

LAPORAN PROYEK AKHIR

**SISTEM TELEMETRI UNTUK BATTERY MANAGEMENT
SYSTEM (BMS) PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
SURYA BERBASIS IoT**

NOUVAL GAZABI

NIM. 2020305017

Pembimbing

Dr. Hendri Novia Syamsir,ST, M.Eng

ROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK

POLITEKNIK CALTEX RIAU

2024

LAPORAN PROYEK AKHIR

**SISTEM TELEMETRI UNTUK BATTERY MANAGEMENT
SYSTEM (BMS) PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
SURYA BERBASIS IoT**

NOUVAL GAZABI

NIM. 2020305017

Pembimbing

Dr. Hendri Novia Syamsir,ST, M.Eng

PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK

POLITEKNIK CALTEX RIAU

2024

HALAMAN PENGESAHAN
**SISTEM TELEMETRI UNTUK BATTERY
MANAGEMENT SYSTEM (BMS) PADA
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA
BERBASIS IoT**

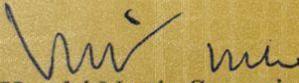
Nouval Gazabi
NIM. 2020305017

Proyek Akhir ini diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Serjana Terapan Teknik (S.Tr.T) di Politeknik Caltex Riau

Pekanbaru, 15 Agustus 2024

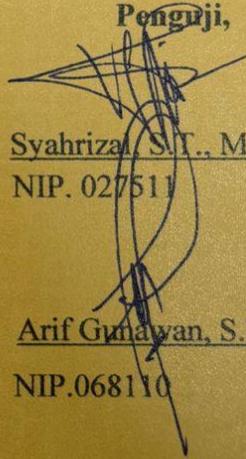
Disetujui oleh:

Pembimbing,



Dr. Hendri Novia Syamsir, S.T., M.Eng.
NIP. 157001

Penguji,

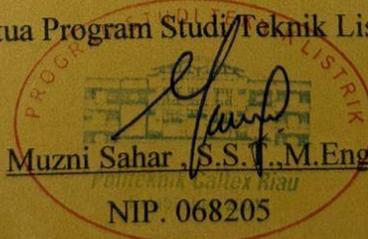


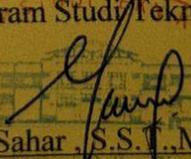
1. Syahrizal, S.T., M.T.
NIP. 027511

2. Arif Gunawan, S.T., M.T.
NIP.068110

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Listrik




Muzni Sahar, S.S.T., M.Eng.
NIP. 068205

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam proyek akhir yang berjudul:

“SISTEM *TELEMETRI* UNTUK *BATTERY MANAGEMENT SYSTEM* (BMS) PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA BERBASIS *IoT*”

Adalah benar hasil karya saya, dan tidak mengandung karya ilmiah atau tulisan yang pernah diajukan di suatu Perguruan Tinggi.

Setiap kata yang dituliskan tidak mengandung plagiat, pernah ditulis maupun diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam laporan proyek akhir ini dan disebutkan pada daftar pustaka. Saya siap menanggung seluruh akibat apabila terbukti melakukan plagiat.

Pekanbaru, 15 Agustus 2024



Nouval Gazabi

ABSTRAK

Battery Management System (BMS) adalah teknologi penting yang digunakan untuk mengoordinasikan dan mengelola kondisi baterai secara real-time. BMS bertanggung jawab atas pengawasan parameter penting seperti tegangan, arus, suhu, dan status pengisian baterai. Implementasi BMS juga terbukti meningkatkan tingkat keamanan dengan mengurangi risiko kegagalan baterai yang dapat menyebabkan kebakaran atau ledakan. Dapat disimpulkan bahwa BMS adalah komponen yang penting pada baterai dan harus bersatu terus menerus dimana saja dan jarak jauh sekalipun untuk memastikan agar kondisi baterai benar-benar dilindungi oleh BMS. Oleh karena itu pada proyek akhir ini membuat sebuah sistem telemetri untuk Battery Management System (BMS) Narada 48NPFC80 Melalui protokol Modbus RTU dan RS485, yang kemudian diteruskan ke modul wemos esp8266 dan dikirimkan melalui WiFi ke server cloud atau aplikasi berbasis web seperti Blynk. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem IoT yang digunakan mampu mendeteksi ketidakseimbangan tegangan antar sel baterai dengan akurasi tinggi, memberikan peringatan melalui aplikasi Blynk setiap kali perbedaan tegangan antar sel melebihi ambang batas yang ditentukan. Selain itu, sistem menunjukkan kesesuaian yang baik dengan pengukuran manual menggunakan alat ukur eksternal, dengan perbedaan rata-rata kurang dari 0.1 V untuk tegangan sel, kurang dari 1°C untuk suhu, dan kurang dari 2% untuk pengukuran arus. Pengujian daya dan cut-off juga menunjukkan bahwa sistem telemetri IoT ini dapat diandalkan untuk menjaga parameter penting dari BMS Narada 48NPFC80, memastikan pemutusan pengisian dan pengosongan baterai pada batas yang telah ditentukan untuk melindungi baterai dari kondisi overcharge dan overdischarge.

Kata Kunci : Sistem Telemetri, Battery Management System (BMS), Narada 48NPFC80, Modul Wemos ESP8266, RS485, Blynk, Modbus RTU

ABSTRACT

Battery Management System (BMS) is an important technology used to coordinate and manage battery conditions in real-time. The BMS is responsible for monitoring important parameters such as voltage, current, temperature and battery charge status. BMS implementation has also been proven to increase the level of safety by reducing the risk of battery failure which could cause a fire or explosion. It can be concluded that the BMS is an important component in the battery and must be united continuously anywhere and even over long distances to ensure that the battery condition is truly protected by the BMS. Because of this in this final project creates a telemetry system for the Narada 48NPFC80 Battery Management System (BMS) via Modbus RTU and RS485 protocols, which is then forwarded to the ESP8266 wemos module and sent via WiFi to a cloud server or web-based application such as Blynk. The test results show that the IoT system used is able to detect voltage imbalances between battery cells with high accuracy, providing a warning via the Blynk application whenever the voltage difference between cells exceeds a specified threshold. Additionally, the system showed good agreement with manual measurements using external measuring instruments, with average differences of less than 0.1 V for cell voltage, less than 1°C for temperature, and less than 2% for current measurements. Power and cut-off tests also show that this IoT telemetry system can be relied on to maintain critical parameters of the Narada 48NPFC80 BMS, ensuring battery charging and discharging at predetermined limits to protect the battery from overcharge and overdischarge conditions.

Keywords: Telemetry System, Battery Management System (BMS), Narada 48NPFC80, Wemos ESP8266 module, RS485, Blynk, Modbus RTU

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan berkat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proyek akhir yang berjudul “SISTEM *TELEMETRI* UNTUK *BATTERY MANAGEMENT SYSTEM* (BMS) PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA BERBASIS *IoT*”. Proyek akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan jenjang pendidikan Diploma 4 pada Program Studi Teknik Listrik Politeknik Caltex Riau.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah banyak memberikan bantuan dan dukungan yang tak terhingga baik secara langsung maupun tidak langsung. Ucapan terima kasih tersebut penulis tujukan kepada:

1. Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis bisa menyelesaikan tugas akhir ini tepat waktu.
2. Kedua Orang tua penulis yang selalu memberikan do,a dan motivasi sehingga bisa menyelesaikan tugas akhir tepat waktu
3. Bapak Dr.Hendri Novia Syamsir S.T.,M.Eng. selaku dosen pembimbing utama dan Bapak Imam Suri Tauladan S.T.,M.T selaku dosen pembimbing, yang telah memberikan ilmu dan bimbingan dengan penuh kesabaran kepada penulis dalam menyelesaikan template proyek akhir.
4. Bapak Dr. Dadang Syarif Sihabudin Sahid,S.Si.,M.Sc. selaku Direktur Politeknik Clatex Riau yang telah memberikan dukungan moral dalam menyelesaikan proyek akhir.
5. Seluruh Laboran Program Studi Teknik Listrik yang telah memberikan bekal ilmu serta bimbingan kepada

penulis dalam menyelesaikan proyek akhir.

6. Teruntuk teman-teman Teknik Listrik di angkatan G20 Politeknik Caltex Riau, abang kakak, adik-adik serta seluruh teman-teman yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan semangat dan motivasinya agar penulis dapat menyelesaikan laporan proyek akhir ini.

Penulis sangat menyadari sepenuhnya bahwa laporan proyek akhir ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu segala jenis kritik, saran dan masukan yang membangun sangat penulis harapkan agar dapat memberikan wawasan bagi pembaca dan yang paling utama penulis sendiri.

Pekanbaru, 15 Agustus 2024

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Nouval Gazabi', written in a cursive style.

Nouval Gazabi

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan dan Manfaat	4
1.4.1 Tujuan	4
1.4.2 Manfaat	5
1.5 Metode Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB II	8
TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Penelitian Terdahulu	8
2.2 Landasan Teori.....	12
2.2.1 Sistem Telemetri	12
2.2.2 BMS (Battery Management System).....	13

2.2.3	Baterai LiFePo4 25Ah	22
2.2.4	RS485 (Recommended Standard 485)	24
2.2.5	MODUL WEMOS ESP 8266	26
2.2.6	MCB DC	27
2.2.7	Voltmeter Digital	29
2.2.8	Aplikasi Blynk	30
BAB III		32
PERANCANGAN.....		32
3.1	Perancangan Sistem.....	32
3.1.1	Diagram Blok Sistem	32
3.1.2	Flow Chart Sistem	33
3.2	Perancangan Rangkaian Mikrokontroler.....	36
3.3	Perancangan Layout.....	38
BAB IV		39
PENGUJIAN DAN ANALISIS PENGUJIAN		39
4.1	Hasil Realisasi Perancangan	39
4.1.1	Hasil Realisasi Perancangan Hardware	39
4.1.2	Hasil Realisasi Perancangan Software	40
4.2	Pengujian Data.....	44
4.2.1	Pengujian Keseimbangan Sel Baterai.....	45
4.2.2	Pengujian Suhu	46
4.2.3	Pengujian status kesehatan (SOH)	47
4.2.4	Pengujian status pengisian (SOC)	48
4.2.5	Pengujian Arus dan Tegangan Total	49

4.2.6	Pengujian Daya	50
4.3	Pengujian Cut-off	51
4.3.1	Discharging	51
4.4	Pengujian Kapasitas Baterai 25Ah	53
BAB V	.....	55
PENUTUP	.....	55
5.1	Kesimpula	55
5.2	Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	.....	57
LAMPIRAN I	.....	58
LAMPIRAN II	.....	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 BMS Narada 48NPFC80.....	13
Gambar 2. 2 Baterai LifePO4 3.2V 25Ah.....	22
Gambar 2. 3 RS485 (Recommended Standard 485)	24
Gambar 2. 4 Module Wemos.....	26
Gambar 2. 5 MCB DC 25A.....	27
Gambar 2. 6 Voltmeter digital 0.28 inci.....	29
Gambar 2. 7 Blynk	30
Gambar 3. 1 Blok diagram Sistem telemetri untuk battery managment system (BMS) pada pembangkit listrik tenaga surya berbasis IoT	32
Gambar 3. 2 Flowchart Sistem.....	34
Gambar 3. 3 Perancangan rangkaian mikrokontroler	36
Gambar 3. 4 Perancangan Layout.....	38
Gambar 4. 1 Hasil Perancangan Hardware	39
Gambar 4. 2 Rincian Komponen	40
Gambar 4. 3 Hasil Perancangan Software.....	40
Gambar 4. 4 Pengujian keseimbangan sel baterai.....	45
Gambar 4. 5 Pengujian Daya.....	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu	10
Tabel 2. 2 Spesifikasi BMS Narada 48NPFC80.....	15
Tabel 2. 3 Configuration BMS Narada 48NPFC80	18
Tabel 2. 4 Alamat Modbus	18
Tabel 2. 5 Spesifikasi Baterai LiFePO4.....	22
Tabel 2. 6 Spesifikasi RS485	24
Tabel 2. 7 Tabel MCB DC	27
Tabel 4. 1 Data pengukuran aplikasi BLYNK	44
Tabel 4. 2 Data Pengukuran Alat Ukur	44
Tabel 4. 3 Data Pengurusan	51
Tabel 4. 4 Data Pengecasan	52

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam upaya untuk meningkatkan penggunaan energi terbarukan, pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) telah menjadi salah satu solusi yang paling menjanjikan. Energi surya yang dihasilkan melalui panel surya dapat disimpan dalam baterai untuk digunakan saat matahari tidak bersinar, seperti pada malam hari atau selama cuaca mendung. Penggunaan baterai dalam sistem PLTS memerlukan manajemen yang cermat untuk memastikan kinerja yang optimal dan masa penggunaan yang panjang. Sistem penyimpanan energi berbasis baterai merupakan komponen vital dalam berbagai aplikasi seperti kendaraan listrik, perangkat portabel, dan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Pengelolaan dan pemantauan baterai yang tepat sangat penting untuk memastikan efisiensi, keamanan, dan umur panjang baterai. Dalam hal ini, *Battery Management System* (BMS) memainkan peran krusial.

