

SKRIPSI

DESAIN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK PHOTOVOLTAIK SKALA RUMAH TANGGA DI PEDESAAN BONTOCANI

*Diajukan sebagai salah satu syarat
guna memperoleh gelar sarjana strata satu (S1)
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Makassar*



DISUSUN OLEH :

MUJAHIDIN
105820084911

HERMAN. L
105820081311

**PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
2018**



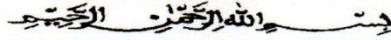
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: www.unismuh.ac.id, e_mail: unismuh@gmail.com

Website: <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>



HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat-syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **DESAIN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK POTOVOLTAIK SKALA RUMAH TANGGA PEDESAAN BONTOCANI.**

N a m a : 1. Mujahidin

2. Herman L

Stambuk : 1. 105 82 849 11

2. 105 82 813 11

Makassar, 25 Mei 2018

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Pembimbing I

Dr. Eng. Ir. H. Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng
NIP: 196901241993031001

Pembimbing II

Andi Faharuddin, S.T., M.T
NIP: 132 169 986

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Dr. Umar Katu, S.T., M.T.
NBM : 990 410



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. III

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : www.unismuh.ac.id, email : unismuh@gmail.com

Website : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama **MUJAHIDIN** dengan nomor induk Mahasiswa 105820084911 dan **HERMAN. L** dengan nomor induk Mahasiswa 105820081311, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0005/SK-Y/20201/091004/2018, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Kamis tanggal 31 Mei 2018.

Panitia Ujian : Makassar, 15 Ramadhan 1439 H
31 Mei 2018 M

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Dr. H. Abdul Rahman Rahim, S.E., M.M

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dr. Ir.H. Muhammad Arsyad Thaha, M.T

2. Penguji

a. Ketua : Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M. Sc

b. Sekretaris : Suryani, S.T.,M.T

3. Anggota : 1. Ir. Abd Hafid, M.T

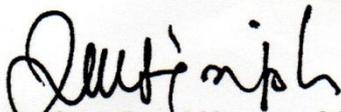
2. Andi Abd Halik Lateko Tj, S.T.,M.T

3. Rossy Timur Wahyuningsih, S.T., M.T

Mengetahui :

Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Eng. Ir. H. Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng

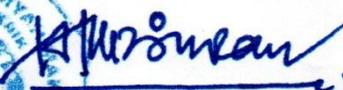
NIP: 196901241993031001


ANDI FAHARUDDIN, ST.,MT

NIP: 132169986

Dekan :




Ir. Hamzah Al Imran, ST., M.T

NBM : 855 500

KATA PENGANTAR



Syukur Alhamdulillah penulis senantiasa panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena rahmat dan hidayah-Nyalah sehingga penulis dapat menyusun tugas akhir ini “Skripsi” dengan judul **“DESAIN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK PHOTOVOLTAIK SKALA RUMAH TANGGA DI PEDESAAN BONTOCANI KABUPATEN BONE”**

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa di dalam penyusunan maupun penulisan Skripsi ini masih terdapat beberapa kekurangan dan kesalahan, hal ini disebabkan karena penulis juga merupakan manusia biasa yang tidak pernah luput dari kesalahan maupun kekhilafan baik itu dari segi teknis dan bahasa penulis. Oleh karena itu penulis sangat menyadari betapa pentingnya koreksi dan sarannya yang diberikan kepada penulis agar supaya mampu mencapai kesempurnaan secara umum, dimana penulis sangat berharap besar tulisan ini dapat bermanfaat di kemudian hari terutama untuk penulis itu sendiri.

Tidak bisa dipungkiri bahwa Skripsi ini dapat terwujud berkat adanya bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala kerendahan dan ketulusan hati, penulis hantarkan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ayahanda Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar beserta staf jajarannya.
2. Ayahnda/Ibunda Ketua Jurusan Elektro, Jurusan Sipil, dan Jurusan Arsitektur Universitas Muhammadiyah Makassar beserta staf jajarannya
3. Bapak/ibu dosen serta staf pegawai Fakultas Teknik atas segala waktunya, selama ini telah mendidik dan melayani penulis dalam mengikuti proses belajar di Universitas Muhammadiyah Makassar Khususnya pada Jurusan Elektro itu sendiri.
4. Rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar khususnya Saudara seperjuangan Angkatan 2011 dengan keakraban dan persaudaraannya yang banyak membantu dalam penyusunan tugas akhir ini “tugas akhir”. Penulis juga mengucapkan terimah kasih yang sangat mendalam atas segala do’a, kasih sayang, dorongan dan pengorbanannya yang telah dilimpahkan kepada penulis.

Semoga dari semua pihak yang penulis sebutkan maupun tidak sempat penulis sebutkan agar senantiasa mendapatkan pahala yang berlipat ganda di sisi Allah SWT, dan tiada henti-hentinya penulis sangat berharap dengan adanya tulisan tugas akhir ini yang begitu sederhana, agar dapat bermanfaat bagi rekan-rekan, masyarakat dan terutama sangat bermanfaat untuk penulis. Amin.

Makassar,...Februari 2018

Penulis

DESAIN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK PHOTOVOLTAIK SKALA RUMAH
TANGGA DI PEDESAAN BONTOCANI KABUPATEN BONE

Mujahidin¹, Herman. L²

¹Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Unismuh Makassar

E_mail : Mujahidin.Teknik@Gmail.com

²Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Unismuh Makassar

E_mail : Muhamademank92@Gmail.com

DIBIMBING OLEH,

¹**Dr.Eng.Ir.H ZULFAJRI BASRI HASANUDDIN, M.Eng**

²**ANDI FAHARUDDIN,ST.MT**

ABSTRAK

Tujuan penelitian adalah mendesain sistem pembangkit listrik photovoltaik skala rumah tangga dengan jangka waktu penggunaan selama 3 hari otonom dengan pertimbangan menggunakan *back up* mesin generator dan perbandingan desain sitem pembangkit listrik photovoltaic untuk penerangan 10 buah lampu Ac pada rumah tangga dan menghitung biaya perancangan pembangkit listrik photovoltaic berdasarkan ketentuan harga pada saat ini. Metode penelitian yang digunakan adalah perancangan penyimpanan beban data yang di gunakan, perencanaan panel photovoltaic, perencanaan sistem pengisian, perencanaan kapasitasan jumlah baterai dan perencanaan kapasitas inverter. Hasil dari penelitian ini adalah desain perancangan alat photovoltaic,dengan perbandingan otonomi 3 hari dengan bake up generator dan 7 hari otonom untuk penerangan 10 buah lampu Ac dengan menghitung estimasi anggaran biaya dari masing-masing desain. Kesimpulan perbandingan desain photovoltaik 3 hari otonom untuk kebutuhan rumah tangga yaitu dengan menggunakan panel surya 100 WP sebanyak 22 buah,charger controller 170 A,baterai 28 buah,inverter 620 W dengan perkiraan total biaya sekitar Rp. 107.075.000,- .Sedangkan desain photovoltaik sistem penerangan 10 buah lampu AS pada rumah tangga berukuran sedang adalah dengan menggunakan panel surya 100 WP sebanyak 14 buah,charger controller 350 A,baterai 42 buah,inverter 52 W dengan perkiraan total biaya sekitar Rp. 120.4250.000,-.

Kata kunci : Sistem photovoltaik, Backup Generator dan Beban Rumah Tangga

DESIGN SYSTEM OF ELECTRICAL POWER PHOTOVOLTAIK HOUSEHOLD SKILL
AT RURAL BONTOCANI DISTRICT BONE

Mujahidin¹, Herman. L²

¹Department of Electrical Engineering Faculty of Engineering Unismuh Makassar

E_mail: Mujahidin.Teknik@Gmail.com

²Department of Electrical Engineering Faculty of Engineering Unismuh Makassar

E_mail: Muhammademank92@Gmail.com

GUIDED BY,

¹**Dr.Eng.Ir.H ZULFAJRI BASRI HASANUDDIN, M.Eng**

²**ANDI FAHARUDDIN, ST.MT**

ABSTRACT

The objective of the study was to design a household-scale photovoltaic power system with a three-day autonomous usage period with consideration of backing up generator engines and comparison of photovoltaic generating system designs for lighting of 10 Ac lamps in households and calculating the cost of designing a photovoltaic power plant based on the current price provisions. The research method used is the design of data load storage in use, photovoltaic panel planning, charging system planning, capacitance number planning and inverter capacity planning. The result of this research is design of photovoltaic device design, with 3 days autonomy ratio with bake up generator and 7 autonomous day for lighting 10 ac lamps by calculating cost estimation from each design. Conclusion comparison of 3 days autonomous photovoltaic design for household needs that is by using 100 WP solar panel as much as 22 pieces, charger controller 170 A, battery 28 fruit, inverter 620 W with estimated total cost about Rp. 107,075,000, -. While photovoltaic design of lighting system of 10 pieces of US lamps in medium-sized households is to use 100 WP solar panels as much as 14 pieces, 350 A controller charger, 42 batteries, 52 W inverter with an estimated total cost of about Rp. 120.4250.000, -.

Keywords: Photovoltaic System, Backup Generator and Household Expenses

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian.....	5
D. Batasan Masalah.....	5
E. Manfaat Penelitian.....	6
F. Sistematika Penulisan.....	6

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Profil Rumah Kecamatan Bontocani Kabupaten Bone	8
B. Energi Terbarukan.....	9

C. Sel surya Atau Potovoltaik	13
D. Jenis-jenis Panel Surya/solar cell	15
E. Surya Potovoltaik Berdiri Sendiri Sistem Rumah Tangga	19
F. Perancang Peralatan Listrik yang Digunakan Dalam Rumah	23
G. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)	28
H. Temperatur	30
I. Komponen Kapasitas PLTS	31
J. Kabel Distribusi	37
K. Kelebihan Dan Kekurangan Sistem Pembangkit Tenaga Surya PLTS	39
L. Sistem Proteksi Pada Pembangkit Listrik	42

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu penelitian	47
B. Metode pengumpulan Data	47
C. Jenis Data	47
D. Diagram Penelitian.....	48
E. Tahapan Penelitian	49
F. Langkah Penelitan.....	49

BAB IV HASIL & PEMBAHASAN

A. Perancangan PLTS (Skala rumah tangga sedang).....	51
B. Perancangan penggunaan selama tiga hari otonom <i>back up</i> generator	55

C. Perancangan penerangan 10 buah lampu AC selama tujuh hari otonom.....	58
D. Sistem pemasangan panel.....	62
E. Estimasi Biaya Desain Plts Photovoltaik	62
F. Kabel Distribusi	65

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan	68
B. Saran.....	69

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Rumah	8
Gambar 2.2. Cara kerja solar panel.....	14
Gambar 2.3. Panel Polikristal	15
Gambar 2.4. Panel Monokristal	16
Gambar 2.5. Panel Amorphous	16
Gambar 2.6. Modul Surya.....	19
Gambar 2.7. <i>Controller</i>	20
Gambar 2.8. Inverter	21
Gambar 2.9. Baterai (Aki).....	22
Gambar 2.10. Lampu <i>LED</i>	25
Gambar 2.11. Televisi.....	26
Gambar 2.12. Setrika.....	27
Gambar 2.13. Diagram Sistem PLTS- <i>Grid Connected</i>	29
Gambar 2.14. Diagram Sistem PLTS Berdiri Sendiri dengan baterai.	29
Gambar 3.1. Diagram penelitian	48
Gambar 3.2. Langkah Penelitian.....	50
Gambar 4.1. Wiring diagram PLTS off-grid.....	52
Gambar. 4.2. Atap kemiringan 35°	62
Gambar. 4.3. Desain PLTS 1419,6 W _{peak} / 10 kWh (7 hari otonom)	67
Gambar. 4.4. Desain PLTS 2129 W _{peak} / 15 kWh (3 hari otonom)	67

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rangkaian Jenis-jenis lampu	24
Tabel 2.2. Data beban yang akan digunakan	28
Tabel 4.1. Perhitungan Daya dan Energi Harian (beban)	54
Tabel 4.2. Perhitungan Daya dan Energi Harian (Penerangan AC)	58
Tabel 4.3. Perhitungan anggaran biaya pada desain penggunaan tiga hari	63
Tabel 4.4. Perhitungan anggaran biaya pada desain penggunaan tujuh hari	64
Tabel 4.5. Temperatur Bulanan Kota Bone, 2018	66

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Lisrik merupakan suatu kebutuhan penting bagi manusia dalam menjalankan aktivitas sehari-hari, dimana pada zaman modern ini sudah banyak alat pendukung kehidupan manusia yang membutuhkan tenaga listrik untuk mengoperasikannya, seperti lampu, mesin cuci, mesin pompa air, televisi, radio, komputer dan perangkat elektronik lainnya. Listrik juga menjadikan manusia ketergantungan akan keberadaannya, tidak dapat dipungkiri bahwa listrik merupakan tenaga yang dibutuhkan manusia dalam segala hal yang mendukung aktivitasnya. Peningkatan penggunaan energi listrik dapat dijadikan sebagai indikator meningkatnya kemakmuran suatu masyarakat. Namun pada waktu yang sama timbul sebuah masalah dalam upaya peningkatannya. Hal ini disebabkan karena banyak pembangkit listrik yang tidak berjalan optimal sehingga manfaatnya tidak mampu dirasakan masyarakat dengan secara keseluruhan.

