

SKRIPSI
PERANCANGAN SUMBER LISTRIK TENAGA SURYA 1000 WATT
SEBAGAI SUMBER CADANGAN SUPLAI LISTRIK
DENGAN SISTEM HIBRID

*Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Jenjang Strata
Satu (S-1) di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat*



Oleh

RIDWAN
171000221201025

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT
2021

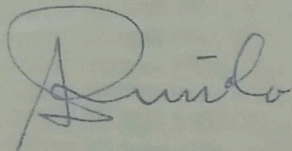
HALAMAN PENGESAHAN

PERANCANGAN SUMBER LISTRIK TENAGA SURYA 1000 WATT
SEBAGAI SUMBER CADANGAN SUPLAI LISTRIK
DENGAN SISTEM HIBRID

Oleh

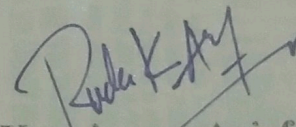
RIDWAN
171000221201025

Dosen Pembimbing I,



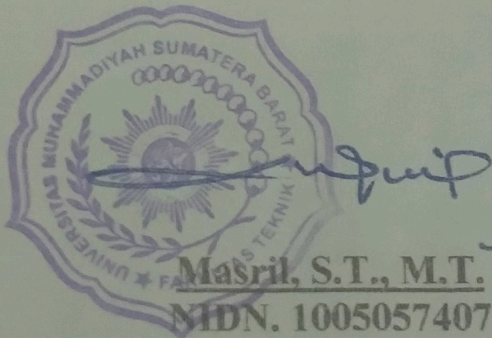
Armila, S.T., M.T.
NIDN. 1008017404

Dosen Pembimbing II,



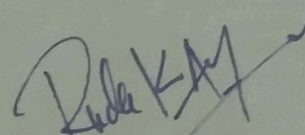
Rudi Kurniawan Arief, S.T., M.T.
NIDN. 1023068103

Dekan Fakultas Teknik
UM Sumatera Barat,



Masril, S.T., M.T.
NIDN. 1005057407

Ketua Program Studi
Teknik Mesin,



Rudi Kurniawan Arief, S.T., M.T.
NIDN. 1023068103

LEMBARAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah dipertahankan dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi Tim Penguji pada ujian tertutup tanggal 31 Agustus 2021 di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Bukittinggi, 10 September 2021
Mahasiswa



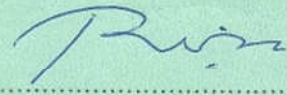
Ridwan
171000221201025

Disetujui Tim Penguji Skripsi Tanggal 10 September 2021:

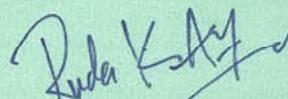
1. Muchlisinalahuddin, S.T., M.T.

1.....


2. Riza Muharni, S.T., M.T.

2.....


Mengetahui,
Ketua Program Studi
Teknik Mesin,



Rudi Kurniawan Arief, S.T., M.T.
NIDN. 1023068103

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Ridwan

Tempat dan tanggal Lahir : Sukabumi, 10 Agustus 1977

NIM : 171000221201025

Judul Skripsi : Perancangan Sumber Listrik Tenaga Surya 1000 Watt
Sebagai Sumber Cadangan Suplai Listrik Dengan
Sistem Hibrid.

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan yang tercantum sebagai bagian dari skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di UM Sumatera Barat.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Bukittinggi, 10 September 2021
Yang membuat pernyataan



Ridwan
171000221201025

ABSTRAK

Indonesia berada dikhatulistiwa dengan kontur yang rumit dimana sebagian daerah masih belum bisa dialiri listrik oleh PLN. Keterbatasan ini menjadi salah satu alasan civitas akademika untuk ikut berperan mengembangkan sumber listrik berdasarkan konsep diversifikasi energi. Perancangan sumber listrik tenaga surya 1000 watt dengan sistem hibrid ini menjadi keunggulan dalam perancangan suplai energi dimana energi matahari dikonversi menjadi energi listrik DC menggunakan panel surya yang dikontrol *Solar Charge Controller* dan regulator agar tegangan beban DC dan pengisian accu maksimal 13,8 V,antisipasi *over voltage* yang merusak beban DC, accu maupun panel surya. Saat tegangan panel surya mencapai batas minimal ($< 12,1$ V) tidak terjadi *charging*, secara otomatis *Low Voltage Disconnect Protection Battery* (LVD XH-M609) mentrigger riley untuk *change over system charging* ke power suplai yang memiliki tegangan keluaran 13,68 V (*charging* 14%). *System charging* tersambung kembali ke panel surya saat tegangannya mencapai ≥ 13 V yang merupakan penjumlahan (12,1 V tegangan minimum + 0,9 V tegangan histerisis). Arus DC dikonversi menjadi arus AC menggunakan inverter *pure sine wave* daya 1000 watt dengan efisiensi 87% untuk mencatu beban *Alternating Current* (AC).

Kata kunci: Panel surya, sistem hibrid, tegangan histeresis, inverter, *charger*.



ABSTRACT

Indonesia is at the equator line country, hard contours land, where some village does have an electric supply by the government for daily life. This condition, it is become one of the reasons for the academic community to be a part developing of electricity sources, based on the renewable energy concept for diversification. The design of a 1000 watt solar power source with a hybrid system, it is one of advantage of the design of the energy supply with solar cell panel. This energy was converted into DC electrical energy, used solar panels, and then controlled by the Solar Charge Controller and regulator. The DC load voltage and battery charging maximum of 13.8 V will be maintained, the anticipating of overvoltage is, its caused by damages of DC loads, batteries, and solar panels. When the solar panel voltage reached the minimum value (< 12.1 V) no charging occurs, the Low Voltage Disconnect Protection Battery (LVD XH-M609) automatically triggers the relay to change over the charging system into a power supply and then the output voltage is 13.68 V (charging for 14%). The charging system will be reconnected to the solar panel is, when the voltage reached 13 V, as calculated by summation of (12.1 V minimum voltage + 0.9 V hysteresis voltage). DC current is converted into AC current which used a 1000 watt pure sine wave inverter, with 87% efficiency to supply Alternating Current (AC) loads.

Keywords: Solar panels, hybrid system, hysteresis voltage, inverter, charger.



KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah Subhanahu wata'ala karena atas rahmat dan karunia-Nya sehingga seluruh proses pelaksanaan skripsi dengan judul ***Perancangan Sumber Listrik Tenaga Surya 1000 Watt Sebagai Sumber Cadangan Suplai Listrik Dengan Sistem Hibrid*** beserta penyusunan laporannya dapat diselesaikan dengan baik dan tepat pada waktu yang telah ditentukan. Sholawat serta salam kami haturkan kepada junjungan kita Nabi Besar Muhammad Shallallahu 'alaihi wasallam dan para sahabatnya, yang telah memberikan suri tauladan bagi kita semua, dan semoga kita termasuk umat-Nya yang kelak mendapatkan syafa'at dari Beliau.

Skripsi ini merupakan tugas wajib pada jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah sebagai syarat untuk menyelesaikan program studi S-1. Dalam penyelesaian tugas ini penulis banyak menemui kendala dan kesulitan-kesulitan, tetapi berkat adanya petunjuk, arahan dan motivasi dari dosen pembimbing, Alhamdulillah akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas ini. Banyak hal yang bertambah, selain pengalaman juga menambah ilmu dan wawasan dari perpaduan ilmu pengetahuan yang di dapat di Universitas dengan ilmu yang didapat secara langsung dalam pelaksanaan tugas ini.

Tak lupa pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada berbagai pihak yang telah membantu menyelesaikan skripsi ini. Ucapan terima kasih sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kehidupan, keselamatan dan kesehatan baik jasmani dan rohani.
2. Nabi Muhammad SAW yang senantiasa menjadi panutan dan suri tauladan.
3. Ibu serta keluarga, anak istri tercinta, terima kasih atas doa dan dukungannya.

4. Bapak **Rudi Kurniawan Arief, S.T., M.T.** selaku ketua jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat sekaligus selaku Dosen Pembimbing II skripsi. Terima kasih banyak atas bimbingan, kritik dan saran serta motivasi yang Bapak berikan.
5. Ibu **Armila, S.T., M.T.** selaku Dosen Pembimbing I skripsi. Terima kasih banyak atas bimbingan, kritik, saran dan motivasi yang diberikan dengan sangat intensif, sabar, dan tak mengenal lelah sehingga dapat menjalankan skripsi ini dengan baik dan benar sesuai dengan kaidah yang berlaku.
6. Bapak **Ir. Surya Eka Priana, MT. IPP.** yang begitu peduli permasalahan yang dihadapi dengan memotivasi dan mengarahkan kami.
7. Bapak **Ir. Hariadi, M.Eng.** selaku Dosen Teknik Mesin. Terima kasih banyak atas bimbingan, kritik dan saran serta motivasi yang Bapak berikan kepada saya, sehingga dapat menjalankan skripsi ini dengan baik dan lancar.
8. Bang **Yung Azani** dan rekan-rekan seperjuangan serta semua pihak yang ikut membantu kesuksesan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga semua amal kebaikan dan kerelaannya membantu dalam proses skripsi ini mendapat ridho dan balasan dari Allah SWT. Aamiin ya robbal alamiin.

Penulis menyadari sepenuhnya, bahwa dalam proses pelaksanaan skripsi ini jauh dari sempurna, banyak kekurangan baik dari segi penyajian, isi maupun materi. Oleh karena itu segala kritik dan saran dari pembaca dan masyarakat yang sifatnya membangun, diterima dengan senang hati, demi kesempurnaan dan kemajuan bersama. Penulis berharap semoga laporan ini berguna bagi pembaca pada umumnya dan masyarakat khususnya. Aamiin ya robbal alamin.

Bukittinggi, 10 September 2021
Mahasiswa,

Ridwan
171000221201025

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	
LEMBARAN PENGESAHAN	
LEMBARAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI	
LEMBARAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	
ABSTRAK	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR NOTASI	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	1
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan dan Manfaat Penelitian	2
1.5. Sistematika Penulisan	2
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1. Energi Listrik	4
2.2. Arus Listrik	5
2.2.1. Arus <i>Direct Current</i> (DC)	5
2.2.2. Arus <i>Alternating Current</i> (AC)	5
2.3. Pembangkit Listrik Tenaga Surya	7
2.4. Panel Surya	9
2.5. Prinsip Kerja Sel Surya	11
2.5.1. Struktur Material Panel Surya	13
2.5.2. Klasifikasi Panel Surya	14
2.6. Efisiensi Panel Surya	17

2.7. Inverter dan Fungsinya	18
2.8. Akumulator (Accu)	19
2.8.1. Kontruksi Akumulator (Accu)	19
2.8.2. Parameter Utama Akumulator (Accu)	20
2.8.3. Prinsip Kerja Akumulator (Accu)	20
2.9. Material Kontruksi/Dudukan <i>Solar Panel</i>	22

BAB III METODOLOGI PERANCANGAN

3.1. Diagram Alir Perancangan	23
3.2. Alat-alat yang Digunakan	24
3.3. Bahan yang Digunakan	31
3.4. Perakitan Modul	39
3.4.1. Modul Inverter	39
3.4.2. Modul Power Suplai	40
3.5. <i>Running Test Module</i>	41
3.6. Perakitan	43
3.7. Pembuatan Kontruksi <i>Bracket</i> Panel Surya	45

BAB IV DATA DAN ANALISA

4.1. Data	47
4.1.1. Data Efisiensi Panel Surya	47
4.1.2. Data Tegangan Minimal <i>Low Voltage Disconnection</i>	48
4.1.3. Data Tegangan Histeresis <i>Low Voltage Disconnection</i> ..	48
4.1.4. Wiring Diagram Power Suplai	49
4.1.5. Data Arus <i>Charging</i>	50
4.1.6. Data Tegangan Keluaran Power Suplai	50
4.1.7. Data Transistor 2N3055	52
4.1.8. Data Resistansi <i>Out</i> Transistor 2N3055	52
4.1.9. Data Tegangan Pengisian dan Sumber yang Digunakan.	53
4.1.10. Data Pengukuran Beban dan <i>Autonomie Accumulator</i> ...	54
4.2. Analisa	56

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan 59
5.2. Saran 59

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Nomor Tabel	Halaman
Tabel 4.1. Hubungan Pengisian dan Tegangan yang Digunakan	51
Tabel 4.2. Hubungan Tegangan Panel Surya Dengan Sistem Pengisian	53
Tabel 4.3. Data Beban Fasif, Aktif, Arus Total dan Waktu Backup.....	55



DAFTAR GAMBAR

Nomor Gambar	Halaman
Gambar 2.1. Gelombang Listrik 1 <i>Phase</i>	6
Gambar 2.2. Gelombang Listrik 3 <i>Phase</i>	6
Gambar 2.3. Ilustrasi Konversi Energi Matahari Menjadi Energi Listrik	8
Gambar 2.4. Mekanime Konversi Energi Surya	8
Gambar 2.5. Komponen Dasar Pembangkit Listrik Tenaga Surya	9
Gambar 2.6. Gambar Panel Surya yang Umum Dipakai	10
Gambar 2.7. Kutub Positif 12 V dan Kutub 0 V Panel Surya	10
Gambar 2.8. Modul Surya Terdiri Dari 28 - 36 Sel Surya Dirangkai Seri.....	11
Gambar 2.9. <i>Junction</i> Semikonduktor Tipe-p dan Tipe-n	11
Gambar 2.10. Prinsip Kerja Panel Surya	12
Gambar 2.11. Struktur Material Panel Surya	14
Gambar 2.12. <i>Solar Cell Monocrystalline</i>	14
Gambar 2.13. <i>Solar Cell Polycrystalline</i>	16
Gambar 2.14. Prinsip Kerja Rangkaian Inverter Sederhana	18
Gambar 2.15. Kontruksi Akumulator Tipe Basah	19
Gambar 2.16. Sel Akumulator Tipe Basah	20
Gambar 2.17. Proses <i>Charging</i>	21
Gambar 3.1. Diagram Alir Perancangan	23
Gambar 3.2. <i>Electro Toolset Electrical</i>	24
Gambar 3.3. Multitester Analog	24
Gambar 3.4. Multitester Digital	25
Gambar 3.5. LCR Meter Digital	25
Gambar 3.6. Mini Clamp Meter Digital	26
Gambar 3.7. Solder Uap Digital	26
Gambar 3.8. Solder Listrik, <i>Solder Sucker & Flux core</i>	27
Gambar 3.9. Bor Listrik dan 1 Set Mata Bor Besi	28

Gambar 3.10. Bor PCB DC 1200 Rpm	28
Gambar 3.11. Gerinda Tangan	29
Gambar 3.12. Gergaji Besi Manual	29
Gambar 3.13. Mistar/Penggaris	29
Gambar 3.14. Kunci Ring-pass	30
Gambar 3.15. <i>Crimping Tool</i>	30
Gambar 3.16. Hand Riveter	31
Gambar 3.17. Panel Surya <i>Monocrystalline</i> 120 W	31
Gambar 3.18. Modul Inverter 1000 W	32
Gambar 3.19. Akumulator 12V 65 Ah	32
Gambar 3.20. <i>Solar Charge Controller</i> 12V 30 A	33
Gambar 3.21. KWh DC Ammeter 100A 100 V dan Shunt 100 A 75 mV	34
Gambar 3.22. <i>Casing</i> Komputer Sebagai <i>Box Inverter 1000 W</i>	34
Gambar 3.23. Termometer Digital NTC 10K/3435	35
Gambar 3.24. <i>Low Voltage Disconnect Protection</i> LVD XH-M609.....	35
Gambar 3.25. DC-DC <i>Adjustable Step Down Power Supply</i>	36
Gambar 3.26. Riley MK2P-I Dengan Coil AC dan Tipe MK2P-I Coil DC	36
Gambar 3.27. MCB DC, MCB AC dan Bagian-Bagian MCB DC	37
Gambar 3.28. Komponen Power Suplai dan Transformator CT 10 A	38
Gambar 3.29. PCB Polos <i>Single Layer</i> dan Ferri Klorida (FeCl_3)	38
Gambar 3.30. <i>Accessories</i> Perancangan Sumber Daya Listrik 1000 W	39
Gambar 3.31. <i>Black White Diagram PCB Inverter 1000 W Single Layer</i>	40
Gambar 3.32. <i>Board Inverter 1000W Side Back</i>	40
Gambar 3.33. <i>Black White Diagram Printed Circuit Board PS</i>	41
Gambar 3.34. PCB Selesai Cetak dan Setelah Dilarut Feri Klorida (FeCl_3)	41
Gambar 3.35. Pengujian <i>Solar Charger Controller</i>	42
Gambar 3.36. Pengujian Akurasi Dua Unit Termometer Digital	42
Gambar 3.37. Pengujian <i>DC-DC Adjustable Step Down</i>	43
Gambar 3.38. <i>Grinding</i> Sebagai Penyesuaian <i>Box CPU</i>	44
Gambar 3.39. Proses Perakitan	44

Gambar 3.40. <i>Running Test</i> Mode I dan II	44
Gambar 3.41. Kontruksi <i>Bracket</i> Panel Surya	45
Gambar 4.1. Dimensi Panel Surya 120 W	47
Gambar 4.2. Tegangan Minimum LVD	48
Gambar 4.3. Tegangan Histeresis LVD	48
Gambar 4.4. Blok Diagram Rancangan Power Suplai 12-13,8 V 35 A.....	49
Gambar 4.5. PCB Power Suplai 13,8 V 10A Tampak Atas	50
Gambar 4.6. PCB Power Suplai 13,8 V 10A Tampak Bawah	50
Gambar 4.7. Grafik Hubungan Laju Pengisian (%) Dengan Tegangannya	51
Gambar 4.8. Grafik Hubungan Tegangan Panel Surya Dengan Sistem Pengisian Accu	54
Gambar 4.9. <i>Running Test</i> dan Pengambilan Data Melalui kWh DC Meter .	54
Gambar 4.10. Hubungan Beban dan Asumsi Waktu <i>Backup</i>	55
Gambar 4.11. Wiring Diagram Sumber Listrik Tenaga Surya 1000 W	56



DAFTAR NOTASI

Notasi	Keterangan	Satuan
A_c	Area of Colector	m^2
Ah	Kapasitas accu	amper hour
AHC	Jumlah muatan energi accu	amper hour
F	Frekuensi	hertz (Hz)
I	Arus listrik	ampere (A)
Imp	<i>Maximum power current</i>	A
Isc	<i>Short circuit current</i>	A
P	Daya nominal	watt (W)
P_{max}	Daya maksimum	watt (W)
P_{out}	Daya keluaran	dBw
Q	Muatan listrik	coulumb (C)
SOC	Status pengisian accu	%
SOH	Status kesehatan accu	%
t	Satuan waktu listrik dalam kW	hour (hr)
V	Beda potensial	listrikvolt (V)
V_{mp}	<i>Maximum power voltage</i>	volt (V)
V_{oc}	<i>Open circuit voltage</i>	V
V_{pn}	<i>Voltage phase to neutral</i>	volt (V)
V_{pp}	<i>Voltage phase to phase</i>	volt (V)
W	Energi	joule (J)
WP	<i>Watt-Peak</i> (besarnya nominal watt tertinggi)	watt
η_{max}	Efisiensi panel surya	%
Ω	Resistansi	ohm



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Letak geografis Indonesia yang berada dikhatulistiwa dimana sepanjang tahun wilayahnya dapat sinar matahari dengan intensitas radiasi rata-rata sekitar $4,8 \text{ Wh/m}^2$ perhari diseluruh wilayah (Baharuddin & Ishak, 2021). Besarnya sumber energi matahari tersebut sangat berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber tenaga listrik yang dapat diaplikasikan diseluruh wilayah Indonesia. Sumber daya ini merupakan salah satu sumber energi baru dan terbarukan (EBT) yang menjadi harapan baru diseluruh dunia, sehingga penggunaan dan teknologi energi matahari sekarang ini telah berkembang dengan pesat.