Battery Management System (BMS) adalah sistem elektronik yang mengelola dan memantau kondisi baterai untuk memastikan operasional yang aman dan efisien. Fungsi utama BMS meliputi pemantauan tegangan sel, pengukuran arus, pengukuran tegangan dan suhu, penyeimbangan sel, serta proteksi terhadap kondisi berbahaya seperti *overcharge*, *overdischarge*, hubung singkat dan *overheating*. Baterai lithium-ion sangat sensitif terhadap *overcharge* (pengisian berlebih) dan *overdischarge* (pengosongan berlebih). *Overcharge* dapat menyebabkan pemanasan berlebih dan potensi kebakaran, sementara *overdischarge* dapat merusak sel baterai secara permanen. BMS memantau tegangan setiap sel dan memastikan bahwa baterai diisi dan dikosongkan dalam rentang yang aman. BMS melakukan penyeimbangan sel (*cell balancing*) untuk memastikan semua sel dalam baterai memiliki tingkat pengisian yang seragam. Baterai harus beroperasi dalam rentang

suhu tertentu untuk menjaga kinerja dan keselamatannya. Suhu yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat mempengaruhi kinerja baterai dan mempercepat degradasi. BMS menghitung status pengisian (*State of Charge* atau SoC) dan status kesehatan (*State of Health* atau SoH) baterai. Informasi ini penting untuk mengelola penggunaan baterai secara efisien, merencanakan pengisian ulang, dan memprediksi umur baterai. Dengan mengetahui SoC dan SoH, sistem dapat mengoptimalkan kinerja dan memperpanjang umur baterai.

Battery Management System (BMS) Narada 48NPFC80 adalah sistem yang dirancang khusus untuk mengelola baterai lithium-ion, terutama dalam aplikasi yang memerlukan penyimpanan energi yang andal dan efisien, seperti dalam Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). BMS ini menawarkan berbagai fitur dan fungsi untuk memastikan baterai beroperasi dengan aman dan optimal. BMS Narada 48NPFC80 mendukung protokol komunikasi seperti RS485, memungkinkan *integrasi* dengan *mikrokontroler* seperti modul WEMOS ESP8266. Data dari BMS dapat dikumpulkan dan dianalisis secara *real-time* melalui platform cloud. *Integrasi* dengan IoT memungkinkan pemantauan jarak jauh.

Internet of Things (IoT) adalah konsep yang mengacu pada jaringan perangkat fisik yang terhubung ke internet dan mampu mengumpulkan, berbagi, dan menganalisis data. Mengingat akan pentingnya peran BMS dalam perlindungan baterai dan harus dipantau terus menerus dimana saja agar mengetahui kondisi baterai benar benar di lindungi oleh BMS, oleh karena itu proyek akhir ini akan membuat sistem IoT untuk BMS Narada 48NPFC80 yang memanfaatkan Modbus RTU pada BMS Narada 48NPFC80, yang menyediakan metode komunikasi yang handal dan efisien, memanfaatkan antarmuka RS485 dan protokol Modbus RTU, dengan pemantauan menggunakan aplikasi *Blynk*, menawarkan solusi inovatif untuk pemantauan dan pengelolaan baterai secara *real-time*. Implementasi sistem telemetri ini pada

pembangkit listrik tenaga surya meningkatkan efisiensi operasional dan keandalan sistem, serta mengurangi risiko kegagalan baterai dengan mendeteksi kondisi abnormal secara dini. Penggunaan aplikasi *Blynk* memberikan kenyamanan dan fleksibilitas bagi pengguna untuk memantau dan mengelola sistem baterai kapan saja dan di mana saja. Data dari BMS, seperti tegangan sel, arus, suhu, kapasitas baterai, dan status pengisian *State of Charge* atau (SoC), kesehatan baterai *State of Health* atau (SoH) dikirimkan melalui RS485 ke modul WEMOS ESP8266 yang bertindak sebagai *gateway* IoT. Dengan integrasi ini, BMS Narada 48NPFC80 dapat memberikan performa yang lebih baik, meningkatkan keandalan dan efisiensi sistem penyimpanan energi berbasis baterai dalam aplikasi PLTS.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka penulis merumuskan masalah untuk meningkatkan kinerja, *efisiensi*, dan keandalan BMS dalam aplikasi PLTS, diperlukan integrasi sistem IoT yang memungkinkan pemantauan *real-time*. Berikut adalah beberapa perumusan masalah yang dijadikan fokus dalam pengembangan dan implementasi BMS dengan sistem IoT:

- 1) Bagaimana mengimplementasikan pemantauan *real-time* yang andal untuk BMS Narada 48NPFC80 menggunakan IoT
- 2) Bagaimana Memastikan Keamanan dan Keandalan Data dalam Sistem IoT?
- 3) Bagaimana mengintegrasikan BMS dengan sistem PLTS secara keseluruhan untuk meningkatkan koordinasi dan efisiensi?
- 4) Bagaimana sistem IoT dapat memungkinkan manajemen dan pemantauan baterai dari jarak jauh?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah perlu diterapkan agar permasalahan yang akan di bahas nantinya menjadi terarah. Adapun batasan masalah dalam pengembangan proyek akhir ini adalah:

- 1) Konektivitas antara protokol Modbus RTU BMS Narada 48NPFC80 yang menggunakan RS485 dan *mikrokontroler* modul modul WEMOS ESP8266
- 2) pemantauan menggunakan aplikasi Blynk
- 3) parameter yang ditampilkan aplikasi *blynk* meliputi tegangan, arus, daya, kapasitas suhu, status kesehatan (*State of Health* atau SoH) dan status pengisian (*State of Charge* atau SoC) baterai.
- 4) Pemantauan tegangan 15 baterai (*cell balancing*).
- 5) BMS menggunakan BMS Narada 48NPFC80
- 6) Baterai yang digunakan LiFePo4 3.2V 25Ah

1.4 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dan manfaat dari sistem telemetri BMS Narada 48NPFC80 dengan berbasis IoT adalah:

1.4.1 Tujuan

Tujuan dari pembuatan proyek akhir ini adalah:

1. Sebagai syarat kelulusan mahasiswa D4 Teknik Listrik Politeknik Caltex Riau
2. Mengembangkan prototipe BMS yang terintegrasi dengan sistem IoT untuk pemantauan *real-time*
3. Alat ini akan memungkinkan pemantauan *real-time*, pengumpulan data, analisis jarak jauh
4. Notifikasi dan Pelaporan Otomatis jika terdeteksi kondisi abnormal atau masalah

1.4.2 Manfaat

Adapun manfaat dari pembuatan proyek akhir ini adalah:

- 1) Memperpanjang umur baterai, mengurangi frekuensi dan biaya penggantian.
- 2) Pemantauan jarak jauh mengurangi kebutuhan intervensi manual, memudahkan proses pemeliharaan.
- 3) Sistem PLTS dapat beroperasi dengan lebih efisien, mengurangi biaya operasional

1.5 Metode Penelitian

Metodologi penelitian diperlukan sebagai pondasi atau dasar dalam sebuah penelitian. Adapun metodologi yang digunakan dalam perancangan proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

1) Studi Literatur

Studi literatur yang akan dilakukan untuk menunjang pengerjaan perancangan proyek akhir kali ini dilakukan melalui:

- Pencarian informasi dari buku,
- jurnal,
- serta sumber yang terkait media berupa internet.

2) Diskusi

Bimbingan dengan dosen pembimbing perancangan pembuatan proyek akhir “Sistem Telemetry Untuk Battery Management System (BMS) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis IoT” kali ini, diperlukan perancangan yang optimal guna mendapatkan gambaran tentang alat yang akan dibuat.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dari proyek akhir ini, keseluruhan terdiri dari bab, pada masing-masing bab terdapat beberapa sub bab. Adapun pokok pembahasan dari masing-masing bab tersebut adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab I ini berisikan tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, metode penelitian dan sistematika penulisan terhadap penelitian yang akan dilakukan.

BAB II DASAR TEORI

Bab II ini berisikan tentang beberapa pembahasan mengenai penelitian yang akan dilakukan serta beberapa pembahasan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, dan berisikan landasan teori yang berkaitan dengan proyek akhir ini.

BAB III PERANCANGAN

Bab III ini berisikan tentang perancangan dari tugas akhir yang penulis buat, mulai dari perancangan blok diagram, flowchart, desain rangkaian kapasitor bank secara manual dan otomatis hingga perancangan sistem telemetri BMS berdasarkan pada teori-teori pendukung yang ada.

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS PENGUJIAN

Bab IV ini berisikan tentang pengujian alat dan Data pengujian serta analisis pengujian sistem telemetri BMS

BAB V PENUTUP

Dalam bab ini berisikan kesimpulan dan saran dari proyek akhir.

DAFTAR PUSTAKA

Dalam bab ini berisikan refrensi semua materi yang digunakan sebagai pendukung dalam menyelesaikan proyek akhir.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Pada bagian ini menjelaskan tentang tinjauan pustaka yang akan dipakai dalam pembuatan proyek akhir, berisi tentang penelitian terdahulu yang terkait tentang sistem telemetri berbasis IoT yang akan dibuat.

Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Fikran Fauzy, Dkk. (2022) dengan judul Rancang Bangun Alat Telemetri Parameter Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis IoT dirancang dengan sistem telemetri dengan mengukur nilai parameter-parameter komponen PLTS sistem *off-grid* menggunakan aplikasi *blynk*. Sistem telemetri ini terdiri dari PZEM-017 DC, PZEM-016 AC, Modul ESP32, Modul RS-485 TTL *Converter*, dan kabel jumper.

Hasil perbandingan pengukuran dengan menggunakan alat telemetri dan multimeter, dari gambar 4.1 dapat dilihat bahwa hasil pembacaan tegangan dan arus yang menggunakan alat dari segi parameter komponen photovoltaik adalah 14,03V dan 0,68A dan menggunakan multimeter adalah 13,9V dan 0,68A dan dari segi parameter komponen baterai tegangan yang terbaca pada alat adalah 12,30V dan pada multimeter adalah 12,1V.

Parameter PLTS yang dimonitoring terdiri dari tegangan, arus dan daya. Dan parameter komponen baterai dipantau untuk mengetahui status masa pakai baterai dengan memperhatikan daya yang dikonsumsi dan daya yang disimpan saat pengisian daya, serta parameter pada komponen pengisian daya dipantau untuk mengetahui kondisi penggunaan maksimum beban sehingga agar baterai tidak cepat terkuras dayanya. Parameter yang terukur alat antara alat *telemetri* berbasis IoT dan

pengukuran multimeter mempunyai tingkat kesalahan pengukuran tegangan sebesar 3,3%, arus sebesar 9,8% dan daya sebesar 12%.

Penelitian terdahulu lainnya yaitu penelitian oleh Riza Alfita, Dkk. (2021) dengan judul Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya Baterai Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Kontrol Beban Berbasis *Internet Of Things* dengan tujuan memudahkan pengguna panel surya dalam mengelola konsumsi daya baterai dan memantau kondisi baterai untuk berkerja dengan efektif dan efisien agar masa penggunaan baterai dapat bertahan lebih lama dan penggunaan PLTS menjadi lebih optimal. Sistem ini menggunakan komponen-komponen yang saling terhubung dengan masing masing fungsinya seperti *Raspberry* sebagai pengolahan data, *smartphone* sebagai alat komunikasi pembacaan parameter, dan sensor aktuator sebagai input dan outpnya. Hasil dari pengujian akurasi monitoring pengukuran, rata-rata nilai error sebesar 1,56%. Setelah memastikan bahwa sistem sangat akurat, pengujian menunjukkan bahwa sistem bekerja sesuai dengan tujuan studi, terbukti tidak ada penggunaan daya yang melebihi batas State of Charge (SoC) standar baterai bekas sebesar 30%.

Selain itu, terdapat juga penelitian terdahulu dari Ihsan, dkk. (2021) dengan judul rancang Bangun Battery Monitoring System (BMS) Berbasis LabVIEW. Perancangan ini adalah pengembangan monitoring kondisi *battery* untuk mobil listrik menggunakan laboratory virtual instrumentation engineering workbench (LabVIEW) yang merupakan fokus riset dalam mengembangkan teknologi transportasi kendaraan listrik. Sistem ini dirancang untuk memantau sis State of Charge (SoC) dan State of Health (SoH) dan mengontrol sel baterai pada penggunaan *betry pack* lithium. Komunikasi parameter yang diukur BMS adalah voltase, arus, dan suhu baterai. Sensor tegangan BMS sebagai pembagi tegangan dengan mempertimbangkan tegangan operasi konverter analog-ke-digital (ADC), penggunaan sensor arus ACS758 memantau kebutuhan arus maksimum dari motor listrik yang digunakan dan sensor suhu menggunakan PT100. Komunikasi serial digunakan untuk transmisi

data mikrokontroler ke LabVIEW dengan protokol transfer data yang membaca tegangan, arus dan data suhu dua digit. Protokol transfer data mikrokontroler tercantum pada diagram blok program LabVIEW dan ditampilkan di panel depan secara grafis.