Indonesia sebagai negara tropis mempunyai potensi energi matahari yang tinggi dengan radiasi rata-rata (*insolasi*) sebesar 4,5 kWh/m²/hari (Solarex,1996). Potensi ini dapat di manfaatkan sebagai sumber energi alternatif yang murah dan tersedia sepanjang tahun. Disamping itu, kondisi geografis Indonesia yang terdiri dari

ribuan pulau menyebabkan banyaknya daerah terpencil yang belum terjangkau listrik PLN. Oleh karena itu penggunaan teknologi PLTS untuk memanfaatkan potensi energi surya yang tersedia di daerah-daerah tersebut merupakan solusi yang tepat. Penggunaan teknologi tenaga surya untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di daerah terpencil dapat dilakukan dengan berbagai macam sistem PLTS seperti PLTS Hybrid yaitu gabungan antara energi surya dengan sumber energi lainnya, yang paling umum adalah penggabungan energi surya dengan energi mesin diesel dan energi Mikro- hydro. Sistem energi surya yang lainnya adalah ” *Solar Home System (SHS)* ”. SHS ini terdiri dari panel modul surya, baterai, alat pengontrol dan lampu. SHS di pasang pada masing-masing rumah dengan modul fotovoltaik dipasang diatas atap rumah. Sistem ini biasanya mempunyai modul fotovoltaik dengan kapasitas 50 Wp dimana pada radiasi matahari rata-rata harian $4,5 \text{ kWh/m}^2$ akan menghasilkan energi kurang lebih 125-130 watt/jam. Masalah utama dalam penggunaan SHS adalah harganya yang masih relatif mahal untuk masyarakat terutama daerah terpencil dan miskin. Untuk itu perlu adanya suatu acuan atau pedoman analisa penggunaan SHS yaitu cara menghitung dan memilih komponen SHS yang dibutuhkan masyarakat tersebut sehingga masyarakat mampu membayar dan dapat menikmati listrik, minimal untuk sarana penerangan.

D Wilayah Kabupaten Bone termasuk daerah beriklim sedang. Kelembaban udara berkisar antara 95%-99% dengan temperatur berkisar $26 \text{ }^\circ\text{C} - 34 \text{ }^\circ\text{C}$.

Selain kedua wilayah yang terkait dengan iklim tersebut, terdapat juga wilayah peralihan, yaitu: Kecamatan Bontocani dan kecamatan Libureng yang sebagian mengikuti wilayah barat dan sebagian lagi wilayah timur. Rata-rata curah hujan tahunan di wilayah Bone bervariasi, yaitu: rata-rata < 1.750 mm; 1750 – 2000 mm; 2000 – 2500 mm dan 2500 – 3000 mm.

Bontocani merupakan salah satu pedesaan yang terpencil dan terhitung jauh dari sumber penyaluran energy listrik PLN, jarak antara pedesaan dengan pengguna listrik PLN (Kota Kabupaten) ini diperkirakan kurang lebih 136 KM dari batas penyaluran PLN ke rumah-rumah masyarakat, sehingga sebagian masyarakat pedesaan tidak dapat menikmati energy listrik yang menyebabkan keterbelakangannya dari segi ekonomi, pendidikan maupun penggunaan energy listrik. Rata-rata masyarakat di malam hari menggunakan penerangan melalui lampu minyak tanah dan sebagian juga masyarakat menggunakan mesin generator.

Dengan melihat kondisi tersebut sangatlah memprihatinkan yang dimana suatu hal yang tidak efisien untuk dipergunakan dalam jangka panjang. Maka dari itu penulis berasumsi untuk memanfaatkan energi surya sebagai alternatif yang paling tepat untuk penerangan dalam rumah tangga khususnya di wilayah pedesaan Bontocani, sebab di pedesaan ini merupakan kawasan yang berpotensi untuk mengembangkan energi surya. Karena pedesaan Bontocani merupakan kawasan yang terpencil sehingga memerlukan penerapan PLTS yang terhitung murah, mudah, dan yang paling penting adalah ramah lingkungan. Instalasi dan pemeliharaan panel surya

tergolong mudah sehingga memungkinkan bagi masyarakat sekitar untuk melakukan *maintenance* sendiri untuk panel surya tersebut. Selain daripada itu instalasi panel surya dianggap lebih hemat dibandingkan penggunaan generator apabila akan digunakan sebagai alternatif untuk memenuhi kebutuhan listrik dalam penerangan skala rumah tangga. Oleh karena itu tulisan ini bertujuan menekankan penerapan teknologi PV surya di pedesaan Bontocani melalui **Desain sistem pembangkit listrik PV dari berdiri sendiri skala rumah tangga di pedesaan Bontocani** yang belum tersentuh aliran listrik. Setiap rumah diasumsikan memiliki sistem pencahayaan DC dengan energi lampu hemat emitting diode (LED) lampu; dan beban AC seperti TV, DVD player, penerima satelit digital, sistem musik kecil dan penggemar lainnya.

B. Rumusan masalah

Melihat berbagai masalah yang timbul dalam pembahasan latar belakang di atas, maka penulis dapat menyimpulkan bahwa :

1. Perbandingan desain photovoltaik dengan jangka waktu pemakaian selama tiga hari otonom backup generator dan tujuh hari otonom penerangan AC skala rumah tangga tanpa generator
2. Jumlah komponen yang digunakan pada sistem pembangkit Plts photovoltaik dengan jangka waktu pemakaian

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menekankan penerapan surya teknologi PV di Pedesaan dan mendesain sistem surya PV yang berdiri sendiri untuk rumah tangga pedesaan :

1. Mendesain Sitem PLTS Photovolataik untuk kebutuhan energi rumah tanggah dengan backup generator
2. Mendesain Sitem PLTS Photovolataik untuk penerangan AC ukuran rumah sedang di Bontocani

D. Batasan Masalah

Upaya untuk memaksimalkan tujuan peneliatian ini, maka penulis memandang perlu adanya sebuah batasan masalah dalam desain dan perhitungan beban potovoltaik untuk skala rumah tanggah pedesaan.

- 1 Pemakain selama tiga hari otonom dengan backup generator
- 2 Penerangan 10 buah lampu AC photovoltaik selama selama pemakaian tujuh hari otonom dalam satu rumah tangga ukuran sedang tanpa generator

E. Manfaat Penelitian

Sebagai solusi untuk memenuhi kebutuhan listrik bagi daerah-daerah yang sulit dijangkau khususnya daerah pedesaan Bontocani. Energi matahari sebagai salah satu energi alternatif yang tidak perlu dibeli, akan tetapi membutuhkan biaya produksi awal yang terhitung masih mahal dan selanjutnya dapat berjalan dengan sendirinya.

1. Untuk memperoleh kebutuhan energi rumah tangguh dengan backup generator selama penggunaan 3 hari berturut-turut dalam keadaan cuaca buruk (hujan)
2. Untuk memperoleh kebutuhan energi rumah tangguh (Skala penerangan 10 buah lampu AS) dengan penggunaan selama 7 hari berturut-turut dalam keadaan cuaca buruk (hujan)

Dari berbagai yang telah diuraikan diatas penulis dapat menyimpulkan bahwa teknologi PLTS ini bisa menjadi salah satu alternatif yang dapat memenuhi kebutuhan listrik yang dapat diandalkan (*technically reliable*), layak secara ekonomis (*economy feasible*) dan dapat diterima oleh masyarakat secara umum (*socially feasible*).

F. Sistematika Penulisan

BAB I : PENDAHULUAN

Menjelaskan tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Menjelaskan tentang materi dan tinjauan pustaka yang berhubungan dengan judul penelitian.

BAB III : METODE PENELITIAN

Metapkan metode penelitian yang digunakan, tempat dan waktu penelitian.

BAB IV : HASIL dan PEMBAHASAN

menjelaskan tentang hasil dari penelitian, alat dan perhitungan serta pembahasan terkait judul penelitian.

BAB V : PENUTUP

Dalam bagian ini akan dibahas penjelasan atau kesimpulan dan saran akhir dari perakitan dan pengujian alat yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

Berisikan berbagai sumber referensi yang didapatkan penulis dalam penyusunan proposal dan skripsi tugas akhir tentang Fotovoltaik (PLTS).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Profil Rumah Kecamatan Bontocani Kabupaten Bone



Gambar 2.1. Rumah

Kabupaten Bone sebagai salah satu daerah yang berada di pesisir timur Sulawesi Selatan memiliki posisi strategis dalam perdagangan barang dan jasa di [Kawasan Timur Indonesia](#) yang secara administratif terdiri dari 27 kecamatan, 328 desa dan 44 kelurahan dan salah satunya termasuk “**Kecamatan Bontocani**”. Kabupaten ini terletak 174 km ke arah timur [Kota Makassar](#), berada pada posisi 4°13'- 5°6' LS dan antara 119°42'-120°30' BT. Luas wilayah Kabupaten Bone 4.559 km².

Kawasan pedesaan Bontocani adalah merupakan salah satu daerah di Kabupaten Bone Sulawesi Selatan yang terbilang masih terisolasi dari pengembangan energi listrik yang merupakan kebutuhan masyarakat dalam kehidupan sehari-hari. Kawasan ini juga merupakan wilayah yang susah terjangkau sehingga mempersulit

pengembangan penggunaan listrik yang disalurkan langsung dari pihak P.T. PLN maupun pemerintah setempat.

B. Energi Terbarukan

1. Definisi Energi

Energi adalah kemampuan melakukan kerja. Disebut demikian karena setiap kerja yang dilakukan sekecil apapun dan sesering apapun itu tetap membutuhkan energi. Menurut KBBI (Kamus Besar Bahasa Indonesia) energi didefinisikan sebagai daya atau kekuatan yang diperlukan untuk melakukan berbagai proses kegiatan. Energi merupakan bagian dari suatu benda tetapi tidak terikat pada benda tersebut. Energi berbentuk fleksibel yang artinya dapat berpindah atau berubah kapan saja.

2. Definisi Energi Terbarukan

Energi terbarukan adalah energi yang berasal dari “proses alam yang berkelanjutan”, seperti tenaga surya, tenaga angin, arus air, proses biologi, panas bumi dan sebagainya.

Menurut definisi *Internasional Energy Agency (IEA)* energi terbarukan adalah energi yang berasal dari proses alam yang diisi ulang secara terus menerus. Contohnya adalah energi yang dihasilkan baik secara langsung ataupun tidak langsung dari matahari atau panas bumi. IEA mengklasifikasikan energi terbarukan seperti matahari, angin, biomassa, geothermal, hydropower, laut, biofuel, dan hydrogen.

Sebelum bahan bakar fosil habis, sektor energi terbarukan harus dikembangkan untuk cukup menggantikan batu bara, minyak bumi, dan gas alam. Ini hanya dapat dilakukan jika kemajuan teknologi energi terbarukan berlanjut ditahun – tahun mendatang. Kegagalan pengembangan teknologi energi terbarukan akan membahayakan keamanan energi masa depan masyarakat dan ini harus dihindari oleh dunia.

3. Pemanfaatan energi matahari (surya)

Energi matahari (surya) merupakan radiasi elektromagnetik yang di pancarkan ke bumi berupa cahaya yang terdiri atas foton atau partikel energi surya yang dikonversikan menjadi energi listrik. Energi surya yang sampai pada permukaan bumi disebut sebagai radiasi surya global yang diukur dengan kepadatan daya pada permukaan daerah penerima. Intensitas sinar surya yang sampai ke bumi tidak stabil, kadang sampai lebih dari 1000 Watt/m^2 , akan tetapi hanya beberapa detik saja. Intensitasnya kemudian turun mendadak karena adanya debu atau benda lain yang menghambat sinar tersebut (matahari). Sinar matahari sampai di bumi dengan energi yang diterimah sekitar 1367 W/m^2 (Sumber - Wieder 1996). Intensitas radiasi surya dipengaruhi oleh waktu siklus pada perputaran bumi, kondisi cuaca meliputi kualitas dan kuantitas awan, pergantian musim dan posisi garis lintang. Intensitas radiasi sinar matahari di Indonesia berlangsung kurang lebih 4-5 jam per hari.

Energi surya yang dikonversikan menjadi energi listrik biasanya disebut dengan energi potovoltaik. Pada awalnya teknologi potovoltaik ini memang didesain untuk digunakan sebagai pembangkit listrik khususnya di daerah pulau-pulau atau pedesaan terpencil, lalu kemudian dikembangkan menjadi lampu penerangan jalan berenergi surya, walaupun awalnya hanya cukup untuk kebutuhan penerangan namun seiring berkembangannya pengetahuan dan teknologi PLTS ini juga sudah banyak digunakan dengan skala besar sesuai kebutuhan yang diperlukan.