Keterbatasan PLN menjangkau seluruh daerah di Indonesia yang didominasi oleh bukit dan pegunungan merupakan kendala tersendiri bagi PLN dalam membangun jaringan untuk distribusi tenaga listrik bagi masyarakat secara menyeluruh, terutama di daerah terpencil dimana rumah penduduk berada pada medan yang berat dan jumlah sedikit. Keterbatasan suplai ini menjadikan sebuah pemikiran dan penelitian bagi civitas akademika Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat untuk mencoba merancang sebuah perangkat pembangkit tenaga listrik dengan menggunakan panel surya sebagai sumber energi yang nanti akan dikonversikan menjadi energi listrik. Perancangan sumber listrik tenaga surya 1000 watt ini merupakan tahap awal yang masih mempunyai banyak keterbatasan, akan tetapi dikemudian hari dapat dilanjutkan menjadi sebuah pembangkit yang lebih baik dan dapat membantu pemerintah dalam memenuhi kebutuhan masyarakat akan kebutuhan energi listrik.

1.2. Rumusan Masalah

Dalam perancangan ini hal yang menjadi fokus utama yaitu bagaimana merancang sumber daya listrik 1000 watt menggunakan panel surya *monocrystalline* sebagai pembangkit utama dengan sistem hibrid?

1.3. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini kami civitas akademika hanya merancang dengan menggunakan panel surya tipe monokristalin menghasilkan daya 1000 watt dengan efisiensi 87%. Ukuran panel yang digunakan 0,58 m² dan daya keluaran 120 WP.

1.4. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan

Mempelajari dan meneliti sistem perancangan sumber daya listrik dengan menggunakan panel surya sebagai sumber energi untuk pengisian sistem sumber daya kapasitas 1000 watt.

Manfaat Penelitian

Manfaat dari skripsi ini memahami dan dapat merancang pembangkit tenaga listrik dengan menggunakan panel surya, yang dikonversikan menjadi suplai yang menghasilkan daya 1000 watt. Adapun manfaat lain perancangan ini:

1. Membantu pemerintah dalam hal ini (PLN) untuk dapat memenuhi kebutuhan listrik masyarakat.
2. Dapat digunakan oleh masyarakat sebagai sumber utama atau sebagai sumber cadangan suplai listrik.
3. Meningkatkan kesejahteraan masyarakat.
4. Dapat digunakan sebagai cadangan listrik yang berfungsi sebagai pengaman data peralatan elektronik yang memerlukan *sign off* sesuai *procedure* saat *shutdown*.

1.5. Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi disajikan dalam lima bab yang memuat beberapa sub bab pada setiap babnya.

Bab I Pendahuluan

Merupakan gambaran umum mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, maksud dan tujuan perancangan, dan sistematika penulisan.

Bab II Landasan Teori

Memuat tentang teori yang mendukung perancangan, kerangka berfikir dan hipotesis (alat atau produk yang akan dihasilkan).

Bab III Metodologi Perancangan

Membahas tentang urutan perancangan dan pengujian alat, meliputi perencanaan, desain, pembuatan alat, variabel dan instrumen pengujian.

Bab IV Data dan Analisis

Mengemukakan tentang teknik pengambilan data yang hasilnya yang dianalisis dengan *reference* data yang telah ditentukan dan selanjutnya dilakukan pembahasan terhadap hasil pengujian tersebut.

Bab V Penutup

Menyampaikan kesimpulan dari hasil pengujian dan saran yang relevan dengan perancangan yang telah dilaksanakan.



BAB II LANDASAN TEORI

2.1. Energi Listrik

Energi listrik merupakan energi yang sangat dibutuhkan dalam kehidupan masyarakat, hampir semua peralatan memerlukan energi listrik dalam penggunaannya. Energi listrik timbul akibat adanya pergerakan elektron pada suatu penghantar dalam rangkaian tertutup. Pergerakan elektron berlawanan dengan arah arus listrik. Dalam Satuan Internasional (SI) satuan arus listrik *ampere* (A), tegangan listrik satuannya volt (V), dan konsumsi daya listrik satuannya watt (W). Energi listrik diperlukan untuk menggerakkan motor listrik, pemanas, pendingin, penerangan, bahkan untuk menggerakkan peralatan mekanik yang mengkonversi energi kedalam bentuk energi lainnya (LPPM, 2019). Semua peralatan listrik dapat berfungsi optimal dengan menggunakan energi listrik yang sesuai dengan spesifikasinya. Kesesuaian energi listrik tersebut mencakup tipe tegangan atau arus yang diperlukan (AC atau DC), besar kecilnya tegangan yang diperlukan, serta arus minimal yang dibutuhkan.

Energi listrik mempunyai kemampuan untuk melakukan atau menghasilkan usaha listrik, kemampuan yang diperlukan untuk memindahkan muatan dari satu titik ke titik yang lain (Eugene.C, 1993). Energi listrik menghasilkan arus dan terakumulasi dalam bentuk elektron. Elektron ini menghasilkan energi transisi berupa aliran elektron dan tersimpan dalam medan elektrostatik dan medan induksi. Medan elektrostatik akan menghasilkan medan listrik yang sebagai tempat terakumulasinya muatan (elektron) pada plat kapasitor. Energi listrik dilambangkan dengan (W) sedangkan perumusan yang digunakan untuk menentukan besar energi listrik adalah (Eugene.C, 1993).

$$W = Q \cdot V \dots\dots\dots (2.1.)$$

Apabila dihubungkan dengan hukum Ohm

$$V = I \cdot R \dots\dots\dots (2.2.)$$

$$I = \frac{Q}{t} \dots\dots\dots (2.3.)$$

Maka diperoleh perumusan:

$$W = (I \cdot t) \times V$$

$$W = V \times I \times t$$

$$W = (I \cdot R) \times I \times t \dots\dots\dots (2.4.)$$

W dalam satuan joule, dimana 1 kalori = 0,24 joule. Tetapi yang paling umum satuan listrik adalah menggunakan satuan *kWh* (*kilowatt hour*) (Gupta & Madhu, 1980).

2.2. Arus Listrik

Sistem aliran arus yang terbentuk pada energi listrik secara garis besar dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu arus DC dan arus AC. Adapun pengertian dari kedua jenis ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

2.2.1. Arus *Direct Current* (DC)

Arus DC (*Direct Current*) atau arus searah, adalah aliran elektron dari suatu titik yang energi potensialnya lebih tinggi ke titik potensial yang rendah. Sumber arus listrik DC yang umum adalah *accumulator*, *volta element*, *solar panel*, adaptor dan DC generator.

Arus searah bisa mengalir pada material konduktor, dan material semi konduktor. Adapun ketentuan penghitungan daya pada arus DC adalah:

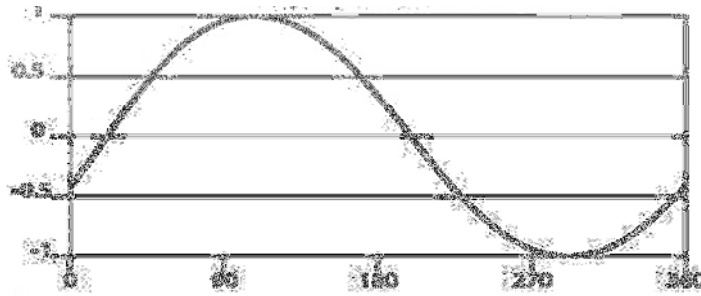
$$P = V \times I \text{ (watt)} \dots\dots\dots (2.5.)$$

2.2.2. Arus *Alternating Current* (AC)

Arus AC (*Alternating Current*) atau arus bolak-balik didefinisikan sebagai kecepatan aliran energi listrik, pada satu titik jaringan listrik/satu satuan waktu, dalam satuan watt atau joule per detik dalam satuan SI. Disebut arus bolak-balik, karena polaritas tegangan pada kedua penghantar berubah-ubah terus sepanjang waktu (karena itu jaringan listrik tidak ada plus minusnya), jaringan AC 220 V 50Hz, itu berarti jaringan memiliki tegangan 220 V AC dan polaritas berubah setiap 1/50 dtk. Sistem kelistrikan AC terdiri dari 1 *phase* dan 3 *phase*, dimana masing-masing mempunyai keunggulan masing-masing.

1. Sistem 1 Phase

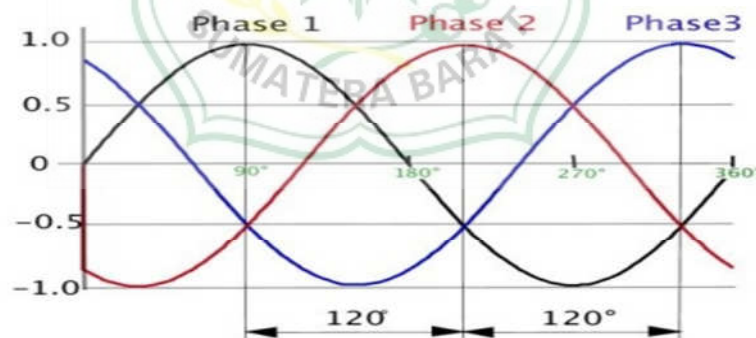
Listrik 1 *phase* adalah jaringan listrik yang hanya menggunakan 2 kabel penghantar yang kesatu sebagai kabel *phase* (L) dan yang kedua sebagai kabel *neutral* (N). Umumnya listrik 1 *phase* bertegangan 220 – 240 V yang paling banyak digunakan.



Gambar 2.1. Gelombang listrik 1 *phase*

2. Sistem 3 Phase

Listrik 3 *phase* adalah jaringan listrik yang menggunakan tiga kabel *phase* (R, S, T) dan satu kabel *neutral* (N). Menurut istilah, listrik 3 *phase* terdiri dari 3 kabel bertegangan listrik dan 1 kabel *neutral*. Umumnya listrik 3 *phase* bertegangan 380 V digunakan industri atau pabrik.



Gambar 2.2. Gelombang listrik 3 *phase*

Listrik 3 *phase* adalah listrik AC (*Alternating Current*) menggunakan 3 kabel penghantar yang mempunyai tegangan pada masing-masing *phasenya* sama, tetapi berbeda dalam sudut *curvenya* sebesar 120°.

Ada 2 macam tegangan listrik yang dikenal dalam sistem 3 *phase* ini yaitu:

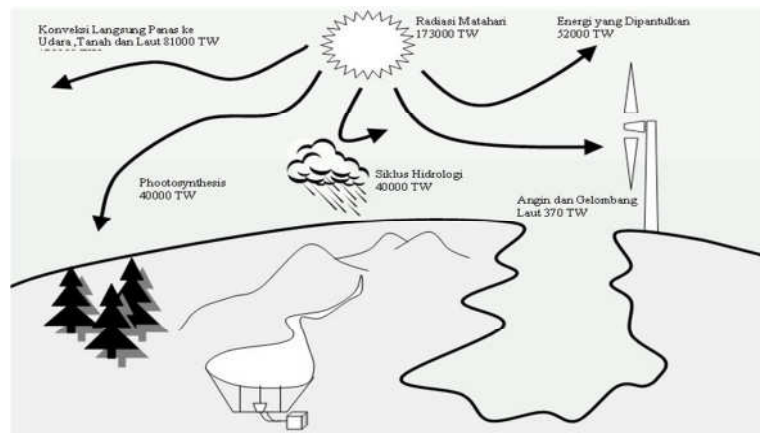
- a. Tegangan antar *phase* (V_{pp} : *voltage phase to phase* atau ada juga yang menggunakan istilah *Voltage line to line*).
- b. Tegangan *phase* ke *neutral* (V_{pn} : *Voltage phase to neutral* atau *Voltage line to netral*) (Wasito, 1984).

2.3. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

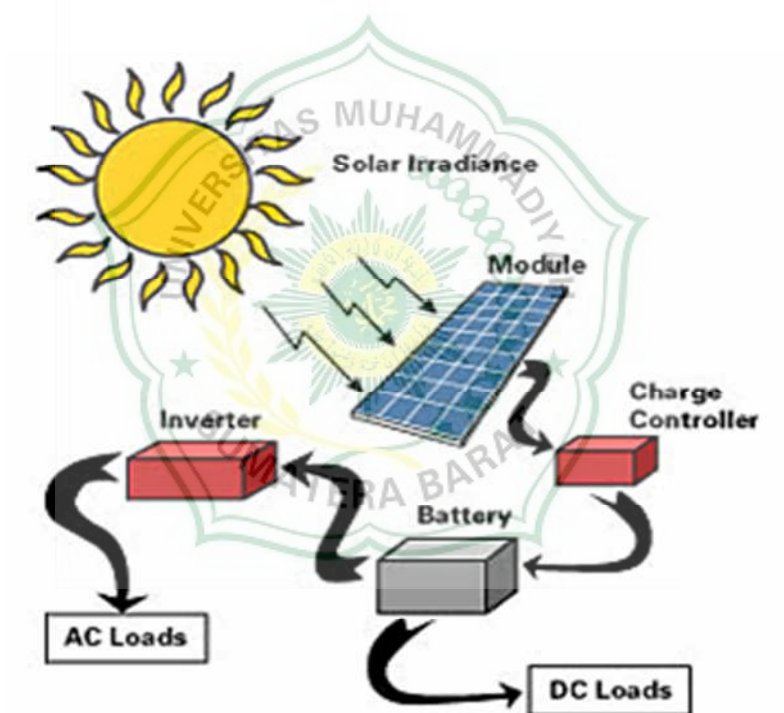
Indonesia sebagai negara tropis merupakan salah satu anugerah terindah dari Allah SWT bagi bangsa. Sumber daya ini memberikan peluang yang tidak terbatas bagi bangsa Indonesia untuk mengembangkan teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan salah satu energi alternatif baru yang bersifat selalu terbarukan yang dapat dikonversikan menjadi energi listrik untuk menyuplai kebutuhan energi masyarakat di daerah terpencil yang sulit untuk dijangkau PLN karena keterbatasan bentuk geografis daerah dan jumlah penduduk yang sedikit (Armila S. M., 2011).

Menurut catatan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) elektrifikasi di Indonesia masih 55 – 60%, dan mayoritas wilayah yang belum teraliri listrik adalah wilayah pedesaan. Oleh karena itu, energi surya dapat menjadi salah satu energi alternatif untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat di desa. Hal ini memungkinkan karena sifat panel surya yang dapat dibangun dimana saja. Jika energi matahari dapat diserap diatas 1% dari luas permukaan bumi, maka akan menutupi konsumsi energi listrik yang dibutuhkan untuk seluruh dunia. Permukaan bumi disinari matahari dengan volume yang sangat besar. Tidak seperti minyak bumi, batu bara dan energi fosil lainnya, energi matahari ramah lingkungan, untuk pemakaiannya tidak menghasilkan emisi gas buang CO₂ yang dapat merusak lingkungan, oleh karena itu teknologi panel surya sangat mendukung penyediaan energi alternatif untuk mempersiapkan diri menghadapi krisis energi dan mendukung pencegahan pemanasan global di dunia (Armila S. M., 2011).

Listrik tenaga surya memanfaatkan sinar matahari sebagai sumber penghasil listrik.



Gambar 2.3. Ilustrasi konversi energi matahari menjadi energi listrik

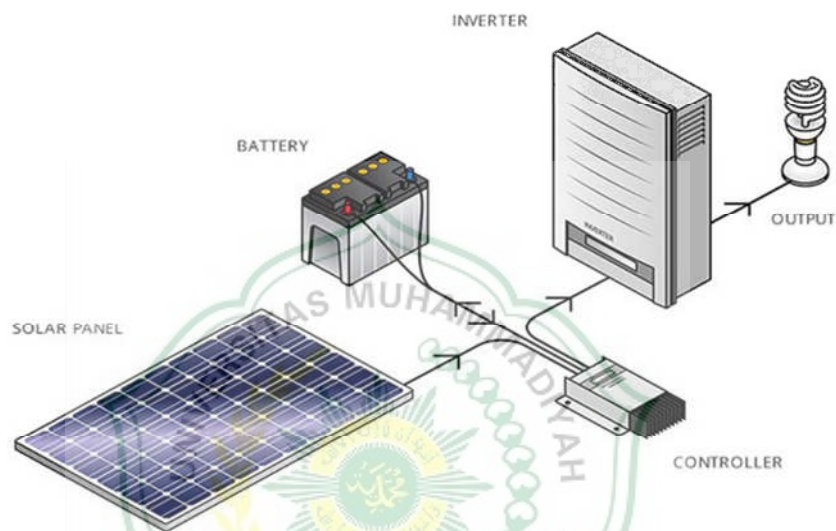


Gambar 2.4. Mekanisme konversi energi surya

Sistem pembangkit listrik tenaga surya, dalam skala kecil atau besar terdiri dari komponen:

1. Panel surya berfungsi sebagai sumber daya yang akan dikonversikan menjadi listrik
2. *Charge controller* berfungsi sebagai pengontrol pengisi (Purba & Harahap, 2011)

3. Accu diperlukan untuk menyimpan kelebihan daya listrik, yang dapat digunakan saat suplai tidak ada atau terputus. Pada *on-grid system* accu tidak diperlukan karena pemakain bersifat langsung dan segera.
4. AC/DC inverter adalah berfungsi untuk mengubah arus DC panel surya atau accu menjadi arus bolak-balik/AC.
5. Peralatan lain seperti kabel, koneksi, *mounting bracket*, sensor temperatur, dan lain-lain.



Gambar 2.5. Komponen dasar pembangkit listrik tenaga surya

2.4. Panel Surya

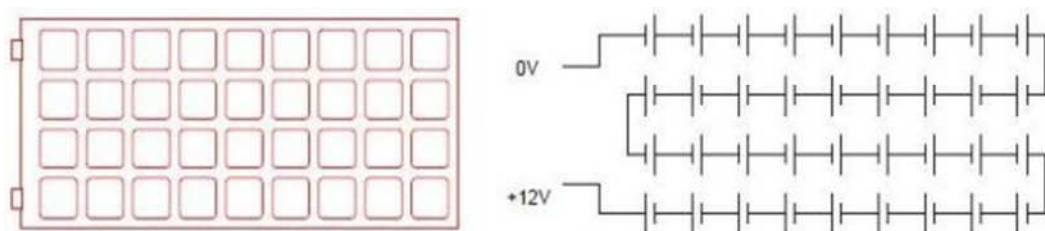
Panel surya terdiri dari susunan sel-sel surya yang dihubungkan secara seri. Sel surya berfungsi mengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik (Armila S. M., 2011). Secara umum sel surya dibuat dari bahan semikonduktor diantaranya dari silikon. Daya yang dihasilkan sebuah panel surya bergantung pada radiasi matahari yang diterima, luas permukaan panel dan suhu panel. Daya yang dihasilkan semakin besar jika radiasi dan luas permukaan lebih besar, sedangkan kenaikan suhu mengakibatkan penurunan daya. Konstruksi panel surya terdiri dari susunan sel surya, tutup kaca, bingkai alumunium khusus dan soket. Panel surya memiliki usia pakai yang relatif panjang yaitu minimal 20 tahun, dan umumnya suplier panel surya memberi garansi output power hingga 10 – 25 tahun (Rahardjo, Herlina, & Safruddin, 2007).