BMS berbasis LabVIEW didesain untuk memonitoring kondisi battery menggunakan parameter tegangan, arus dan temperatur. Pembacaan sensor dan akuisisi data pada BMS dilakukan oleh microcontroller. Sensor tegangan pada BMS menggunakan prinsip pembagi tegangan, sensor arus yang digunakan adalah ACS 758 dan sensor suhu yang digunakan adalah RTD PT100. Data pembacaan sensor oleh microcontroller di kirimkan ke LabVIEW menggunakan komunikasi serial.

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti	Metode	Kelebihan	Kekurangan
Fikran Fauzy, Dkk. (2022)	Rancang Bangun Alat Telemetri Parameter Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis IoT	Alat telemetri sistem berbasis IoT menggunakan ESP32 dan sensor modul PZEM hasil pengukuran di tampilkan pada aplikasi <i>blynk</i> secara real-time parameter PLTS	Monitoring hanya menampilkan data tegangan, arus dan daya PLTS tidak menampilkan kondisi baterai saat pengurusan dan saat pengisian

Riza Alfita, Dkk. (2021)	Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya Baterai Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan Kontrol Beban Berbasis <i>Internet Of Things</i>	Sistem ini dapat mengatur konsumsi baterai dari jarak jauh melalui <i>smartphone</i> dan sistem monitoring menampilkan persentase daya baterai dan nontifikasi batas SOC baterai	Tidak adanya monitoring yang mengukur tegangan antar sel baterai dan penyeimbangan dari sel baterai ke sel baterai lainnya pada penggunaan baterai PLTS
Ihsan, dkk. (2021)	Ihsan, dkk. (2021) dengan judul rancang Bangun Battery Monitoring System (BMS) Berbasis LabVIEW	Pembacaan sensor di proses mikrokontroller menggunakan komunikasi serial LabVIEW, monitoring berupa tegangan arus dan suhu	Tidak adanya sistem untuk memonitoring kondisi <i>battery</i> SoC dan SoH dan monitoring untuk memprediksi kondisi <i>life time battery</i>

Berdasarkan penelitian terdahulu tersebut, penulis merancang Sistem Telemetry Untuk *Battery Management System* (BMS) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis IoT yang sistemnya akan mengacu kepada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Fikran Fauzy, dkk. Riza Alfita, dkk. Dan Ihsan, dkk. Proyek akhir ini penulis menambahkan sistem komunikasi monitoring jarak jauh untuk *Battery Management System* (BMS) untuk dapat memantau kinerja BMS.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Sistem Telemetry

Telemetry adalah teknologi yang memungkinkan pengukuran jarak jauh dan komunikasi informasi kepada perancang atau operator sistem. Kata telemetry berasal dari akar bahasa Yunani *tele* = jarak dan *metron* = pengukuran. Informasi hasil pengukuran dikirim ke pengguna dengan berbagai cara. Sistem telemetry bertujuan untuk mengambil data dari lokasi yang jauh dan mengirimkan data tersebut ke stasiun pusat untuk diproses.

Telemetry memungkinkan pengukuran dan pengumpulan data dari lokasi yang jauh dan mengirimkan data tersebut ke pusat pemantauan atau kontrol. Ini melibatkan penggunaan sensor untuk mengumpulkan data fisik, seperti suhu, tekanan, kelembaban, dan lain-lain, dan kemudian mengirimkan data tersebut melalui berbagai media komunikasi, seperti kabel, gelombang radio, atau jaringan seluler, ke sistem pemrosesan dan analisis data.

Berikut adalah komponen utama dari sistem telemetry:

- 1) Sensor: Alat yang mengukur parameter fisik tertentu.
- 2) Transmitter: Mengubah data dari sensor menjadi sinyal yang dapat dikirim.
- 3) Media Komunikasi: Saluran yang digunakan untuk mengirimkan data (misalnya, RS485, radio, internet).
- 4) Receiver: Menerima sinyal yang dikirim oleh transmitter.
- 5) Sistem Pemrosesan Data: Mengolah dan menganalisis data yang diterima.
- 6) Antarmuka Pengguna: Menampilkan data yang telah diproses dalam bentuk yang mudah dipahami.

2.2.2 BMS (Battery Management System)

2.2.2.1 BMS (Battery Management System) Narada 48NPFC80

BMS (Battery Management System) Narada 48NPFC80 adalah sistem manajemen baterai yang dirancang untuk mengelola, memantau, dan melindungi baterai litium dalam aplikasi energi, seperti tenaga surya. Narada adalah perusahaan yang terkenal dalam industri penyimpanan energi, dan model 48NPFC80 merupakan salah satu produknya yang digunakan dalam penyimpanan energi besar.



Gambar 2. 1 BMS Narada 48NPFC80

Prinsip kerja Battery Management System (BMS) pada Narada 48NPFC80 melibatkan pemantauan, pengendalian, dan perlindungan terhadap baterai untuk memastikan kinerja optimal, umur panjang, dan keselamatan. Berikut adalah penjelasan prinsip kerjanya:

1) Pemantauan Sel Baterai:

- BMS secara terus-menerus memantau tegangan, arus, dan suhu setiap sel baterai dalam sistem.
- Data ini digunakan untuk mengidentifikasi ketidakseimbangan atau masalah potensial pada sel individual.

2) Pengelolaan Pengisian dan Pengosongan:

- BMS mengatur arus pengisian dan pengosongan untuk memastikan bahwa sel-sel baterai tetap dalam rentang tegangan dan arus yang aman.
 - Ini mencegah over-charging (pengisian berlebih) dan over-discharging (pengosongan berlebih), yang dapat merusak sel baterai.
- 3) Balancing Sel:
- BMS melakukan balancing sel otomatis untuk memastikan bahwa semua sel baterai memiliki tingkat pengisian yang seragam.
 - Ini penting untuk mencegah ketidakseimbangan yang dapat mengurangi kapasitas dan umur baterai.
- 4) Perlindungan Keselamatan:
- BMS dilengkapi dengan berbagai mekanisme perlindungan, termasuk perlindungan terhadap over-voltage (tegangan berlebih), under-voltage (tegangan kurang), over-current (arus berlebih), short circuit (korsleting), dan suhu ekstrem.
 - Sistem ini akan memutuskan sirkuit atau mengurangi daya secara otomatis jika parameter tertentu melebihi batas yang aman.
- 5) Komunikasi dan Integrasi:
- BMS menggunakan protokol komunikasi seperti RS485 dan CAN untuk mengirim data ke perangkat eksternal, seperti kontroler sistem tenaga surya atau sistem pemantauan jarak jauh.
 - Protokol Modbus dan CANopen memungkinkan integrasi yang mudah dengan berbagai sistem otomatisasi dan pemantauan industri.
- 6) Pengolahan Data dan Alarm:
- Data yang dikumpulkan oleh BMS dianalisis untuk mendeteksi anomali atau kondisi abnormal.

- Jika ada masalah yang terdeteksi, BMS dapat mengaktifkan alarm dan memberikan notifikasi kepada pengguna atau sistem pengendalian.

7) Interaksi Pengguna:

- Pengguna dapat memantau status baterai secara real-time melalui antarmuka pengguna, seperti aplikasi atau dashboard online.
- Sistem pemantauan seperti Blynk dapat digunakan untuk melihat data dan mengontrol parameter dari jarak jauh menggunakan ESP32 dan protokol Modbus.

BMS Narada 48NPFC80 bekerja untuk memastikan bahwa baterai beroperasi dalam kondisi yang optimal dan aman. Ini dilakukan dengan memantau parameter penting, mengatur pengisian dan pengosongan, menyeimbangkan sel, dan menyediakan berbagai perlindungan. Dengan komunikasi yang baik dan kemampuan untuk mengirim data ke sistem pemantauan eksternal, BMS ini membantu dalam menjaga kinerja dan umur panjang baterai, serta memastikan keselamatan dalam penggunaannya.

Tabel 2. 2 Spesifikasi BMS Narada 48NPFC80

Spesifikasi	Spesifikasi
Tegangan Nominal	48 V
Kapasitas Nominal	80Ah
Maks Tegangan Pengisian	54.8V
Min Pengosongan	40V
Arus Pengisian Maks	80A
Arus Pengosongan Maks	100A
Suhu Operasional	-20C hingga 60c
Komunikasi	RS485, CAN
Protokol Komunikasi	Modbus, CANopen

- Tegangan dan Kapasitas: Menyediakan tegangan nominal 48V dengan kapasitas 80Ah, cocok untuk aplikasi tenaga surya dan penyimpanan energi.
- Arus dan Daya: Mendukung arus pengisian dan pengosongan tinggi, yang memungkinkan pengisian cepat dan daya keluaran yang besar.
- Komunikasi dan Protokol: Menggunakan RS485 dan CAN untuk komunikasi data, kompatibel dengan protokol Modbus dan CANopen untuk integrasi yang mudah dengan sistem pemantauan dan kontrol.
- Perlindungan Keselamatan: BMS ini dilengkapi dengan berbagai mekanisme perlindungan untuk memastikan operasi yang aman dan andal.
- Efisiensi dan Standar: Memiliki efisiensi tinggi dan mematuhi berbagai standar keselamatan internasional.

2.2.2.2 Modbus RTU BMS Narada 48NPFC80

Modbus RTU adalah salah satu protokol komunikasi yang digunakan dalam sistem otomasi industri untuk memungkinkan perangkat yang berbeda berkomunikasi satu sama lain. Dalam konteks BMS (Battery Management System) Narada 48NPFC80, Modbus RTU digunakan untuk mengelola dan memantau berbagai parameter baterai. Berikut adalah penjelasan mendalam tentang Modbus RTU dan bagaimana penggunaannya pada BMS Narada 48NPFC80, Penggunaan Modbus RTU pada BMS Narada 48NPFC80 adalah sebagai berikut

1. Alamat dan Identifikasi
 - Alamat Perangkat: Setiap BMS dalam jaringan Modbus RTU memiliki alamat unik. Ini memungkinkan master (seperti mikrokontroler atau PC) untuk mengidentifikasi dan berkomunikasi dengan setiap BMS secara individual.

2. Fungsi dan Operasi

Function Codes : Digunakan untuk mengakses berbagai fungsi pada BMS. Beberapa kode fungsi umum yang digunakan meliputi:

- Read Holding Registers (0x03): Membaca nilai dari register yang menyimpan data operasional baterai seperti tegangan, arus, suhu, dan status lainnya.
- Write Single Register (0x06): Menulis nilai ke satu register untuk mengonfigurasi atau mengendalikan pengaturan tertentu pada BMS.
- Read Input Registers (0x04): Membaca nilai dari register input yang mungkin berisi informasi status atau alarm.

3. Data Registers

- Holding Registers: Menyimpan data yang dapat dibaca atau diubah oleh master. Register ini dapat berisi informasi seperti tegangan sel, arus total, suhu, dan status kesehatan baterai.
- Input Registers: Menyediakan informasi status yang dapat dibaca oleh master, tetapi tidak dapat diubah.

Keuntungan Penggunaan Modbus RTU pada BMS Narada 48NPFC80

- Keandalan : Modbus RTU menggunakan CRC untuk memastikan integritas data, mengurangi risiko kesalahan transmisi.
- Kompatibilitas : Modbus RTU adalah protokol standar yang didukung oleh banyak perangkat, memudahkan integrasi dengan sistem lain.
- Efisiensi : Struktur frame Modbus RTU sederhana dan efisien, memungkinkan komunikasi data yang cepat dan handal.

