



**PERANCANGAN RANGKAIAN PENGISI BATERAI OTOMATIS
PADA SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DAN
PIEZOELEKTRIK SEBAGAI CATU DAYA CADANGAN
UNTUK RUMAH TINGGAL**

**Disusun dan diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menempuh Ujian Akhir
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada Fakultas Sains Dan Teknologi
Universitas Pembangunan Panca Budi**

SKRIPSI

OLEH :

NAMA : JANICE ANGELINA BR. TARIGAN
NPM : 1924210144
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO
KONSENTRASI : TEKNIK ENERGI LISTRIK

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI**

MEDAN

2022

**PERANCANGAN RANGKAIAN PENGISI BATERAI OTOMATIS
PADA SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DAN
PIEZOELEKTRIK SEBAGAI CATU DAYA CADANGAN
UNTUK RUMAH TINGGAL**

**Disusun dan diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menempuh Ujian Akhir
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada Fakultas Sains Dan Teknologi
Universitas Pembangunan Panca Budi**

SKRIPSI

OLEH :

NAMA : JANICE ANGELINA BR. TARIGAN
NPM : 1924210144
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO
KONSENTRASI : TEKNIK ENERGI LISTRIK

Diketahui dan Disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I



Hamdani, S. T., M.T

Dosen Pembimbing II



Amani Darma Tarigan, S.T., M.T

Diketahui dan Disahkan oleh :

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi



Hamdani, S.T., M.T

Ketua Program Studi



Siti Anisah, S.T., M

Hal : Permohonan Meja Hijau

Medan, 12 Januari 2022
Kepada Yth : Bapak/Ibu Dekan
Fakultas SAINS & TEKNOLOGI
UNPAB Medan
Di -
Tempat

Dengan hormat, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Janice Angelina Br. Tarigan
Tempat/Tgl. Lahir : Medan / 11 JANUARI 1998
Nama Orang Tua : Amir Tarigan
N. P. M : 1924210144
Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI
Program Studi : Teknik Elektro
No. HP : 081376824011
Alamat : Jl. Tembakau Raya No.122

Datang bermohon kepada Bapak/Ibu untuk dapat diterima mengikuti Ujian Meja Hijau dengan judul **PERANCANGAN RANGKAIAN PENGISI BATERAI OTOMATIS PADA SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DAN PIEZOELETRIC SEBAGAI CATU DAYA CADANGAN UNTUK RUMAH TINGGAL**, Selanjutnya saya menyatakan :

1. Melampirkan KKM yang telah disahkan oleh Ka. Prodi dan Dekan
2. Tidak akan menuntun ujian perbaikan nilai mata kuliah untuk perbaikan indek prestasi (IP), dan mohon diterbitkan ijazahnya setelah lulus ujian meja hijau.
3. Telah tercap keterangan bebas pustaka
4. Terlampir surat keterangan bebas laboratorium
5. Terlampir pas photo untuk ijazah ukuran 4x6 = 5 lembar dan 3x4 = 5 lembar Hitam Putih
6. Terlampir foto copy STTB SLTA dilegalisir 1 (satu) lembar dan bagi mahasiswa yang lanjutan D3 ke S1 lampirkan ijazah dan transkripnya sebanyak 1 lembar.
7. Terlampir pelunasan kwintasi pembayaran uang kuliah berjalan dan wisuda sebanyak 1 lembar
8. Skripsi sudah dijilid lux 2 exemplar (1 untuk perpustakaan, 1 untuk mahasiswa) dan jilid kertas jeruk 5 exemplar untuk penguji (bentuk dan warna penjiilidan diserahkan berdasarkan ketentuan fakultas yang berlaku) dan lembar persetujuan sudah di tandatangani dosen pembimbing, prodi dan dekan
9. Soft Copy Skripsi disimpan di CD sebanyak 2 disc (Sesuai dengan Judul Skripsinya)
10. Terlampir surat keterangan BKKOL (pada saat pengambilan ijazah)
11. Setelah menyelesaikan persyaratan point-point diatas berkas di masukan kedalam MAP
12. Bersedia melunaskan biaya-biaya uang dibebankan untuk memproses pelaksanaan ujian dimaksud, dengan perincian sbb :

