya, ketika baterai dalam keadaan terisi penuh 100%, maka hanya 80% yang dapat ditransferkan ke beban (Latasya *et al.*, 2019).

4) Inverter adalah perangkat elektrik yang digunakan untuk mengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus listrik bolak balik (AC).

Sistem PLTS terdiri dari modul *photovoltaic*, *solar charge controller* atau inverter jaringan, baterai, inverter baterai, dan beberapa komponen pendukung lainnya. Ada beberapa jenis sistem PLTS, baik untuk sistem yang tersambung ke jaringan listrik PLN (*on-grid*) maupun sistem PLTS yang berdiri sendiri atau tidak terhubung ke jaringan listrik PLN (*off-grid*) (Syahwil and Kadir, 2021).

II.3. Komponen – komponen alat

Komponen-komponen penunjang yang ada di dalam alat telemetri PLTS bersistem *off-grid* untuk lebih jelasnya diuraikan sebagai berikut.

II.3.1 ESP32

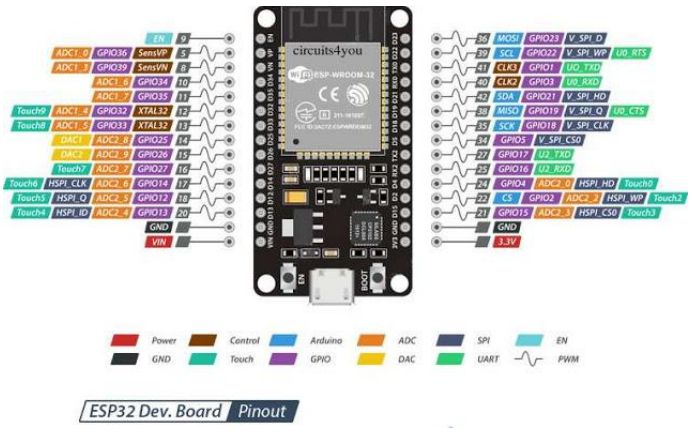
ESP32 adalah mikrokontroler yang dikenalkan oleh *Espressif System* merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266. Pada mikrokontroler ini sudah tersedia modul WiFi dalam *chip* sehingga sangat mendukung untuk membuat sistem aplikasi IoT (Muliadi, Imran and Rasul, 2020).

Gambar 2.1 Modul ESP32

(sumber : www.edukasielektronika.com)

ESP32 adalah suatu sistem dengan biaya yang rendah dan mengkonsumsi daya yang relatif rendah pada seri chip (SoC) dengan Wi-Fi & kemampuan Bluetooth dua mode. Pada intinya, terdapat mikroprosesor Tensilica Xtensa LX6 *dual-core* atau *single-core* dengan *clock rate* hingga 240 MHz. ESP32 sudah terintegrasi dengan *built-in antenna switches, RF balun, power amplifier, low-noise receive amplifier, filters, and power management modules*. Alat ini didesain untuk perangkat seluler, perangkat elektronik yang dapat dipakai, dan aplikasi IoT, ESP32 juga bekerja dengan konsumsi daya sangat rendah melalui fitur hemat daya termasuk *fine resolution clock gating, multiple power modes, and dynamic power scaling* (Prastyo, 2019).

Diperlihatkan pada gambar 2.2 pin out dari modul ESP 32 secara detail.



Gambar 2.2 Pin Out Modul ESP32
(sumber: www.edukasielektronika.com)

Adapun fitur dan spesifikasi dari ESP 32 yaitu :

a. *Processors:*

- *Main processor: Tensilica Xtensa 32-bit LX6 microprocessor*
- *Cores: 2 or 1 (depending on variation)*
- *Clock frequency: up to 240 MHz*
- *Performance: up to 600 DMIPS*
- *Ultra low power co-processor: allows you to do ADC conversions, computation, and level thresholds while in deep sleep.*

b. *Wireless connectivity:*

- *Wi-Fi: 802.11 b/g/n/e/i (802.11n @ 2.4 GHz up to 150 Mbit/s)*
- *Bluetooth: v4.2 BR/EDR and Bluetooth Low Energy (BLE)*

c. *Memory:*

- *Internal memory:*
- *ROM: 448 KiB*
- *SRAM: 520 KiB*
- *RTC fast SRAM: 8 KiB*
- *RTC slow SRAM: 8 KiB*
- *eFuse: 1 Kibit*

- *Embedded flash:*
    - *0 MiB (ESP32-D0WDQ6, ESP32-D0WD, and ESP32-S0WD chips)*
    - *2 MiB (ESP32-D2WD chip)*
    - *4 MiB (ESP32-PICO-D4 SiP module)*

d. *Security:*

- *IEEE 802.11 standard security features all supported, including WFA,WPA/WPA2 and WAPI*
- *Secure boot*
- *Flash encryption*
- *1024-bit OTP, up to 768-bit for customers*
- *Cryptographic hardware acceleration: AES, SHA-2, RSA, elliptic curve cryptography (ECC), random number generator (RNG)*(Prastyo, 2019).