Tidak terlepas dari penemuan teknologi sel surya berbasis silikon pada tahun 1941. Ketika itu *Russell Ohl* dari Bell Laboratory mengamati silikon polikristalin akan membentuk *p-n junction*, karena adanya efek segregasi pengotor yang terdapat pada leburan silikon. Jika berkas foton mengenai salah satu sisi *junction*, maka akan mengalami beda potensial di antara *junction*, dimana elektron dapat mengalir bebas. Sejak itu penelitian untuk meningkatkan efisiensi konversi energi foton menjadi listrik semakin intensif dilakukan. Berbagai tipe sel surya dengan beraneka bahan dan konfigurasi geometri dianggap berhasil dibuat.

4. Prinsip Kerja Sel Surya

Sel surya adalah dioda semikonduktor yang dapat mengubah cahaya menjadi listrik dan merupakan komponen utama dalam sistem PLTS. Selain itu terdiri dari modul-modul sel surya, komponen lain dari PLTS adalah *Balance of System* (BOS) berupa inverter dan kontroler. PLTS sering dilengkapi dengan baterai penyimpanan

daya, sehingga PLTS dapat tetap memasok daya listrik ketika tidak ada cahaya matahari.

Pembangkit energi listrik pada sel surya terjadi berdasarkan efek fotolistrik, atau disebut juga efek fotovoltaik, yaitu efek yang terjadi akibat foton dengan panjang gelombang tertentu yang jika energinya lebih besar daripada energi ambang semikonduktor, maka akan diserap oleh elektron sehingga elektron berpindah dari pita valensi (N) menuju pita konduksi (P) dan meninggalkan *hole* pada pita valensi, selanjutnya dua buah muatan, yaitu pasangan *electron-hole*, dibangkitkan. Aliran *electron-hole* yang terjadi apabila dihubungkan ke beban listrik melalui penghantar akan menghasilkan arus listrik.

5. Tipe Sel Surya

Berdasarkan kronologis perkembangan, sel surya dibedakan menjadi sel surya generasi pertama, kedua, dan ketiga. Generasi pertama dicirikan dengan pemanfaatan *wafers* silikon sebagai struktur dasar sel surya; generasi kedua memanfaatkan teknologi deposisi bahan untuk menghasilkan lapisan tipis (*thin film*) yang dapat berperilaku sebagai sel surya; dan generasi ketiga dicirikan oleh pemanfaatan teknologi *bandgap engineering* untuk menghasilkan sel surya berfisisensi tinggi dengan konsep tandem *multiple stacks*.

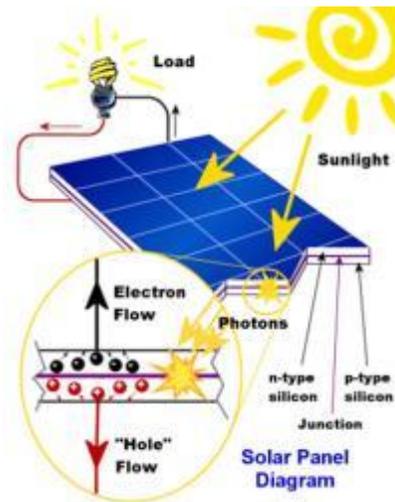
Kebanyakan sel surya yang di produksi adalah sel surya generasi pertama, yakni sekitar 90% (2008). Di masa depan, generasi kedua akan makin populer, dan

kelak akan mendapatkan pangsa pasar yang makin besar. *European Photovoltaic Industry Association* (EPIA) memperkirakan pangsa pasar *thin film* akan mencapai 20% pada tahun 2010. Dan sel surya generasi ketiga hingga saat ini masih dalam tahap riset dan pengembangan, belum mampu bersaing dalam skala komersial. (menurut litbang.esdm.go.id)

C. Sel surya Atau Potovoltaik

Potovoltaik (PV) adalah sistem mengkonversi energi surya secara langsung menjadi energi listrik dan menawarkan keuntungan seumur hidup sepanjang dengan perawatan yang maksimal. Namun, tidak seperti kebanyakan teknologi dewasa, biaya yang terus penurunan dan PV surya semakin menarik secara komersial untuk proyek pengembang dan skala kecil konsumen perumahan atau komersial. Pada tahun 2002, total kapasitas terpasang PV surya melebihi 2 GW dan 10 tahun kemudian, pada 2012, melampaui 100 GW. Pada tahun 2013, baru penambahan PV surya sendiri datang ke 39 GW. Harga modul surya PV pada tahun 2014 adalah sekitar 75% lebih rendah dari tingkat mereka pada akhir 2009. Modul surya (potovoltaik) adalah sejumlah sel yang dirangkai secara seri dan paralel, untuk meningkatkan tegangan dan arus yang dihasilkan sehingga cukup untuk pemakaian system catu daya beban. Untuk mendapatkan keluaran energi listrik yang maksimum maka permukaan modul surya harus selalu mengarah ke matahari. Komponen utama system surya potovoltaik adalah modul yang merupakan unit rakitan beberapa sel surya potovoltaik. Untuk membuat potovoltaik secara pabrikasi bisa menggunakan teknologi Kristal dan thin

film. Modul potovoltaik Kristal dapat dibuat dengan teknologi yang relative sederhana, sedangkan untuk membuat sel potovoltaik diperlukan teknologi tinggi. Modul potovoltaik tersusun dari beberapa sel poton yang dihubungkan secara seri dan paralel



Gambar 2.2. Cara kerja solar panel

Cara Kerja:

- Cara kerja sistem pembangkit listrik tenaga surya, menggunakan *grid-connected* panel sel surya potovoltaik.
- Modul sel surya potovoltaik mengubah energi surya menjadi arus listrik DC. Arus listrik DC yang dihasilkan ini akan dialirkan melalui inverter (konversi daya) yang akan mengubahnya menjadi arus listrik AC, yang secara otomatis juga akan mengatur seluruh sistem.

- Listrik AC akan didistribusikan melalui panel distribusi indoor yang akan mengalirkan listrik sesuai kebutuhan alat elektronik (televisi, radio, AC, pompa air dan lainnya). Besar dan biaya konsumsi listrik yang dipakai akan diukur dalam *Watt-Hour Meters*.

D. Jenis Panel Surya/solar cell :

1. Polikristal (*Poly-crystalline*)



Gambar 2.3. Panel polikristal

Polikristal (*Poly-crystalline*) merupakan panel surya yang memiliki susunan kristal acak karena dipabrikasi dengan proses pengecoran. Tipe ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama. Panel surya jenis ini memiliki efisiensi lebih rendah dibandingkan tipe monokristal, sehingga memiliki harga yang cenderung lebih murah.

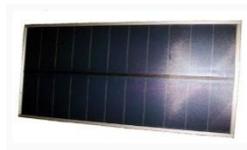
2. Monokristal (*Mono-crystalline*)



Gambar 2.4. Panel Monokristal

Monokristal (*mono-crystalline*) merupakan panel yang paling efisien, menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak dapat bekerja optimal ditempat dengan cahaya matahari yang kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan.

3. Amorphous



Gambar 2.5. Panel Amorphous

Silikon Amorf (a-Si) telah digunakan sebagai bahan sel photovoltaic untuk kalkulator selama beberapa waktu. Meskipun mempunyai kinerja yang lebih rendah dibandingkan sel surya tradisional a-Si, hal ini tidak penting dalam kalkulator, yang menggunakan daya sangat rendah.

Pendekatan ini tidak berlaku untuk sel a-Si, dengan teknik konstruksi yang tebal dan karenanya sangat buram, menghalangi cahaya mencapai lapisan lain dalam susunan. Pembuatan dari solar sel bertipe a-Si dalam produksi skala besar tidak efisien, tetapi biaya. a-Si sel menggunakan sekitar 1% dari silikon yang dibutuhkan untuk sel a-Si, dan biaya silikon adalah faktor terbesar dalam biaya pembuatan sel. Namun, biaya lebih tinggi karena pembuatan konstruksi multilayernya. Sampai saat ini membuat a-Si tidak menarik kecuali dalam peran dimana ketipisan atau fleksibilitas adalah keuntungan.

4. Perbandingan Spesifikasi Solar Panel

Berikut ini, kami lampirkan berbagai spesifikasi panel surya, dengan berbagai kapasitas dan berbagai jenis serta mereknya.

Di bawah ini, juga dapat dilihat sebagai berikut :

- Nilai efisiensi antara *monocrystalline* dan *polychrystalline* bernilai sama pada panel yang berkapasitas besar (300Wp), yang mana biasanya nilai

efisiensi *monocrystalline* pada panel lebih kecil daripada 300Wp bernilai lebih tinggi daripada panel *polychrystalline*.

- Untuk panel yang berukuran tanggung, seperti 250Wp, akan memiliki nilai efisiensi yang lebih rendah daripada panel yang berukuran genap, seperti 100Wp dan 200Wp ataupun 300Wp.
- Jangan terpancang pada merek panel surya, lebih baik dihitung nilai efisiensi sebelum membeli panel tersebut. Bandingkan antara minimal dua atau 3 merek panel dengan kapasitas yang sama.
- Untuk nilai P max yang melebihi nilai kapasitas panelnya, akan memberikan nilai efisiensi yang justru lebih kecil daripada nilai P max yang berada di sekitar nilai kapasitas panel-nya.
- Nilai internal resistance yang semakin kecil dapat ditemui pada panel dengan kapasitas yang besar (300Wp).
- Untuk memperoleh hasil yang optimal, sebaiknya beli panel dengan kapasitas yang sekalian besar, semisal 300Wp daripada membeli panel 100Wp tapi berjumlah 3.

E. Surya Potovoltaik Berdiri Sendiri Sistem Rumah Tangga

Sistem instalasi potovoltaik tenaga surya sebagai pembangkit listrik dalam rumah tangga pedesaan, diperlukan beberapa komponen sebagai berikut:

1. Modul surya (*Solar Cell*)



Gambar 2.6. Modul Surya

Modul surya yang terbuat dari beberapa sel PV terhubung dalam rangkaian seri dan paralel. Susunan surya atau panel kemudian sekelompok modul beberapa elektrik terhubung dalam kombinasi seri-paralel untuk menghasilkan arus dan tegangan yang dibutuhkan. Prinsip operasi yang mendasari dari sel PV adalah efek potolistrik, dimana radiasi poton energi lebih besar dari celah pita dari bahan semikonduktor membangkitkan elektron bebas. Ketika rangkaian PV ditutup, elektron dibebaskan mengalir melalui sebuah sirkuit luar menghasilkan arus DC. Oleh karena itu dihasilkan saat secara langsung tergantung pada jumlah foton yang masuk dan dengan demikian, iradiasi surya. Hal ini mungkin layak disebut bahwa dalam serangkaian modul, modul berbayang mengurangi tegangan keseluruhan string bukannya menambahkan untuk itu. Untuk mengatasi efek ini, dioda *bypass* biasanya

ditambahkan secara paralel untuk setiap modul. Demikian pula, dalam modul paralel yang terhubung atau string, dioda terhubung secara seri untuk setiap string untuk mencegah arus balik mengalir ke string tegangan rendah. Selain mengurangi kerugian shading dioda bypass juga digunakan untuk mencegah adanya hotspot.

2. *Charge Controller*



Gambar 2.7. *Controller*

Keberhasilan sistem PV *off-grid* tergantung untuk sebagian besar pada kinerja jangka panjang dari baterai. Untuk sistem beroperasi dengan baik dan memiliki masa hidup yang panjang, baterai harus diisi dengan benar dan disimpan pada tinggi negara dari biaya. Sebuah biaya pengawas mengatur kekuasaan dari modul PV untuk mencegah baterai dari pengisian yang berlebihan dan tingkat tegangan tidak dapat diterima; itu juga berfungsi sebagai memutuskan tegangan rendah untuk memutuskan sambungan DC beban dari baterai, mencegah baterai dari lebih dari debit.

Mengingat tingkat surya iradiasi dan suhu sel PV, listrik maksimum dari modul PV dipanen pada tegangan tertentu yang dikenal sebagai tegangan daya maksimum (VMP), The VMP sangat dipengaruhi oleh perubahan suhu sel PV.

Biasanya, pengendali memungkinkan tegangan baterai untuk menentukan tegangan operasi dari sistem PV. Namun, tegangan baterai tidak mungkin optimal tegangan PV operasi. Maksimal pelacakan power point (MPPT) charge controller dapat mengontrol tegangan output PV sehingga daya maksimum dipanen.

3. Inverter (Optional)



Gambar 2.8. Inverter

Inverter termasuk dalam sistem PV surya yang berdiri sendiri untuk mengubah DC menjadi listrik AC. inverter perlu memenuhi dua kebutuhan: puncak (atau lonjakan) kekuasaan dan kekuatan terus menerus. Beberapa peralatan, terutama mereka dengan motor listrik, membutuhkan tingkat daya yang lebih tinggi pada saat startup daripada yang mereka lakukan ketika menjalankan (1). Pompa, lemari es, dan blender adalah contoh umum.