1. [102] Ujian Meja Hijau	: Rp.	1,000,000
2. [170] Administrasi Wisuda	: Rp.	1,750,000
Total Biaya	: Rp.	2,750,000

Ukuran Toga : **S**

Diketahui/Disetujui oleh :



Hamdani, ST., MT.
Dekan Fakultas SAINS & TEKNOLOGI

Hormat saya



Janice Angelina Br. Tarigan
1924210144

Catatan :

- 1. Surat permohonan ini sah dan berlaku bila ;
 - a. Telah dicap Bukti Pelunasan dari UPT Perpustakaan UNPAB Medan.
 - b. Melampirkan Bukti Pembayaran Uang Kuliah aktif semester berjalan
- 2. Dibuat Rangkap 3 (tiga), untuk - Fakultas - untuk BPAA (asli) - Mhs.ybs.

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Sebagai sivitas akademik Universitas Pembangunan Panca Budi, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Janice Angelina Br Tarigan
NPM : 1924210144
Program Studi : Teknik Elektro
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Fakultas : Sains dan Teknologi
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, meyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Panca Budi **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty-free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul: **“Perancangan Rangkaian Pengisi Baterai Otomatis pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan Piezoelektrik sebagai Catu Daya Cadangan untuk Rumah Tinggal”** Beserta prangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini Universitas Pembangunan Panca Budi berhak menyimpan, mengalih-media/alih formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Medan, 29 Januari 2022



JANICE ANGELINA BR. TARIGAN

NPM : 1924210144

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar keserjanaan disuatu perguruan tinggi, dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam skripsi ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Medan, 29 Januari 2022



JANICE ANGELINA BR. TARIGAN

NPM : 1924210144



UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI

FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI

Jl. Jend. Gatot Subroto Km 4,5 Medan Fax. 061-8458077 PO.BOX : 1099 MEDAN

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI ARSITEKTUR	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI SISTEM KOMPUTER	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI PETERNAKAN	(TERAKREDITASI)

PERMOHONAN JUDUL TESIS / SKRIPSI / TUGAS AKHIR*

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : Janice Angelina Br. Tarigan
 Tempat/Tgl. Lahir : Medan / 11 Januari 1998
 Nomor Pokok Mahasiswa : 1924210144
 Program Studi : Teknik Elektro
 Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
 Jumlah Kredit yang telah dicapai : 128 SKS, IPK 3.37
 Nomor Hp : 081376824011
 Dengan ini mengajukan judul sesuai bidang ilmu sebagai berikut :

No.	Judul
1.	PERANCANGAN RANGKAIAN PENGISI BATERAI OTOMATIS PADA SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DAN PIEZOELETRIC SEBAGAI CATU DAYA CADANGAN UNTUK RUMAH TINGGALO

Catatan : Diisi Oleh Dosen Jika Ada Perubahan Judul

*Coret Yang Tidak Perlu



Rektor I,
 Ir. Bhakti Alamsyah, M.T., Ph.D.

Medan, 11 September 2020

Pemohon,
 (Janice Angelina Br. Tarigan)

Tanggal :
 Disetujui oleh:
 Dekan
 (Hamdan, ST., MT)

Tanggal :
 Disetujui oleh:
 Dosen Pembimbing I :
 (Hamdan, ST., MT)

Tanggal :
 Disetujui oleh:
 Ka. Prodi Teknik Elektro
 (Siti Anisati, ST., MT)

Tanggal :
 Disetujui oleh:
 Dosen Pembimbing II:
 (Aman Dharma Tarigan, ST., MT)



KARTU BEBAS PRAKTIKUM
Nomor. 01/BL/LTPE/2022

Yang bertanda tangan dibawah ini Ka. Laboratorium Elektro dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : Janice Angelina Br. Tarigan
N.P.M. : 1924210144
Tingkat/Semester : Akhir
Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Benar dan telah menyelesaikan urusan administrasi di Laboratorium Elektro Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.

Medan, 12 Januari 2022
Ka. Laboratorium

[Approve By System]
D T O
Hamdani, S.T., M.T.