Gambar 2.6. Gambar panel surya yang umum dipakai

Sel surya atau biasa disebut juga sel *photovoltaic* merupakan suatu *P-N junction* dari silikon kristal. Panel surya adalah kumpulan sel surya yang ditata sedemikian rupa agar efektif dalam menyerap sinar matahari, yang bertugas menyerap ini adalah sel surya. Sel surya sendiri terdiri dari beberapa komponen *photovoltaic* atau komponen yang dapat mengubah cahaya (*photo*) menjadi listrik (*voltaic*). Umumnya sel surya terdiri dari lapisan silikon yang bersifat semikonduktor, lapisan anti reflektif, dan strip konduktor metal yang memiliki sifat *photo-electric effect*. Lapisan-lapisan inilah yang berjasa mengumpulkan radisai surya dan mengonversinya menjadi energi listrik (Armila S. M., 2011).

Sel surya dapat dianalogikan sebagai komponen dengan dua terminal atau sambungan, dimana saat kondisi gelap atau tidak cukup cahaya berfungsi seperti dioda, dan saat disinari dengan cahaya matahari dapat menghasilkan listrik. Ketika disinari, umumnya satu sel surya menghasilkan tegangan sebesar 0,5 sampai 1 volt, dan arus *short-circuit* dalam skala miliampere/cm². Besarnya tegangan dan arus ini tidak cukup untuk berbagai aplikasi, sehingga umumnya sejumlah sel surya disusun secara seri membentuk modul surya. Satu modul surya biasanya terdiri dari 28 - 36 sel surya dan total menghasilkan tegangan DC sebesar 12 V dalam kondisi penyinaran standar (Nelson, 2003).



Gambar 2.7. Kutub positif 12 V dan kutub 0 V panel surya

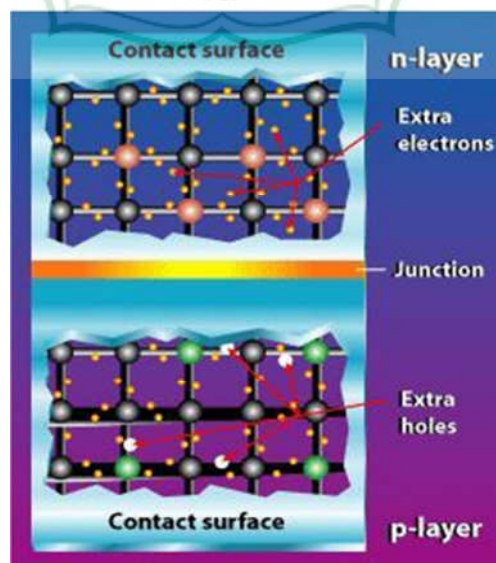


Gambar 2.8. Modul surya terdiri dari 28 - 36 sel surya dirangkai seri

Panel surya tersebut bisa digabungkan secara paralel atau seri untuk memperbesar total tegangan dan arus outputnya sesuai dengan daya yang dibutuhkan untuk aplikasi tertentu. Banyaknya sel surya yang disusun untuk menjadi panel surya akan berbanding lurus dengan energi yang dihasilkan. Semakin banyak sel surya yang digunakan, maka semakin banyak pula energi matahari yang dikonversi menjadi energi listrik.

2.5. Prinsip Kerja Sel Surya

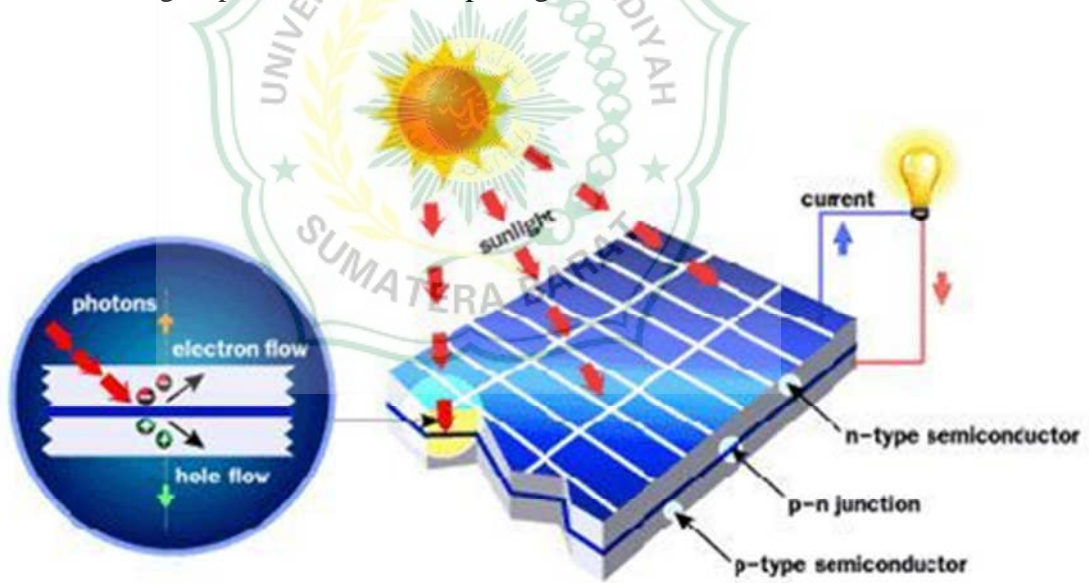
Sel surya bekerja dengan prinsip *p-n junction*, yaitu *junction* antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Ilustrasi dibawah menggambarkan *junction* semikonduktor tipe-p dan tipe-n.



Gambar 2.9. *Junction* semikonduktor tipe-p dan tipe-n

Material semikonduktor ini terdiri dari ikatan-ikatan atom yang dimana terdapat elektron sebagai penyusun dasar (Nelson, 2003).

Semikonduktor tipe-n mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif) sedangkan semikonduktor tipe-p mempunyai kelebihan *hole* (muatan positif) dalam struktur atomnya. Peran dari *p-n junction* ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron dan *hole* bisa diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. Akibat dari aliran elektron dan *hole* ini maka terbentuk medan listrik yang mana ketika cahaya matahari yang mengandung foton mengenai susunan *p-n junction* ini maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai listrik, dan sebaliknya *hole* bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang, seperti diilustrasikan pada gambar dibawah.



Gambar 2.10. Prinsip kerja panel surya

Energi listrik hasil dari sel surya tersebut berupa arus DC dan bisa langsung digunakan atau bisa juga menggunakan accu sebagai sistem penyimpanan sehingga dapat digunakan pada saat dibutuhkan terutama pada malam hari (Rumahsolarraina, 2021).

2.5.1. Struktur Material Panel Surya.

Adapun bagian bagian panel surya secara umum terdiri dari:

1. Substrat atau *metal backing*.

Bagian dari panel surya ini berupa material yang menopang seluruh komponen panel surya. Material substrat juga harus mempunyai konduktivitas listrik yang baik karena juga berfungsi sebagai kontak terminal positif sel surya, sehingga umumnya digunakan material metal atau logam seperti aluminium atau molybdenum. Untuk sel surya *dye-sensitized* (DSSC) dan sel surya organik, substrat juga berfungsi sebagai tempat masuknya cahaya, sehingga material yang digunakan umumnya material konduktif namun transparan, seperti *Indium Tin Oxide* (ITO) dan *Flourine doped Tin Oxide* (FTO).

2. Material semikonduktor.

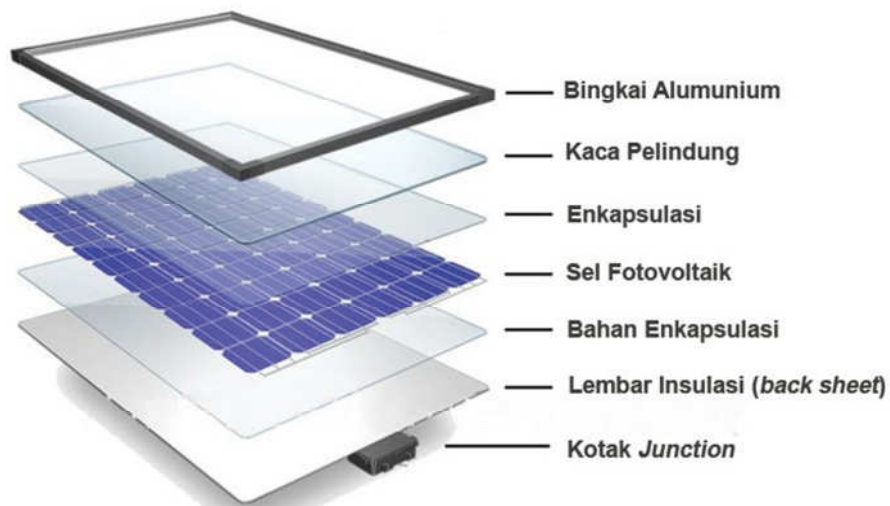
Merupakan bagian panel surya yang inti dan biasanya memiliki tebal hingga beberapa ratus mikrometer untuk panel surya generasi pertama, dan 1 – 3 mikrometer untuk panel surya lapisan tipis. Material semikonduktor berfungsi menyerap cahaya dari sinar matahari. Selain substrat sebagai kontak positif, pada permukaan material semikonduktor biasanya dilapisi material metal transparan sebagai kontak negatif.

3. Lapisan anti - reflektif.

Bagian panel surya ini berfungsi meminimalkan refleksi cahaya untuk mengoptimalkan cahaya tersebut yang terserap oleh semikonduktor. Material anti-refleksi ini adalah lapisan tipis material dengan besar indeks refraktif optik antara semikonduktor dan udara yang menyebabkan cahaya dibelokkan ke arah semikonduktor sehingga meminimalkan cahaya yang dipantulkan kembali.

4. Enkapsulasi atau *cover glass*.

Merupakan bagian luar yang berfungsi sebagai enkapsulasi untuk melindungi bagian bagian panel surya dari hujan atau kotoran.



Gambar 2.11. Struktur material panel surya

Masing-masing komponen tersebut memiliki keterkaitan antara satu dengan yang lainnya. Proses kerja panel surya akan optimal hanya jika masing-masing komponen ini dalam kondisi baik sehingga mendukung antara satu komponen dengan yang lainnya (Rumahsolarraina, 2021).

2.5.2. Klasifikasi Panel Surya

1. *Monocrystalline*

Panel surya tipe *monocrystalline* juga dikenal sebagai sel kristal tunggal mempunyai ciri khas berwarna hitam pekat (berasal dari silikon murni) berbentuk bundar atau segi delapan (tepatnya seperti segi empat yang dipotong di keempat sisinya) bersumber dari silicon ingot yang dipotong. Bentuk *solar cell monocrystalline* seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.12. *Solar cell monocrystalline*

Solar cell monocrystalline terbuat dari silikon murni yang diproses dengan teknologi terkini, yang menjadikannya memiliki efisiensi yang tinggi dalam mengkonversi sinar matahari menjadi energi listrik, kemampuan menyerap panas dan besarnya daya output dengan dimensi yang kecil mampu menghasilkan daya yang cukup besar, menjadikan *solar cell monocrystalline* lebih baik dibandingkan yang jenis *polycrystalline* (Icasolartenagasurya, 2018).

Keunggulan *Monocrystalline*:

- a. Memiliki tingkat efisiensi yang tinggi 15 - 20% sehingga membutuhkan ruang lebih sedikit dibanding *polycrystalline* lain dengan kapasitas sama.
- b. Jenis sel surya *monocrystalline* memiliki daya tahan yang tinggi, sehingga pabrikan yang memasarkan berani memberikan garansi 25 tahun.
- c. *Monocrystalline* performanya lebih baik dari *polycrystalline* pada saat cuaca mendung, membuat sel jenis ini ideal untuk daerah yang sering turun hujan.

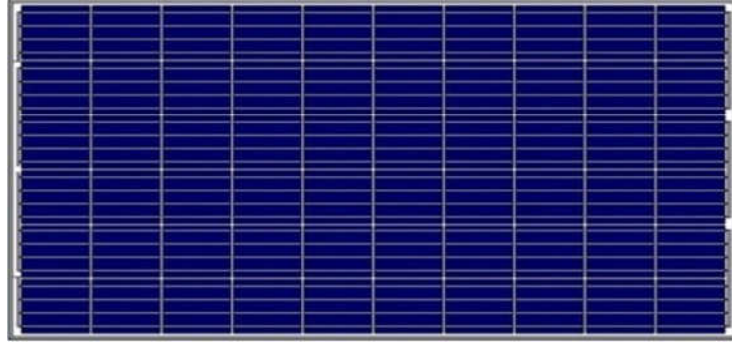
Kelemahan *Monocrystalline*:

- a. *Monocrystalline* merupakan sel surya paling mahal di pasar karena menghasilkan banyak limbah silikon selama pembuatan yaitu ketika ingot silikon dipotong membentuk *cell*.
- b. Tingkat kinerja cenderung menurun saat peningkatan suhu ekstrim. Namun, itu adalah kerugian kecil bila dibandingkan dengan jenis sel surya lainnya.

2. *Polycrystalline*

Merupakan panel surya yang memiliki susunan kristal acak karena dipabrikan dengan proses pengecoran. Silikon mentah dilebur dan dituangkan ke dalam cetakan persegi, yang didinginkan menjadi ingot *polycrystalline* kemudian dipotong menjadi *cell* persegi.

Cell yang terbentuk dirangkai menjadi pola panel surya *polycrystalline* yang memiliki bentuk dan warna yang khas.



Gambar 2.13. *Solar cell polycrystalline*

Keunggulan *Polycrystalline*

- a. Proses yang digunakan untuk membuat silikon *polycrystalline* lebih sederhana dan lebih murah. Jumlah limbah silikon yang dihasilkan juga lebih sedikit dibandingkan dengan *monocrystalline*.
- b. Panel surya *polycrystalline* cenderung memiliki toleransi panas sedikit lebih rendah daripada panel surya *monocrystalline*. Secara teknis ini berarti bahwa *polycrystalline* performanya sedikit lebih baik daripada panel surya *monocrystalline* pada saat peningkatan suhu ekstrim.

Kekurangan *Polycrystalline*

- a. Efisiensi lebih rendah rendah sekitar 13 - 16% dibandingkan type monokristal, hal ini karena kemurnian silikon yang rendah, panel surya *polycrystalline*.
- b. Memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama.

3. *Thin Film Photovoltaic*

Merupakan panel surya (dua lapisan) dengan struktur lapisan tipis mikrokristal-silikon dan amorphous dengan efisiensi modul hingga 8.5% sehingga untuk luas permukaan yang diperlukan/watt daya yang dihasilkan lebih besar daripada monokristal & polikristal. Inovasi terbaru adalah *Thin Film Triple Junction PV* (dengan tiga lapisan) dapat berfungsi sangat efisien dalam udara yang sangat berawan dan dapat menghasilkan daya listrik sampai 45% lebih tinggi dari panel jenis lain dengan daya yang ditera setara (Nelson, 2003).

2.6. Efisiensi Panel Surya

Efisiensi pada panel surya merupakan ukuran keluaran daya listrik panel surya (dalam watt) dibandingkan dengan luas permukaannya. Semakin tinggi efisiensi panel surya semakin besar daya listrik yang diperoleh dalam dimensi panel yang sama. Untuk menghitung efisiensi panel surya, dapat dilakukan dengan langkah berikut:

1. Temukan P_{max} pada spesifikasi panel surya.

P_{max} merupakan daya maksimal dari sebuah panel surya, jika P_{max} tidak tercantum maka dapat di hitung melalui hukum Ohm, yaitu dari perkalian Tegangan operasi optimal (V_{mp}) dengan arus operasi optimal (I_{mp}).

2. Temukan dimensi panel surya.

Setiap panel surya memiliki dimensi yang berbeda sesuai dengan desain masing-masing pabrikan.

3. *Incident radiation flux* dalam *Standard Test Conditions (STC)*.

Incident radiation flux adalah jumlah sinar matahari yang diterima permukaan bumi dengan satuan W/m^2 . Sedangkan *STC* adalah kondisi pengujian kinerja panel surya utama yang digunakan oleh produsen dan badan pengujian. *STC* merupakan standar industri untuk menunjukkan kinerja panel surya dengan ketentuan **suhu sel $25^{\circ}C$** dan **radiasi $1000 W/m^2$** dengan spektrum massa 1,5 (AM 1.5). Hal ini sesuai dengan radiasi dari spektrum sinar matahari di hari yang cerah pada kemiringan permukaan 37° yang menghadap matahari dengan sudut $41,8^{\circ}$ di atas cakrawala.

4. Menghitung efisiensi panel surya.

Setelah menghitung P_{max} (dalam watt) dan dimensi (dalam meter) I_{max} (dalam ampere) dan mengetahui *Incident radiation flux* sebesar $1000 W/m^2$.

Maka kita tinggal memasukan semua parameter tersebut diatas pada rumus:

$$\eta_{max} = \frac{P_{max} \text{ (max power output)}}{(E_{SY}^{SW} \text{ (incident radiation flux)} \times A_c \text{ (Area of collector)})} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2.6.)$$

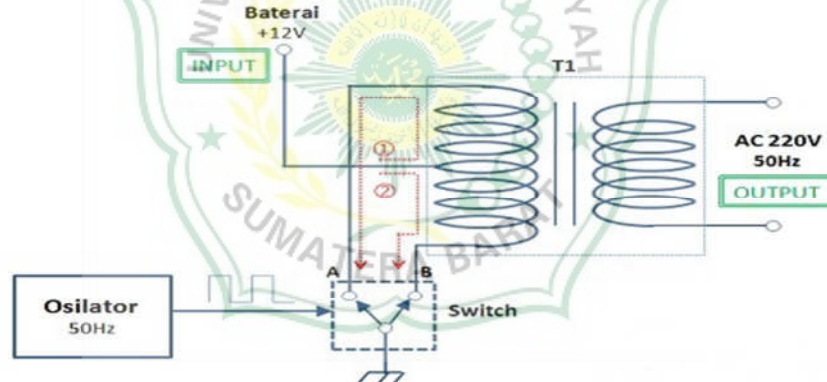
Semakin besar efisiensi panel surya maka semakin tinggi energi listrik yang dihasilkan, semakin besar efisiensi sebuah panel surya maka semakin efektif penggunaan ruang untuk pemasangan sel surya (Nelson, 2003).