4. Battery



Gambar 2.9. Baterai (Aki)

sumber daya surya yang berselang di alam, berdiri sendiri sistem PV surya biasanya digabungkan dengan perangkat penyimpanan energi untuk menjamin pasokan. penyimpanan energi yang paling umum digunakan *device's* baterai, jenis asam terutama timbal. baterai timbal-asam yang digunakan hampir secara eksklusif di potovoltaik sistem yang berdiri sendiri. Meskipun sebagian besar jenis baterai memiliki keunggulan seperti kepadatan penyimpanan yang tinggi atau lebih rendah dari biaya, keuntungan yang menentukan dari baterai timbal adalah harga yang lebih rendah. Baterai membuat biaya komponen terbesar selama masa sistem PV surya yang berdiri sendiri.

Mungkin layak menyebutkan pada titik ini bahwa, baterai mobil normal (stater baterai) tidak cocok sebagai penyimpanan di sebuah pabrik surya berdiri sendiri karena akan menjadi rusak dalam waktu singkat karena operasi siklus. Baterai dibangun untuk beroperasi dalam modus penyangga, untuk sebagian besar waktu itu terisi penuh tapi kadang harus memberikan arus tinggi jangka pendek untuk memulai mesin. Baterai yang digunakan dalam sistem PV surya yang berdiri sendiri

dibebankan pada jam matahari, dan telah menahan debit dalam selama jam tanpa matahari; baterai tersebut disebut baterai siklus dalam. persyaratan berbeda mempengaruhi pembangunan dua jenis yang berbeda. Di sebuah bank baterai, baterai harus dari jenis yang sama dan produsen, dan sekitar usia yang sama.

F. Perancangan Peralatan Listrik yang Digunakan Dalam Rumah

LED mengkonsumsi daya jauh lebih kecil dibandingkan dengan lampu fluorescent atau *CFL* atau lampu *Neon*. *LED* menggunakan listrik yang kecil, dengan efisiensi energi listrik diperkirakan 80 – 90 % jika dibandingkan sistem pencahayaan lampu *CFL* dan bola lampu konvensional. Sekitar 80% dari energi listrik di ubah menjadi cahaya, sedangkan 20% hilang dan diubah menjadi panas, selain itu masa pemakaian yang lama menyebabkan *LED* tidak perlu pemeliharaan yang banyak.

Menurut hasil penelitian lampu *LED* dengan 8 watt sama terangnya dengan lampu *CFL* sebesar 14 watt, dan sangat memuaskan. Pemakaian yang sangat lama sampai bertahun-tahun membuat *LED* tidak perlu diganti, tentunya kita pun menjadi hemat biaya. Sedangkan lampu *CFL* satu dua tahun mulai redup pada akhirnya mati total, dan harus diganti.

Tabel 2.1 Rangkaian Jenis-jenis lampu

Lampu LED atau light emitting diodes (LEDs)	Lampu bolam atau incandescent light bulbs	Lampu <i>CFL</i> atau neon atau <i>compact fluorescent (CFLs)</i>
<i>Watts</i>	<i>Watts</i>	<i>Watts</i>
4-5	40	9-13
6-8	60	13-15
9-13	75	18-25
16-20	100	23-30
25-28	150	30-55

1. Lampu



Gambar 2.10. Lampu *LED*

Lampu untuk penerangan adalah peralatan yang paling banyak dipakai untuk jangka waktu yang cukup panjang. Ada 10 buah lampu yang kita gunakan dengan rincian :

- 5 lampu berdaya 13 watt.

Total untuk 5 lampu adalah 65 watt. Lama waktu pemakaian per harinya adalah sekitar 7 jam, dari pukul 17:00 sore sampai 24:00 malam. Jadi total pemakaian listrik selama 1 jam adalah 7 jam dikalikan 65 watt, $7 \times 65 = 455$ watt per jam, atau dalam dunia kelistrikan di sebut dengan satuan watt hour. Untuk perhitungan daya listrik PLN pemakaian satuannya dalam kWh atau kilo watt hour atau 1000 watt hour. Oleh karena itu untuk menentukan nilai kWhnya maka setiap nilai *watt hours* harus dibagi 1000. Dalam contoh ini pemakaian daya listriknya adalah $455/1000 = 0.455$ kWh.

Total pemakaian per bulan adalah $0.455 \times 30 \text{ hari} = 13,65 \text{ kWh}$.

- 5 lampu berdaya 9 watt.

Total untuk 5 lampu adalah 30 watt. Lama waktu pemakaian per harinya adalah sekitar 7 jam, dari pukul 17:00 sore sampai 24:00 malam. Jadi total pemakaian listrik selama 1 jam adalah 7 jam dikalikan 30 watt, $7 \times 30 = 210$ watt per jam, atau dalam dunia kelistrikan di sebut dengan satuan watt hour. Untuk perhitungan daya listrik PLN pemakaian satuannya dalam kWh atau kilo watt hour atau 1000 watt hour. Oleh karena itu untuk menentukan nilai KWHnya maka setiap nilai watt hour harus dibagi 1000. Dalam contoh ini pemakaian daya listriknya adalah $210/1000 = 0.21$ kWh.

Total pemakaian per bulan adalah $0.210 \times 30 \text{ hari} = 6,3 \text{ kWh}$.

Jadi, total pemakaian daya listrik untuk penerangan dalam 1 bulan adalah $13,65 \text{ kWh} + 6,3 \text{ Kwh} = 19,86 \text{ kWh}$.

2. Televisi



Gambar 2.11. Televisi

TV merupakan peralatan listrik yang cukup sering digunakan untuk itu harus dimasukkan dalam daftar perhitungan. Biasanya daya listrik TV LED 32 Inch adalah kurang lebih 135 watt dengan waktu pemakaian per hari rata-rata 5 jam. Jadi untuk pemakaian daya listrik TV adalah $120 \text{ watt} \times 5 \text{ jam} = 600 \text{ watt}$, dikonversikan dalam kWh menjadi $600 \text{ watt}/1000 = 0.6 \text{ kWh}$.

Untuk masa waktu per bulan total daya listrik yang di sedot TV adalah $0,6 \text{ watt} \times 30 \text{ hari} = 18 \text{ kWh}$

3. Setrika



Gambar 2.12. Setrika

Alat terakhir yang juga sering digunakan adalah setrika. Peralatan setrika ini tidak selalu digunakan setiap hari, mungkin dalam sebulan hanya sekitar 12 kali atau 12 hari pemakaian, dengan rata-rata waktu pemakaian 3 jam. Jika daya listrik setrika adalah 300 watt maka total kWh per hari adalah $300 \text{ watt} \times 3 \text{ jam} = 900 \text{ watt}$ atau 0,9 kWh.

Untuk per bulannya adalah $0,9 \text{ kWh} \times 4 = 3.6 \text{ kWh}$.

Tabel 2.2. Data beban yang akan digunakan

Penggunaan beban	Kapasitas beban (W)	Jumlah alat (Bh)
Lampu kamar tidur	9 Watt	3 Buah
Lampu ruangan	13 Watt	4 Buah
Lampu kamar mand	5 Watt	1 Buah
Lampu teras	13 Watt	2 Buah
Televisi	135 Wtt	1 Buah
Setrika	300 Watt	1 Buah

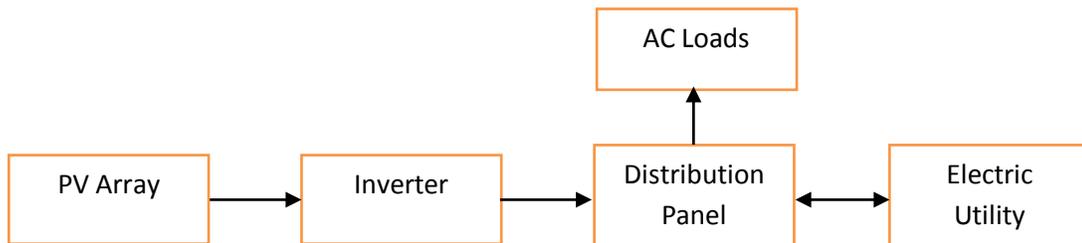
G. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Sistem PLTS umumnya diklasifikasikan menurut konfigurasi komponennya. Pada prinsipnya ada dua klasifikasi sistem PLTS yaitu PLTS yang terhubung dengan jaringan listrik (*PLTS-Grid Connected*) dan PLTS yang berdiri sendiri (*Stand Alone*).

1. PLTS *Grid Connected*

Sistem PLTS *GridConnected* pada dasarnya menggabungkan PLTS dengan jaringan listrik (PLN). Komponen utama dalam sistem ini adalah inverter. Inverter inilah nantinya yang berfungsi untuk mengubah daya DC yang dihasilkan oleh PLTS menjadi daya AC sesuai dengan persyaratan dari jaringan listrik yang

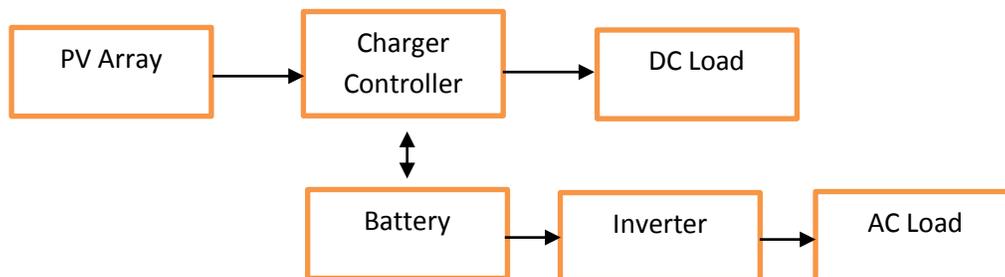
terhubung (*utility grid*). Gambar 2.4 menunjukkan diagram dari sistem PLTS-*Grid connected*.



Gambar 2.13. Diagram Sistem PLTS-*Grid Connected*

2. PLTS Berdiri Sendiri (*Stand-Alone*)

Sistem PLTS yang berdiri sendiri (*Stand-Alone*) dirancang beroperasi mandiri untuk memasok beban DC atau AC. Jenis sistem ini dapat diaktifkan oleh *array fotovoltaic* saja, atau dapat menggunakan sumber tambahan energi lain, seperti : air, angin dan mesin diesel. Baterai digunakan pada kebanyakan sistem PLTS yang berdiri sendiri untuk penyimpanan energi. Gambar 2.5 menunjukkan diagram dari PLTS yang berdiri sendiri.



Gambar 2.14. Diagram Sistem PLTS Berdiri Sendiri dengan baterai.

H. Temperatur

Sebuah panel surya dapat beroperasi secara maksimum jika temperatur yang diterimanya tetap normal pada temperatur 25⁰C. Kenaikan temperatur lebih tinggi dari temperatur normal pada panel surya akan melemahkan tegangan (Voc) yang dihasilkan. Setiap kenaikan temperatur panel surya 1⁰C (dari 25⁰C) akan mengakibatkan berkurang sekitar 0,5% pada total tenaga (daya) yang dihasilkan. Foster dkk 2010(Lihat Satriani, I Dewa A.S.,2011). Untuk menghitung besarnya daya yang berkurang pada saat temperatur disekitar panel mengalami kenaikan ⁰C dari temperature standarnya, dipergunakan rumus sebagai berikut :

$$P_{\text{saat t naik } ^{\circ}\text{C}} = 0,5\% / ^{\circ}\text{C} \times P_{\text{MPP}} \times \text{kenaikan temperature } (^{\circ}\text{C}) \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

$P_{\text{saat t naik } ^{\circ}\text{C}}$ = daya pada saat temperature naik ⁰C dari temperature standarnya.

P_{MPP} = daya keluaran maksimum panel surya.

Daya keluaran maksimum panel surya pada saat temperaturnya naik menjadi t⁰C dari temperatur standarnya diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut :

$$P_{\text{MPP saat naik menjadi t } ^{\circ}\text{C}} = P_{\text{MPP}} - P_{\text{saat t naik } ^{\circ}\text{C}} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

$P_{\text{MPP saat naik menjadi t } ^{\circ}\text{C}}$ adalah daya keluaran maksimum panel surya pada saat temperatur disekitar panel surya naik menjadi t⁰C dari temperatur standarnya.

Faktor koreksi temperatur (*Temperature Correction Factor*) diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut :

$$TCP = \frac{P_{MPP \text{ saat naik menjadi } t^{\circ}C}}{P_{MPP}} \dots\dots\dots(2.3)$$

I. Komponen Kapasitas PLTS

1. Jumlah Panel Surya

Daya (W_{peak}) yang dibangkitkan PLTS untuk memenuhi kebutuhan energi, diperhitungkan dengan persamaan-persamaan sebagai berikut :

$$\text{Jumlah Panel Surya} = \frac{P_{watt \text{ peak}}}{P_{MPP}} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

$P_{WATT \text{ peak}}$ = Daya yang dibangkitkan (W_p)

P_{MPP} = Daya maksimum keluaran (*output*) panel surya (W)

2. Menghitung Area Array (*PV Array*)

Area *array* (*PV Array*) diperhitungkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Satriani:2011) :

$$PV \text{ Area} = \frac{E_L}{G_{av} \times n_{PV} \times TCP \times n \text{ Out}} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

E_L = pemakaian energi (kWh/hari)

G_{AV} = insolasi harian matahari rata-rata (kWh/m²/hari)

η_{PV} = efisiensi panel surya.

TCF = *Temperature Correction Inverter*.