No. Dokumen : FM-LEKTO-06-01	Revisi : 01	Tgl. Efektif : 04 Juni 2015
------------------------------	-------------	-----------------------------



YAYASAN PROF. DR. H. KADIRUN YAHYA
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI
Jl. Jend. Gatot Subroto KM. 4,5 Medan Sunggal, Kota Medan Kode Pos 20122

SURAT BEBAS PUSTAKA
NOMOR: 1243/PERP/BP/2022

Kepala Perpustakaan Universitas Pembangunan Panca Budi menerangkan bahwa berdasarkan data pengguna perpustakaan atas nama saudara/i:

Nama : Janice Angelina Br. Tarigan
N.P.M. : 1924210144
Tingkat/Semester : Akhir
Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Bahwasannya terhitung sejak tanggal 10 Januari 2022, dinyatakan tidak memiliki tanggungan dan atau pinjaman buku sekaligus tidak lagi terdaftar sebagai anggota Perpustakaan Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.

Medan, 10 Januari 2022
Diketahui oleh,
Kepala Perpustakaan



Rahmad Budi Utomo, ST.,M.Kom

No. Dokumen: FM-PERPUS-06-01
Revisi : 01
Tgl. Efektif : 04 Juni 2015

SURAT KETERANGAN PLAGIAT CHECKER

Dengan ini saya Ka.LPMU UNPAB menerangkan bahwa surat ini adalah bukti pengesahan dari LPMU sebagai pengesah proses plagiat checker Tugas Akhir/ Skripsi/Tesis selama masa pandemi *Covid-19* sesuai dengan edaran rektor Nomor : 7594/13/R/2020 Tentang Pemberitahuan Perpanjangan PBM Online.

Demikian disampaikan.

NB: Segala penyalahgunaan/pelanggaran atas surat ini akan di proses sesuai ketentuan yang berlaku UNPAB.

Ka.LPMU

Yusni Muhandani Ritonga, BA., MSc

No. Dokumen : PM-UJMA-06-02	Revisi : 00	Tgl Eff : 23 Jan 2019
-----------------------------	-------------	-----------------------

Plagiarism Detector v. 1921 - Originality Report 1/11/2022 9:04:04 PM

Analyzed document: JANICE ANGELINA_1924210144_Teknik Elektro.docx Licensed to: Universitas Pembangunan Panca Budi_License02

Comparison Preset: Rewrite Detected language: Id

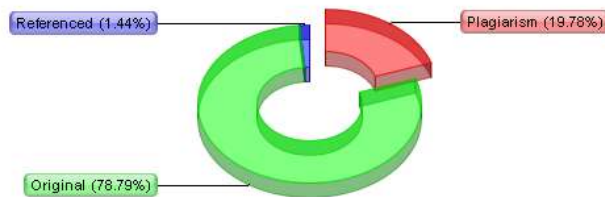
Check type: Internet Check

[tee_and_enc_string] [tee_and_enc_value]



Detailed document body analysis:

Relation chart:





YAYASAN PROF. DR. H. KADIRUN YAHYA

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI

JL. Jend. Gatot Subroto KM 4,5 PO. BOX 1099 Telp. 061-30106057 Fax. (061) 4514808
MEDAN - INDONESIA

Website : www.pancabudi.ac.id - Email : admin@pancabudi.ac.id

LEMBAR BUKTI BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Janice Angelina Br. Tarigan
NPM : 1924210144
Program Studi : Teknik Elektro
Jenjang Pendidikan : Strata Satu
Dosen Pembimbing : Hamdani, S.T., M.T
Judul Skripsi : PERANCANGAN RANGKAIAN PENGISI BATERAI OTOMATIS PADA SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DAN PIEZOELETRIC SEBAGAI CATU DAYA CADANGAN UNTUK RUMAH TINGGAL

Tanggal	Pembahasan Materi	Status	Keterangan
01 September 2020	dapat dilanjutkan ke seminar proposal	Disetujui	
01 September 2020	acc sempro	Disetujui	
10 Desember 2020	lanjutkan bab 3	Revisi	
15 Juni 2021	LANJUTKAN	Revisi	
15 Juni 2021	CEK KEMBALI GAMBAR YANG BERSUMBER DARI PENULIS, APAKAH BENAR DARI PENULIS ?	Revisi	
08 September 2021	perbaiki gambar blok diagram, perhatikan arah panah, blok mana sebagai input ataupun output. lanjutkan bab berikutnya	Revisi	
27 September 2021	lanjutkan bab berikutnya, dan lengkapi seluruh isi skripsi	Revisi	
16 Oktober 2021	acc seminar hasil, siapkan bahan presentasi	Disetujui	
31 Desember 2021	perbaiki tata tulis sesuai arahan doping, ACC sidang, siapkan bahan presentasi yang lebih berkualitas, singkat dan padat	Disetujui	