1) Konfigurasi:

Setiap BMS dalam jaringan Modbus RTU memiliki alamat unik. Ini memungkinkan master untuk mengidentifikasi dan berkomunikasi dengan setiap BMS secara individual. Kisaran kode papan BMS adalah 0 - 15. Alamat dasar perangkat lunak BMS adalah 38. jadi alamat komunikasi BSS adalah (38+x), x adalah cudo ujung papan BMS. Dapat dilihat konfigurasi pada tabel 2. 3 dibawah ini

Tabel 2. 3 Configuration BMS Narada 48NPFC80

Code	Chill Code	Caption	Description
0x08		Read analog value	Support single/
0x11		Reed Pruduci Information	Stile/Version/Serial Number
0x19		lockunlock Ctrl	Support unlock, Set password

2) Data Information

Holding Registers adalah data yang dapat dibaca atau diubah oleh master. Register ini dapat berisi informasi seperti tegangan sel, arus total, suhu, dan status kesehatan baterai. Input Registers: Menyediakan informasi status yang dapat dibaca oleh master, tetapi tidak dapat diubah. Berikut merupakan alamat Modbus BMS NARADA 48NPFC80

Tabel 2. 4 Alamat Modbus

Registered Addr	nsta	Unit	Byt ez	Scal e fact or	Offset	PDU Yalue	Min datn value	Msx datn value
0x0fFF	Pxck Vojt	V	2	0.01	0	5.34305.3.4.5	0	64

0x1000	Current	A	2	0.1	10000	95054-49.5	IOO	100
0x1001	Remain capacity	Ah	2	0.1	0	560456	0	200
0x1002	Average Cell T	°C	2	0.1	— 400	300//— 10	MO	120
0x1003	Env T	OC		0.1	-400	300#-IO	MO	120
W 1004	Wm'ning Flag	#	z	i	0	See hollow Table	(TxOI JOU	Oxf RT
0x1003	Protection Flag	€	i	i	0	See fiollow Table	IJx0fl 00	0xffT f
(»i<»nr	rauii/si »u•	r	2	1	0	SeoFolnw Table	(him(	0xff
0x1007	SOC	?	2	0.(iI *%	0	1234#12.34	0	100
0x1008	Circul atc number	ñ	z	i	0	1009100	0	oz*» m
0x1009	SOH	s	2	0.01 %	0	1234# 12,34	0	100
0x100A	PCh "1'	OC		0.1	-400	.J00//-10	MO	1 20
0x100B	History Discharge	A		10	0	10#100		
0x100C	CellN um	#	2	1	0	10#10	0	1 S
0x100D	Ce)fV oltoge O	V	2	0.00 1	0	3000#3.000	0	5
0x100E	CcllV oltagc l	V	2	0.0 01	0	300003.00 0	0	5
0x100P	t/ellVo	V	2	0.00	0	3000#3.b00	0	5

	itag 2			1				
						100 1.000	0	5
Ox1 011	CollV oltage 4	V	2	0.00 1	0	300003.080	0	5
0xJOt2	CellV oltage 5	V						5
0x1013	CcIIV oltage 6	V	2	0.00 1	0	100fJ#1.000	0	S
0x1011	CellV oltage 7	V	2	0.00 1	0	.10U0#3.0U 0	0	5
0x1015	CellV OltBg c8	V	2	0.00 1	0	3000#8.000	0	5
0x1016	CeIIV oltage 9	V	2	0.00 1	0	3000#3.0b0	0	5
v*i i>i>	I:eiVo itagei	v						5
taxi A1 8	CellV oltage 1	V	2	0.00 1	0	3000n3.000	0	5
W 10 t9	CellV oltage I 2	V	2	II.11 1	0	fi000#.3.000	0	5
o<i o%	c*nvol togu	v	i	o.ai	o	s000<<.000	v	5
uxi<ois	cellvol togeJ	v	2	u.<x> i	<	>>Onn#.1.v<>>	<	5
6x10aC	CellV oltage I 5	V	2	0.00 1	0	3000#3.000	0	5
0x10Ik	Temy Num	*/	2	I	0	10#10	0	16
0x 101 E	Temp Cell 0	°C	2	0.I	— 400	3000— i 0	MO	1 20
Ox 101 h	Temg Cell 1	°C	2	0.1	-400	.J004-10	MO	120

0x120	Temp Ccell 2	°C	2	0.1	-400	3U6- IO	—41)	120
Oxi 02s	Temp Ccell 3	°C	2	D.1	-400	300#-10	—40	120
Ox1 022	Temp Cell 4	°C	2	0.1	—400	300a—10	—40	120
oxiozs	Temp Ccell 5	°C	2	0.1	-400	300#-10	-40	120
0.x 102d	Temp Cell 6	°C	2	D.1	—400	300#— 10	MO	120
								12U
Ox1 026	Temp Ccell 8	°C	2	0.1	-400	.3009-10	-40	120
0x1027	Temp Cell 9	°C	2	0.1	—400	3004— 10	MO	120
0x1028	Temp Cell 10	°C	2	0.1	-400	300a-10	40	12U
Ox1 02S	Temp Ccell 11	°C	2	0.1	—400	.3000— 10	MO	120
0x1 fi2A	Temp Cell12	°C	2	0.1	-408	10%-1fi	411	120
tix 102B	Temp Cell13	°C	2	D.1	—400	3U0Y-) 0	-4b	120
0x102C	Temp Cell 14	°C	2	0.1	-400	.300#-10	MO	121
0x102D	Temp Cell 15	°C	2	0.1	-400	3b00-10	-40	120
uyozr	Temp Ccell 16	°C	2	4.1	ii	560#56	∠	200
0x102F	Remain Charge time	min	2	1	0	1000100	0	655 35
0x i030	Remn Discharge time	min	2	1	0	1005108	fi	655 35

2.2.3 Baterai LiFePo4 25Ah

Baterai LiFePO₄ (Lithium Iron Phosphate) dengan spesifikasi 3.2V 25Ah adalah jenis baterai yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk sistem tenaga surya, kendaraan listrik, dan penyimpanan energi portabel. Berikut adalah spesifikasi umum dan beberapa karakteristik dari baterai LiFePO₄ 3.2V 25Ah.



Gambar 2. 2 Baterai LifePO4 3.2V 25Ah

Tabel 2. 5 Spesifikasi Baterai LiFePO4

Parameter	Spesifikasi
Tegangan Nominal	3.2V
Kapasitas Nominal	25Ah
Energi	80Wh
Pengisian Maksimum	3.65V
Pengosongan Minimum	2.5V
Arus Pengisian Standar	12.5A (0.5C)
Pengisian Maksimum	25A (1C)
Siklus Hidup	≥ 2000 siklus @ 1C pengisian/1C pengosongan, 80% DOD
Dimensi (L x W x H)	Bervariasi, biasanya sekitar 140 x 40 x 160 mm

Karakteristik dan kelebihan Baterai LiFePO₄

- 1) Keamanan:
 - Stabilitas Termal: LiFePO₄ dikenal memiliki kestabilan termal yang tinggi, yang mengurangi risiko kebakaran atau ledakan dibandingkan dengan jenis baterai lithium lainnya.
 - Keamanan Kimia: Komposisi kimia dari LiFePO₄ membuatnya lebih aman, karena tidak mudah melepaskan oksigen dalam kondisi overcharge atau suhu tinggi.
- 2) Umur Panjang:
 - Siklus Hidup: Baterai LiFePO₄ memiliki siklus hidup yang lebih panjang dibandingkan dengan baterai lithium-ion lainnya. Biasanya, dapat mencapai lebih dari 2000 siklus penuh (pengisian dan pengosongan) sebelum kapasitasnya menurun secara signifikan.
- 3) Densitas Energi:
 - Kepadatan Energi: Meskipun kepadatan energinya lebih rendah dibandingkan dengan baterai lithium-ion berbasis NMC (Nickel Manganese Cobalt), LiFePO₄ masih menawarkan kepadatan energi yang cukup untuk banyak aplikasi, dengan kelebihan kestabilan dan keamanan.
- 4) Kinerja:
 - Arus Pengisian dan Pengosongan: Baterai LiFePO₄ dapat mendukung arus pengisian dan pengosongan yang tinggi, membuatnya cocok untuk aplikasi yang memerlukan pengisian cepat atau penggunaan daya tinggi.
- 5) Lingkungan:
 - Ramah Lingkungan: Baterai LiFePO₄ lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan beberapa jenis baterai lithium lainnya, karena tidak mengandung bahan berbahaya seperti kobalt atau nikel dalam jumlah tinggi.

Jumlah siklus baterai surya LiFePo4 jauh lebih tinggi daripada baterai timbal-asam dan baterai terner, dan jumlah siklusnya dapat mencapai lebih dari 7000 kali.

2.2.4 RS485 (Recommended Standard 485)

RS-485 adalah protokol komunikasi serial asinkron yang tidak memerlukan pulsa clock. Komunikasi ini menggunakan teknik yang disebut sinyal diferensial untuk mentransfer data biner dari satu perangkat ke perangkat lainnya. Metode sinyal diferensial bekerja dengan membuat tegangan diferensial dengan menggunakan 5V positif dan negatif. Ini menyediakan komunikasi Half-Duplex saat menggunakan dua kabel dan Full-Duplex membutuhkan 4 kabel merangkak.



Gambar 2. 3 RS485 (Recommended Standard 485)

Tabel 2. 6 Spesifikasi RS485

PIN	Deskripsi
A	Data Line A (D+, Non-inverting)
B	Data Line B (D-, Inverting)
GND	Ground (Referensi)
VCC	Tegangan input 3 volt/5 volt

Karakteristik Utama RS-485

1) Differential Signaling:

RS-485 menggunakan metode pengiriman sinyal diferensial, yang berarti sinyal dikirim melalui dua kabel (A dan B). Perbedaan tegangan antara kabel A dan B digunakan untuk menentukan nilai bit (0 atau 1). Ini membantu mengurangi gangguan dan meningkatkan kekebalan terhadap kebisingan.

2) Jarak Komunikasi:

RS-485 dapat mendukung komunikasi data hingga jarak 1.200 meter (4.000 kaki), tergantung pada kecepatan baud dan kondisi lingkungan.

3) Multi-Drop Network:

RS-485 memungkinkan hingga 32 perangkat (node) untuk terhubung pada satu bus komunikasi tanpa memerlukan repeater. Dengan penggunaan repeater atau penguat, jumlah node dapat ditingkatkan.

4) Kecepatan Transfer Data:

RS-485 mendukung berbagai kecepatan transfer data, biasanya hingga 10 Mbps untuk jarak pendek. Kecepatan transfer data berkurang seiring dengan bertambahnya jarak komunikasi.

5) Half-Duplex Communication:

RS-485 biasanya beroperasi dalam mode half-duplex, yang berarti data dapat dikirim dan diterima, tetapi tidak secara bersamaan. Ini mengurangi jumlah kabel yang diperlukan dan menyederhanakan jaringan.

2.2.5 MODUL WEMOS ESP 8266

Merupakan suatu modul perangkat elektronik yang dapat digunakan dengan arduino berbasis pada ESP8266 sehingga modul ini sering digunakan untuk membuat suatu project yang khusus menggunakan konsep IoT. Wemos berbeda dari modul Wi-Fi yang lainnya, ini dikarenakan wemos dilengkapi dengan mikrokontroler yang dapat diprogram melalui serial port sehingga wemos dapat diprogram tanpa ada modul tambahan untuk melengkapinya. Dapat dilihat pada module wemos pada gambar 2.12 dibawah ini.



Gambar 2. 4 Module Wemos

Wemos memiliki 2 buah chipset yang digunakan sebagai otak kerjanya, antara lain:

- 1) Chipset CH340 CH340 adalah chipset yang mengubah Universal Serial Bus (USB) serial menjadi serial interface, contohnya adalah aplikasi converter to IrDA atau aplikasi USB converter to printer. Dalam mode serial interface, CH340 mengirimkan sinyal penghubung yang umum digunakan pada modem.
- 2) Chipset ESP8266 ESP8266 merupakan sebuah chipset yang memiliki fitur Wi-Fi dan mendukung stack Transmission Control

Protocol/ Internet Protocol (TCP/IP) sehingga memungkinkan sebuah mikrokontroler terhubung kedalam jaringan WiFi

2.2.6 MCB DC

MCB (Miniature Circuit Breaker) DC adalah perangkat pelindung listrik yang dirancang untuk melindungi sirkuit listrik arus searah (DC) dari kerusakan akibat arus lebih (overcurrent) dan hubungan pendek (short circuit). MCB DC secara khusus dirancang untuk digunakan dalam sistem tenaga DC, seperti panel surya, sistem baterai, dan aplikasi otomotif.



Gambar 2. 5 MCB DC 25A

Tabel 2. 7 Tabel MCB DC

Parameter	Spesifikasi
Model	Suntime DC MCB 25A
Arus Nominal (In)	25A
Tegangan Operasional (Ue)	250V DC
Jumlah Kutub	2P
Kelas Trip	C

Prinsip kerja MCB DC beroperasi berdasarkan prinsip tripping termal dan magnetik. Mereka terdiri dari strip bimetal yang melengkung karena panas yang dihasilkan oleh arus yang melewatinya. Ketika arus melebihi ambang batas pengenal, strip bimetal membengkokkan dan memicu mekanisme trip, membuka sirkuit dan memutus aliran arus. Selain itu, MCB DC menggunakan mekanisme tripping magnetik. Ketika terjadi korsleting intensitas tinggi, medan magnet yang kuat tercipta, yang menarik jangkar dan melepaskan kait mekanis, menyebabkan kontak terbuka. Secara mekanisme utama dari MCB ialah sebagai berikut:

1. Proteksi Kelebihan Beban:
 - Melindungi sirkuit dari arus yang berlebihan yang dapat menyebabkan pemanasan berlebih dan kerusakan komponen.
2. Proteksi Arus Pendek:
 - Memutuskan sirkuit segera jika terjadi arus pendek untuk mencegah kerusakan serius dan potensi kebakaran.
3. Keandalan dan Keamanan:
 - Menyediakan perlindungan yang dapat diandalkan dalam berbagai kondisi lingkungan, khususnya dalam sistem tenaga surya yang menggunakan arus DC.
4. Kemudahan Penggunaan:
 - MCB dirancang untuk mudah dioperasikan dan direset, memberikan kemudahan bagi pengguna untuk mengatasi masalah tanpa memerlukan peralatan khusus.

Dengan pemahaman tentang prinsip kerja dan fungsi utama MCB DC Smtree 25 A, pengguna dapat memastikan perlindungan yang optimal untuk sistem listrik mereka dan mengurangi risiko kerusakan akibat kelebihan arus atau arus pendek.

2.2.7 Voltmeter Digital

Voltmeter 0.28 inci dengan rentang 0-100V adalah alat ukur digital yang digunakan untuk mengukur tegangan listrik dalam rentang 0 hingga 100 volt. Desainnya umumnya compact dan display-nya menggunakan layar LED berukuran 0.28 inci, yang cukup kecil tetapi tetap mudah dibaca.