η_{out} = efisiensi inverter.

3. Menghitung Daya yang Dibangkitkan PLTS (*Watt Peak*)

Dari perhitungan area array, maka besar daya yang dibangkitkan PLTS (*Watt peak*) dapat diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut (Satriani:2011) :

$$P_{Watt\ peak} = Area\ array \times PSI \times \eta_{PV} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

$$PSI\ (Peak\ Solar\ Insolation) = 1000\ W/m^2$$

η_{PV} = efisiensi panel surya.

Untuk memperoleh besar tegangan, arus dan daya yang sesuai dengan kebutuhan, maka panel-panel surya tersebut harus dikombinasikan secara seri dan paralel dengan aturan sebagai berikut :

- a. Untuk memperoleh tegangan keluaran yang lebih besar dari tegangan keluaran panel surya, maka dua buah (lebih) panel surya harus dihubungkan secara seri.
- b. Untuk memperoleh arus keluaran yang lebih besar dari arus keluaran panel surya, maka dua buah (lebih) panel surya harus dihubungkan secara paralel.

- c. Untuk memperoleh daya keluaran yang lebih besar dari daya keluaran panel surya dengan tegangan yang konstan maka panel-panel surya harus dihubungkan secara seri dan paralel.

4. *Charger Controller*

Charge controller diperlukan untuk melindungi baterai dari pengosongan dan pengisian berlebih. Masukan atau keluaran untuk Charge controller disesuaikan dengan arus (I_{MPP}) keluaran *array* dan tegangan baterai. Terdapat dua jenis charger controller berdasarkan teknologi yang digunakan, yaitu:

- a. PWM (*pulse Wide Modulation*), seperti namanya menggunakan lebar pulse dari on dan off elektrik, sehingga menciptakan seakan-akan *sine wave electrical form*. *Solar charge controller* jenis ini harganya lebih murah tetapi efisiensi konversinya lebih rendah.
- b. MPPT (*Maximum Power Point Tracker*), yang lebih efisien konversi DC to DC. MPPT dapat mengambil maksimum daya dari PV. MPPT charge controller dapat menyimpan kelebihan daya yang tidak digunakan oleh beban ke dalam baterai, dan apabila daya yang dibutuhkan beban lebih besar dari daya yang dihasilkan oleh PV, maka daya dapat diambil dari baterai. *Solar Charge Controller* jenis ini harganya lebih mahal tetapi efisiensi konversinya lebih rendah.

Untuk menghitung kapasitas charge controller dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut: (al-shamani.2015)

$$I = I_{SC} \times N_p \times F_{safe} \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana :

I = Arus (Ampere)

I_{SC} = *Short circuit current*

N_p = Jumlah baterai paralel

F_{safe} = *Safety factor*

5. Kapasitas Baterai

Besar kapasitas baterai yang dibutuhkan untuk memenuhi konsumsi energi harian dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut : (al-shamani.2015)

$$E_{rough} = E \times D \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana :

E_{rough} = Jumlahpenyimpanan energy yang dibutuhkan

D = hari-hari otonomi (hari)

E = Total konsumsi energi (kWh)

Untuk keamanan energi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$E_{\text{safe}} = \frac{E_{\text{rough}}}{\text{MDOD}} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

E_{safe} = Keamanan energy

E_{rough} = Jumlah penyimpanan energy yang dibutuhkan

MDOD = *Maximum depth of discharge*

Untuk menghitung kapasitas baterai yang dibutuhkan dapat dihitung dengan rumus :

$$C = \frac{E_{\text{safe}}}{V_b} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

C = Total Kapasitas baterai (Ah)

E_{safe} =Keamanan energi

V_b = *Voltage Battery* (V)

Untuk perhitungan jumlah total baterai dapat digunakan persamaan sebagai berikut (Al-sahami:2015) :

$$N_{\text{batteries}} = \frac{C}{C_b} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana :

$N_{batteries}$ = Jumlah baterai

C = Total kapasitas baterai

C_b = Kapasitas baterai

Menghitung jumlah dari baterai yang terhubung secara seri dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$N_s = \frac{V_{DC}}{V_b} \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana :

N_s = Jumlah baterai seri

V_{DC} = Tegangan DC

V_b = Tegangan baterai

Menghitung jumlah baterai yang dihubungkan secara paralel dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$N_p = \frac{N_{batteries}}{N_s} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana :

N_p = Jumlah baterai paralel

$N_{batteries}$ = Jumlah baterai

N_s = Jumlah baterai seri

6. Kapasitas Inverter

Pada pemilihan inverter, diupayakan kapasitas kerjanya mendekati kapasitas daya yang dilayani. Hal ini agar efisiensi kerja inverter menjadi maksimal dengan menggunakan perhitungan rumus sebagai berikut..

Dimana :

Perhitungan maksimum x Beban total x Maksimum

$$P_m = 1,3 \times \text{Beban total} \dots\dots\dots(2.14)$$

J. Kabel Distribusi

Untuk mendistribusikan energi elektrik yang dihasilkan sistem fotovoltaik ke beban, dibutuhkan media perantara berupa kabel. Kabel ini mempunyai hambatan atau resistansi. Oleh karena itu akan terjadi rugi tegangan pada kabel distribusi ini, agar sistem dapat bekerja secara optimal maka rugi tegangan ini harus dijaga agar tidak terlalu besar yaitu menggunakan kabel dengan bahan dan ukuran tertentu. Ukuran kabel dinyatakan sebagai total luas penampang kawat pada tiap konduktor. Satuan umum yang digunakan adalah millimeter persegi (mm^2). Tingkat arus dari suatu kabel adalah besarnya arus maksimum

yang dapat dialirkan melalui kabel tersebut tanpa menyebabkan kabel menjadi panas. Menurut Kessler,1995 (Lihat Wibawa 2008:29). Untuk mencari jatuh tegangan pada penghantar, terlebih dahulu menentukan luas penampang dan hambatan penghantar menggunakan persamaan sebagai berikut. :

$$A = \pi \cdot r^2 \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana

A = luas penampang (mm²)

π = nilainya 3,142857

r = ½ dari diameter kabel

$$R = \rho \frac{L}{A} \dots\dots\dots (2.16)$$

Dimana

R = hambatan (ohm)

ρ = hambatan jenis Cu 0,017241 (ohm mm²/ m)

L = panjang kabel (m)

$$\Delta V = I \cdot R \cdot \cos \varphi \dots\dots\dots (2.17)$$

Dimana

ΔV = Jatuh tegangan (V)

I = Arus beban (A)

R = Hambatan (ohm)

$\cos \varphi$ = untuk arus searah

K. Kelebihan Dan Kekurangan Sistem Pembangkit Tenaga Surya PLTS

1. Kelebihan

Eenergi surya disebut-sebut oleh banyak orang sebagai sumber energi utama di masa depan, energi surya memiliki keunggulan yang lebih banyak dibandingkan dengan kelemahannya, tapi kelemahan ini masih merupakan batu sandungan utama untuk pemakaian energi surya yang lebih luas.

Kita sudah mengetahui, bahwa energi surya merupakan sumber energi terbarukan. Matahari hampir tak terbatas sebagai sumber energi, dan energi surya tidak dapat habis, tidak seperti bahan bakar fosil yang akhirnya akan habis. Setelah bahan bakar fosil habis, dunia akan memerlukan alternatif sumber energi yang baik, dan energi yang terbarukan .

Energi surya disebut-sebut oleh banyak orang sebagai sumber energi utama di masa depan, energi surya memiliki keunggulan yang lebih banyak dibandingkan dengan kelemahannya, tapi kelemahan ini masih merupakan batu sandungan utama

untuk pemakaian energi surya yang lebih luas. Penelitian terbaru melaporkan bahwa rata-rata sistem rumah surya mampu mengurangi 18 ton emisi gas rumah kaca di lingkungan setiap tahunnya. Energi surya juga tidak memancarkan oksida nitrogen atau sulfur dioksida yang berarti tidak menyebabkan hujan asam atau kabut asap.

Matahari merupakan sumber energi yang benar-benar bebas untuk digunakan oleh setiap orang. Tidak ada yang memiliki Matahari, jadi setelah Anda menutupi biaya investasi awal, pemakaian energi selanjutnya dapat dikatakan gratis. Lebih banyak energi matahari yang kita gunakan maka semakin sedikit kita bergantung pada bahan bakar fosil. Ini berarti akan meningkatkan ketahanan dan keamanan energi, karena akan mengurangi kebutuhan impor minyak dari pihak asing.

Dalam jangka panjang energi surya akan menghemat pengeluaran uang untuk energi. Biaya awalnya memang cukup signifikan, namun setelah beberapa waktu Anda akan memiliki akses ke energi yang benar-benar gratis, dan jika sistem rumah tenaga surya menghasilkan energi yang lebih dari yang Anda butuhkan, di beberapa negara perusahaan listrik dapat membelinya dari Anda, yang berarti ada potensi keuntungan ekstra terlibat. Ada juga banyak negara yang menawarkan insentif keuangan untuk menggunakan energi surya. Panel surya beroperasi tanpa mengeluarkan suara (tidak seperti turbin angin besar) sehingga tidak menyebabkan polusi suara. Panel surya biasanya memiliki umur yang sangat lama, minimal 30 tahun, dan biaya pemeliharannya sangat rendah karena tidak ada bagian yang bergerak. Panel surya juga cukup mudah untuk diinstal.

Energi surya adalah salah satu pilihan energi terbaik untuk daerah-daerah terpencil, bilamana jaringan distribusi listrik tidak praktis atau tidak memungkinkan untuk di-instal.

2. Kekurangan

Kelemahan utama dari energi surya adalah biaya awal yang tinggi. Panel surya terbuat dari bahan mahal, bahkan dengan penurunan harga yang terjadi hampir setiap tahun, harganya tetap terasa mahal. Panel surya juga perlu untuk ditingkatkan efisiensinya. Untuk mencapai tingkat efisiensi yang memadai dibutuhkan lokasi instalasi yang luas, dan panel surya ini idealnya diarahkan ke matahari, tanpa hambatan seperti pohon dan gedung tinggi, untuk mencapai tingkat efisiensi yang diperlukan. Energi surya membutuhkan solusi penyimpanan energi murah dan efisien karena matahari adalah sumber energi *intermiten* (tidak kontinyu). Proyek-proyek energi surya skala besar (pembangkit listrik tenaga surya yang besar) akan membutuhkan lahan yang luas, dan banyak air untuk tujuan pendinginan. Banyak daerah di dunia yang tidak memiliki cukup sinar matahari untuk menjadikan energi surya bernilai ekonomis. Karena itu, solusi ilmiah yang lebih maju sangat diperlukan untuk membuat energi surya menjadi komersial di daerah-daerah tersebut.

Seperti yang telah disebutkan di atas, energi surya benar-benar memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan kekurangannya, tetapi biaya awal yang tinggi dan masalah efisiensi tidak dapat diabaikan.

L. Sistem Proteksi Pada Pembangkit Listrik

Proteksi sistem tenaga listrik adalah proteksi yang dipasang pada peralatan-peralatan listrik pada suatu transmisi tenaga listrik sehingga proses penyalurn tenaga listrik dari tempat pembangkit tenaga listrik (*power Plant*) hingga saluran distribusi listrik (*substation distribution*) dapat disalurkan pada *consumer* pengguna listrik dengan aman.

Proteksi transmisi tenaga listrik di terapkan pada transmisi tenaga listrik agar gangguan peralatan yang berhubungan dengan transmisi tidak mengalami kerusakan. Ini juga termasuk saat terjadi perawatan dalam kondisi menyala. Jika proteksi bekerja dengan baik, maka pekerja dapat melakukan pemeliharaan transmisi tegangan listrik dalam kondisi bertegangan. Jika saat melakukan pemeliharaan tersebut terjadi gangguan, maka pengaman-pengaman yang terpasang harus bekerja dengan mengamankan sistem dan manusia yang sedang melakukan perawatan. Proteksi ini berbeda dengan pengaman. Jika pengaman suatu sistem berarti sistem tersebut tidak merasakan gangguan sekalipun. Sedangkan proteksi atau sistem, sistem merasakan gangguan tersebut namun dalam waktu yang sangat singkat dapat diamankan. Sehingga sistem tidak mengalami kerusakan akibat gangguan yang terlalu lama.