Medan, 08 Januari 2022
Dosen Pembimbing,



Hamdani, S.T., M.T



YAYASAN PROF. DR. H. KADIRUN YAHYA

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI

JL. Jend. Gatot Subroto KM 4,5 PO. BOX 1099 Telp. 061-30106057 Fax. (061) 4514808
MEDAN - INDONESIA

Website : www.pancabudi.ac.id - Email : admin@pancabudi.ac.id

LEMBAR BUKTI BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Janice Angelina Br. Tarigan
NPM : 1924210144
Program Studi : Teknik Elektro
Jenjang Pendidikan : Strata Satu
Dosen Pembimbing : Amani Darma Tarigan, ST., MT
Judul Skripsi : PERANCANGAN RANGKAIAN PENGISI BATERAI OTOMATIS PADA SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DAN PIEZOELETRIC SEBAGAI CATU DAYA CADANGAN UNTUK RUMAH TINGGAL

Tanggal	Pembahasan Materi	Status	Keterangan
01 September 2020	ACC SEMINAR PROPOSAL	Disetujui	
14 Desember 2020	Keterangan gambar di bolt, sumber gambar dan keterangan gambar jarak 1 spasi, perhatikan posisi penempatan tata letak penomoran, lengkapi refrensi penulisan pada BAB 2	Revisi	
16 Juni 2021	perbaiki 3.3.1 Blok Diagram tidak boleh terpisah dari lembar halaman gambar, keterangan flowchart di perjelas	Revisi	
08 September 2021	lanjutkan bab berikutnya	Revisi	
23 September 2021	pada bab 3 tidak ada alenia di awal penulisan, perbiaiki flowchart, baca fungsi fungsi kolom untuk flowchat, dmna proses, input dan output . tambahkan dokumentasi pengukuran, jadikan 1 word dari cover hingga daftar pustaka	Revisi	
01 Oktober 2021	pada daftar isi, daftar gambar dan daftar tabel kenapa ada garis bawah??? perbaiki sesuai panduan dan acc SEMHAS	Disetujui	
28 Desember 2021	halaman dimulai dari kata pengantar, bukan dari lembar pengedahan. penulisan nama dosen pada abstrak tidak menggunakan gelar. Bastrak 1 spasi. masih banyak bahasa asing yang belum di miringin, termasuk ABSTARCT dan isinya. daftar isi, daftar gambar, dafatar tabel masih belum sesuai penulisan. rapikan dan lihat spasinya.	Revisi	
07 Januari 2022	penulisan email pada abstrak berada di bawah isi abstrak bukan diatas, lihat dan bca buku panduan penulisan skripsi. rapikan ruller penulisan daftar isi, coba anda baca lagi buku panduan penulisan untuk melakukan revisi. penulisan daftar pustaka berdasarkan abzad	Revisi	
08 Januari 2022	perbaiki penulisan pada bawah judul, buat berbentuk mengerucut kebawah, dan rapikan daftar pustaka	Revisi	
08 Januari 2022	Acc sidang meja hijau	Disetujui	

Medan, 08 Januari 2022
Dosen Pembimbing,



Amani Darma Tarigan, ST., MT

PERANCANGAN RANGKAIAN PENGISI BATERAI OTOMATIS PADA SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DAN PIEZOELEKTRIK SEBAGAI CATU DAYA CADANGAN UNTUK RUMAH TINGGAL

Janice Angelina Br. Tarigan*

Hamdani **

Amani Darma Tarigan **

Universitas Pembangunan Panca Budi

ABSTRAK

Pertumbuhan di Indonesia semakin tahun semakin meningkat, sehingga sumber energi yang dibutuhkan juga semakin meningkat juga, sementara itu keterbatasan bahan fosil semakin menipis, sehingga manusia mencari sumber energi yang lebih ramah lingkungan dan terbarukan. Salah satu energi terbarukan adalah *Solar cell* yang menggunakan sumber energi dari matahari dan *piezoelektrik* yang dapat menghasilkan arus listrik ketika diberi tekanan. Dengan menggunakan baterai sebagai catu daya cadangan, kita tetap dapat menggunakan listrik meskipun PLN sedang mati. Dalam proses pengisian baterai dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan *Piezoelektrik* ini diperlukan sistem kontrol yang dapat memonitoring nilai tegangan pada baterai agar baterai tidak mudah rusak. Oleh karena itu peneliti merancang alat agar dapat mengontrol baterai secara otomatis, dan dapat mengisi baterai ketika baterai dalam keadaan kosong.