2.7. Inverter dan Fungsinya

Inverter merupakan suatu rangkaian elektronika yang berfungsi mengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus listrik bolak-balik (AC) pada tegangan dan frekuensi yang sesuai dengan rancangan rangkaiannya. Sumber arus searah (DC) merupakan *input inverter* dapat berupa accu, pembangkit DC maupun panel surya. Bentuk gelombang arus listrik AC yang dihasilkan oleh inverter diantaranya gelombang persegi (*square wave*), gelombang sinus (*sine wave*), gelombang sinus yang dimodifikasi (*modified sine wave*) dan gelombang modulasi pulsa lebar (*pulse width modulated wave*) tergantung pada desain rangkaiannya (Rahardjo, Herlina, & Safruddin, 2007).

Prinsip Kerja Inverter

Inverter berfungsi mengubah arus listrik DC ke arus listrik AC ini hanya terdiri dari rangkaian osilator, rangkaian saklar (*switch*) dan sebuah transformator (trafo) CT seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.14. Prinsip kerja rangkaian inverter sederhana

Sumber daya arus listrik DC dengan tegangan rendah (contoh 12 V) masuk ke *Center Tap* (CT) sekunder trafo sedangkan dua ujung trafo lainnya (titik A dan B) dihubungkan melalui saklar (*switch*) dua arah ke rangkain *ground*. Jika saklar terhubung pada titik A maka arus listrik jalur 1 mengalir dari terminal positif accu ke CT primer, pada saat saklar dipindahkan dari titik A ke titik B, arus listrik yang mengalir pada jalur 1 akan berhenti dan arus listrik jalur 2 akan mengalir dari terminal positif accu ke CT Primer trafo Saklar titik B.

Peralihan *on* dan *off* atau A dan B pada saklar (*switch*) ini dikendalikan oleh sebuah rangkaian osilator yang berfungsi sebagai pembangkit frekuensi 50 Hz yaitu mengalihkan arus listrik dari titik A ke titik B dan titik B ke titik A dengan kecepatan 50 kali per detik. Dengan demikian, arus listrik DC yang mengalir di jalur 1 dan jalur 2 juga bergantian sebanyak 50 kali per detik juga sehingga ekuivalen dengan arus listrik AC yang berfrekuensi 50 Hz. Sedangkan komponen utama yang digunakan sebagai *switch* di rangkaian inverter umumnya mosfet, IGBT ataupun transistor.

2.8. Akumulator (Accu)

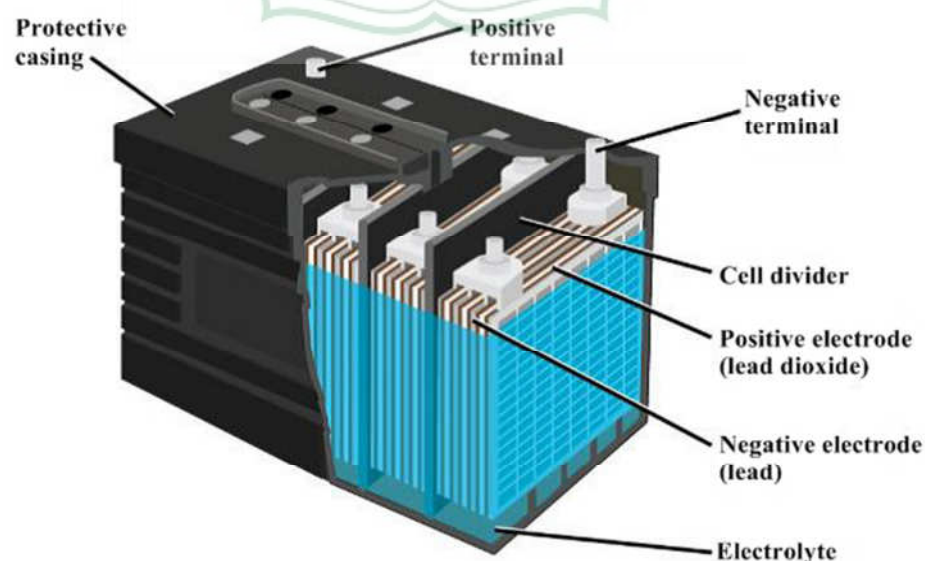
Accu merupakan sebuah alat yang berfungsi menerima, menyimpan dan mengeluarkan energi listrik, melalui proses kimia.

2.8.1. Konstruksi Akumulator

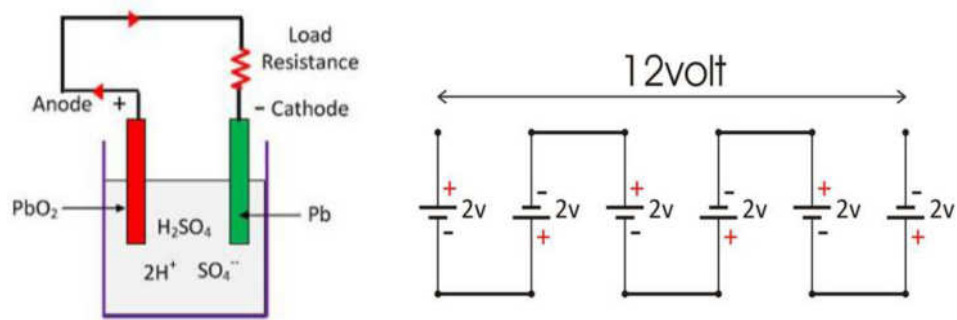
Accu terdiri atas lempeng timbal dioksida dan timbal murni yang disusun saling bersisipan dan membentuk satu pasang sel akumulator yang saling berdekatan dan dipisahkan oleh bahan penyekat berupa isolator dan dimasukkan ke kotak dari bahan isolator (Iman, 2015). Beda potensial setiap sel akumulator adalah 2 volt.

Kemampuan akumulator dalam mengalirkan arus listrik disebut kapasitas akumulator, yang dinyatakan dengan satuan ampere hour (Ah).

Konstruksi akumulator dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.15. Kontruksi akumulator



Gambar 2.16. Sel akumulator tipe basah

Bagian-bagian utama akumulator adalah:

1. Kutub positif (anoda), terbuat dari timbal dioksida (Pb O_2).
2. Kutub negatif (katoda), terbuat dari timbal murni (Pb).
3. Larutan elektrolit, terbuat dari asam sulfat (H_2SO_4).

2.8.2. Parameter Utama Akumulator:

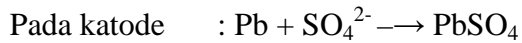
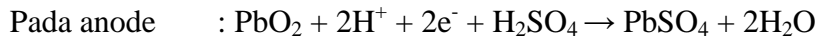
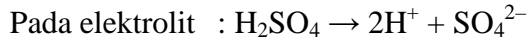
1. AHC (*Ampere Hour Capacity*) kapasitas amper jam.
AHC adalah jumlah muatan energi yang ada didalam akumulator yang dapat disalurkan ke beban. Nilai AHC, diukur dalam kondisi suhu tertentu, besaran arus yang tertentu dan target tegangan akhir yaitu 10.8 volt (*cut off voltage*).
2. SOC (*State of Charge*) - status pengisian.
SOC adalah besar muatan yang tersedia dalam accu dibanding dengan kapasitas penuhnya. Satuan SOC yaitu persen (0% = kosong; 100% = penuh). Prosentase SoC ini sebagai indikasi sisa muatan yang bisa dikeluarkan dari akumulator.
3. SOH (*State Of Health*) status kesehatan.
SOH merupakan rasio dari kapasitas maksimum yang dapat disimpan pada akumulator dalam kondisi saat ini dibanding dengan nominal kapasitas accu dalam kondisi baru (Purba & Harahap, 2011).

2.8.3. Prinsip Kerja Akumulator

Aki bekerja atas dasar pengisian dan pengosongan energi listrik yang terdapat di dalamnya. Pada saat aki dipakai, maka terjadi pengosongan, dimana kedua elektrodanya akan menjadi timbal sulfat (Iman, 2015).

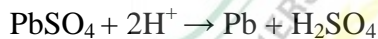
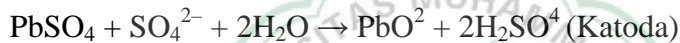
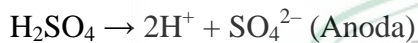
1. Proses Pengosongan Akumulator

Pada saat akumulator digunakan, terjadi perubahan energi kimia menjadi energi listrik dan terjadi perubahan anode, katode dan elektrolitnya. Reaksi kimia pada akumulator yang dikosongkan adalah sebagai berikut:

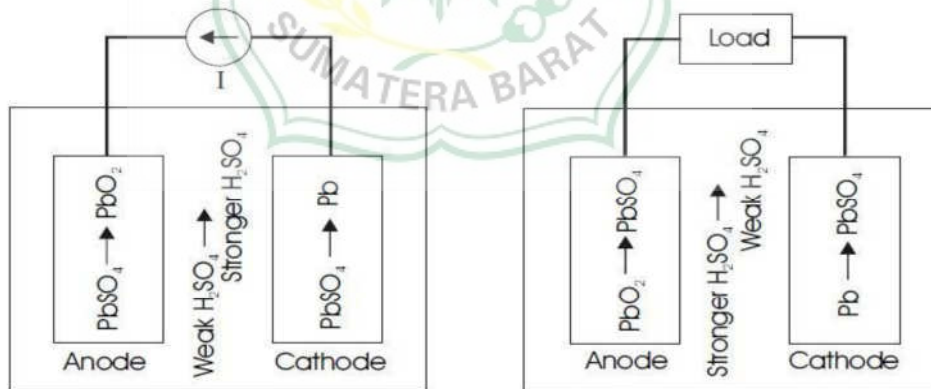


2. Proses Pengisian Akumulator

Pada saat pengisian akumulator terjadi perubahan energi listrik menjadi energi kimia. Perubahan yang terjadi pada anode, yaitu timbal sulfat ($PbSO_4$) berubah menjadi timbal dioksida (PbO_2) (Iman, 2015). Reaksi kimia saat akumulator diisi, yaitu pada elektrolit:



Jadi, saat pengisian kembali akumulator pada prinsipnya mengubah anode dan katode yang berupa timbal sulfat ($PbSO_4$) menjadi timbal dioksida (PbO_2) dan timbal murni (Pb).



Gambar 2.17. Process charging

2.9. Material Kontruksi/Dudukan Solar Panel

Untuk membuat rangka solar panel menggunakan material *HSS (Hollow Structural Section)* 40 x 40 x 2 mm. Merupakan kategori baja karbon rendah - sedang yang memiliki berat jenis 14,45 kg digunakan dalam suatu kosntruksi dengan berbagai jenis dan bentuk yang ada dipasaran. Setiap bentuk profil memiliki sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dengan bentuk yang lain sehingga penggunaanya harus disesuaikan dengan kegunaan dan fungsi pada suatu konstruksi (Armila S. M., 2018).

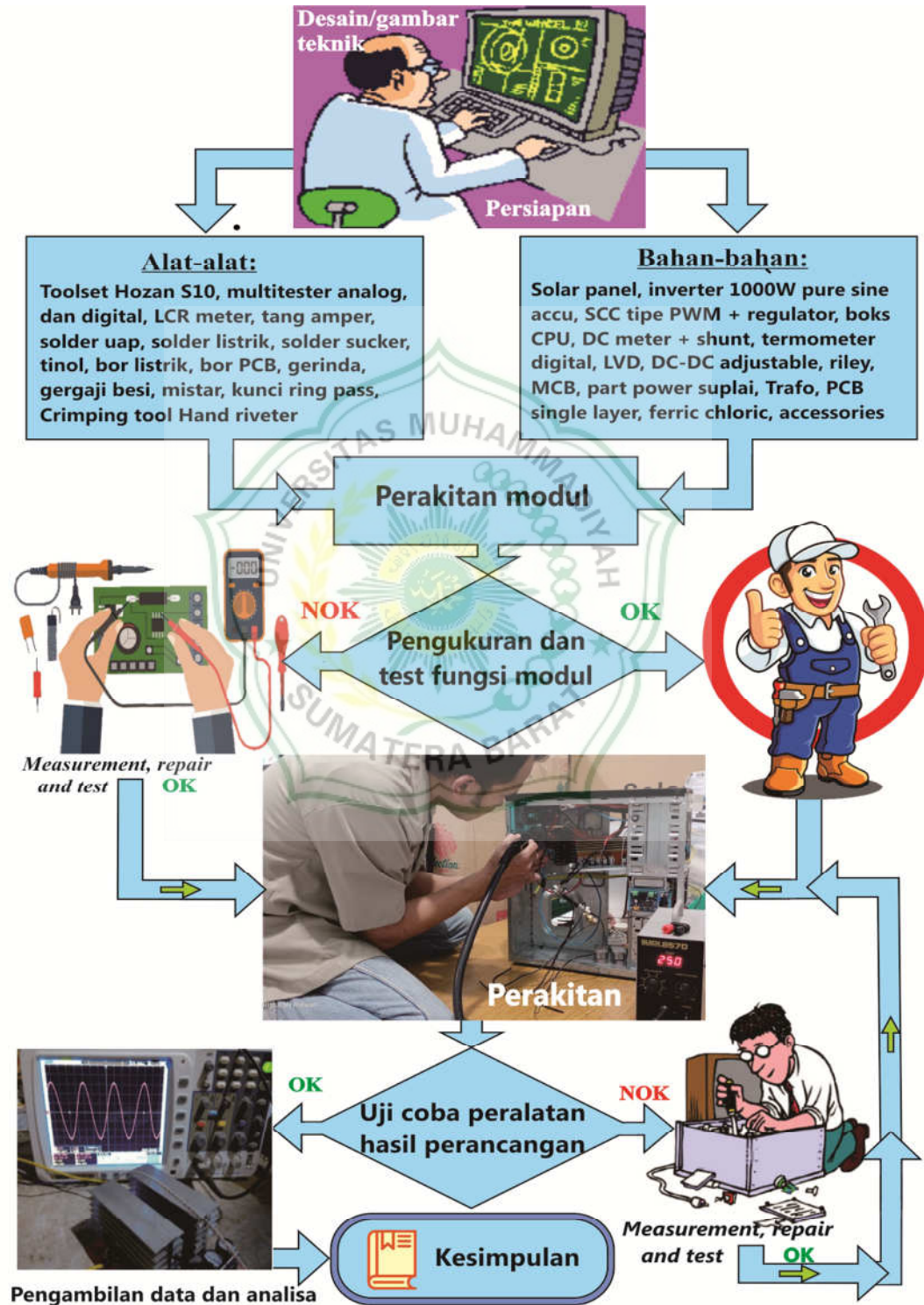
Dari berat jenis material dipastikan mampu menahan beban solar panel yang hanya memiliki bobot 8,5 kg.



BAB III

METODOLOGI PERANCANGAN

3.1. Diagram Alir Perancangan



Gambar 3.1. Diagram alir perancangan

Dalam perancangan sumber listrik tenaga surya 1000 watt sebagai sumber cadangan suplai listrik dengan sistem hibrid di rancang menghasilkan suatu alat yang dapat menjadi sumber listrik cadangan bagi peralatan yang dicatunya. Adapun alat-alat dan bahan yang digunakan dalam perancangan ini diantaranya:

3.2. Alat-alat yang Digunakan

1. *Toolset electrical*

Toolset electrical merupakan peralatan utama dalam melaksanakan semua kegiatan baik perancangan, perbaikan ataupun pemeliharaan suatu peralatan elektronik. Dalam perancangan ini menggunakan *toolset* merk Hozan tipe S-10 yang sesuai dengan proses pelaksanaan pekerjaanya.



Gambar 3.2. *Electro toolset electrical*

2. Multitester analog

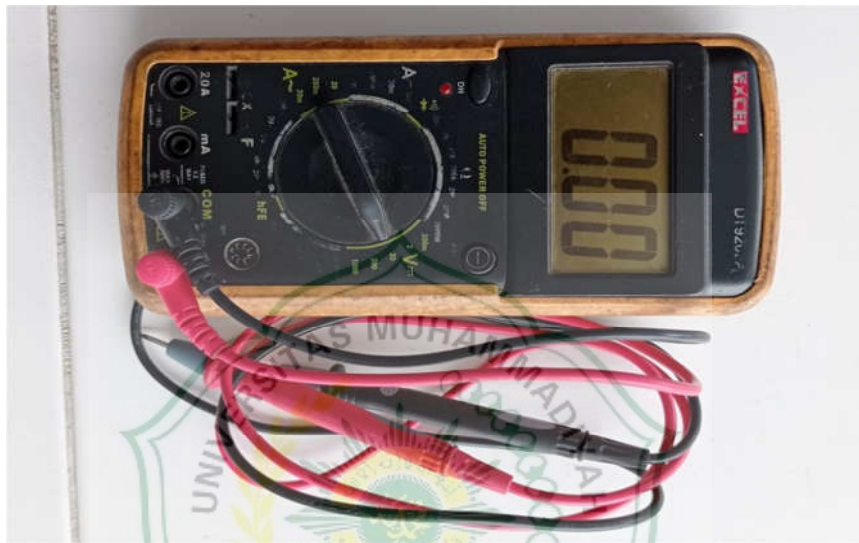
Merupakan alat ukur komponen elektronik dan kelistrikan dengan hasil ukur ditunjukkan jarum penunjuk dengan pembacaan sesuai skala yang dipilih. Multitester analog yang digunakan merk Sanwa tipe YX-360TRF untuk pengukuran resistor, transistor, diode, mosfet, IGBT, mengetahui baik tidaknya jalur *printeed* dan kabel yang digunakan serta memastikan dua kutub tidak korsleting.



Gambar 3.3. Multitester analog

3. Multitester digital

Merupakan alat ukur komponen elektronik dan kelistrikan dengan hasil ukur ditunjukkan pada display digital. Multitester digital yang digunakan merk Excel tipe DT9205A untuk pengukuran tegangan AC dan DC, dimana hasil pengukuran tegangan lebih presisi dan akurat dari multitester analog, mengurangi salah pembacaan karena hasil pengukuran ditampilkan dalam bentuk angka dan tanpa harus di kali skala.



Gambar 3.4. Multitester digital

4. LCR meter

Merupakan alat untuk pengukuran besaran induktansi, kapasitansi, dan resistansi dari komponen elektronika. LCR meter yang digunakan merk Extech tipe LCR200 yang digunakan untuk pengukuran induktansi output power suplai, kapasitor dan resistor yang ada dan digunakan dalam perancangan ini.



Gambar 3.5. LCR meter digital

5. Mini clamp meter

Mini clamp meter merupakan alat ukur besaran arus listrik tanpa harus memotong jalur yang diukur. *Mini clamp meter* yang digunakan merk Kyoritsu tipe Kew Snap-2004, alat ukur ini dapat mengukur arus dan tegangan AC dan DC serta besaran resistansi.



Gambar 3.6. Mini clamp meter digital

6. Solder uap

Solder uap atau *blower hot air* merupakan peralatan elektronik yang dapat mengeluarkan hembusan udara panas untuk perancangan ataupun perbaikan. Temperatur udara panas dan kecepatan hembusan udara dapat diatur sesuai kebutuhan. Solder uap yang digunakan merk Quick tipe 857D.



Gambar 3.7. Solder uap digital

7. Solder listrik, *solder sucker* dan *flux core alpha solder wire*

Solder listrik merupakan paduan logam *fusible* yang dilengkapi elemen pemanas listrik untuk mengkonversi energi listrik menjadi energi panas untuk membuat ikatan benda kerja dengan komponennya. Solder listrik yang digunakan Dekko tipe Presto DQ-77N.