Dasar sistem proteksi adalah keandalan dan kemampuan suatu sistem tenaga listrik dalam melayani konsumen sangat tergantung pada sistem proteksi yang digunakan. Oleh sebab itu dalam perancangan suatu sistem tenaga listrik, perlu

dipertimbangkan kondisi-kondisi gangguan yang mungkin terjadi pada sistem, melalui analisa gangguan. Dan dari hasil analisa gangguan itu sendiri dapat ditentukan sistem proteksi yang dapat digunakan, seperti: spesifikasi *switchgear*, *rating circuit breaker (CB)* serta penetapan besaran-besaran yang menenukan bekerjanya suatu *relay (setting relay)* untuk keperluan proteksi. Dengan kata lain sistem proteksi itu dapat bermanfaat untuk:

1. Menghindari ataupun untuk mengurangi kerusakan peralatan-peralatan akibat gangguan (kondisi abnormal operasi sistem). Semakin cepat reaksi prangkat proteksi yang digunakan maka akan semakin sedikit pengaruh gangguan kepada kemungkinan kerusakn alat.
2. Dapat memberikan pelayanan listrik dengan keandalan yang tinggi kepada konsumen dan juga mutu listrik yang baik.
3. Mengamankan manusia terhadap baha maka akan semakin sedikit pengaruh gangguan kepada kemungkinan kerusakn alat.
4. Cepat melokalisir luas daerah yang mengalami kerusakan, menjadi kecil kemungkinan.
5. Dapat memberikan pelayanan listrik dengan keandalan yang tinggi kepada konsumen dan juga mutu listrik yang baik.
6. Mengamankan manusia terhadap bahaya yang ditimbulkan oleh listrik.

Pengetahuan mengenai arus-arus arus yang timbul dari berbagai tipe gangguan pada suatu lokasi merupakan hal yang sangat esensial bagi pengoperasian

sistem proteksi secara efektif. Jika terjadi gangguan pada sistem, para operator yang merasakan adanya gangguan tersebut diharapkan segera dapat mengoperasikan circuit-circuit breaker yang tepat untuk mengeluarkan sistem yang terganggu atau memisahkan pembangkit dari jaringan yang terganggu. Sangat sulit bagi seorang operator untuk mengawasi gangguan-gangguan yang mungkin terjadi dan menentukan *CB* aman yang dioperasikan untuk mengisolir gangguan tersebut secara manual.

Selanjutnya mengintruksikan circuit breaker yang tepat untuk bekerja memutuskan rangkaian atau sistem yang terganggu. Dan peralatan tersebut kita kenal sebagai **relay**. Ringkasan proteksi dan tripping otomatis *circuit-circuit* yang berhubungan, mempunyai dua fungsi pokok:

1. Mengisolir peralatan yang terganggu, agar bagian-bagian yang lainnya tetap beroperasi seperti biasa.
2. Membatasi kerusakan peralatan akibat panas lebih (*over heating*), pengaruh gaya-gaya mekanik dan seterusnya. “Kordinasi antara relay dan *circuit breaker (CB)* dalam mengamati dan memutuskan gangguan disebut sebagai sistem proteksi”.

Banyak hal yang harus dipertimbangkan dalam mempertahankan arus kerja yang aman. Jika arus kerja bertambah melampaui batas aman yang ditentukan dan tidak memadai atau tidak efektif, maka keadaan tidak normal dan akan mengakibatkan kerusakan isolasi. Pertambahan arus yang berlebihan menyebabkan

rugi-rugi daya pada konduktor akan berlebihan pula, sedangkan pengaruh pemanasan adalah sebanding dengan kwadrat dari arus dengan rumus :

$$H = I^2 \cdot R \cdot t \text{ joules} \dots \dots \dots (2.18)$$

Dimana;

H = panas yang dihasilkan (*joule*)

I = arus listrik (*ampere*)

R = tahanan konduktor (*ohm*)

t = waktu atau lamanya arus mengalir (detik)

Proteksi harus sanggup menghentikan arus gangguan sebelum arus tersebut naik mencapai harga yang lebih berbahaya. Proteksi dapat dilakukan dengan sekering atau ceriut breaker. Proteksi juga harus sanggup menghilangkan gangguan tanpa merusak peralatan proteksi itu sendiri. Untuk ini pemilihan peralatan proteksi harus sesuai dengan kapasitas arus hubung singkat “*breaking capacity*” atau *Repturing Capacity*.

Disamping itu, sistem proteksi yang diperlukan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Sekering atau circuit breaker harus sanggup dilalui arus nominal secara terus menerus tanpa pemanasan yang berlebihan (*overheating*)

2. *Overload* yang kecil pada selang waktu yang pendek seharusnya tidak menyebabkan peralatan bekerja
3. Sistem proteksi harus bekerja walaupun pada *overload* yang kecil tetapi cukup lama, sehingga dapat menyebabkan *overheating* pada rangkaian penghantar
4. Sistem proteksi harus membuka rangkaian sebelum kerusakan yang disebabkan oleh arus gangguan yang dapat terjadi
5. Proteksi harus dapat melakukan “pemisahan” (*discimitive*) hanya pada rangkaian terganggu yang dipisahkan dari rangkian lain yang tetap beroperasi

Proteksi overload dikembangkan jika dalam semua hal rangkaian listrik diputuskan sebelum terjadi overheating. Jadi disini overload action relative lebih lama dan mempunyai fungsi inverse terhadap kwadrat dari arus. Proteksi gangguan hubungan singkat dikembangkan jika action dari sekering atau circuiet breaker cukup cepat untuk membuka rangkaian sebelum arus dapat mencapai harga yang dapat merusak akibat overheating, arcing atau ketegangan mekanik.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian Desain Sistem Pembangkit Listrik Photovoltaik Skala Rumah Tangga Di Pedesaan Bontocani Kabupaten Bone sebagai pemasok energi listrik pada kebutuhan rumah tangga. waktu penelitian dilakukan di Makassar - Bone pada bulan Januari 2018 sampai April 2018.

B. Metode pengumpulan data

Metode pengumpulan data dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Metode Observasi, yaitu pengumpulan data dengan pengamatan secara langsung di tempat penelitian (Bontocani).
2. Studi literatur, yaitu mengumpulkan data-data dari buku referensi dan jurnal-jurnal yang relevan dengan topik penelitian.

C. Jenis data

Data-data yang diperoleh dalam penelitian ini dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu

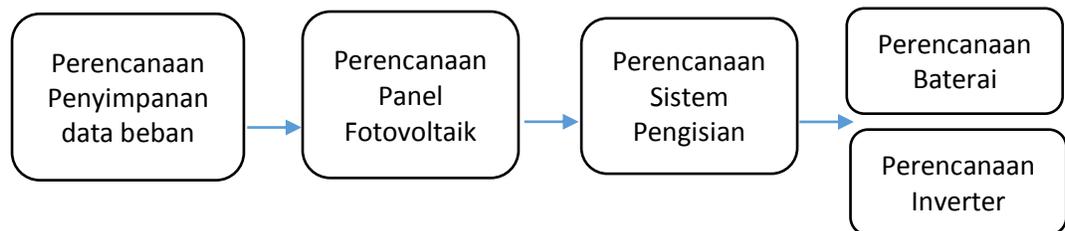
1. Data primer

Data primer merupakan data yang diperoleh berdasarkan survei langsung ke lokasi penelitian. Data-data tersebut antara lain adalah data luas area penempatan panel photovoltaic dan data jumlah beban energi daya (*watt*) yang dibutuhkan dalam penelitian (penggunaan)

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh melalui literatur dan jurnal-jurnal yang berkaitan dengan pemanfaatan tenaga surya sebagai pembangkit tenaga listrik.

D. Diagram Penelitian



Gambar 3.1. Diagram penelitian

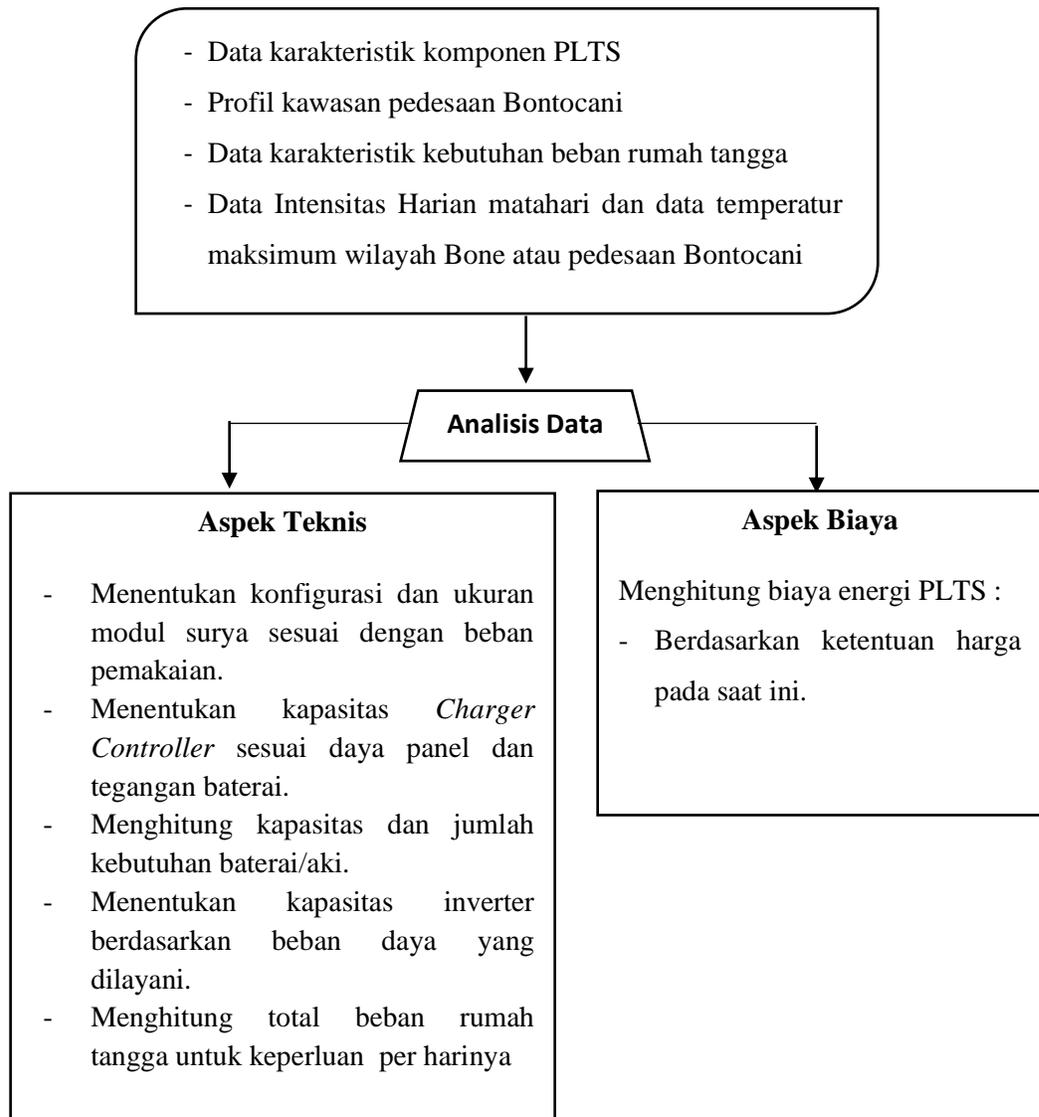
E. Tahapan Penelitian

Penelitian tentang desain penerapan pembangkit listrik tenaga surya untuk kebutuhan rumah tangga pedesaan yang berbasis potovoltaik, dilaksanakan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut :

1. Mengumpulkan mulai dari data jumlah daya kebutuhan rumah tangga yang akan digunakan, luas area *Array photovoltaic*, yang akan dipasangkan pada rumah tangga pedesaan (Gambar 3.2)
2. Menghitung energi listrik yang akan disuplai dari PLTS yang akan dikembangkan di kawan pedesaan Bontocani direncanakan untuk menyuplai kebutuhan rumah tangga dengan sistem *off-Grid* dengan rentang waktu diperkirakan selama 24 jam setiap harinya (Gambar 3.2)
3. Menghitung biaya energi PLTS berdasarkan ketentuan harga pada saat ini. (Gambar 3.2)

F. Langkah Peneletian

Berdasarkan langkah-langkah pada tahapan penelitian, maka desain (skema) penelitian dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 3.2. Langkah Penelitian

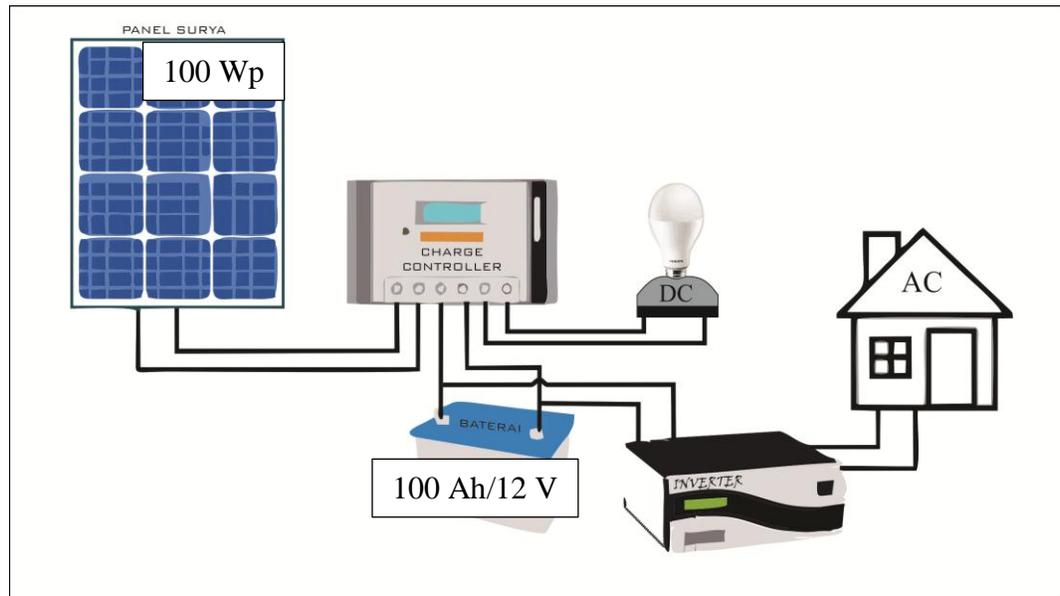
BAB IV

HASIL dan PEMBAHASAN

A. Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Skala rumah tangga sedang)

1. Sistem PLTS

PLTS yang akan dikembangkan di wilayah pedesaan yang terletak di Kabupaten Bone ini direncanakan untuk menyuplai energi listrik untuk lampu penerangan dan alat elektronik rumah tangga tanpa terkoneksi dengan sistem kelistrikan dari pihak P.T. PLN. Berdasarkan hal tersebut maka pada penelitian ini sistem PLTS yang akan digunakan adalah sistem *off-grid* dengan *Backup Bateray Banks*. Gambar 2.7 menunjukkan *wiring diagram* PLTS yang dikembangkan di kawasan pedesaan Bontocani. Terdiri dari array PV, charger controller, baterai, inverter dan beban AC/DC.