Kata kunci : Solar cell, piezoelektrik

* Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro : janiceangel1101@gmail.com

** Dosen Program Studi Teknik Elektro

***AUTOMATIC BATTERY CHARGER CIRCUIT DESIGN ON SOLAR
AND PIEZOELECTRIC POWER GENERATION SYSTEMS AS A
BACKUP POWER SUPPLY FOR RESIDENTIAL HOME***

Janice Angelina Br. Tarigan*
Hamdani,**
Amani Darma Tarigan,**

University of Pembangunan Panca Budi

ABSTRACT

Growth in Indonesia is increasing year by year, so that the source of energy needed is also increasing, meanwhile the limitations of fossil materials are getting thinner, so people are looking for energy sources that are more environmentally friendly and renewable. One of the renewable energies is solar cells that use energy sources from the sun and piezoelectric which can produce electric current when pressure is applied. By using the battery as a backup power supply, we can still use electricity even though PLN is off. In the process of charging the battery from this Solar and Piezoelectric Power Plant, a control system is needed that can monitor the voltage value on the battery so that the battery is not easily damaged. Therefore, the researchers designed a tool that can control the battery automatically, and can charge the battery when the battery is empty.

Keywords : Solar cell, piezoelectric

* *Student of Electrical Engineering Study Program janiceangel1101@gmail.com*

** *Lecturer of Electrical Engineering Study Program*

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang mana telah memberikan rahmat-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.

Laporan Tugas Akhir ini disusun dan diajukan sebagai salah satu syarat untuk menempuh ujian akhir memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi.

Dalam laporan ini, penulis akan membahas tentang Perancangan Rangkaian Pengisi Baterai Otomatis pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan Piezoelektrik sebagai Catu Daya Cadangan untuk Rumah Tinggal.

Dalam pembuatan laporan Tugas Akhir ini, penulis banyak menghadapi masalah dan kesulitan, namun berkat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, baik berupa moral, informasi, maupun material. Oleh karena itu, sudah selayaknya penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. H. Muhammad Isan Indrawan, S.E., M.M., selaku Rektor Universitas Pembangunan Panca Budi.
2. Bapak Hamdani, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi dan Dosen Pembimbing I yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan saran dalam pembuatan dan penulisan Tugas Akhir ini.

3. Ibu Siti Anisah, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Pembangunan Panca Budi.
4. Bapak Amani Darma Tarigan, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan saran dalam pembuatan dan penulisan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh staf pengajar maupun pegawai yang berada di Universitas Pembangunan Panca Budi.
6. Orang tua penulis yang tak pernah berhenti memberi dukungan baik secara moral maupun material dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Sahabat-sahabat penulis yang sudah membantu, mendukung, dan mengajari kami dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
8. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir.

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis dan bagi seluruh pembaca.

Medan, 29 Januari 2022

**JANICE ANGELINA BR. TARIGAN
NPM : 1924210144**

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK

ABSTRACT

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL	vi

BAB I PENDAHULUAN..... 1

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Metode Penelitian	4
1.7 Sistematika Penulisan	5

BAB 2 LANDASAN TEORI 7

2.1 Tinjauan Pustaka.....	7
2.2 Piezoelektrik	11
2.3.1 Material Piezoelektrik	14
2.3.2 Prinsip kerja Piezoelektrik.....	17
2.3.3 Kelemahan dan Kelebihan Piezoelektrik.....	18
2.3.4 Pemanfaatan Piezoelektrik	18
2.3 <i>Solar Cell</i>	20
2.3.1 Jenis-Jenis <i>Solar Cell</i>	21
2.3.2 Prinsip Kerja <i>Solar Cell</i>	22
2.3.3 Efisiensi <i>Solar Cell</i>	25
2.3.4 Faktor Pengaruh Pengoprasian <i>Solar Cell</i>	25
2.4 <i>Solar Charge Controller</i>	26
2.5 Mikrokontroler Arduino Nano	27
2.6 Potensiometer.....	29
2.7 Sensor Tegangan.....	30
2.8 <i>Limit Switch</i>	30
2.9 <i>Relay</i>	31
2.10 Baterai	32
2.10.1 Prinsip Kerja Pengisian Baterai	33