Solder sucker atau sedotan timah merupakan alat bantu untuk menghisap timah dalam kondisi cair sehingga terpisah dari benda kerja. *Solder sucker* yang digunakan merk Dekko tipe DS-200.

Flux core (tinol) merupakan material alloy perak-timah berbentuk gulungan yang digunakan sebagai material untuk mengikat benda kerja dengan komponen dengan proses penyolderan. *Flux core* yang digunakan merk *Alpha solder wire* merupakan alloy dengan komposisi perak/timah 60/40 diameter $\phi 0,8$ mm.



Gambar 3.8. Solder listrik, *Solder sucker* dan *Flux core* (tinol)

8. Bor listrik dan mata bor besi

Bor listrik merupakan alat yang mengkonversi energi listrik menjadi energi putar pada rotornya yang di teruskan ke *chuck drill* sebagai *holder* mata bor yang biasanya digunakan untuk melobangi material. Bor listrik yang digunakan merk Metabo SB650/2S.

Mata bor besi (*iron drill bits*) merupakan sebuah alat yang biasa digunakan untuk membuat lobang pada material besi yang di putar menggunakan bor. Mata bor besi yang digunakan merk Dormer tipe A-90 (satu set ukuran 1 – 13 mm).



Gambar 3.9. Bor listrik dan 1 set mata bor besi

9. Bor PCB

Bor PCB merupakan alat yang mengkonversi energi listrik DC menjadi energi putar pada rotornya yang di teruskan ke *chuck drill* sebagai holder mata bor yang biasanya digunakan untuk melobangi PCB. Bor PCB biasanya menggunakan arus DC dan ukurannya kecil, menggunakan mata bor antara 0,3 mm – 3 mm. Bor PCB yang digunakan merk Kleber tipe LYK 100-011 dengan power suplai merk Klop tipe C122000-A1 2 A dan 1 set mata bor HSS merk Feibad.



Gambar 3.10. Bor PCB DC 1200 rpm

10. Gerinda tangan

Gerinda tangan merupakan alat yang mengkonversi energi listrik DC menjadi energi putar pada rotornya yang diteruskan ke holder mata gerinda yang biasanya digunakan untuk menggerinda atau memotong material. Gerinda jenis ini tidak memiliki dudukan permanen, penggunaanya dipegang langsung oleh kedua tangan sehingga dikenal juga dengan gerinda tangan.

Gerinda yang digunakan merk Maktec tipe MT954.



Gambar 3.11. Gerinda tangan

11. Gergaji besi

Gergaji besi (*hack saw*) adalah jenis gergaji yang umumnya digunakan untuk memotong material logam, akan tetapi gergaji ini juga sering digunakan untuk memotong material lainnya seperti pvc. Mata gergaji besi yang digunakan merk Sandflex tipe 24 TPI/10D 12"/300 mm.



Gambar 3.12. Gergaji besi manual

12. Mistar (penggaris)

Mistar merupakan sebuah alat pengukur dan alat bantu untuk membuat gambar lurus pada bidang datar yang berdimensi kecil. Mistar umumnya memiliki skala terkecil 1 mm yang berarti memiliki ketelitian pengukuran 0,5 mm (setengah dari skala terkecil yang dimiliki). Mistar yang digunakan merk Microtop tipe 300 mm.



Gambar 3.13. Mistar/penggaris

13. Kunci ring-pass

Kunci ring-pass merupakan alat bantu untuk mengencangkan atau mengendurkan baut atau mur, dimana ujung kunci berbentuk *letter U* (*pass*) sedangkan ujung lainnya berbentuk *ring* dengan profil kunci bagian dalam berbentuk hexagonal. Kunci ring-pas yang digunakan merk Facom tipe 440.JP12.



Gambar 3.14. Kunci ring-pass

14. Crimping Press Skun Cable

Crimping press skun cable merupakan alat berupa tang khusus yang digunakan untuk press skun kabel. *Crimping press skun* yang digunakan merk Tekiro tipe KH-8 yang dapat digunakan untuk pemasangan skun kabel yang berukuran 1 mm, 2 mm, 5 mm, dan 8 mm.



Gambar 3.15. Crimping press scun cable

15. *Hand Riveter*

Hand riveter merupakan alat untuk menyambung atau mengunci material menggunakan rivet (paku keling) yang menggunakan tekanan tangan dalam pengoperasiannya. *Hand rivete* yang digunakan merk Tekiro tipe H-TC701.



Gambar 3.16. Hand riveter

3.3. Bahan yang Digunakan

1. Panel surya

Panel surya merupakan kumpulan sel surya yaitu P-N *junction* silikon kristal yang dikenal *photovoltaic* berfungsi menyerap dan mengkonversi energi sinar matahari menjadi energi listrik, yang di ditata sedemikian rupa membentuk panel agar efektif menyerap dan mengkonversi energi sinar matahari. Panel surya yang digunakan jenis *monocrystalline* merk Maysun tipe MS120M-36 yang memiliki daya maksimum 120 watt.



Gambar 3.17. Panel Surya *monocrystalline* 120W

2. Inverter

Inverter merupakan rangkaian elektronik yang berfungsi mengkonversi arus listrik searah menjadi arus listrik bolak-balik pada tegangan dan frekuensi yang sesuai dengan rancangan rangkaiannya. Inverter yang digunakan merupakan kit inverter tipe 12 volt 1000 watt dengan *display* LCD dan gelombang arus AC keluarannya berbentuk *pure sine wave* dengan efisiensi 87%.



Gambar 3.18. Modul inverter 1000W

3. Akumulator (accu)

Akumulator merupakan sebuah alat yang berfungsi menerima dan menyimpan energi (umumnya energi listrik) dan mengeluarkan energi listrik arus searah, melalui proses kimia (Iman, 2015). Akumulator yang digunakan dalam perancangan ini merk Hankook tipe 50B24R 12V-45Ah.



Gambar 3.19. Akumulator 12V 45 Ah

Merupakan accu jenis *Valve-Regulated Lead Acid*, juga disebut *Sealed Maintenance Free*. Accu jenis ini memiliki katup ventilasi yang hanya terbuka pada tekanan yang ekstrem untuk pembuangan gas hasil reaksi kimianya. Tidak ada katup untuk isi ulang cairan elektrolitnya, karenanya dikenal dengan aki bebas perawatan (*Sealed Maintenance Free*).

4. *Solar Charge Controller (SCC)*

SCC merupakan alat yang berfungsi mengontrol tegangan dan arus saat proses pengisian accu agar efektif dan accu terhindar dari kerusakan akibat *over charging* serta mencegah adanya arus balik saat panel surya tidak bekerja. SCC yang digunakan merk Sunpro tipe PWM 30A 12 – 24 V DC, merupakan SCC yang menggunakan sistem *Pulse Width Modulation (PWM)* yaitu sistem pengisian accu tegangan konstan, dengan laju pengisian dikontrol disesuaikan dengan *State of Charge (SOC)* accu.



Gambar 3.20. *Solar charge controller PWM 30A 12 - 24 V DC*

5. *KWh DC ammeter dan shunt*

DC ammeter merupakan alat ukur untuk mengetahui besaran tegangan dan arus DC yang mengalir pada suatu beban atau rangkaian elektronika tertutup yang dipasang secara seri dengan beban. DC ammeter yang digunakan merk Peacefair tipe PZEM-051.

Shunt merupakan resistor *solid* yang memiliki resistansi presisi yang dapat dijadikan acuan pengukuran arus melalui *drop* tegangan akibat resistansinya.

Shunt yang digunakan dalam perancangan ini tipe FL-02 0,5% yang mampu dialiri beban 100 A dengan *drop* tegangan 75 mV.



Gambar 3.21. KWh DC ammeter 100A 100 V dan Shunt 100 A 75mV

6. *Casing Personal Computer*

Casing personal computer merupakan suatu alat umumnya berbentuk kotak yang berfungsi untuk melindungi komponen komputer dari benturan langsung dari luar. Dalam hal ini *casing personal computer* digunakan untuk tempat semua peralatan dalam perancangan sumber listrik tenaga surya 1000 watt agar terlindungi dari kerusakan akibat benturan langsung dari luar, kecuali panel surya diposisikan diluar. *Casing personal computer* yang digunakan merk Simbadda tipe SIM X 2636 dengan dimensi 43,3 cm x 41,7 cm x 17,8 cm (p x t x l).



Gambar 3.22. Casing komputer sebagai box *inverter 1000W*

7. Termometer digital

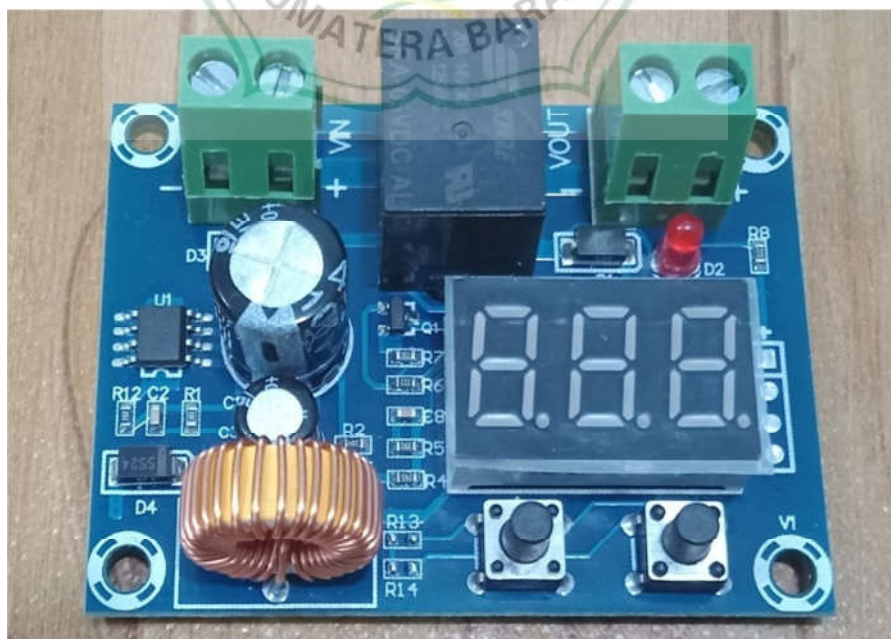
Termometer digital merupakan alat ukur temperatur dimana hasil pengukuran ditampilkan dalam bentuk angka pada displaynya. Termometer digital dalam perancangan ini menggunakan sensor tipe NTC (10K/3435) dengan kabel sensor *waterproof* dan tegangan kerja 1,5 V.



Gambar 3.23. Termometer digital NTC 10K/3435

8. Low Voltage Disconnect Protection (LVD)

LVD merupakan suatu modul yang dapat memutus tegangan ke beban saat tegangan input mencapai batas minimal dan kembali mencatu beban saat tegangan input mencapai nilai batas minimal + histeresis tegangannya, batas minimal dan histeresis tegangannya dapat di set sampai interval tertentu sesuai kebutuhan. *Low voltage disconnect protection* yang digunakan tipe LVD XH-M609.



Gambar 3.24. Low voltage disconnect protection LVD XH-M609

9. DC-DC Adjustable Step Down

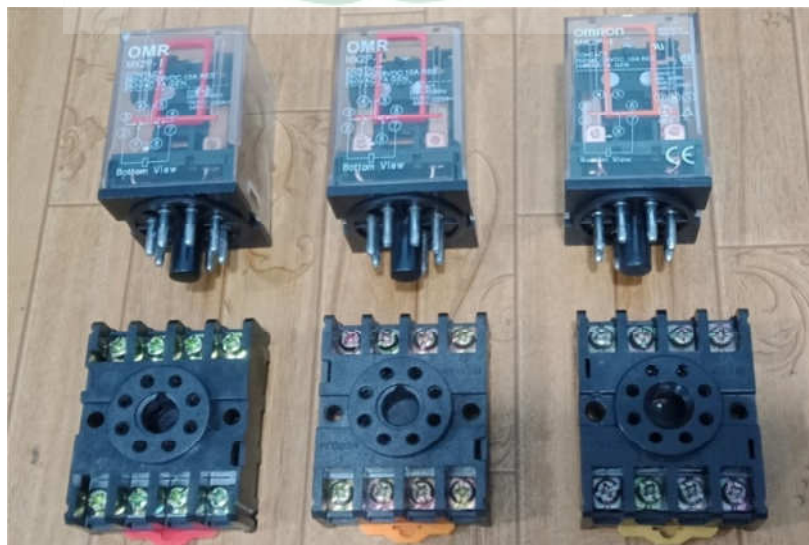
DC-DC adjustable step down merupakan rangkaian elektronik penurun tegangan dimana *input* dan *outputnya* DC, dengan tegangan *out* dapat di setting sesuai kebutuhan. DC-DC adjustable step down yang digunakan tipe LM2596, yang digunakan untuk catu daya 2 unit termometer digital yang pabrikasinya masing-masing menggunakan 2 buah baterai tipe AG13/LR44



Gambar 3.25. DC-DC adjustable step down power supply 4,5 – 35 V to 1,25 - 30 V

10. Riley

Riley merupakan saklar elektromekanikal yang pengoperasiannya menggunakan prinsip elektromagnetik. Riley yang digunakan tipe MK2P-I dengan coil AC dan tipe MK2P-I coil DC.



Gambar 3.26. Riley MK2P-I dengan coil AC dan tipe MK2P-I coil DC

11. Miniatur Circuit Breaker (MCB)

MCB merupakan komponen listrik yang dapat memutuskan arus saat terjadi *overload* pada beban yang dicatunya. MCB yang digunakan terdapat dua jenis yaitu MCB AC dan MCB DC.



Gambar 3.27. MCB DC, MCB AC dan bagian-bagian MCB DC

12. Komponen power suplai

Komponen power suplai merupakan part elektronik yang memiliki fungsi yang dapat mendukung dari fungsi power suplai saat terjadi interkoneksi antar komponen melalui PCB, diantaranya;

1. Part elektronik aktif dan pasif seperti rectifier, transistor, resistor, capacitor, IC regulator, led indicator dan lainnya sebagainya. Komponen yang digunakan merupakan komponen umum yang tersedia dipasaran.
2. *Transformer CT* merupakan jenis transformator yang memiliki dua gulungan simetris yang dihubungkan secara seri pada bagian sekundernya. Trafo yang digunakan jenis trafo *CT step down*, dengan tegangan sekundernya 12 VAC, CT, 12 V dengan arus maksimal 10 A.



Gambar 3.28. Komponen power suplai dan transformator CT 10 A

3. Printed Circuit Board (PCB)

PCB merupakan papan substrat komposit yang terbuat dari kertas yang diresapi dengan resin plastik formaldehida fenol yang permukaannya dilapisi lembaran tembaga sebagai jalur konduktornya. PCB yang digunakan merupakan PCB *single layer* polos.

4. Ferri klorida merupakan senyawa kimia dengan lambang (FeCl_3), dalam perancangan ini ferri klorida digunakan sebagai pelarut dalam membuat jalur pada papan cetak PCB.



Gambar 3.29. PCB polos *single layer* dan ferri klorida (FeCl_3)

13. Accessories

Accessories merupakan berbagai *part* yang mendukung fungsi utama dari sebuah peralatan. Dalam hal ini fungsi gabungan semua *part* pendukung menghasilkan sumber listrik tenaga surya 1000 watt sebagai sumber cadangan suplai listrik

dengan sistem hibrid, diantaranya; kabel, skun kabel, kabel ties, stop kontak dan lain sebagainya.



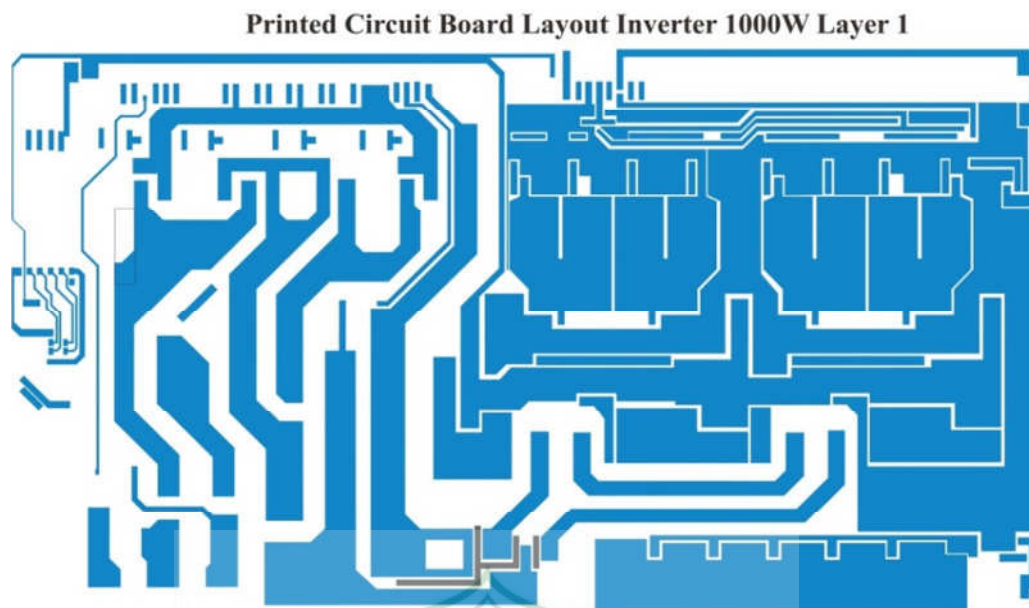
Gambar 3.30. Accessories perancangan sumber daya listrik 1000 W

3.4. Perakitan Modul

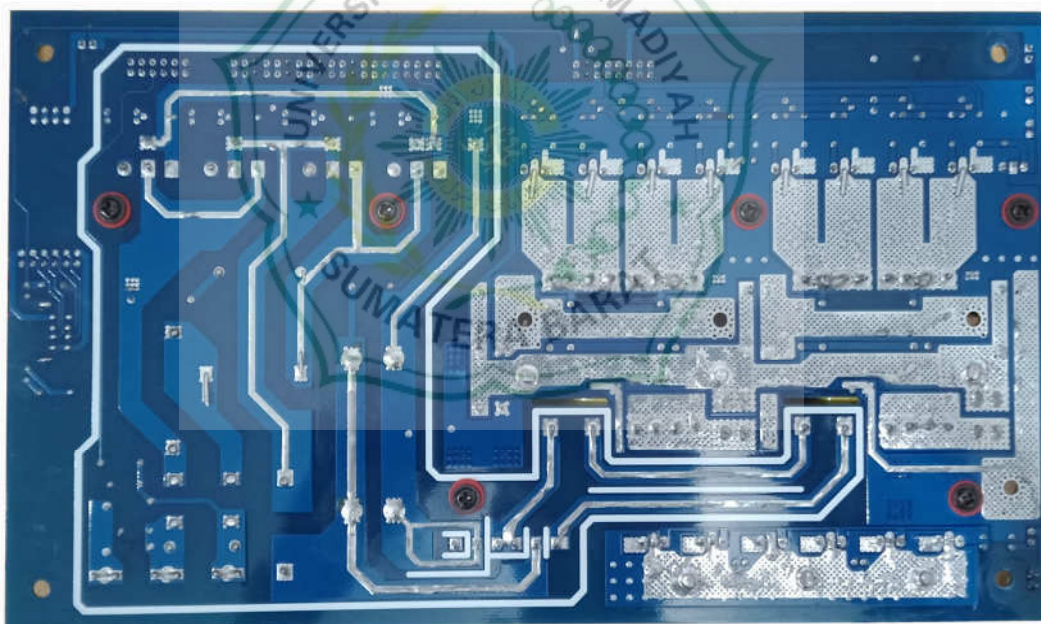
3.4.1. Modul Inverter

Untuk merakit inverter langkah pertama adalah menggambar *wiring diagram* rangkaiannya yang tentunya disesuaikan dengan spesifikasi hasil akhir yang diharapkan. *Wiring* tersebut dituangkan dalam gambar *black white* menggunakan aplikasi CorelDraw untuk dicetak di PCB polos *double layer* sebagai media interkoneksi antar komponen setelah dilarut menggunakan feri klorida (FeCl_3).