Gambar 2. 6 Voltmeter digital 0.28 inci

Spesifikasi voltmeter digital sebagai berikut:

- Ukuran Display: 0,28 inci (biasanya berarti tinggi angka pada tampilan LED atau LCD).
- Rentang Pengukuran: 0-100V (tegangan DC).
- Jenis Display: Umumnya menggunakan LED 7-segmen atau LCD.
- Tipe Tegangan: DC (arus searah).
- Resolusi: Tergantung pada desain, bisa memiliki resolusi 0,1V atau lebih baik.
- Akurasi: Biasanya sekitar $\pm 1\%$ hingga $\pm 2\%$ dari pembacaan penuh, tergantung pada kualitas alat.

Mekanisme dari voltmeter digital adalah Voltmeter ini dirancang untuk mengukur tegangan DC (arus searah) dalam rentang yang ditentukan. Biasanya, voltmeter ini digunakan untuk memantau tegangan pada sirkuit listrik, baterai, atau sistem tenaga surya. Tegangan yang diukur diteruskan ke sensor internal dari voltmeter. Sensor ini bisa berupa rangkaian pembagi tegangan yang mengubah tegangan yang lebih tinggi menjadi rentang yang dapat diukur oleh perangkat. Tegangan yang

diterima diubah dari sinyal analog ke sinyal digital menggunakan ADC (*Analog-to-Digital Converter*). Ini memungkinkan voltmeter untuk menampilkan nilai tegangan dalam format digital.

2.2.8 Aplikasi Blynk

Blynk adalah platform IoT (*Internet of Things*) yang memungkinkan Anda untuk membuat antarmuka pengguna untuk perangkat berbasis mikrokontroler dan sensor dengan mudah melalui aplikasi seluler. Dengan Blynk, Anda dapat memantau dan mengontrol perangkat Anda dari jarak jauh menggunakan smartphone atau tablet.



Gambar 2. 7 Blynk

Fitur utama *Blynk* menyediakan berbagai widget seperti tombol, slider, gauge, dan grafik yang dapat digunakan untuk menampilkan dan mengontrol data dari perangkat. Dapat membuat tampilan kustom sesuai dengan kebutuhan aplikasi Anda dengan menambahkan dan mengatur widget pada layar utama aplikasi.

Menggunakan antarmuka drag-and-drop untuk menambahkan dan mengatur widget pada dashboard, memungkinkan pengguna untuk merancang antarmuka pengguna yang sesuai dengan kebutuhan proyek mereka. Berbagai jenis widget tersedia seperti tombol, slider, meter, grafik, dan banyak lagi, yang memungkinkan pengguna untuk menampilkan data dan mengendalikan perangkat dengan mudah.

Pengendalian Jarak Jauh Pengguna dapat mengontrol dan memantau perangkat dari jarak jauh melalui aplikasi Blynk, yang berguna untuk aplikasi IoT yang memerlukan kontrol dan pemantauan jarak jauh. Blynk Cloud adalah server yang dikelola oleh Blynk yang menyimpan data dan mengatur komunikasi antara aplikasi dan perangkat. Pengguna juga dapat menggunakan server lokal untuk kontrol yang lebih privat. Data historis dapat disimpan dan ditampilkan dalam bentuk grafik, memungkinkan analisis data dan pemantauan tren dari waktu ke waktu. Fitur notifikasi push memungkinkan aplikasi untuk mengirimkan peringatan atau pembaruan langsung ke perangkat pengguna..

Blynk memudahkan pembuatan aplikasi IoT dengan antarmuka pengguna yang intuitif dan mendukung berbagai protokol komunikasi, sehingga cocok untuk berbagai aplikasi seperti otomasi rumah, pemantauan lingkungan, dan banyak lagi.

BAB III

PERANCANGAN

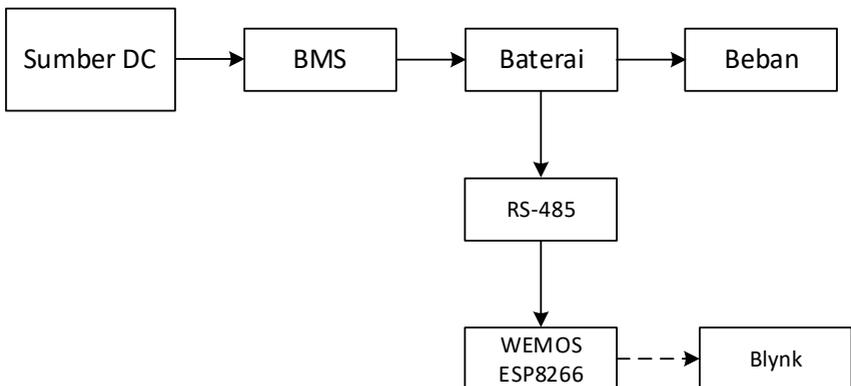
Tahap perancangan merupakan proses yang bertujuan untuk mendesain suatu system baik perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*). Pada bab ini akan memaparkan perancangan dari sistem telemetri untuk *battery management system* (BMS) pada pembangkit listrik tenaga surya berbasis *iot*.

3.1 Perancangan Sistem

Perancangan sistem diperlukan agar alat dapat menjalankan fungsinya seperti yang diharapkan. Perancangan sistem meliputi pembuatan diagram blok sistem, dan pembuatan *flowchart* sistem.

3.1.1 Diagram Blok Sistem

Pada perancangan sistem *telemetri* untuk *battery management system* (BMS) pada pembangkit listrik tenaga surya berbasis *iot*, dapat dilihat cara kerjanya melalui diagram blok sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Blok diagram Sistem telemetri untuk *battery management system*

(BMS) pada pembangkit listrik tenaga surya berbasis IoT

Dari gambar diagram blok diatas dapat di peroleh cara kerja sistem ini adalah. langkah pertama dari sistem telemetri ini ialah BMS mengumpulkan data dari baterai kondisi baterai, seperti tegangan, arus, suhu, dan status kesehatan (SOH) serta status pengisian (SOC). Data ini dikumpulkan secara terus-menerus oleh BMS. Data yang dikumpulkan oleh *mikrokontroler* dari BMS melalui Modbus RTU diteruskan ke Module WEMOS. Modul WEMOS ESP8266 mengirimkan data ini melalui WiFi ke server *cloud* atau aplikasi berbasis web seperti *Blynk*.

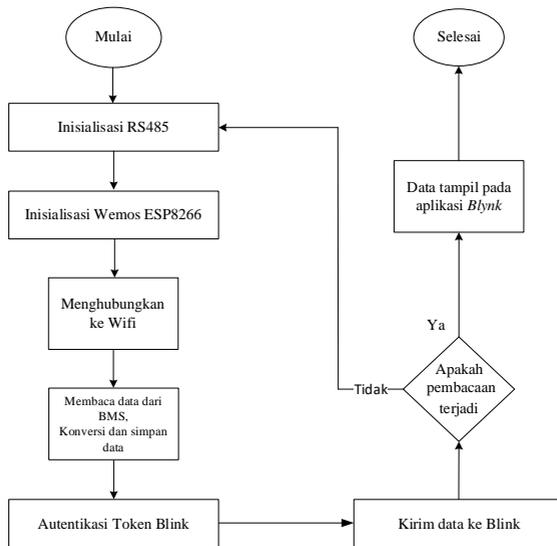
Data dari BMS dikirim melalui antarmuka RS485 ke RS485 *transceiver*. RS485 *transceiver* mengkonversi sinyal ke format yang sesuai untuk komunikasi serial. Modul WEMOS ESP8266 menerima data dari *transceiver* RS485. Modul ini mengonversi data ke format yang dapat dikirimkan melalui WiFi. Modul WEMOS ESP8266 menghubungkan sistem *telemetri* ke jaringan internet. *Mikrocontroller* mengirimkan data yang sudah diproses ke Module WEMOS ESP8266. kemudian mengirimkan data ke server cloud atau aplikasi berbasis web melalui koneksi WiFi.

Module WEMOS ESP8266 menerima data TTL dari RS485 *Transceiver*, dan kemudian mengirimkan data ini melalui koneksi WiFi ke server atau platform *Blynk*. Server ini menyimpan dan mengelola data, memungkinkan akses jarak jauh dan analisis data. Data dari cloud server ditampilkan di aplikasi *Blynk*, yang dapat melakukan monitoring untuk melihat status baterai.

3.1.2 Flow Chart Sistem

Flowchart adalah suatu bagian dengan simbol-simbol tertentu menggambarkan urutan proses secara mendetail dan hubungan antara suatu proses (instruksi) dengan proses lainnya dalam suatu program. *Flowchart* dari sistem sistem telemetri untuk *battery managment system*

(BMS) pada pembangkit listrik tenaga surya berbasis *iot* adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 2 *Flowchart* Sistem

Flow chart ini memberikan gambaran umum tentang bagaimana sistem BMS Narada 48NPFC dengan modul WEMOS ESP8266 dan *Blynk* bekerja, termasuk langkah-langkah utama dan proses yang terlibat.

Sistem dimulai dengan mengaktifkan semua komponen. BMS memonitor dan mengelola status baterai, termasuk tegangan, arus, suhu, dan status kesehatan (SOH) serta status pengisian (SOC). dan keseimbangan sel. Menggunakan protokol Modbus RTU melalui antarmuka RS-485 untuk berkomunikasi dengan perangkat eksternal. modul WEMOS ESP8266 diinisialisasi untuk mempersiapkan modul Wi-Fi untuk operasi. modul WEMOS ESP8266 dikonfigurasi untuk terhubung ke jaringan Wi-Fi. Ini melibatkan pengaturan SSID (nama jaringan) dan kata sandi. Module WEMOS ESP8266 memproses data yang diterima dari BMS dan mengirimkan data tersebut ke aplikasi *Blynk*

melalui koneksi WiFi. Data seperti tegangan, arus, suhu, keseimbangan sel baterai dan status kesehatan (SOH) serta status pengisian (SOC). dikirim ke *widget* yang sesuai di aplikasi Blynk.

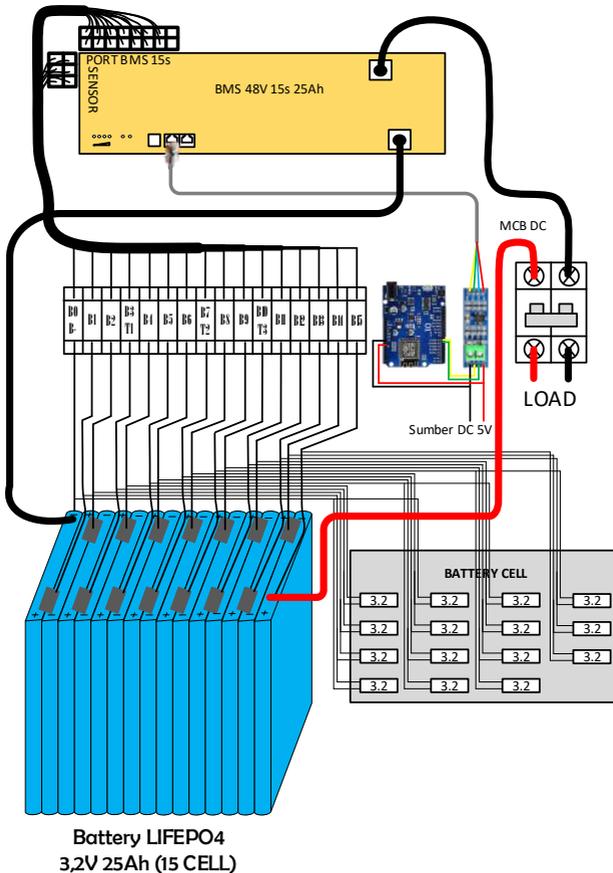
RS485 diinisialisasi untuk mempersiapkan komunikasi serial dengan BMS. Data dibaca dari BMS melalui antarmuka RS485. Data ini mencakup informasi seperti tegangan, arus, suhu, keseimbangan sel baterai dan status kesehatan (SOH) serta status pengisian (SOC). Data yang dibaca dari BMS diparsing untuk mengekstrak informasi yang relevan. Data yang diparsing kemudian dikirim ke aplikasi *Blynk* melalui koneksi Wi-Fi. Ini memungkinkan data untuk ditampilkan secara *real-time* pada aplikasi *Blynk*. Data yang diterima oleh aplikasi *Blynk* ditampilkan dalam bentuk grafik, meter, atau widget lainnya yang telah dikonfigurasi.

Sistem memantau alarm dari BMS. Ini mencakup memeriksa apakah ada kondisi yang tidak aman seperti *over-voltage*, *under-voltage*, *over-current*, atau *over-temperature* pada sisi input. Setiap sel baterai akan memiliki tegangan yang dipantau melalui Virtual Pins di aplikasi *Blynk*. Deteksi ketidakseimbangan dapat dilakukan dengan memantau tegangan setiap sel dan membandingkan perbedaan tegangan antar sel. Jika terjadi perbedaan tegangan setiap selnya dibawah 3 volt maka indikator tampilan berwarna merah, jika berada di 3 volt berwarna kuning, dan jika berada di 3,4 volt maka berwarna hijau. Berdasarkan kondisi tegangan setiap sel baterai maka sinyal warna akan dikirim ke *Blynk*.