II.3.2 PZEM-017 DC *communication module*

PZEM-017 adalah modul komunikasi DC yang dapat mengukur daya DC hingga 300V dan pengukuran arus berlebih pada rentang pemasangan shunt eksternal 50A, 100A, 200A, dan 300A. Modul ini dapat mengukur tegangan, arus, daya dan energi. Meskipun PZEM-017 tidak memiliki display, tetapi PZEM-017 ini memiliki komunikasi RS485 built in menggunakan protokol Modbus-RTU yang mirip dengan kebanyakan perangkat industri. Nilai yang dapat diukur oleh modul ini dapat

ditampilkan pada PC/Laptop menggunakan konverter UART ke RS485 dengan perangkat lunak yang disertakan (Solarduino, 2020b).

Gambar 2.3 Modul PZEM-017
(sumber: solarduino.com)

Berikut ini adalah deskripsi dan pengaplikasian dari modul PZEM-017:

- Untuk pengukuran tegangan modul ini memiliki rentang pengukuran 0,05-300 Volt dengan resolusi tegangan 0,01 Volt serta ke akurasi pengukuran sebesar 1%. (Ketika menggunakan sumber daya yang >7 Volt maka harus menggunakan power supply yang independent).
- Untuk pengukuran arus modul ini memiliki rentang pengukuran 0,02-300 A dengan resolusi 0,01 A serta akurasi pengukuran sebesar 1%.
- Untuk pengukuran daya modul ini memiliki rentang pengukuran 0,2-90kW dengan resolusi 0,1 Watt serta akurasi pengukuran sebesar 1%.
- Untuk pengukuran konsumsi energi modul ini memiliki rentang pengukuran 0-9999kWh dengan resolusi 1Wh serta akurasi pengukuran 1%.

- Dalam modul ini ambang tengangan dapat di atur menjadi ambang tegangan tinggi dan ambang tegangan rendah, saat tengangan terukur melebihi ambang batas maka alarm dari modul ini akan berbunyi. (Ambang batas tegangan tertinggi adalah 300V dan Ambang batas tegangan rendah adalah 7V) (Solar-thailand, no date).

II.3.3 PZEM-016 AC *communication module*

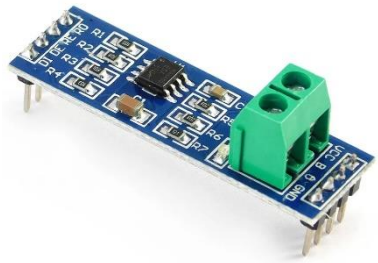
PZEM-016 adalah perangkat akuisisi energi AC yang mengukur tegangan, arus, daya, energi, frekuensi, dan faktor daya. Datanya dapat dibaca melalui software RS485 dan aplikasi. Modul ini memiliki ke samaan dengan modul PZEM-017 yaitu memiliki komunikasi RS485 built in menggunakan protokol Modbus-RTU yang mirip dengan kebanyakan perangkat industry (Solarduino, 2020a).

Gambar 2.4 Modul PZEM-016
(sumber: solarduino.com)

Berikut ini adalah deskripsi dan pengaplikasian dari modul PZEM-016:

- Untuk pengukuran tegangan modul ini memiliki rentang pengukuran 80~260 Volt dengan resolusi tegangan 0,1 Volt serta ke akurasi pengukuran sebesar 0,5%.
- Untuk pengukuran arus modul ini memiliki rentang pengukuran 0~100 A dengan resolusi 0,001 A serta akurasi pengukuran sebesar 0,5% diamana modul ini mulai mengukur arus pada kondisi arus sebesar 0,02 A.
- Untuk pengukuran daya modul ini memiliki rentang pengukuran 0~23kW dengan resolusi 0,1 Watt dengan format tampilan (jika nilainya < 1000W, modul ini menampilkan satu desimal, seperti: 999.9W dan jika nilainya ≥1000W, modul ini hanya menampilkan bilangan bulat, seperti: 1000W) serta akurasi pengukuran sebesar 0,5%.
- Untuk pengukuran konsumsi energi aktif modul ini memiliki rentang pengukuran 0~9999,99kWh dengan resolusi 1Wh serta akurasi pengukuran 0,5% dengan format tampilan {jika nilainya <10kWh, nilai yang di tampilkan dalam satuan Wh (1kWh = 1000Wh), seperti: 9999Wh dan jika nilainnya ≥10kWh, nilai yang di tampilkan dalam satuan kWh, seperti: 9999.99kWh}(Amazon.com, no date).