Black white blok diagram printed circuit board inverter 1000W



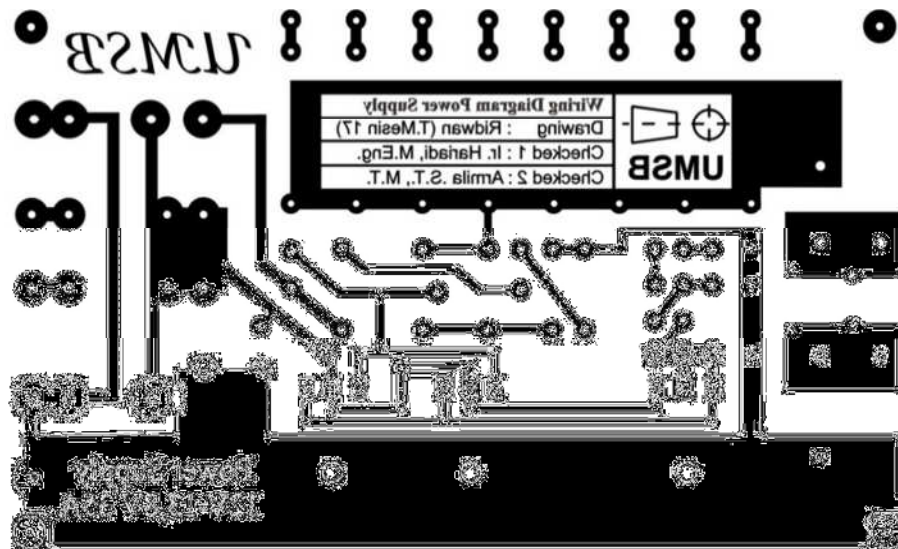
Gambar 3.31. *Black white diagram PCB inverter 1000W single layer*



Gambar 3.32. *Board inverter 1000W side back*

3.4.2. Modul Power Suplai

Power suplai diperlukan sebagai *backup charger* saat energi matahari dibawah *limit voltage charging*. *Power suplai* hasil rancangan merupakan catu daya linier yang ter-regulasi. *Wiring diagram* power suplai dituangkan dalam gambar *black white* menggunakan PCB polos *single layer* mengingat sistemnya sederhana.



Gambar 3.33. Black white diagram printed circuit board PS



Gambar 3.34. PCB selesai cetak dan setelah dilarut feri klorida (FeCl_3)

Dalam pemasangan komponen power suplai disesuaikan dengan spesifikasi yang diperlukan melalui perhitungan agar tegangan dan daya maksimal yang dapat dikeluarkan power suplai sesuai dengan yang dibutuhkan.

3.5. Running Test Module

Running test Module dilakukan dengan cara pengukuran aktif saat operasional dan fungsi setting semua modul dan komponen yang akan digunakan:

1. SCC

Pengujian SCC menggunakan panel surya dan *power supply adjustable*. Dari pengujian SCC berfungsi tetapi tegangan charging terlalu tinggi 15 V. Tegangan *float* SCC diseting pada 13,8 V (*charging* 15%) dan tegangan minimum 12,1 V.



Gambar 3.35. Pengujian *solar charger controller*

2. *Low Voltage Disconnect Protection (LVD)*

Pengujian LVD menggunakan *power supply adjustable* dan dipastikan LVD berfungsi normal, yang diseting pada tegangan minimum 12,1 V DC dan tegangan histeresisnya 0,9 V DC setingan ini berfungsi memutus tegangan dari panel surya saat tegangan $< 12,1 \text{ V}$ dan kembali tersambung saat tegangan panel surya mencapai $\geq 13 \text{ V}$ ($12,1 \text{ V} + 0,9\text{V}$).

3. Termometer digital

Dua unit alat ukur ini diuji secara serentak dalam kondisi yang sama untuk memastikan akurasi dari kedua alat ukur.



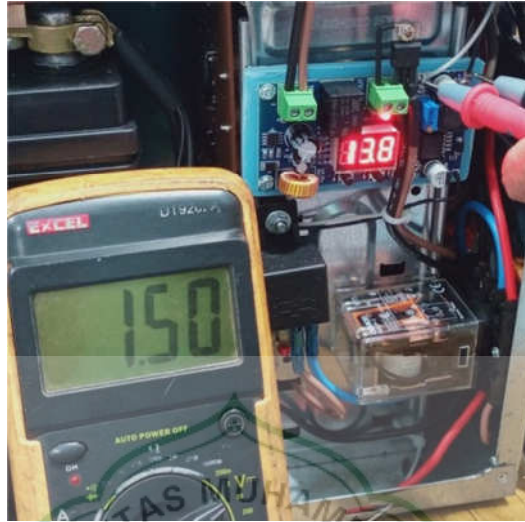
Gambar 3.36. Pengujian akurasi dua unit termometer digital

4. Power suplai

Merupakan *charger* cadangan yang di set dengan tegangan 13,68 V setara dengan 14% proses *charging* yang bekerja saat tenaga listrik yang dihasilkan panel surya $< 12,1 \text{ V}$ dan diuji dengan tegangan listrik 220 V AC.

5. DC-DC Adjustable Step Down

Pengujian *DC-DC adjustable step down* dengan tegangan input 13,8 V DC dan keluarannya dapat diatur melalui potensiometer. Dalam pengujian keluaran diatur 1,5 V DC sebagai suplai power 2 unit termometer digital.



Gambar 3.37. Pengujian *DC-DC adjustable Step down*

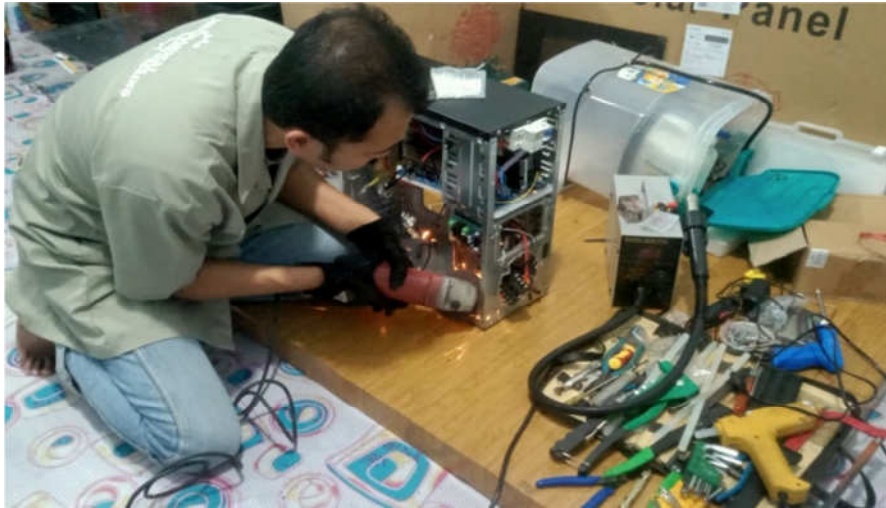
Dari hasil pengujian semua modul dan komponen dapat berfungsi normal, sehingga proses perakitan bisa dilanjutkan.

3.6. Perakitan

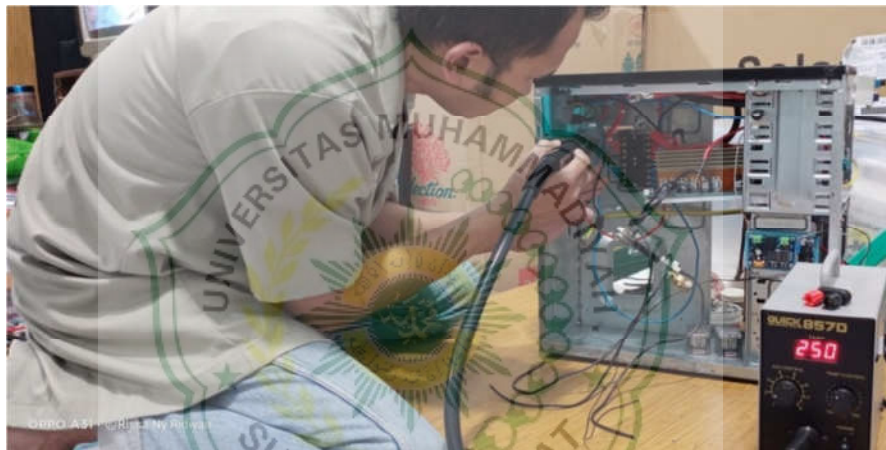
Perakitan dilakukan dengan memasang semua modul dan komponen yang sesuai dengan fungsinya untuk menghasilkan sumber listrik tenaga surya 1000 W dengan sistem hibrid. Adapun desain dari sumber ini dijelaskan dengan dua mode:

Mode I: Beban di catu menggunakan inverter dengan sumber energi dari accu yang *discharge* secara kontinyu dari panel surya atau PLN. Beban tidak terganggu saat gangguan listrik tetapi hanya mampu 104 W, sesuai kapasitas *charger* dari panel surya atau power suplai.

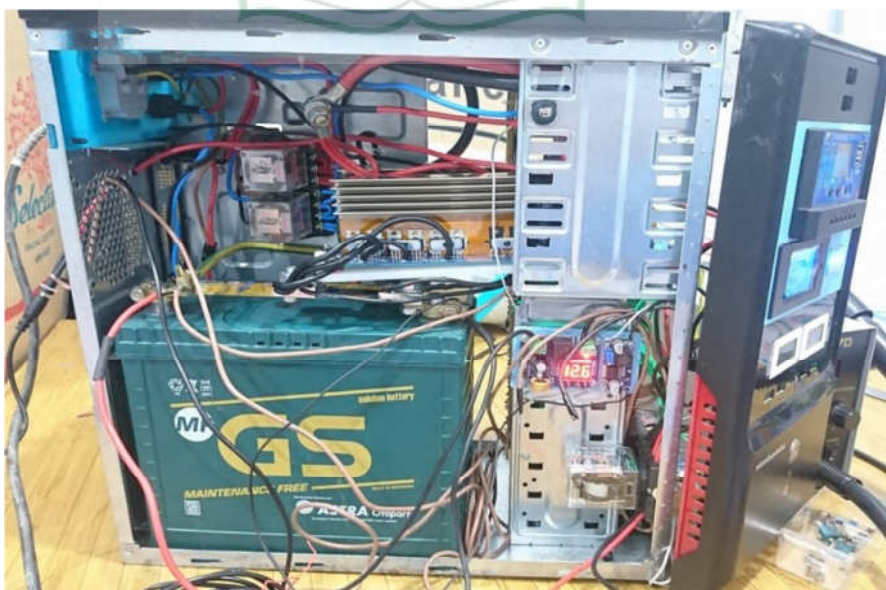
Mode II: Pada saat PLN on beban dicatu PLN, saat PLN off beban langsung dicatu inverter, dan saat PLN on beban otomatis dicatu kembali PLN. Beban yang dapat di catu 870 watt, gangguan saat pertukaran energi listrik sekitar 0,3 detik.



Gambar 3.38. *Grinding* sebagai penyesuaian boks CPU



Gambar 3.39. Proses perakitan



Gambar 3.40. *Running test mode I dan mode II*

3.7. Kontruksi *Bracket* Panel Surya



Gambar 3.42. Kontruksi *bracket* panel surya

Konstruksi *bracket* panel surya menggunakan baja profil hollo dengan dimensi:

Leg : 40 mm x 40 mm tebal 2 mm
Horizontal : 35 mm x 15 mm tebal 1,5 mm
Diafragma hor : 15 mm x 10 mm tebal 1 mm
Engsel : Patrom H

Proses pemotongan material menggunakan gerinda dan untuk penyambungan antar bagian menggunakan sistem las listrik. Untuk pemasangan engsel patrom ke sisi *bracket* dan panel surya dengan sistem *rivet* (paku keling).

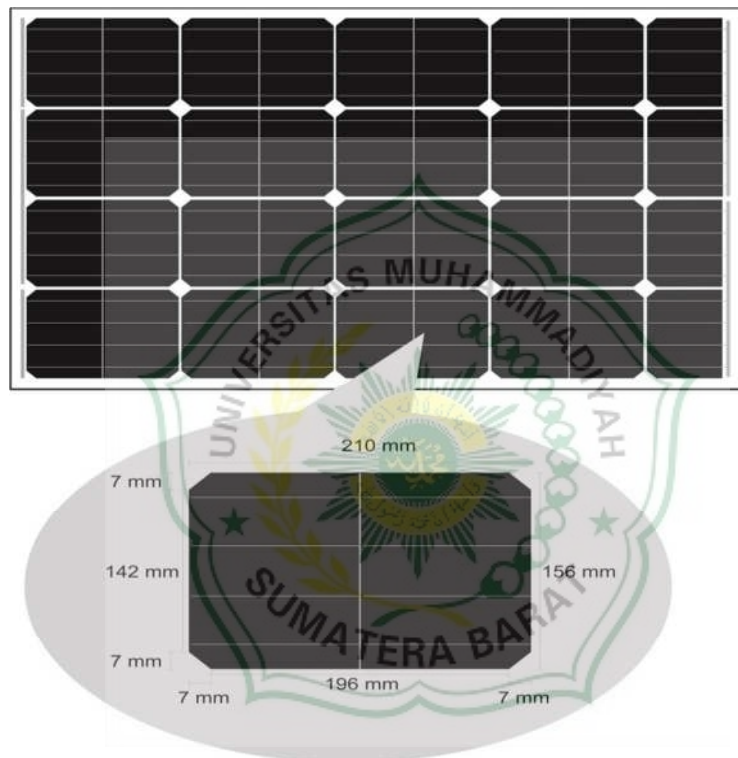


BAB IV DATA DAN ANALISA

4.1. DATA

4.1.1. Data Efisiensi Panel Surya

Untuk menghitung efisiensi panel surya kita perlu mengetahui dimensi sel surya yang digunakan, berikut dimensi panel surya hasil pengukuran langsung:



Gambar 4.1. Dimensi panel surya 120 W

Menghitung efisiensi panel surya:

$$A_c \text{ Area of Collector @ Cell} = (210 \times 156) \text{ mm} - (7 \times 7 \times 2) \text{ mm}$$

$$A_c \text{ Area of Collector @ Cell} = (32760 - 98) \text{ mm}$$

$$A_c \text{ Area of Collector @ Cell} = 32662 \text{ mm}^2 = 0,032662 \text{ m}^2$$

$$A_c \text{ Area of Collector} = 0,032662 \text{ m}^2 \times 18 = 0,587916 \text{ m}^2$$

$$\eta_{\max} = \frac{P_{\max} \text{ (max power output)}}{(E_{SY}^{SW} \text{ (incident radiation flux)} \times A_c \text{ (Area of collector)})} \times 100\%$$

$$\eta_{\max} = \frac{120 \text{ W}}{1000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \times 0,58791 \text{ m}^2} \times 100\%$$

$$\eta_{\max} = \frac{120 \text{ W}}{587,91 \text{ W}} \times 100\% = 20,4113\%$$

4.1.2. Data tegangan minimal *Low Voltage Disconnection* (LVD)

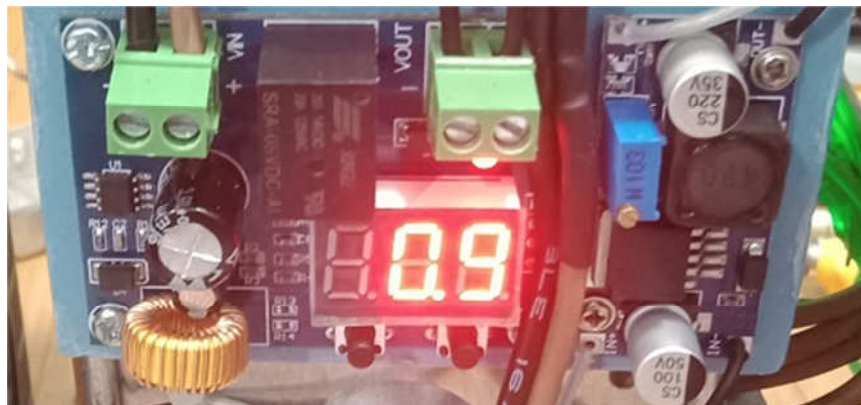
LVD minimum diatur pada 12,1 V DC yang artinya jika tegangan *input* < 12,1 V maka LVD akan memberikan *triger* pada riley DC untuk memindahkan sistem *charging* ke power suplai (PLN).



Gambar 4.2. Tegangan minimum LVD

4.1.3. Data tegangan histeresis *Low Voltage Disconnection* (LVD)

Tegangan histeresis diseting pada 0,9 V, dimana LVD akan memindahkan sistem *charging* ke panel surya saat tegangannya mencapai $\geq 13 \text{ V}$ (tegangan minimum 12,1 V ditambah tegangan histeresis 0,9 V).



Gambar 4.3. Tegangan histeresis LVD

Wiring diagram diatas merupakan rancangan *power suplai linier* ter-regulasi menggunakan transistor 2N3055 dengan daya output 12 VDC – 13,8 VDC 35 A.

4.1.5. Data arus charging

Power suplai dirancang sebagai *charger* cadangan untuk accu yang kapasitasnya 45 Ah dimana standar arus pengisian 10% - 15% dari kapasitas accu.

$$\text{Arus 10\%: } \frac{10}{100} \times 45 \text{ A} = 4,5 \text{ A} \quad \text{Arus 15\%: } \frac{15}{100} \times 45 \text{ A} = 6,75 \text{ A}$$

Data ini dipakai untuk menentukan komponen yang sesuai daya yang diizinkan.

4.1.6. Data tegangan keluaran power suplai

Standar tegangan pengisian accu adalah 10% - 15%. Accu yang digunakan memiliki tegangan 12 VDC, maka data tegangan yang diperlukan adalah:

$$\text{Tegangan 10\%: } \frac{10}{100} \times 12 \text{ V} = 13,2 \text{ V} \quad \text{Tegangan 15\%: } \frac{15}{100} \times 12 \text{ V} = 13,8 \text{ V}$$

Dari data diatas maka untuk pengisian accu agar selalu dalam kondisi yang baik maka beda potensial yang tepat antara 13,2 V – 13,8 V.