Jika ada alarm yang aktif, sistem akan mengambil tindakan yang sesuai. Mengirim notifikasi ke pengguna, memutuskan koneksi pengisian/pengosongan, atau melakukan tindakan perlindungan lainnya. Data juga dicatat secara lokal pada modul WEMOS ESP8266 atau perangkat penyimpanan terpisah untuk analisis lebih lanjut atau backup. Proses selesai.

3.2 Perancangan Rangkaian Mikrokontroler

Pada perancangan ini mikrokontroler dalam sistem bertanggung jawab untuk menerima data dari BMS melalui RS485 Transceiver, memrosesnya, dan mengirimkannya ke modul WEMOS ESP8266. Untuk rangkaian dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 3. 3 Perancangan rangkaian *mikrokontroler*

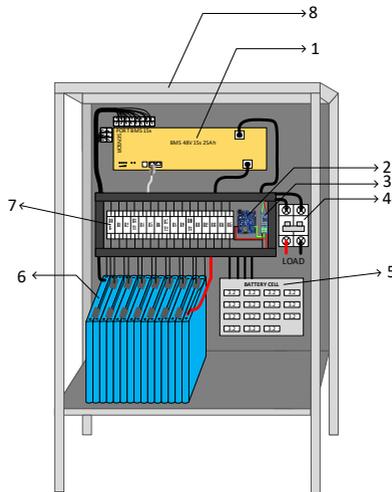
Pada gambar tersebut menjelaskan bahwa Baterai yang dikelola BMS menggunakan baterai LiFePo₄ dengan kapasitas 3,2V 25Ah yang Menyusun 15 sel baterai secara seri menghasilkan total tegangan 48V ($15 \times 3,2V = 48V$). BMS Narada 48NPFC80 dirancang untuk mengelola baterai dengan total tegangan 48V dan kapasitas nominal 80Ah. Namun, dalam konfigurasi ini, kapasitas baterai yang digunakan adalah 25Ah. Meskipun kapasitas asli baterai bawaan Narada adalah 80Ah, dalam penelitian ini menggunakan baterai 25Ah. BMS tetap dapat bekerja dengan baterai ini dan mengelola komunikasi melalui protokol Modbus RTU.

Setiap BMS dalam jaringan Modbus RTU memiliki alamat unik. Ini memungkinkan master (seperti *mikrokontroler* atau PC) untuk mengidentifikasi dan berkomunikasi dengan setiap BMS secara individual.

Data dari BMS dikirim melalui antarmuka RS485 Perangkat ini mengonversi sinyal RS485 ke format TTL (*Transistor-Transistor Logic*) yang dapat diterima oleh modul WEMOS ESP8266. modul WEMOS ESP8266 menerima data TTL dari RS485 Transceiver. modul WEMOS ESP8266 mengonversi data ini ke format yang sesuai untuk dikirimkan melalui koneksi WiFi. Modul ini kemudian mengirimkan data ke server cloud atau aplikasi berbasis web seperti *Blynk*.

Pemantauan tegangan antar baterai menggunakan voltemer digital 0.28 inci untuk memastikan *Cell balancing* atau penyeimbang tegangan yang dilakukan oleh BMS Narada 48NPFC80. MCB DC *Suntree 25A* dipasang sebagai proteksi ganda untuk melindungi baterai.

3.3 Perancangan Layout



Gambar 3. 4 Perancangan Layout

Dari gambar 3.4 diatas dapat dilihat *layout* penempatan komponen pada sistem telemetri untuk *battery managment system* (BMS) pada pembangkit listrik tenaga surya berbasis IoT, Adapun keterangan dari gambar di atas adalah:

- 1) BMS Narada 48NPFC80
 - Terhubung langsung ke baterai untuk mengelola dan memantau status baterai.
- 2) modul WEMOS ESP8266
 - Terhubung ke *mikrokontroler* dan jaringan WiFi.
- 3) RS485 Transceiver
 - Terhubung antara BMS dan mikrokontroler atau ESP8266.
- 4) MCB DC.
- 5) Voltmeter Digital
 - Menampilkan tegangan setiap sel baterai
- 6) Baterai LiFePO4 (3.2V 25Ah)
 - a. Baterai disusun dalam konfigurasi seri (15 buah) untuk mencapai tegangan total 48V.
- 7) Terminal
- 8) Frame / Dudukan

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISIS PENGUJIAN

Pada bab ini akan membahas hasil analisa yang didapatkan dari pengujian sistem telemetri untuk *Battery Management System (BMS)* Narada 48NPFC80 berbasis *Internet of Things (IoT)*. Analisis mencakup pengujian data, pengujian jarak, pengujian pengukuran, pengujian *cut-off charging* dan *discharging*, pengujian suhu, pengujian keseimbangan sel baterai.

4.1 Hasil Realisasi Perancangan

4.1.1 Hasil Realisasi Perancangan Hardware



Gambar 4. 1 Hasil Perancangan *Hardware*

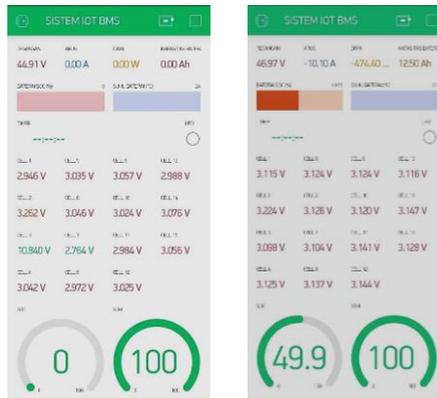
Pada tahap ini, sistem *telemetri* BMS berbasis IoT telah berhasil dirancang dan diimplementasikan. Sistem ini terdiri dari BMS Narada 48NPFC80, modul RS-485 to TTL *converter*, modul WEMOS ESP8266 untuk koneksi WiFi, dan aplikasi Blynk sebagai antarmuka pengguna.

rincian komponen dan fungsi utama dalam sistem terdiri dari BMS Narada 48NPFC80, 15 buah baterai LiFePo 3.2v 25Ah, RS-485, ESP8266, MCB DC, 15 buah Voltmeter digital. Adapun fungsi dari alat tersebut adalah:

Gambar 4. 2 Rincian Komponen

Nama Alat	Keterangan
BMS Narada 48NPFC80	Mengelola dan memantau parameter baterai
baterai LiFePo	LiFePo 3.2v 25Ah
RS-485	Mengkonversi sinyal RS-485 dari BMS
modul WEMOS	Mengambil data dari BMS,
Aplikasi Blynk	Menampilkan data baterai
MCB DC	Proteksi arus lebih
Vlotmeter digital	Baterai sel

4.1.2 Hasil Realisasi Perancangan Software



Gambar 4. 3 Hasil Perancangan *Software*

Sistem *telemetri* BMS berbasis IoT telah berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan aplikasi *Blynk*. Aplikasi *Blynk* dikonfigurasi untuk menampilkan parameter penting dari BMS Narada

48NPFC80 secara *real-time*, seperti tegangan, arus, suhu, keseimbangan sel baterai dan status kesehatan (SOH) serta status pengisian (SOC). Berikut adalah rincian dari hasil perancangan:

- Tampilan Utama: Menampilkan informasi umum mengenai status baterai, tegangan, arus, suhu, keseimbangan sel baterai dan status kesehatan (SOH) serta status pengisian (SOC).
- Tampilan Sel Individu: Menampilkan tegangan setiap sel baterai secara individu, memungkinkan pengguna untuk memantau keseimbangan sel.
- Notifikasi dan Warna Sinyal: Memberikan notifikasi visual seperti perubahan warna widget jika terjadi ketidakseimbangan sel atau kondisi abnormal lainnya.
- Tampilan status kesehatan (SOH) serta status pengisian (SOC).

Pada aplikasi *Blynk*, untuk memanggil data dari Modbus BMS Narada 48NPFC80, mengkonfigurasi *widget Blynk* dengan alamat Modbus yang sesuai dengan parameter yang ingin dipantau. Berikut adalah parameter alamat Modbus yang akan ditampilkan untuk menghubungkan dengan *widget Blynk*:

1) Tegangan Baterai (V21):

`Blynk.virtualWrite(V21, battVoltage); // Batt Voltage`

Mengirim nilai tegangan baterai ke widget Blynk yang terhubung dengan pin virtual V21.

2) Arus Baterai (V22):

`Blynk.virtualWrite(V22, battCurrent); // Batt Current`

Mengirim nilai arus baterai ke widget Blynk yang terhubung dengan pin virtual V22.

3) Kapasitas Baterai dalam Ah (V23):

Blynk.virtualWrite(V23, batCapAh); // Batt Capacity Ah

Mengirim nilai kapasitas baterai dalam ampere-jam (Ah) ke widget Blynk yang terhubung dengan pin virtual V23.

4) State of Charge (SOC) Baterai (V24):

Blynk.virtualWrite(V24, batSOC); // Batt SOC

Mengirim nilai SOC, yang menunjukkan persentase kapasitas yang tersisa, ke widget Blynk yang terhubung dengan pin virtual V24.

5) State of Health (SOH) Baterai (V25):

Blynk.virtualWrite(V25, batSOH); // Batt SOH

Mengirim nilai SOH, yang menunjukkan kondisi kesehatan baterai, ke widget Blynk yang terhubung dengan pin virtual V25.

6) Suhu Baterai (V26):

Blynk.virtualWrite(V26, battemp); // Batt Ambient Temperature

Mengirim nilai suhu baterai ke widget Blynk yang terhubung dengan pin virtual V26.

7) Daya Baterai (V42):

Blynk.virtualWrite(V42, battVoltage * battCurrent); // Batt Power

Menghitung daya baterai dengan mengalikan tegangan dan arus, lalu mengirimkan hasilnya ke widget Blynk yang terhubung dengan pin virtual V42.

8) Tegangan Sel Baterai (V27 - V41): Mengirim nilai tegangan dari masing-masing sel baterai ke widget Blynk yang terhubung dengan

pin virtual yang sesuai (V27 untuk sel 1, V28 untuk sel 2, dan seterusnya hingga V41 untuk sel 15).

```
Blynk.virtualWrite(V27, cell_1); // Cell_1 Voltage  
Blynk.virtualWrite(V28, cell_2); // Cell_2 Voltage  
Blynk.virtualWrite(V29, cell_3); // Cell_3 Voltage  
Blynk.virtualWrite(V30, cell_4); // Cell_4 Voltage  
Blynk.virtualWrite(V31, cell_5); // Cell_5 Voltage  
Blynk.virtualWrite(V32, cell_6); // Cell_6 Voltage  
Blynk.virtualWrite(V33, cell_7); // Cell_7 Voltage  
Blynk.virtualWrite(V34, cell_8); // Cell_8 Voltage  
Blynk.virtualWrite(V35, cell_9); // Cell_9 Voltage  
Blynk.virtualWrite(V36, cell_10); // Cell_10 Voltage  
Blynk.virtualWrite(V37, cell_11); // Cell_11 Voltage  
Blynk.virtualWrite(V38, cell_12); // Cell_12 Voltage  
Blynk.virtualWrite(V39, cell_13); // Cell_13 Voltage  
Blynk.virtualWrite(V40, cell_14); // Cell_14 Voltage  
Blynk.virtualWrite(V41, cell_15); // Cell_15 Voltage
```

Program ini mengirimkan data penting dari BMS ke aplikasi Blynk melalui pin virtual yang telah ditentukan yang akan memantau status baterai secara real-time melalui aplikasi Blynk.

4.2 Pengujian Data

Pengujian data dilakukan untuk memastikan bahwa data yang dikumpulkan oleh *mikrokontroler* dari BMS melalui Modbus RTU melalui RS485 diteruskan ke modul modul WEMOS ESP8266. modul WEMOS ESP8266 mengirimkan data ini melalui WiFi ke server *cloud* atau aplikasi berbasis web seperti *Blynk* adalah akurat dan konsisten.

1. Monitoring Blynk

Tabel 4. 1 Data pengukuran aplikasi BLYNK

Baterai Cell	Tegangan Cell	Rata-rata Cell	Tegangan Battery	Arus Battery	Daya Battery	SOC Battery	TEMP(C) Battery	SOH Battery
1	3.317 v	3.328 V	49.93 V	0 A	0 W	100 %	25 °C	100%
2	3.461 v							
3	3.315 v							
4	3.319 v							
5	3.318 v							
6	3.322 v							
7	3.318 v							
8	3.315v							
9	3.319 v							
10	3.322 v							
11	3.317 v							
12	3.319 v							
13	3.319 v							
14	3.325 v							
15	3.324 v							

2. Alat Ukur Eksternal

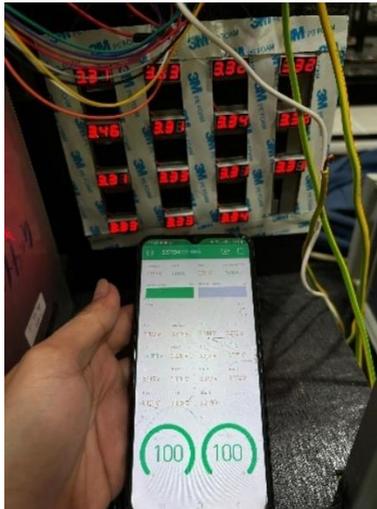
Tabel 4. 2 Data Pengukuran Alat Ukur

Baterai Cell	Tegangan Cell	Rata-rata Cell	Tegangan Battery	Arus Battery	Daya Battery	TEMP(C) Battery
1	3.31 v	3.33 V	50 V	0 A	0 W	25 °C
2	3.46 v					
3	3.31 v					
4	3.33 v					
5	3.33 v					
6	3.31 v					
7	3.33 v					
8	3.33 v					
9	3.32 v					
10	3.34 v					
11	3.31 v					
12	3.34 v					
13	3.32 v					
14	3.32 v					
15	3.31 v					

Pengujian pengukuran dilakukan untuk memverifikasi bahwa pengukuran tegangan, arus, suhu, keseimbangan sel baterai dan status kesehatan (SOH) serta status pengisian (SOC). adalah akurat. Pengukuran dilakukan pada berbagai kondisi beban dan tingkat pengisian baterai.