II.3.4 RS-485 TTL Converter



Gambar 2.5 Modul RS-485
(sumber: solarduino.com)

RS-485 menyediakan komunikasi serial yang kuat untuk jarak jauh hingga 1200 meter (4000′) atau di lingkungan yang bising secara elektrik dan biasanya digunakan di lingkungan industri. Ini mendukung kecepatan data hingga 2.5MBit / Detik, tetapi seiring bertambahnya jarak, kecepatan data maksimum yang dapat didukung akan turun. Modul RS-485 menangani konversi sinyal listrik antara TTL dan pensinyalan diferensial yang digunakan oleh RS-485.

Manfaat yang signifikan dari RS-485 adalah mendukung beberapa perangkat (hingga 32) pada kabel yang sama, biasanya disebut sebagai 'multi-drop'. Perangkat ini biasanya diatur dalam konfigurasi Master / Slave dengan satu Master dan satu atau lebih perangkat Slave. Karena mereka semua berbagi bus yang sama, untuk menghindari konflik perangkat Slave hanya berbicara ketika mereka dimintai sesuatu oleh Master (Stevens, 2021).

RS-485 menggunakan pensinyalan diferensial dan hanya membutuhkan 2 kabel dan kesamaan. Sinyal diferensial beroperasi dengan meletakkan sinyal pada 1 kabel dan kebalikan dari sinyal pada kabel lainnya. Ini meningkatkan kekebalan noise sinyal dan kemampuan untuk memulihkan sinyal di ujung kabel karena noise cenderung berpasangan ke kedua jalur secara merata dan oleh karena itu dibatalkan di ujung penerima.

Modul ini memiliki dua header 4-pin pada rakitan,

- **1 x 4 Header (Sisi data)**

- **RO** = Output Penerima. Menghubungkan ke pin RX serial pada mikrokontroler.
- **RE** = Penerima Aktif. Aktif RENDAH. Menghubungkan ke pin keluaran digital pada mikrokontroler. Drive LOW untuk mengaktifkan receiver, HIGH untuk mengaktifkan Driver.
- **DE** = Driver Aktifkan. TINGGI aktif. Biasanya beralih ke RE Pin.
- **DI =** Input Pengemudi. Menghubungkan ke pin TX serial pada mikrokontroler.

➢ **1 x 4 Header (Sisi keluaran)**

- **VCC** = 5V.
- **B** = Data 'B' Garis Terbalik. Sama dengan B.
- **A =** Data 'A' Garis Tidak Terbalik. Menghubungkan ke modul A di ujung jauh.
- **GND** = Tanah.

➢ **1 x 2 Blok Terminal Sekrup (sisi keluaran)**

1. **B** = Data 'B' Garis Terbalik. Menghubungkan ke B pada modul ujung jauh.
2. **A** = Data 'A' Garis Tidak Terbalik. Menghubungkan ke modul A di ujung jauh (Stevens, 2021).

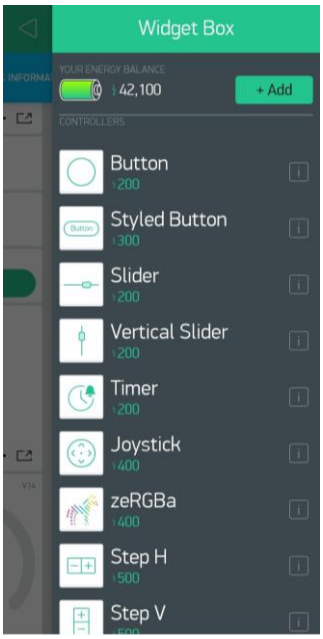
II.3.5 Aplikasi *Blynk*

Gambar 2.6 Aplikasi Blynk

Blynk adalah platform untuk aplikasi OS Mobile (iOS dan Android) yang bertujuan untuk kendali module Arduino, Raspberry Pi, ESP8266, WEMOS D1, dan module sejenisnya melalui Internet. Aplikasi ini merupakan wadah kreatifitas untuk membuat antarmuka grafis untuk proyek yang akan diimplementasikan hanya dengan metode drag and drop *widget*. Penggunaannya sangat mudah untuk mengatur semuanya

dan dapat dikerjakan dalam waktu kurang dari 5 menit. *Blynk* tidak terikat pada papan atau module tertentu. Dari platform aplikasi inilah dapat mengontrol apapun dari jarak jauh, dimanapun kita berada dan waktu kapanpun. Dengan catatan terhubung dengan internet dengan koneksi yang stabil dan inilah yang dinamakan dengan sistem IoT.

Aplikasi *Blynk* memiliki 3 komponen utama yaitu Aplikasi, Server, dan Libraries. *Blynk* server berfungsi untuk menangani semua komunikasi diantara smartphone dan hardware. *Widget* yang tersedia pada *Blynk* diantaranya adalah *Button, Value Display, History Graph, Twitter, dan Email. Blynk* tidak terikat dengan beberapa jenis microcontroller namun harus didukung hardware yang dipilih. NodeMCU dikontrol dengan Internet melalui WiFi,*chip* ESP8266, *Blynk* akan dibuat online dan siap untuk IoT (MANURUNG, 2020).



Gambar 2.7 Widget Box Aplikasi Blynk