Gambar 4.5. PCB power suplai 13,8 V 10A tampak atas



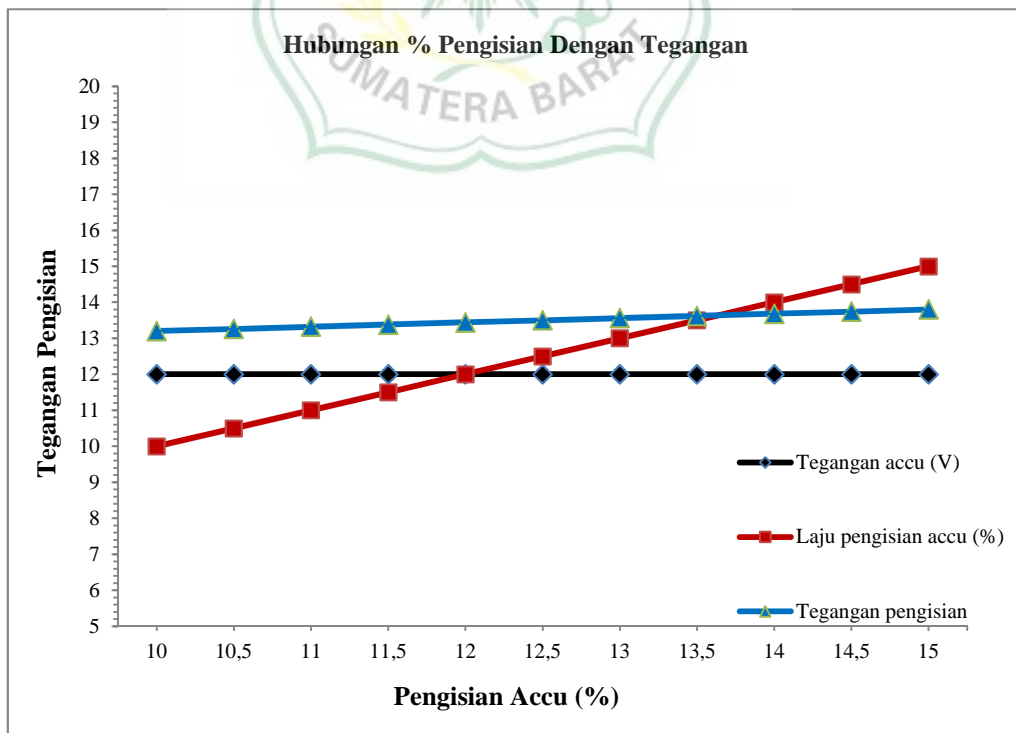
Gambar 4.6. PCB power suplai 13,8 V 10A tampak bawah

Berikut data pengisian accu dan tegangan sesuai standar yaitu (10% - 15%), dan untuk power suplai dirancang pada tegangan pengisian 13,68 V (14%).

Tabel 4.1. Hubungan pengisian dan tegangan yang digunakan

<i>Tegangan accu (V)</i>	<i>Pengisian accu (%)</i>	$\frac{\%}{100} \times 12 \text{ V}$	<i>Tegangan pengisian</i>
12	10,0	1,20	13,20
12	10,5	1,26	13,26
12	11,0	1,32	13,32
12	11,5	1,38	13,38
12	12,0	1,44	13,44
12	12,5	1,50	13,50
12	13,0	1,56	13,56
12	13,5	1,62	13,62
12	14,0	1,68	13,68
12	14,5	1,74	13,74
12	15,0	1,80	13,80

Dari data presentase pengisian accu dan tegangan pengisian diatas dapat di ilustrasikan dengan grafik dibawah ini.



Gambar 4.7. Grafik hubungan laju pengisian (%) dengan tegangannya

4.1.7. Data transistor 2N3055

Untuk mendapatkan daya power suplai 10 A diperlukan transistor NPN 2N3055 dengan jumlah memadai. Data sekunder untuk daya maksimum 1 buah transistor 2N3055 adalah 5 A tetapi optimalnya digunakan pada daya 3 A untuk itu agar transistor aman dan dapat digunakan dalam waktu lama, maka diperlukan menghitungnya terlebih dahulu sebelum menentukan jumlah transistor yang akan dipakai:

$$\frac{10}{3} = 3,33 \text{ buah transistor}$$

Dari data diatas maka transistor yang digunakan adalah 4 unit.

4.1.8. Data resistansi out transistor 2N3055

Daya yang diperlukan keluaran power suplai yaitu 10 A, dan dari perhitungan diatas membutuhkan 4 transistor 2N3055. Agar kinerja keempat transistor merata (*balance*) sehingga terjadi pembebanan berlebih pada salah satu transistor yang dapat menyebabkan kerusakan, maka *output emitter* dari transistor tersebut perlu diberikan resistansi yang tepat sebelum digabung dari keempat transistor. Untuk menentukan nilai resistansi tersebut dapat dihitung sebagai berikut:

$$\frac{10}{4} = 2,25$$

Transistor 2N3055 dengan material germanium memiliki beda potensial antara basis dengan collector adalah 0,6 V, sehingga:

$$\frac{0,6}{2,25} = 0,267 \Omega$$

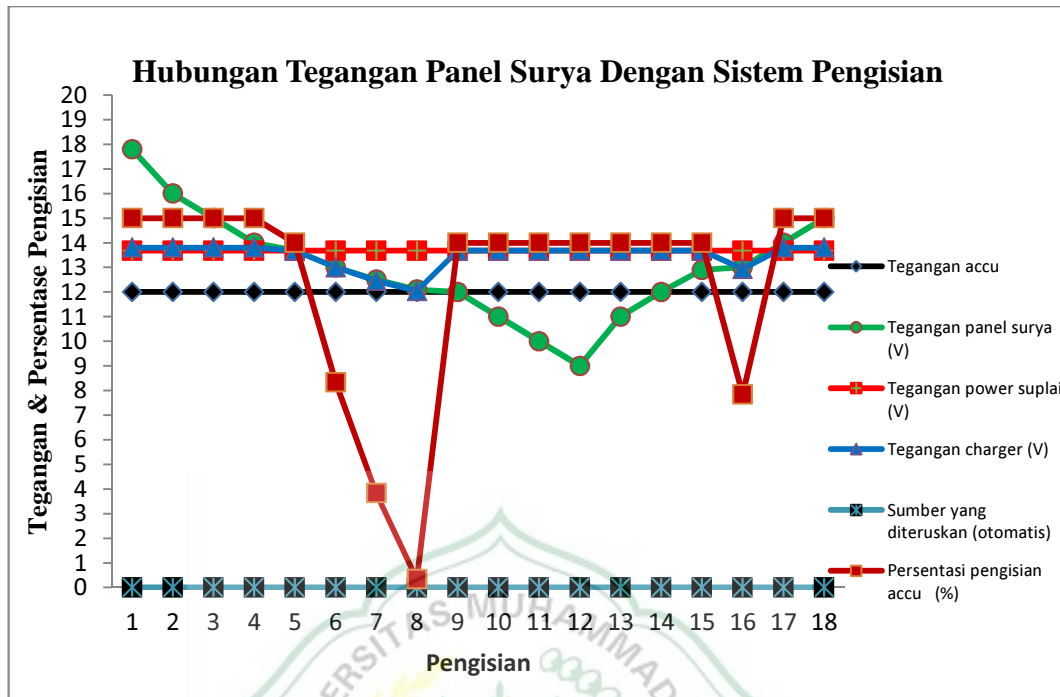
Dengan demikian nilai resistor yang digunakan berkisar 0,267 Ω daya 5 W.

4.1.9. Data tegangan pengisian dan sumber yang digunakan

Tabel 4.2. Hubungan tegangan panel surya dengan sistem pengisian

Tegangan accu (V)	Tegangan panel surya (V)	Tegangan power suplai (V)	Tegangan charger (V)	Sumber tegangan yang diteruskan (otomatis)	Persentasi pengisian accu (%)
12,00	17,80	13,68	13,80	Panel surya	15,00
12,00	16,00	13,68	13,80	Panel surya	15,00
12,00	15,00	13,68	13,80	Panel surya	15,00
12,00	14,00	13,68	13,80	Panel surya	15,00
12,00	13,68	13,68	13,68	Panel surya	14,00
12,00	13,00	13,68	13,00	Panel surya	8,33
12,00	12,50	13,68	12,46	Panel surya	3,83
12,00	12,10	13,68	12,04	Panel surya	0,33
12,00	12,00	13,68	13,68	PLN	14,00
12,00	11,00	13,68	13,68	PLN	14,00
12,00	10,00	13,68	13,68	PLN	14,00
12,00	9,00	13,68	13,68	PLN	14,00
12,00	11,00	13,68	13,68	PLN	14,00
12,00	12,00	13,68	13,68	PLN	14,00
12,00	12,90	13,68	13,68	PLN	14,00
12,00	13,00	13,68	12,94	Panel surya	7,83
12,00	14,00	13,68	13,80	Panel surya	15,00
12,00	15,00	13,68	13,80	Panel surya	15,00

Dari data diatas, sumber tegangan yang diteruskan pada accu dapat dilustrasikan melalui grafik dibawah ini:



Gambar 4.8. Grafik hubungan tegangan panel surya dengan sistem pengisian accu

4.1.10. Data pengukuran beban dan *autonomie accumulator*

Pengukuran *autonomie accumulator* diukur dengan kondisi *charging* dari panel surya dan power suplai tidak tersambung, beban murni dari accu. Dari pengukuran diketahui beban pasif unit 5,8 W – 6 W.



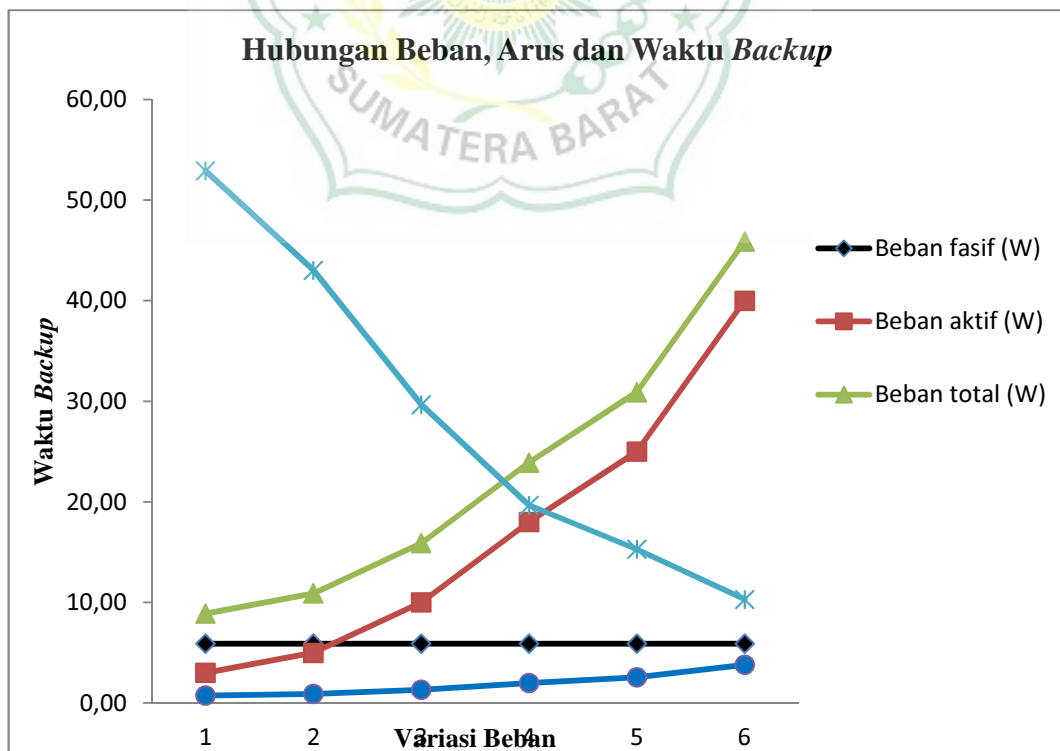
Gambar 4.9. Running test dan pengambilan data melalui kWh DC meter

Berikut data hasil pengujian beban fasif dan beban aktif inverter dengan beberapa variasi beban.

Tabel 4.3. Data beban fasif, aktif, arus total dan waktu backup

Beban fasif (W)	Beban aktif (W)	Beban total (W)	Arus total terpakai (A)	Waktu backup beban (jam) asumsi SOH 100%
5,90	3	8,90	0,74	52,91
5,90	5	10,90	0,91	43,02
5,90	10	15,90	1,32	29,66
5,90	18	23,90	1,99	19,67
5,90	25	30,90	2,56	15,29
5,90	40	45,90	3,80	10,30

Dari data hubungan beban yang digunakan dan waktu backup beban diatas, dapat dilustrasikan pada grafik dibawah ini:



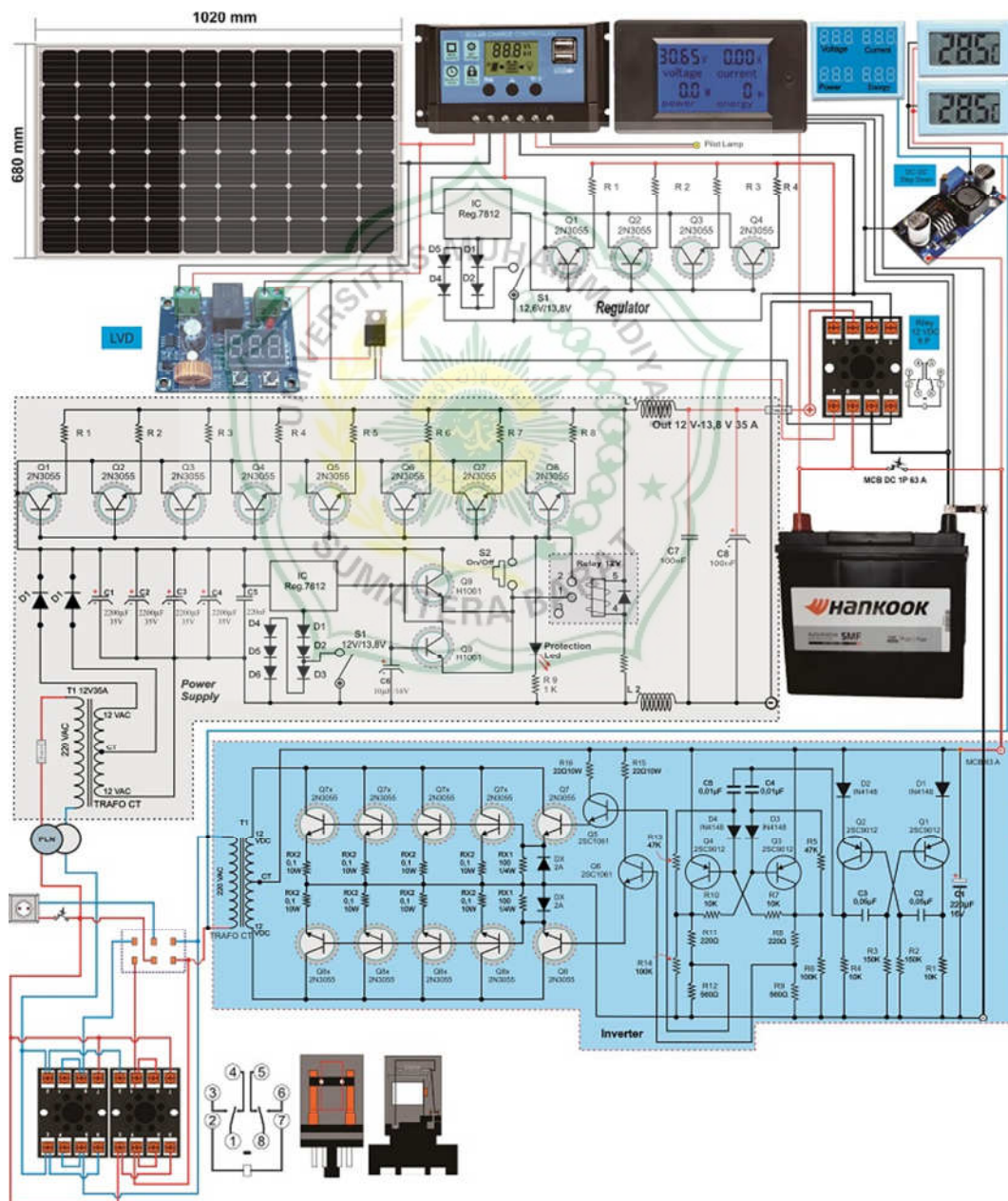
Gambar 4.10. Hubungan beban dan asumsi waktu backup

Perhitungan *autonomie accumulator* (tabel 3) diatas hanya berlaku pada kondisi:

1. *State Of Health* (SOH) dan *State Of Charger* (SOC): 100%
2. Beban yang digunakan stabil
3. Accu tidak tersambung ke sistem *charging*

4.2. ANALISA

Prinsip kerja sumber listrik tenaga surya 1000 watt dengan sistem hibrid secara teknis dapat dgambarkan melalui wiring diagram dibawah ini:



Gambar 4.11. Wiring diagram sumber listrik tenaga surya 1000 W

Diagram diatas menerangkan bahwa panel surya mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik (DC) dengan kapasitas maksimum 120 W pada *Voltage at Pmax (Vmp)* 18,2 V, *Current at Pmax (Imp)* 6,67 A, dimana energi listrik masuk ke *Solar Charge Controller (SCC)* dan *Low Voltage Disconnect Protection Battery LVD XH-M609*.

SCC berfungsi mengatur tegangan dan arus dalam pengisian accu, untuk mengantisipasi *over charging* yang dapat merusak accu maupun panel surya. Energi matahari tidak selamanya dapat digunakan sebagai *charger* accu, pada malam hari atau cuaca mendung. Sesuai dengan judul yang mengusung tema sistem hibrid maka kekosongan tersebut diantisipasi menggunakan LVD. Dimana prinsip kerja LVD sebagai *control change over system charging* ketika tegangan panel surya mencapai batas minimal ($< 12,1$ V) otomatis *system charging* di pindah ke power suplai (PLN) yang memiliki tegangan out 13,68 V (*charging* 14%). *System charging* tersambung kembali ke panel surya saat tegangannya mencapai ≥ 13 V yang merupakan tegangan minimum dari penjumlahan ($12,1$ V + $0,9$ V tegangan histerisis). Sistem ini menjadikan panel surya sebagai sumber utama sehingga pemanfaatan energi sinar matahari optimum, sedangkan power suplai yang sumber energinya dari (PLN) merupakan *charger* cadangan seperti yang diilustrasikan pada grafik 4.2.

Energi dari panel surya digunakan mencatu beban dan jika energi yang dihasilkan panel surya lebih besar, maka kelebihan energi disimpan dalam accu yang dapat digunakan saat beban melebihi kapasitas *charging*.

Pada saat energi matahari tidak tersedia dan listrik dari PLN off, maka energi untuk mencatu beban murni dari energi yang disimpan dalam accu. Waktu untuk *autonomie accumulator* pada kondisi ini tergantung dari beban yang digunakan, kapasitas accu, efisiensi unit, *State of Charge (SOC)* dan *State Of Health (SOH)* accu.

Tegangan dari accu masuk ke inverter melalui MCB DC 63 A sebagai antisipasi adanya korsleting pada inverter, agar tidak menimbulkan kebakaran. Kutub negatif accu terhubung ke inverter melalui shunt sebagai acuan pengukuran arus, tegangan dan energi yang digunakan inverter, melalui penurunan tegangan 75 mV pada *load* 100 A, yang dibaca oleh kWh DC meter.