4.2.1 Pengujian Keseimbangan Sel Baterai

Sistem IoT berhasil mengidentifikasi ketidak seimbangan tegangan antar sel dengan akurasi yang tinggi. Setiap kali perbedaan tegangan antar sel melebihi ambang batas yang telah ditentukan, jika baterai berada pada tegangan dibawah 3 volt maka warna pembacaan blink akan berwarna merah, jika berada di 3 volt berwarna kuning, dan jika berada di 3,4 volt maka berwarna hijau. sistem memberikan peringatan berdasarkan warna pembacaan melalui aplikasi *Blynk*.



Gambar 4. 4 Pengujian keseimbangan sel baterai

Pengukuran manual menggunakan voltmeter digital menunjukkan hasil yang konsisten dengan data yang dilaporkan oleh sistem IoT. Tegangan semua sel berada dalam kisaran tegangan yang

stabil, sekitar 3.3V hingga 3.4V, menunjukkan bahwa baterai beroperasi dalam rentang tegangan yang aman dan seragam.

Tegangan rata-rata sel adalah 3.3 V, yang merupakan nilai yang baik untuk baterai LiFePO₄. Ini menunjukkan keseimbangan yang baik di antara sel-sel baterai.

Pengujian dilakukan saat pengurasan dan pengecasan, dan tegangan sel baterai naik dan turunnya tegangan setiap sel baterai sama. perbedaan rata-rata antara pengukuran manual dan data yang dilaporkan oleh sistem IoT adalah sekitar 96.97%, menunjukkan tingkat akurasi baik. Secara keseluruhan, data dari *Blynk* dan alat ukur manual menunjukkan kesesuaian yang cukup baik. Perbedaan kecil dalam pembacaan tegangan mungkin disebabkan oleh akurasi alat ukur, resolusi sensor, atau penundaan dalam pembaruan data pada aplikasi *Blynk*.

Akurasi *Monitoring Blynk* memberikan pembacaan yang cukup akurat dan dapat diandalkan untuk pemantauan tegangan sel baterai secara *real-time*. Namun, untuk analisis yang sangat presisi atau pengaturan kritis, pengukuran manual atau kalibrasi tambahan mungkin diperlukan.

4.2.2 Pengujian Suhu

Pengujian suhu dilakukan untuk memastikan bahwa Battery Management System (BMS) memantau dan melaporkan suhu baterai dengan akurat. Suhu baterai diukur pada beberapa titik, baik dengan sensor suhu yang terintegrasi dalam BMS yang terhubung ke sistem IoT, maupun dengan termometer digital yang digunakan sebagai referensi standar.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa suhu yang dilaporkan oleh sistem IoT memiliki perbedaan rata-rata kurang dari 1°C

dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan *termometer digital*. Akurasi ini menunjukkan bahwa sistem mampu memantau suhu baterai dengan sangat baik.

4.2.3 Pengujian status kesehatan (SOH)

Status kesehatan baterai (*State of Health* atau SOH) dihitung berdasarkan data historis dari tegangan, arus, dan siklus pengisian/discharging yang telah dilakukan. SOH memberikan indikasi tentang kondisi dan kapasitas baterai relatif terhadap kapasitas awal saat baru. Parameter utama yang digunakan untuk menghitung SOH termasuk degradasi kapasitas, perubahan resistansi internal, dan karakteristik pengosongan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem IoT mampu menghitung SOH dengan memadai, berdasarkan data yang dikumpulkan dari siklus pengisian dan pengosongan. Dapat dilihat pada gambar 4.4 terlihat pembacaan parameter SOH pada baterai, SOH yang ditampilkan oleh BMS melalui aplikasi *blink* terbaca kesehatan baterai 100% dilaporkan oleh sistem berkorelasi dengan pengamatan kondisi baterai secara fisik dan teknis.

Indikator umum bahwa baterai dikatakan sehat meliputi

- 1) Tegangan Baterai: Tegangan harus berada dalam rentang yang diharapkan untuk tipe baterai tertentu. Misalnya, untuk baterai LiFePO₄, tegangan per sel biasanya berkisar antara 3.2V hingga 3.65V.
- 2) State of Health (SOH): SOH menunjukkan kondisi keseluruhan baterai dibandingkan dengan kondisi baru. Baterai yang sehat biasanya memiliki SOH di atas 80-90%.

- 3) *State of Charge* (SOC): SOC menunjukkan kapasitas yang tersisa dalam baterai sebagai persentase dari kapasitas penuh. SOC yang stabil dan sesuai dengan kondisi penggunaan menunjukkan baterai yang sehat.
- 4) Arus Pengisian dan Pengosongan: Baterai yang sehat harus dapat menangani arus pengisian dan pengosongan sesuai spesifikasi tanpa mengalami penurunan performa atau pemanasan berlebih.
- 5) Suhu Baterai: Suhu operasi baterai harus dalam rentang yang aman. Baterai yang sehat tidak boleh terlalu panas atau terlalu dingin selama pengisian, pengosongan.

4.2.4 Pengujian status pengisian (SOC)

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa SoC yang dilaporkan oleh BMS akurat dan konsisten. Dua metode utama digunakan dalam pengujian ini

Pengujian ini dilakukan dengan mengosongkan baterai hingga hampir habis (SoC mendekati 0%) dan kemudian mengisi baterai hingga penuh (SoC mendekati 100%). SoC yang dilaporkan oleh BMS selama siklus ini dipantau dan dibandingkan dengan kapasitas aktual yang diketahui dari baterai.

Selama pengujian pengosongan dan pengisian penuh, SoC yang dilaporkan oleh BMS sesuai dengan perubahan aktual dalam kapasitas baterai. Pada saat pengosongan, SoC mencapai hampir 0% ketika baterai benar-benar habis, dan selama pengisian, SoC mencapai 100% saat baterai terisi penuh. Ini mengindikasikan bahwa BMS mampu melacak kapasitas baterai secara akurat selama siklus pengisian dan pengosongan penuh.

4.2.5 Pengujian Arus dan Tegangan Total

- Pengujian Tegangan

Tegangan total baterai juga diukur menggunakan voltmeter digital sebagai alat ukur eksternal untuk memverifikasi akurasi data yang dilaporkan oleh BMS.

Tegangan yang dilaporkan oleh sistem IoT 49.93V sangat mendekati hasil pengukuran voltmeter digital 50V. Perbedaan rata-rata berada dalam kisaran kurang dari 0.2V, menunjukkan bahwa sistem mampu mengukur tegangan total baterai dengan akurasi yang sangat baik.

- Pengujian Arus

Arus yang masuk dan keluar dari baterai diukur dengan sensor arus yang terhubung ke sistem IoT dan dibandingkan dengan pengukuran menggunakan ampermeter digital. Pengujian dilakukan pada berbagai kondisi beban untuk memastikan bahwa sistem dapat mengukur arus dengan benar di seluruh rentang operasi.

Pada gambar 4. 5 menunjukkan tampilan perbandingan pembacaan arus berdasarkan tampilan aplikasi IOT blynk dan alat ukur volt meter. Pada saat pengujian dilakukan kondisi baterai sedang dalam dilakukan pengecasan, arus yang yang terbaca pada alat ukur 10.38 ampere dan arus yang terbaca pada aplikasi blynk 10.60 ampere. Terdapat perbedaan pada kedua pembacaan ini arus yang melewati BMS lebih besar dibanding sebelum melewati BMS, dikarenakan BMS membaca pada inputan baterai sehingga terdapat perbedaan ketika di output nya dan perbedaan ini tidak terlalu signifikan

4.2.6 Pengujian Daya

Daya output diukur selama pengoperasian pada berbagai tingkat beban. Pengukuran ini dilakukan dengan alat pengukur daya yang akurat dan data yang dilaporkan oleh BMS melalui sistem IoT.



Gambar 4. 5 Pengujian Daya

Rumus untuk menghitung daya (P) adalah dengan mengalikan tegangan (V) dengan arus (I). Dalam hal ini, data pengukuran menunjukkan:

- Tegangan (V): 47,72 V
- Arus (I): 10,38 A

Sehingga, daya yang dihasilkan adalah:

$$P=V \times I = 47,72 \text{ V} \times 10,38 \text{ A} = 495,06 \text{ Watt}$$

Pengukuran yang dilakukan pada saat pengisian baterai, menunjukkan bahwa sistem telemetri IoT dapat diandalkan untuk memantau parameter penting dari BMS Narada 48NPFC80. Sistem

ini menunjukkan kemampuan untuk mengukur tegangan, arus, dan suhu dengan akurasi yang tinggi, memastikan bahwa data yang ditampilkan di aplikasi Blynk adalah representasi yang akurat dari kondisi baterai.

4.3 Pengujian Cut-off

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa BMS memutuskan pengisian atau pengosongan baterai pada batas yang telah ditentukan untuk melindungi baterai.

4.3.1 Discharging

Tabel 4. 3 Data Pengurasan

SOC	Durasi Pengurasan	I	V	P	Kondisi
100%	0	9.85	48.78	480	ON
75%	38 menit	9.48	48.35	458	ON
50%	75 menit	9.12	47.06	436	ON
0%	90 menit	0	44.89	0	OFF

Pada tabel 4. 3 diatas merupakan pengujian pengurasan baterai yang dilakukan menggunakan inverter untuk mengubah arus DC menjadi AC dan kemudian menggunakan empat buah lampu dengan daya rata-rata sekitar 458 watt, menunjukkan hasil yang signifikan dalam melindungi baterai. Pada tegangan baterai di 44.89V ini bukan berarti baterai benar benar habis melainkan batas aman yang telah ditentukan oleh BMS, dikatakan SOC 0% oleh BMS ialah berada pada tegangan baterai di 44.89V. Pengujian ini mengindikasikan bahwa sistem Battery Management System (BMS) bekerja dengan baik dalam melindungi baterai dari pengosongan berlebih. BMS berhasil memutuskan aliran daya, yang secara efektif mencegah kerusakan lebih lanjut pada sel-sel baterai yang bisa terjadi jika tegangan turun terlalu rendah.

4.3.2 Charging

Tabel 4. 4 Data Pengecasan

SOC	Pengecasan	I	V	P	Kondisi
0%	0	10.40	47.20	490	ON
25%	40 menit	09.67	50.37	487	ON
50%	77 menit	09.67	50.60	489	ON
100%	93 menit	0	51	0	OFF

Pada tabel 4. 4 diatas merupakan pengujian pengecasan baterai, pengecasan dilakukan menggunakan power suply dengan daya 488 watt selama 93 menit. Kondisi 100% SOC menunjukkan bahwa BMS berhasil memutuskan pengecasan baterai ketika tegangan mencapai 51V, mencegah overcharging yang dapat mengakibatkan kerusakan atau penurunan performa baterai.

Pengujian cut-off charging dan discharging dilakukan untuk memastikan bahwa BMS memutus pengisian dan pengosongan baterai pada batas tegangan yang telah ditentukan, guna melindungi baterai dari overcharge dan overdischarge. BMS diprogram untuk memutuskan aliran arus jika tegangan baterai mencapai batas aman yang telah ditetapkan.

Hasil pengujian BMS Narada 48NPFC80 berhasil memutus pengisian pada saat SOC baterai telah mencapai 100% dan tegangan baterai di 51V, kapasitas baterai telah mancapai 25.00Ah. Discharging/Pengosongan BMS memutus pengurusan pada saat SOC baterai telah mencapai 0%, tegangan baterai di 45V, kapasitas baterai telah mencapai 00.00Ah. Hal ini sesuai dengan pengaturan keamanan yang bertujuan untuk melindungi sel baterai dari kerusakan akibat pengisian atau pengosongan yang berlebihan. Batasan tegangan ini dipilih untuk menjaga umur panjang dan efisiensi baterai, serta untuk

mencegah terjadinya kondisi berbahaya yang dapat mengakibatkan degradasi sel atau risiko kebakaran.

4.4 Pengujian Kapasitas Baterai 25Ah

Untuk menghitung kapasitas baterai secara teori berdasarkan arus dan waktu pengosongan, menggunakan rumus dasar untuk kapasitas baterai:

$$\text{Kapasitas(Ah)} = I \times t$$

Di mana:

- I adalah arus pengosongan (ampere).
- T adalah waktu pengosongan dalam jam.