Gambar 4.1. Wiring diagram PLTS off-grid

2. *Temperature Correction Factor (Tcf)*

Untuk *Temperature Correction Factor* (TCF) digunakan nilai sebesar 0,96. Seperti diketahui bahwa setiap kenaikan temperatur 1°C (dari temperatur standarnya) pada panel surya, maka hal tersebut akan mengakibatkan daya yang dihasilkan oleh panel surya akan berkurang sekitar 0,5% (Foster dkk.,2010). Data temperatur maksimum untuk wilayah makassar bahwa pada 2017 temperatur paling maksimum untuk wilayah kota Makassar adalah sebesar $32,1^{\circ}\text{C}$. Data temperatur ini memperlihatkan bahwa ada peningkatan suhu sebesar $7,1^{\circ}\text{C}$ dari suhu standar (25°C) yang diperlukan oleh panel surya.

Besarnya daya yang berkurang pada saat temperature di sekitar panel surya mengalami kenaikan 7°C dari temperatur standarnya, diperhitungkan dengan menggunakan persamaan rumus (2.1).

$$\begin{aligned} \text{Daya saat temperature naik} &= 0.5\% / ^\circ\text{C} \times 100\text{W} \times 7,1^\circ\text{C} \\ &= 3,55\text{W} \end{aligned}$$

Untuk daya keluaran maksimum panel surya pada saat temperaturnya naik menjadi $32,1^\circ\text{C}$, maka nilai TCF dapat dihitung dengan persamaan rumus (2.2).

$$\begin{aligned} P_{\text{MPP}} \text{ saat naik menjadi } 32,1^\circ\text{C} &= 100\text{W} - 3,55\text{W} \\ &= 96,45 \text{ W} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan daya keluaran maximum panel surya pada saat temperaturnya naik menjadi $32,1^\circ\text{C}$, maka nilai TCF dapat dihitung dengan persamaan rumus (2.3).

$$\text{Tcf} = \frac{96,45\text{W}}{100\text{W}} = 0,96$$

Efisiensi out (η out) ditentukan berdasarkan efisiensi komponen inverter.

Dalam penelitian ini di fokuskan pada penggunaan listrik arus bolak balik. inverter yang berfungsi sebagai konversi arus searah menjadi arus bolak-balik akan digunakan.

3. Jumlah energi listrik yang akan disuplai (beban)

Penentuan energi listrik yang akan disuplai bertujuan untuk mengetahui jumlah daya elektrik yang diperlukan sesuai dengan jumlah beban yang menjadi kebutuhan utama dalam rumah tangga dan lama pemakaiannya. Dalam penelitian ini

beban yang direncanakan berupa lampu penerangan dan alat elektronik lainnya dengan rentang waktu pemakaian selama 24 Jam setiap harinya. Maka data beban yang direncanakan dapat dilihat dilampiran pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Perhitungan Daya dan Energi Harian (beban)

Penggunaan beban	Kapasitas beban (W)	Jumlah alat (Bh)	Durasi pemakaian (Jam)	Total daya terpakai (kWh) Per hari
Lampu kamar tidur	9	3	12	0,324
Lampu ruangan	13	4	12	0,624
Lampu wc	5	1	12	0,06
Lampu teras	13	2	12	0,312
Tv	135	1	24	3,24
Setrika	300	1	1	0,3
Total	475	12	73	4,86

Dari perhitungan pada tabel di atas diperoleh jumlah total daya energi listrik yang dibutuhkan dalam sehari sebesar 4,86 – 5 kWh.

B. Perancangan penggunaan photovoltaik hari otonom selama tiga hari berturut-turut *back up* generator

Dari perhitungan pada table 1.4. di atas diperoleh jumlah total daya energi listrik yang dibutuhkan dalam sehari sebesar 4,86 – 5 kWh. Untuk perancangan hari otonom selama tiga hari berturut-turut maka dari hasil harian yang didapat dikalikan selama tiga hari penggunaan beban energi yaitu, 5 kWh x 3 hari otonom = 15 Kwh yang diperlukan dalam satu hari dengan pertimbangan menggunakan mesin Generator sebagai *back up* penyuplay energi listrik jika terjadi cuaca yang tidak efisien untuk menggunakan photoltaik (cuaca buruk).

1. Area Array (Pv area)

Apabila nilai E_L , G_{av} , η_{PV} , TCF, η_{Out} disubtitusikan pada persamaan rumus (2.5) Maka akan diperoleh

$$PV \text{ Area} = \frac{15 \text{ kWh}}{5,87 \times 0,17 \times 0,96 \times 1,25} = 12,5 \text{ m}^2$$

2. Daya Plts (Watt peak)

. Dari perhitungan area *array*, maka besar daya yang dibangkitkan PLTS (Watt *peak*) dapat dihitung dengan persamaan rumus (2.6).

$$\begin{aligned} P(\text{Watt } peak) &= 12,5 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ W/m}^2 \times 0,17 \\ &= 2129 \text{ Watt } peak \end{aligned}$$

3. Jumlah panel surya

Daya (W_{peak}) yang dibangkitkan PLTS untuk memenuhi kebutuhan energi, dengan persamaan rumus (2.4).

$$\text{Jumlah panel} = \frac{2129 \text{ Wp}}{100 \text{ W}} = 21,29 - 22 \text{ Panel}$$

Seri = Panel

Paralel = Panel

4. Kapasitas baterai

Besar kapasitas baterai yang dibutuhkan untuk memenuhi konsumsi energi harian dapat dihitung dengan persamaan rumus (2.8).

$$\text{Jumlah penyimpanan} = \text{otonomi 3 hari} \times 15 \text{ kwh} = 45 \text{ W/h}$$

Untuk mencari keamanan energi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan rumus (2.9).

$$\text{Keamanan energi} = \frac{45 \text{ W/h}}{0,75} = 60 \text{ W}$$

Total kapasitas baterai yang dibutuhkan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan rumus (2.10)

$$\text{Total kapasitas baterai} = \frac{60 \text{ W}}{24 \text{ V}} = 2,5 = 2,5 \text{ A/h} \times 1,1 = 2,75 \text{ A/h}$$

$$= 2.8 \text{ A/h}$$

Jumlah minimum baterai yang dibutuhkan dapat dihitung dengan persamaan rumus (2.11).

$$\text{Jumlah baterai} = \frac{2.800 \text{ A/h}}{100 \text{ A}} = 28 \text{ Baterai}$$

Jadi baterai yang diperlukan adalah sebanyak 28/100Ah buah baterai.

Menghitung jumlah dari baterai yang terhubung secara seri dapat dihitung persamaan rumus (2.12) .

$$\text{Jumlah baterai seri} = \frac{1.400 \text{ A}}{100 \text{ A}} = 14 \text{ Baterai}$$

Menghitung jumlah dari baterai yang terhubung secara paralel dapat dihitung persamaan rumus (2.13)

$$\text{Jumlah baterai paralel} = \frac{28 \text{ buah}}{14 \text{ buah}} = 2 \text{ paralel}$$

5. Kapasitas charge controller

Untuk menghitung kapasitas charge controller dapat dihitung dengan persamaan rumus (2.7).

$$\text{Arus (amper)} = 5.86 \times 22 \times 1.25 = 161.15 \text{ A}$$

Jadi kapasitas charger controller yang dibutuhkan adalah 165- 170 A/24V.

6. Inverter

Untuk menghitung kapasitas inverter menggunakan persamaan rumus (2.14).

$$\text{Perhitungan max} = 1.3 \times 475 = 617.5 \text{ W}$$

$$= 620 \text{ W}$$

C. Perancangan penerangan AC dengan menggunakan photovoltaik hari otonom selama tujuh hari bertutu-turut

Tabel 4.2. Perhitungan Daya dan Energi Harian (Penerangan AC)

Penggunaan beban	Kapasitas beban (W)	Jumlah alat (Bh)	Durasi pemakaian (Jam)	Total daya terpakai (kWh) Per hari
Lampu kamar tidur	9	3	12	0,324
Lampu ruangan	13	4	12	0,624
Lampu wc	5	1	12	0,06
Lampu teras	13	2	12	0,312
Total	40	10	48	1.32

Dari perhitungan pada tabel di atas diperoleh jumlah total daya energi listrik yang dibutuhkan dalam sehari sebesar 1,32 – 1,4 kWh.

Adapun perancangan penerangan AC hari otonom selama tujuh hari dengan beban harian sama yaitu, 1,4 kWh. Dimana cuaca paling buruk yang terjadi sehingga memerlukan sebuah konsep dengan mempersiapkan penyuplay photovoltaik tanpa menggunakan Generator sebagai alat *back up*, maka besar energi beban harian 1,4 kWh x 7 hari otonom = 9,8 - 10 kWh yang dibutuhkan dalam satu hari.

1. Area Array (Pv area)

Apabila nilai E_L , G_{av} , η_{PV} , TCF, \tilde{n}_{Out} disubstitusikan pada persamaan rumus (2.5.) Maka akan diperoleh

$$PV \text{ Area} = \frac{10 \text{ kWh}}{5,87 \times 0,17 \times 0,96 \times 1,25} = 8.35 \text{ m}^2$$

2. Daya Plts (Watt peak)

. Dari perhitungan area *array*, maka besar daya yang dibangkitkan PLTS (Watt *peak*) dapat dihitung dengan persamaan rumus (2.6.)

$$\begin{aligned} P(\text{Watt peak}) &= 8.35 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ W/m}^2 \times 0,17 \\ &= 1419.6 \text{ Watt peak} \end{aligned}$$

3. Jumlah panel surya

Daya (Wpeak) yang dibangkitkan PLTS untuk memenuhi kebutuhan energi, dengan persamaan rumus (2.4.)

$$\text{Jumlah panel} = \frac{1419.6 \text{ Wp}}{100 \text{ W}} = 14.2 \text{ Panel}$$

Seri =..... Panel

Paralel =..... Panel

4. Kapasitas baterai

Besar kapasitas baterai yang dibutuhkan untuk memenuhi konsumsi energi harian dapat dihitung dengan persamaan rumus (2.8.)

$$\text{Jumlah penyimpanan} = \text{otonomi 7 hari} \times 10 \text{ kwh} = 70 \text{ W/h}$$

Untuk mencari keamanan energi dapat dihitug dengan menggunakan persamaan rumus (2.9.)

$$\text{Keamanan energi} = \frac{70 \text{ W/h}}{0.75} = 93.33 \text{ W}$$

Total kapasitas baterai yang dibutuhkan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan rumus (2.10.)

$$\text{Total kapasitas batera i} = \frac{93.33 \text{ W}}{24 \text{ V}} = 3.88 = 3.88 \text{ A/h} \times 1.1 = 4.27 \text{ A/h}$$

Jumlah minimum baterai yang dibutuhkan dapat dihitung dengan persamaan rumus (2.11.)

$$\text{Jumlah baterai} = \frac{4.27 \text{ A/h}}{100 \text{ A}} = 0.042 / 42 \text{ buah Baterai}$$

Jadi baterai yang diperlukan adalah sebanyak 42/100Ah buah baterai.

Menghitung jumlah dari baterai yang terhubung secara seri dapat dihitung persamaan rumus (2.12) .

$$\text{Jumlah baterai seri} = \frac{2.100 \text{ A}}{100 \text{ A}} = 21 \text{ Baterai}$$

Menghitung jumlah dari baterai yang terhubung secara paralel dapat dihitung persamaan rumus (2.13)

$$\text{Jumlah baterai paralel} = \frac{42 \text{ buah}}{21 \text{ buah}} = 2 \text{ paralel}$$

5. Kapasitas charge controller

Untuk menghitung kapasitas charge controller dapat dihitung dengan persamaan rumus (2.7.)

$$\text{Arus (amper)} = 5.86 \times 42 \times 1.25 = 307.65 \text{ A}$$

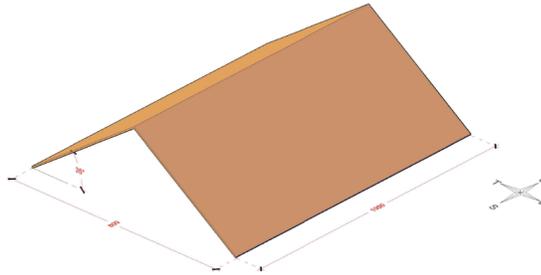
Jadi kapasitas charger controller yang dibutuhkan adalah 307.65- 350 A/24V.