Agar power suplai handal dan aman digunakan dalam jangka panjang maka perancangan power suplai diambil pada standar *charging* tertinggi yaitu 15% (6,75 A). dengan demikian komponen yang digunakan memiliki daya lebih besar dari yang dibutuhkan.



BAB V

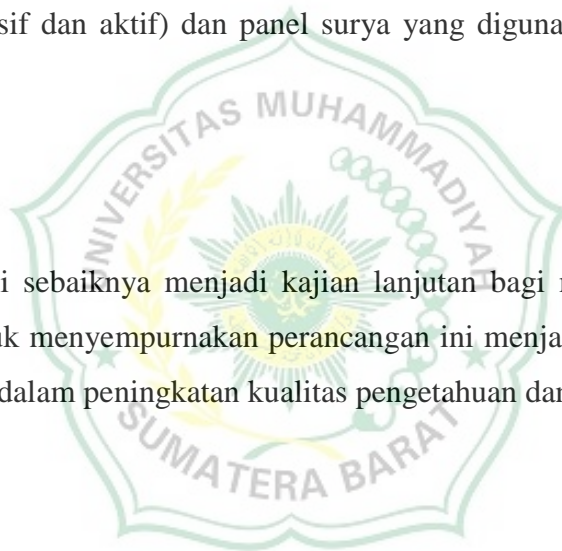
PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Perancangan sumber energi listrik tenaga surya 1000 watt dengan sistem hibrid dimana efisiensi pemakaian daya yang diizinkan hanya 87% dari kapasitas maksimum. Hal ini untuk menghindari kerusakan unit akibat *overload*. Dari hasil pengukuran terhadap sumber energi ini dapat disimpulkan beberapa hal antara lain; Hasil rancangan dapat berfungsi dengan optimal, besarnya tegangan *charger* berbanding lurus dengan besarnya arus dan berbanding terbalik dengan waktu proses *charging*, waktu *autonomie accumulator* berbanding terbalik dengan beban total (beban pasif dan aktif) dan panel surya yang digunakan memiliki efisiensi 20,4%.

5.2. Saran

Perancangan ini sebaiknya menjadi kajian lanjutan bagi mahasiswa dan civitas akademika untuk menyempurnakan perancangan ini menjadi sumber energi baru dan terbarukan dalam peningkatan kualitas pengetahuan dan pembelajaran.



DAFTAR PUSTAKA

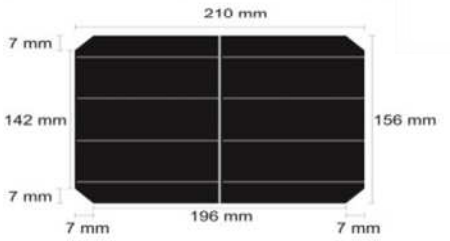
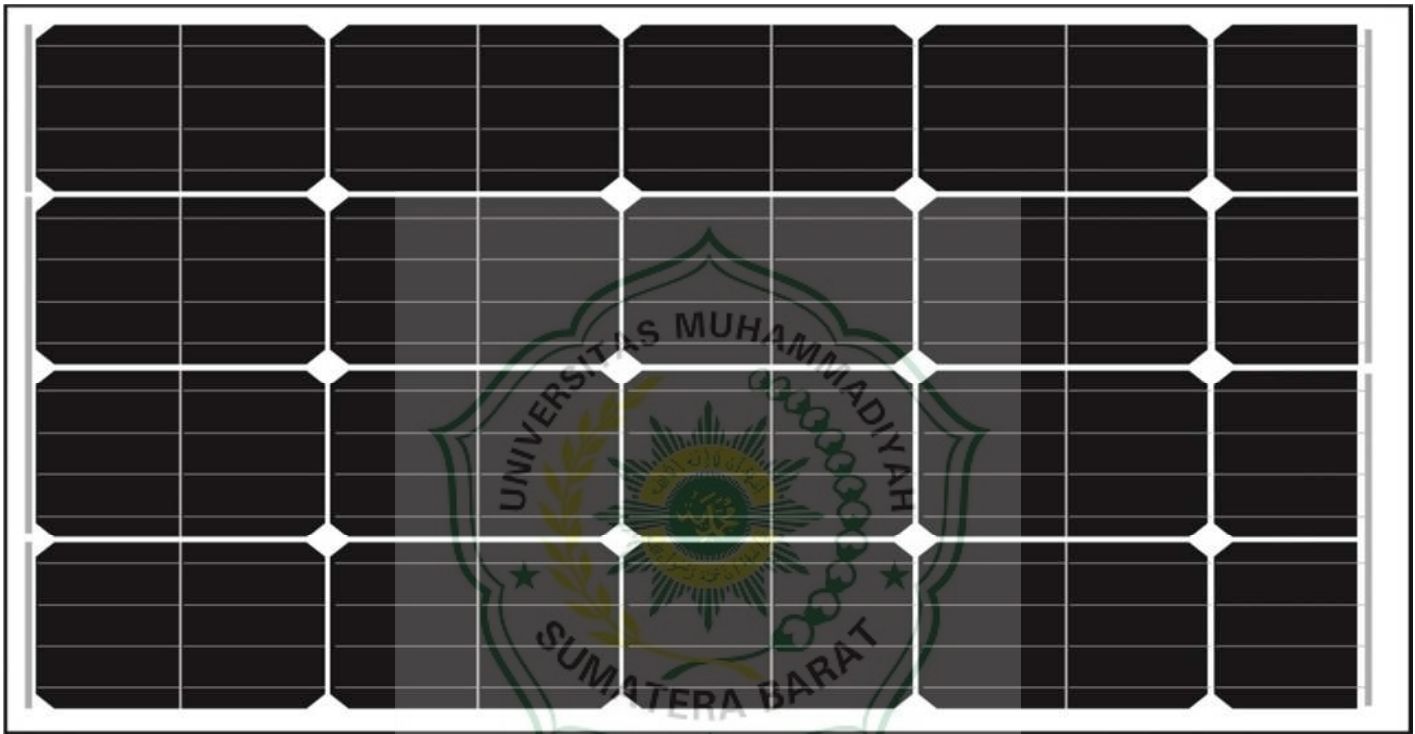
- Armila, S. M. (2011). *Bahan Ajar Teknologi Pemanfaatan Energi*. Bukittinggi: FT-Mesin/FT/UM Sumbar.
- Armila, S. M. (2018). *Panduan Praktikum Metalurgi Mekanik*. Bukittinggi: FT-Mesin/FT-UM Sumbar.
- Baharuddin, & Ishak, M. T. (2021). Analisis Ketersediaan Radiasi Matahari di Makassar. *Hasil Penelitian Fakultas Teknik*, 6, p. 5. Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Duka, E., Setiawan, N., & AntoniusWeking. (2018). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid. *E-Journal SPEKTRUM*, 5.
- Eugene.C. (1993). *Mesin dan Rangkaian Listrik*. (H. Gunawan, Trans.) Bandung: ITB Bandung.
- Gupta, & Madhu. (1980). Ohm and Ohm's Law. *George Simon*. San Diego State University. DOI:10.1109/TE.1980.432140
- Hagendoorn.J.J.M. (1989). *Konstruksi Mesin 2*. (P. R. Kamajaya1996, Trans.) Jakarta: Ganecca Exact Bandung.
- Icasolartenagasurya. (2018). *Perbedaan Monocrystalline VS Polycrystalline Solar Energy For Everybody*. Jl Pinangsia Raya, Jakarta Barat 11120.
- Iman. (2015, Juli). Akumulator, Pemakaian dan Perawatannya. *Metana, Vol 11, PSD III*. Teknik Elektro Universitas Dipenogoro, Jl.Prof Sudarto,SH Tembalang Semarang.
- LPPM. 2019, Januari). Energi dan Kelistrikan. *Jurnal Ilmiah*. Menara PLN, JL. Lingkar Luar Barat Duri Kosambi Cengkareng Jakarta Barat. DOI:10.33322
- Nelson, J. (2003). *Jenny Nelson – The physics of Solar Cells.pdf* (p. 2). <https://fuelrfuture.com/energy/physicsOfSolarCellsNelson.pdf>
- Raditya, G. (2017). Efisiensi Panel Surya. Retrieved from <https://janaloka.com/efisiensi-pada-panel-surya/>
- Rahardjo, A., Herlina, & Safruddin, H. (2007). Optimalisasi Pemanfaatan Sel Surya Pada Bangunan Komersial. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi II*, 2(Universitas Indonesia), 978–979.
- Rumahsolarraina. (2021). Struktur Panel Surya. Retrieved from https://rumahsolarraina.com/blog-3__trashed/struktur-panel-surya/
- Purba, lili sari A., & Harahap, K. (2011). Laporan Teknis Tematik. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Wasito, S. (1984). *Vademekum Elektronika*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

LAMPIRAN

1. Panel Surya

Spesifikasi

Merk	: Maysun Solar
Model	: MS120M-36
<i>Rated Maximum Power (Pm)</i>	: 120 W
<i>Tolerance</i>	: 0 ~ + 5 %
<i>Voltage at Pmax (Vmp)</i>	: 18,2 V
<i>Current at Pmax (Imp)</i>	: 6,67 A
<i>Open-Circuit Voltage (Voc)</i>	: 21,51 V
<i>Short-Circuit Current (Isc)</i>	: 7,19 A
<i>Normal Operating Cell Temp (NOCT)</i>	: 47 ± 2°C
<i>Maximum System Voltage</i>	: 1000 VDC
<i>Maximum Series Fuse Rating</i>	: 10 A
<i>Operating Temperatur</i>	: 40 to + 85°C
<i>Aplication Class</i>	: Class A
<i>Fire Safety Class</i>	: Class C
<i>Cell Technology</i>	: Mono – Si (<i>Monocrystalline</i>)
<i>Weight</i>	: 8,5 Kg
<i>Dimension (mm)</i>	: 120 x 680 X 30 mm



	Skala : NTS	Drawing : Ridwan (17.10.002.21201.025)
	Satuan : Milimeter	Checked 1 : Armila, S.T., M.T.
	Tanggal : 10-08-2021	Checked 2 : Rudi Kurniawan Arief, S.T., M.T.
Prodi Teknik Mesin UM Sumatera Barat	Panel Surya Monocrystalline 120 WP	3.41/UMSB/ Bkt - VIII/2021

2. Kit Inverter PSW 12v 1000 W Display LCD



Spesifikasi

Input rate voltage : 12 volt DC

Output rate voltage : 220 volt AC

Gelombang output : Pure sine wave 220 volt

Daya output maksimal : 1000 watt

Safety type : Protection overload and protection battery low shutdown

Cooling system : Air cooling (fan 12V DC)

Efisiensi : 87 %

Dimensi : Panjang x tinggi x lebar (25 x 6 x 14,5)cm

3. Sunpro PWM 30A 12-24 V DC



Merk : Sunpro

Tipe : PWM 30A 12-24 V DC

Maximum input : 50 V DC

Daya maximum (PV) : $12V \times 30 A = 320wp$ $24V \times 30 = 720 wp$

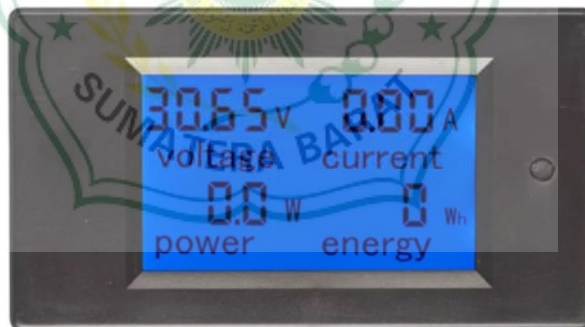
4. Power Suplai



Spesifikasi

Tipe	: <i>Linear</i> ter-regulasi
Jenis	: Trafo CT 10 A
Input	: 220 V AC
Output	: 12 V - 13,8 V 35 A (<i>wirring</i> diagram) di set pada 13,67 V
I maksimum	: 10 A
Transistor daya	: 4 bh NPN 2N3055 (total maksimal 20 A)

5. Digital Volt Amp Watt Ampere (kWh Meter)



Spesifikasi

Merk	: Peacefair
Tipe	: PZEM-051
Tegangan kerja	: 6.5-100 VDC
Rentang arus pengujian	: 0~100 A
Maksimal power	: 100 A / 10 kW <i>with shunt</i> 100 A
Akurasi pengukuran	: Class 1.0
Layar LCD	: 51 x 30 mm (panjang x lebar)
Dimensi	: 89,6 x 49,6 x 24,4 mm (panjang x lebar x tinggi)

6. Shunt



Spesifikasi

Kapasitas : 100A

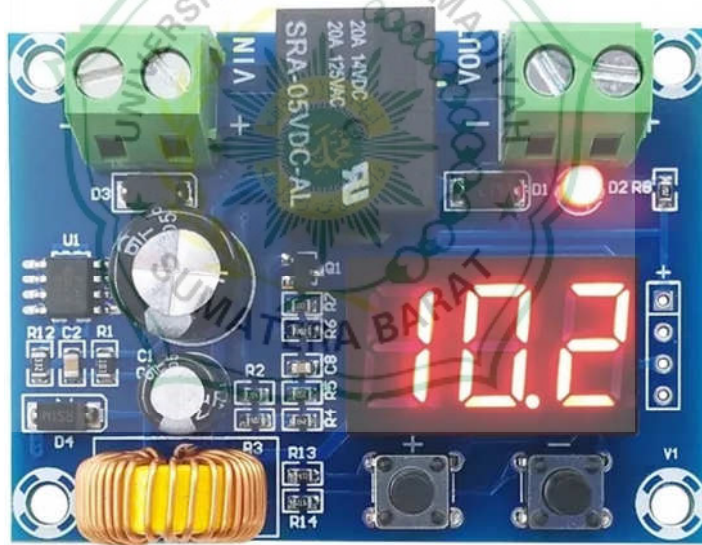
Drop voltage : 75mV

Resistensi internal : 0,00075 Ω melalui perhitungan:

$$I = \frac{V}{R} \rightarrow R = \frac{V}{I}$$

$$R = \frac{0,075}{100} = 0,00075 \Omega$$

7. Low Voltage Disconnect Protection Battery LVD XH-M609



Spesifikasi

Tegangan suplai : 12-36 V baterai

Tegangan *output* : sama dengan tegangan input

Kontrol akurasi : 0.1 V

Konsumsi daya : < 1.5 W

Lingkup aplikasi : Berbagai lithium baterai

Berat bersih : 28g

Produk ukuran : 57 x 42 x 19 mm

8. MCB DC 1 P 63A DC 125 V



Spesifikasi

Merk	: TOMZN
Model	: TOB1Z-63
Standard	: IEC60947, IEC60898
Poles number	: 1
Rated current	: DC 63A
Mounting	: 35 mm din rail
Breaking capacity	: 6KA
Charcteristic curve	: B,CD Type
Rated voltage	: DC 125V
Dikustomisasi	: Ya

9. DC-DC Adjustable Step Down Power Supply LM2596



Spesifikasi

Efisiensi	: Up to 92% (makin V output, efisiensinya makin besar)
Frekuensi switching	: 150 kHz
Rectifier	: <i>Non-Synchronous rectification</i>
Module properties	: <i>Non-isolated step-down module</i>
Short circuit protection	: <i>Current limiting, since the recovery</i>
Operating temperature	: <i>Industrial grade (-40 to +85) output power \leq 10W</i>
Full load temperature rise	: 40°C
Load regulation	: 0.5%
Voltage regulation	: 2.5%
Tegangan input	: 4-35V
Tegangan Output	: 1.23-30V (<i>adjustable</i>)
Arus output	: <i>Rated current is 2A, max.3A (additional heatsink</i>
Dimensi	: 43x21x14 mm

10. Thermometer Digital Kabel Sensor Waterproof Probe



Spesifikasi

Batas pengukuran	: -50 C sd 110 C
Ketelitian	: 0.1 C
Tipe sensor	: NTC (10K / 3435)
Tegangan kerja	: 1.5 V
Arus kerja	: max 4 micro amper
Dimensi	: 4.8 cm x 2.8 cm x 1.5cm
Panjang kabel sensor	: 1 meter
Power	: 2 pcs batere kancing tipe AG13 / LR44

11. Sumber Daya Listrik 1000 W Main Charging Solar Panel



12. Kontruksi *Bracket Solar Panel Monocristalline 120 WP*



LEMBAR ASISTENSI BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nama : Ridwan
 NPM : 17.10.002.21201.025
 Program Studi : Teknik Mesin
 Fakultas : Teknik
 Judul TA : Perancangan Sumber Listrik Tenaga Surya 1000 Watt Sebagai Sumber Cadangan Suplai Listrik Dengan Sistem Hibrid
 Dosen Pembimbing I : Armila, S.T., M.T.

No.	Uraian Tugas	Tanggal	Paraf
1	Judul dan Bab 1 (Revisi) maksud & tujuan	26/6/21	
2	Bab 1 oke → Lanjut bab II	5/6/21	
3	Bab 2 → perbaiki teori ttg Solarcell, Diversifikasi energi dan rangka.	10/7/21	
4	Bab 2 oke → Lanjut bab III	25/7/21	
5	Diagram Alir dibuat bergambar agar Alur Proses dapat mudah dimengerti dan di pahami, Lanjut bab IV dan V	4/8/21	
6	ACC bab IV dan V ACC Seminar Hasil	16/8/21	
7	Analisa di bab IV tentang pengecekan modul ditambahkan, ambil gambar pengecekan	20/8/21	
8	Wiring diagram harus lebih di pertegas pembahasan untuk memudahkan analisis dan pembahasan	22/8/21	
9	kesimpulan ditambah ttg efisiensi dan pertegas sesuai latar belakang.	24/8/21	
10	Bab I, II, III, IV, V dan daftar pustaka oke !!	25/8/21	
11	ACC MAJU SIDANG KOMPREHENSIF		

Bukittinggi, 2021






Dosen Pembimbing I

Armila, S.T., M.T.

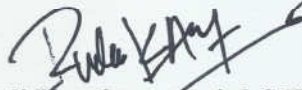
NIDN. 1008017404

LEMBAR ASISTENSI BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nama : Ridwan
 NPM : 17.10.002.21201.025
 Program Studi : Teknik Mesin
 Fakultas : Teknik
 Judul TA : Perancangan Sumber Listrik Tenaga Surya 1000 Watt Sebagai Sumber Cadangan Suplai Listrik Dengan Sistem Hibrid
 Dosen Pembimbing II : Rudi Kurniawan Arief, S.T., M.T.

No.	Uraian Tugas	Tanggal	Paraf
1	Perbaiki Grafik & gambar.	23/8	
2	Perbaiki Gambar kerja : - Gambar kerja lengkap di Lampiran - Dalam skripsi cukup gambar tanpa Etiket	27/8	
3	Format daftar pustaka dengan APA style bukan IEEE	28/8	
4	Gk kopye		
5	Indeks yang untuk gambar tidak adanya khusus y graph	1/9	
6	Gambar kerja tidak perlu detulis skalanya cukup gambar NTS (not to scale)		
7	Doc jilid.	1/9	

Bukittinggi, 17 September 2021
 Dosen Pembimbing II


Rudi Kurniawan Arief, S.T., M.T.
 NIDN. 1023068103