Dalam kasus ini:

- I = 10 ampere
- T = 90 menit atau 1.5 jam

Sekarang, kita dapat menghitung kapasitas yang digunakan:

$$\text{Kapasitas yang terpakai} = 10 \text{ ampere} \times 1.5 \text{ jam} = 15 \text{ Ah}$$

Interpretasi Hasil

Berdasarkan perhitungan tersebut, baterai telah digunakan sebesar 15 Ah selama 90 menit dengan beban 10 ampere.

Analisis Kapasitas Baterai

Jika baterai awalnya memiliki kapasitas 25 Ah, maka:

- Kapasitas awal: 25 Ah
- Kapasitas yang digunakan: 15 Ah
- Kapasitas tersisa: $25 \text{ Ah} - 15 \text{ Ah} = 10 \text{ Ah}$

Ini berarti baterai masih memiliki sisa kapasitas 10 Ah setelah pengosongan selama 90 menit dengan arus 10 ampere. Perhitungan ini juga menunjukkan bahwa jika baterai benar-benar memiliki kapasitas 25 Ah, maka akan mampu bertahan sekitar 2,5 jam (150 menit) dengan arus pengosongan 10 ampere sebelum habis.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari proyek akhir ini adalah:

1. Sistem menunjukkan akurasi yang baik dalam memantau dan melaporkan tegangan, arus, suhu, dan status kesehatan baterai. Perbedaan kecil antara data yang dilaporkan oleh sistem IoT dan alat ukur manual menunjukkan tingkat akurasi yang sangat baik.
2. Sistem berhasil mendeteksi ketidakseimbangan tegangan antar sel dengan akurasi yang tinggi, dengan perbedaan rata-rata kurang dari 0.1V. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu menjaga keseimbangan sel baterai, dengan tegangan sel berkisar antara 3.2V hingga 3.3V.
3. Pengujian menunjukkan bahwa data yang dikumpulkan oleh mikrokontroler dari BMS melalui Modbus RTU dan diteruskan ke modul WEMOS ESP8266 untuk dikirim ke aplikasi Blynk adalah akurat dan konsisten. Hasil pengukuran menggunakan alat ukur eksternal mendukung kesimpulan ini, menunjukkan akurasi yang tinggi dalam pelaporan parameter baterai.
4. Sistem telemetri berbasis IoT telah berhasil diimplementasikan dengan menggunakan BMS Narada 48NPFC80, baterai LiFePo 3.2V 25Ah, modul RS-485, modul WEMOS ESP8266 untuk koneksi WiFi, MCB DC, dan voltmeter digital. Komponen-komponen ini bekerja sama untuk mengelola dan memantau parameter penting baterai, seperti tegangan, arus, suhu, dan keseimbangan sel.
5. BMS berhasil memutuskan pengisian dan pengosongan baterai pada batas tegangan yang telah ditentukan, melindungi baterai dari overcharge dan overdischarge, serta memastikan umur panjang dan keamanan baterai.

5.2 Saran

Pengembangan dan implementasi sistem telemetri BMS Narada 48NPFC80 berbasis IoT telah berhasil dilakukan dengan hasil yang memuaskan. Pengujian menunjukkan bahwa sistem ini mampu memantau dan melaporkan berbagai parameter baterai dengan akurasi yang baik. Saran penulis untuk penelitian selanjutnya melakukan kalibrasi dan verifikasi lanjutan secara berkala menggunakan alat ukur standar. Hal ini akan memastikan data yang dihasilkan tetap akurat dan dapat diandalkan seiring waktu. Meskipun demikian, langkah-langkah tambahan seperti kalibrasi berkala, penyesuaian batas operasional, dan peningkatan antarmuka pengguna perlu dipertimbangkan untuk memastikan kinerja yang optimal dan keberlanjutan jangka panjang dari sistem ini. Melalui pengembangan dan perawatan yang berkelanjutan, sistem ini dapat menjadi alat yang sangat berguna dalam manajemen dan pemeliharaan baterai, serta dalam menjaga keselamatan dan efisiensi operasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, A. W. (April 2021). Rancang Bangun Battery Monitoring System (BMS) berbasis LabVIEW. *Jurnal Teknologi Terpadu*.
- Faiz, M. R., & Wicaksono, P. N. (2014). PENGEMBANGAN TRAINER PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA SISTEM ON GRID DENGAN PLN UNTUK MENUNJANG MATAKULIAH PRAKTIKUM PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK. *TEKNO*, 22 September 2014(1693-8739), 64.
- Fikran Fauzy, I. I. (2022). RANCANG BANGUN ALAT TELEMETRI PARAMETER PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA BERBASIS IoT. *Jurnal EKSITASI*, Vol 1.
- Rahmansyah, R. (2022). RANCANG BANGUN RANGKAIAN MONITORING TEGANGAN SEL - SEL BATERAI TERHUBUNG SERI PADA *BATTERY MANAGEMENT SYSTEM (BMS)*. Jakarta: 19 September 2022.
- Riza Alfita, K. F. (2021). RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAYA BATERAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) DAN KONTROL BEBAN BERBASIS INTERNET OF THINGS. *TEKNIK*, 35-44.
- Yuli Astriani, A. E. (1 Juni 2018). PENYEIMBANG STATE OF CHARGE BATERAI LEAD ACID PADA PROTOTIPE BATTERY MANAGEMENT SYSTEM. *Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan*, 43 - 53.

LAMPIRAN I





LAMPIRAN II

```
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "Energy Monitoring"

#define BLYNK_DEVICE_NAME "IoT BMS"

//#define BLYNK_PRINT Serial

#include <WiFi.h>

#include "SimpleTimer.h"

#include <ModbusMaster.h>

#include <BlynkSimpleEsp32.h>

#include <SoftwareSerial.h>

SimpleTimer timer;

SoftwareSerial RS485(12, 13);

bool loadstate;

float temp, voltage, loadvoltage, battChargeCurrent, btemp,
heattemp2, bremaining, lpower, lcurrent, pvvoltage, pvcurent;

uint8_t charger_mode = 0;
```

```
uint8_t charger_model = 0;
```

```
// Perbaiki ukuran array untuk mengakomodasi null terminator
```

```
char charger_charging_status[][13] = {
```

```
    "Off",
```

```
    "Float",
```

```
    "Boost",
```

```
    "Equalization"
```

```
};
```

```
int timerTask;
```

```
char buf[13];
```

```
uint8_t result, result_2, result_3;
```

```
ModbusMaster node;
```

```
ModbusMaster node1;
```

```
ModbusMaster nodeepeer;
```

```
void preTransmission() {}
```

```
void postTransmission() {}
```

```
void setup() {
```

```
    Serial.begin(9600);
```

```
    Serial.println("System Start");
```

```
    Blynk.begin("oB-g5pqHi3P{jZoT7ah7417140T8bull", "WiFi SSID",  
"Password", "Local Server", 8080);
```

```
    timerTask = timer.setInterval(3000, readBMS);
```

```
    delay(1000);
```

```
}
```

```
void readBMS() {
```

```
    RS485.begin(9600);
```

```
    node.begin(38, RS485);
```

```
    node.preTransmission(preTransmission);
```

```
    node.postTransmission(postTransmission);
```

```

float battVoltage, battCurrent, kwh, allVolt, avg_volt;

float batCurrent, batCapAh, batSOC, batSOH, battemp;

float cell_1, cell_2, cell_3, cell_4, cell_5, cell_6, cell_7, cell_8, cell_9,
cell_10, cell_11, cell_12, cell_13, cell_14, cell_15;

int j;

node.clearResponseBuffer();

delay(1000);

result = node.readInputRegisters(0x0FFF, 10);

if (result == node.ku8MBSuccess) {

    battVoltage = node.getResponseBuffer(0) / 100.0f;

    battCurrent = ((node.getResponseBuffer(1) - 10000) * -1) / 10.0f;

    batCapAh = node.getResponseBuffer(2) / 10.0f;

    batSOC = node.getResponseBuffer(8) / 100.0f;

    batSOH = node.getResponseBuffer(9) / 100.0f;

    battemp = (node.getResponseBuffer(3) - 400) / 10.0f;

    Blynk.virtualWrite(V21, battVoltage); // Batt Voltage

```

```

    Blynk.virtualWrite(V22, battCurrent); // Batt Current

    Blynk.virtualWrite(V23, batCapAh); // Batt Capacity Ah

    Blynk.virtualWrite(V24, batSOC); // Batt SOC

    Blynk.virtualWrite(V25, batSOH); // Batt SOH

    Blynk.virtualWrite(V26, battemp); // Batt Ambient Temperature

    Blynk.virtualWrite(V42, battVoltage * battCurrent); // Batt Power

    Serial.print("Battery Voltage: "); Serial.println(battVoltage);

    Serial.print("Battery Current: "); Serial.println(battCurrent);

    Serial.print("Battery Power: "); Serial.println(battVoltage *
battCurrent);

    Serial.print("Battery Capacity Ah: "); Serial.println(batCapAh);

    Serial.print("Battery SOC: "); Serial.println(batSOC);

    Serial.print("Battery SOH: "); Serial.println(batSOH);

    Serial.print("Battery Ambient Temperature: ");
Serial.println(battemp);

} else {

    Serial.println("Read register 0xOFFF failed!");

}

```

```
node.clearResponseBuffer();

delay(1000);

result_2 = node.readInputRegisters(0x1009, 10);

if (result_2 == node.ku8MBSuccess) {

    cell_1 = node.getResponseBuffer(3) / 1000.0f;
    cell_2 = node.getResponseBuffer(4) / 1000.0f;
    cell_3 = node.getResponseBuffer(5) / 1000.0f;
    cell_4 = node.getResponseBuffer(6) / 1000.0f;
    cell_5 = node.getResponseBuffer(7) / 1000.0f;
    cell_6 = node.getResponseBuffer(8) / 1000.0f;
    cell_7 = node.getResponseBuffer(9) / 1000.0f;

    Blynk.virtualWrite(V27, cell_1); // Cell_1 Voltage
    Blynk.virtualWrite(V28, cell_2); // Cell_2 Voltage
    Blynk.virtualWrite(V29, cell_3); // Cell_3 Voltage
    Blynk.virtualWrite(V30, cell_4); // Cell_4 Voltage
    Blynk.virtualWrite(V31, cell_5); // Cell_5 Voltage
    Blynk.virtualWrite(V32, cell_6); // Cell_6 Voltage
```

```
Blynk.virtualWrite(V33, cell_7); // Cell_7 Voltage

Serial.print("Cell_1: "); Serial.println(cell_1);
Serial.print("Cell_2: "); Serial.println(cell_2);
Serial.print("Cell_3: "); Serial.println(cell_3);
Serial.print("Cell_4: "); Serial.println(cell_4);
Serial.print("Cell_5: "); Serial.println(cell_5);
Serial.print("Cell_6: "); Serial.println(cell_6);
Serial.print("Cell_7: "); Serial.println(cell_7);
} else {
    Serial.println("Read register 0x1009 failed!");
}

node.clearResponseBuffer();

delay(1000);

result_3 = node.readInputRegisters(0x1013, 10);
if (result_3 == node.ku8MBSuccess) {
    cell_8 = node.getResponseBuffer(0) / 1000.0f;
```

```
cell_9 = node.getResponseBuffer(1) / 1000.0f;  
cell_10 = node.getResponseBuffer(2) / 1000.0f;  
cell_11 = node.getResponseBuffer(3) / 1000.0f;  
cell_12 = node.getResponseBuffer(4) / 1000.0f;  
cell_13 = node.getResponseBuffer(5) / 1000.0f;  
cell_14 = node.getResponseBuffer(6) / 1000.0f;  
cell_15 = node.getResponseBuffer(7) / 1000.0f;
```

```
Blynk.virtualWrite(V34, cell_8); // Cell_8 Voltage  
Blynk.virtualWrite(V35, cell_9); // Cell_9 Voltage  
Blynk.virtualWrite(V36, cell_10); // Cell_10 Voltage  
Blynk.virtualWrite(V37, cell_11); // Cell_11 Voltage  
Blynk.virtualWrite(V38, cell_12); // Cell_12 Voltage  
Blynk.virtualWrite(V39, cell_13); // Cell_13 Voltage  
Blynk.virtualWrite(V40, cell_14); // Cell_14 Voltage  
Blynk.virtualWrite(V41, cell_15); // Cell_15 Voltage
```

```
Serial.print("Cell_8: "); Serial.println(cell_8);  
Serial.print("Cell_9: "); Serial.println(cell_9);
```

```
Serial.print("Cell_10: "); Serial.println(cell_10);  
Serial.print("Cell_11: "); Serial.println(cell_11);  
Serial.print("Cell_12: "); Serial.println(cell_12);  
Serial.print("Cell_13: "); Serial.println(cell_13);  
Serial.print("Cell_14: "); Serial.println(cell_14);  
Serial.print("Cell_15: "); Serial.println(cell_15);  
  
} else {  
    Serial.println("Read register 0x1013 failed!");  
}  
  
node.clearResponseBuffer();  
  
delay(1000);  
  
}  
  
void loop() {  
    Blynk.run();  
    timer.run();  
}
```