6. Inverter

Untuk menghitung kapasitas inverter menggunakan persamaan rumus (2.14.)

$$\text{Perhitungan max} = 1.3 \times 40 = 52 \text{ W}$$

D. Sistem pemasangan panel



Gambar. 4.2. Atap kemiringan 35°

Untuk mendapatkan energi yang maksimum maka orientasi pemasangan rangkaian panel surya (*array*) kearah matahari adalah hal yang penting untuk diperhatikan. Letak geografis yang berada pada posisi $5^\circ 10' 57.7''$ LS dan $119^\circ 26' 30.4$ BT menunjukkan bahwa wilayah kawasan tersebut berada dibelahan bumi selatan

E. Estimasi Biaya Desain Plts Photovoltaik

Perhitungan kasar biaya yang dibutuhkan untuk dapat membackup penggunaan listrik rumah tangga

Tabel 4.3. Perhitungan anggaran biaya pada desain penggunaan tiga hari

Nama alat	Jumlah alat (Unit)/	Harga satuan	Jumlah
Panel surya/100 wp	22	Rp. 25.000/Watt	Rp. 55.000.000
Baterai/Aki/12 volt	28	Rp. 1.400.000/100 Ah	Rp. 39.200.000
Charge controller/170 A	1	Rp. 2.500.000/40 A	Rp. 10.625.000
Inverter/620	1	Rp. 2.250.000/1000 Watt	Rp. 2.250.000
Total			Rp. 107.075.000;-

Tabel 4.4. Perhitungan anggaran biaya pada desain penggunaan tujuh hari

Nama alat	Jumlah alat (Unit)/	Harga satuan	Jumlah
Panel surya/100 wp	15	Rp. 25.000/Watt	Rp. 37.500.000
Baterai/Aki/12 volt	42	Rp. 1.400.000/100 Ah	Rp. 58.800.000
Charge controller/350 A	1	Rp. 2.500.000/40 A	Rp. 21.875.000
Inverter/52 Watt	1	Rp. 2.250.000/1000 Watt	Rp. 2.250.000
Total			Rp. 120.425.000,

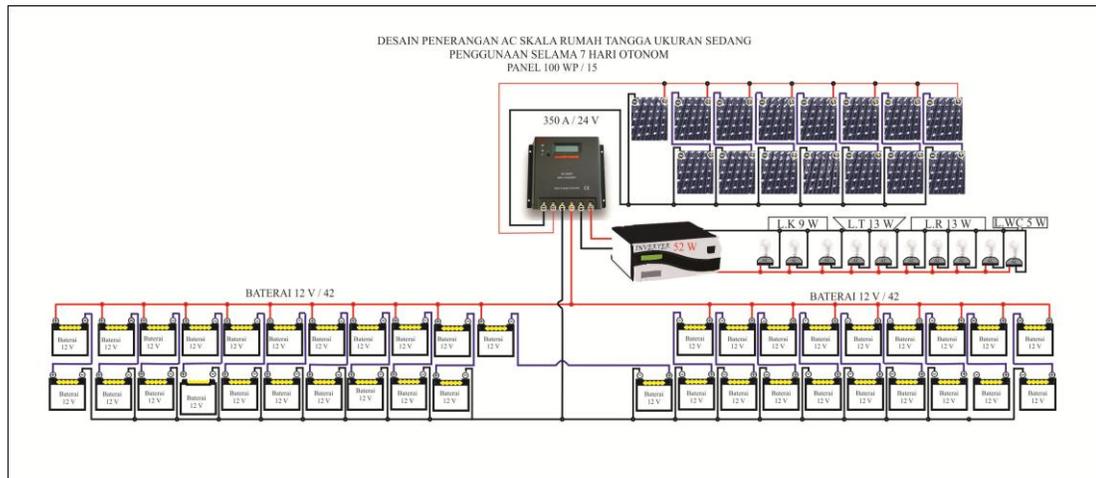
Kesimpulannya, biaya untuk membangun PLTS rumah tangga cukup mahal. Investasi yang cukup mahal ini adalah untuk jangka panjang minimal 20 tahun (umur panel surya). Untuk membandingkan mahal tidaknya investasi ini harus menghitung berapa pembayar tagihan listrik setiap bulan x 12 bulan x 20 tahun (rata-rata umur pemakaian panel surya)

F. Kabel Distribusi

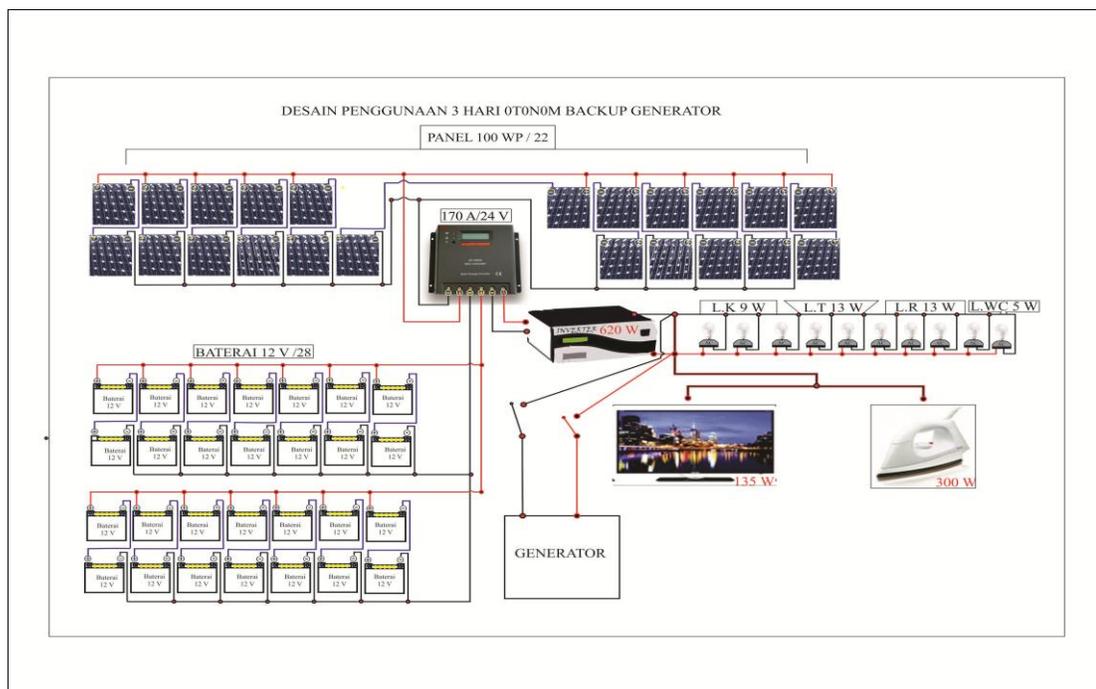
Untuk mendistribusikan energi elektrik yang dihasilkan sistem fotovoltaik ke beban, dibutuhkan media perantara berupa kabel. Dalam penelitian ini kabel distribusi di desain kabel 1,5 – 2,5 mm² sebagai penghantar arus DC maupun AC dari *charge controller, inverter* ke beban rumah tangga pedesaan.

Tabel 4.5. Cuaca Bulanan Kota Bone, 2017

Bulan	Temperatur udara	Kelembaban relative	Radiasi matahari setiap hari – horizontal	Tekanan atmosfer	Kecepatan angin	Suhu bumi	Gelar-hari pemanas	Gelar-hari pendinginan
	° C	%	kWh / m ² / d	kPa	Nona	° C	CD	CD
Januari	25,8	84,3%	5.28	100,7	3.2	27,9	0	488
Februari	25,7	84,3%	5,69	100,7	3.2	27,7	0	442
Maret	26,0	83,4%	6.20	100,7	2.9	28,2	0	495
April	26,5	82,2%	6,50	100,6	2.3	28,9	0	494
Mungkin	26,8	83,2%	5,99	100,6	2.2	29,1	0	519
Juni	26,7	82,5%	5,38	100,7	3.0	28,9	0	500
Juli	26,5	81,4%	5.46	100,7	3.4	28,6	0	510
Agustus	26,6	80,1%	5.65	100,7	3.9	28,6	0	516
September	26,6	80,1%	5,89	100,7	2.9	28,7	0	499
Oktober	26,6	81,3%	5.47	100,7	2.9	28,9	0	515
November	26,3	83,7%	5,39	100,6	2.9	28,8	0	489
Desember	26,0	84,8%	5,23	100,7	2.9	28,2	0	494
Tahunan	26,3	82,6%	5,68	100,7	3.0	28,5	0	5961
Diukur pada (m)					10,0	0,0		



Gambar. 4.3. Desain PLTS 1419,6 Wpeak / 10 kWh (7 hari otonom)



Gambar. 4.4. Desain PLTS 2129 Wpeak / 15 kWh (3 hari otonom)

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan studi pemanfaatan PLTS yang dilakukan dengan mempertimbangkan aspek teknik pada kawasan terisolasi di Bontocani Kabupaten Bone, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Desain yang dihasilkan adalah sistem potovoltaik yang berdiri sendiri (*stand alone*) dengan sistem (*of-grid*) untuk kebutuhan satu rumah tangga yang menggunakan standar pemakaian energi listrik dalam kebutuhan selama tiga sampai tujuh hari. Desain potovoltaik ini memiliki spesifikasi komponen seperti panel surya 100 W_{peak} 22 buah, charge controller 170 A /24 V, baterai 100 Ah 12 Volt 28 buah diubah menjadi 24 Volt, inverter 620 Watt untuk kebutuhan selama tiga hari otonom dengan penggunaan beban yaitu, 2 buah lampu/13 watt, 3 buah lampu/13 watt, 4 buah lampu/9 watt, 1 buah lampu/5 watt, 1 buah setrika/300 watt, 1 buah televisi/135 watt dan panel surya 100 W_{peak} 15 buah, charge controller 52 A /24 V, baterai 100 Ah 12 Volt 42 buah diubah menjadi 24 Volt, inverter 52 Watt untuk kebutuhan selama tujuh hari otonom dengan penggunaan beban yaitu, 2 buah lampu/13 watt, 3 buah lampu/13 watt, 4 buah lampu/9 watt, 1 buah lampu/5 watt.

2. Beban yang digunakan adalah sebesar 15 kWh dengan daya yang dibangkitkan Plts (Photovoltaik) adalah sebesar 2129 W_{peak} untuk kebutuhan selama tiga hari penggunaan sedangkan untuk kebutuhan tujuh hari penggunaan sebesar 1419,6 W_{peak} dengan beban yang digunakan adalah sebesar 10 kWh.
3. Kelayakan pemanfaatan PLTS yang akan dibangkitkan pada kawasan pedesaan ini dapat dilihat letak geografisnya yang memiliki insolasi harian rata-rata 5,86 pada tahun 2018.

B. Saran

1. Diharapkan penelitian selanjutnya menggunakan sistem pengelolaan yang memperhitungkan ekonomi yang berbeda dari setiap komponen PLTS.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh sudut kemiringan pemasangan modul terhadap energy yang dihasilkan.
3. Sebaiknya pemanfaatan pembangkitan produksi energi listrik dari PLTS di optimalkan penggunaannya pada rumah tangga yang lain dalam penerapan energi terbarukan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Thanatchai Kulworawanichpong & Joachim J. Mwambeleko, [Jurnal 2015 Design and Costing of a Stand-Alone Solar Photovoltaic System For a Tanzanian Rural Household](#)
2. <http://www.indoenergi.com/2012/04/keunggulan-dan-kelemahan-energi-surya.html>, <http://dayasurya.weebly.com/>
3. <https://jurnalbumi.wordpress.com/2014/11/mencari-masa-depan-energi-indonesia>.
4. Nafeh, A.E.A. 2009. Design and Economic Analysis of a Stand-Alone PV System to Electrify a Remote Area Household in Egypt. [The Open Renewable Energy Journal 2 : 33-37](#).
5. [Ouaschnig, V. 2005](#). Understanding Renewable Energy Systems. London : Earthscan.
6. Prigatun, S, Karnoto, & Prassetyo, M.T. 2011. [Analisis Komparasi Pemilihan Lampu Penerangan Jalan Tol. Media elektrika, Vol. 4 Juni](#).
7. Wibawa U, Darmawan A. 2008. Penerapan Sistem Photovoltaik Sebagai Suplai Daya Listrik Beban Pertamanan. [Jurnal EECCIS Vol.II, No.I Juni](#).
8. https://id.wikipedia.org/wiki/Kabupaten_Bone
9. <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/retscreen.cgi?email>