2.10.2 Jenis Baterai	34
2.11 <i>Liquid Cristal Display</i> (LCD).....	34
2.12 Modul MT3608.....	36
2.13 Bola Lampu.....	36
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	37
3.1 Waktu dan Tempat.....	37
3.2 Blok Diagram.....	37
3.3 Perencanaan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	38
3.3.1 Rangkaian <i>Solar Cell</i>	38
3.3.2 Rangkaian Piezoelektrik.....	40
3.3.3 Rangkaian Regulator Tegangan	42
3.3.4 Rangkaian Sensor Tegangan.....	44
3.3.5 Rangkaian Arduino Nano.....	44
3.3.6 Rangkaian Lampu Indikator.....	45
3.3.7 Modul MT3608	45
3.3.8 Rangkaian LCD.....	46
3.4 Perencanaan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	47
3.4.1 <i>Flowchart</i> Program	48
BAB 4 HASIL DAN ANALISA	50
4.1 Pengukuran Tegangan pada Sell Surya.....	50
4.2 Pengukuran Tegangan pada Piezoelektrik	53
4.3 Pengujian pada Baterai	57
4.3.1 Pengujian Penggunaan Baterai Aki.....	57
4.3.2 Pengujian Pengisian Baterai Aki.....	59
4.4 Pengukuran pada rangkaian Lampu Indikator	61
BAB 5 PENUTUP.....	65
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Perubahan distribusi muatan bahan Piezoelektrik	14
Gambar 2. 2	Persamaan Piezoelektrik.....	14
Gambar 2. 3	Piezoelektrik	19
Gambar 2. 4	<i>Solar Cell</i> 10 Wp.....	22
Gambar 2. 5	Prinsip kerja <i>Solar Cell</i>	24
Gambar 2. 6	Solar Charge Controller.....	28
Gambar 2. 7	Arduino Nano	29
Gambar 2. 8	Pin Out Arduino Nano.....	30
Gambar 2. 9	Knob Potensiometer	31
Gambar 2. 10	Sensor Tegangan.....	31
Gambar 2. 11	Struktur sederhana Relay.....	33
Gambar 2. 12	Baterai Aki.....	34
Gambar 2. 13	Proses Pengisian Baterai.....	35
Gambar 2. 14	LCD	37

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Sesifikasi Solar Cell	40
Tabel 3.2 Spesifikasi Regulator Tegangan Modul LM2596S-ADJ	43
Tabel 4. 1 Pengukuran Sell Surya	53
Tabel 4. 2 Pengukuran Piezoelektrik Secara Seri Dengan beban 37 Kg.....	56
Tabel 4. 3 Pengukuran Piezoelektrik Secara Seri Dengan beban 65 Kg.....	56
Tabel 4. 4 Pengukuran Piezoelektrik Secara Paralel dengan Beban 37 Kg	58
Tabel 4. 5 Pengukuran Piezoelektrik Secara Paralel dengan Beban 65 Kg	58
Tabel 4. 6 Pengujian penggunaan Baterai Aki	60
Tabel 4. 7 Pengukuran Tegangan Baterai saat Pengisian Baterai	61
Tabel 4. 8 Pengujian Lampu Indikator Kuning	64
Tabel 4. 9 Pengujian Lampu Indikator Hijau	65
Tabel 4. 10 Pengujian Lampu Indikator Merah	65

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini energi listrik merupakan sumber yang paling banyak digunakan oleh manusia dan sangat berperan dalam seluruh bidang kehidupan. Sebagian besar peralatan yang dipakai menggunakan listrik untuk mengoperasikannya. Sementara itu keterbatasan bahan fosil sangat berpengaruh terhadap sumber energi listrik. Disisi lain, pertumbuhan di Indonesia semakin tahun meningkat, sehingga sumber energi dan pemasangan kapasitas pembangkit baru semakin meningkat juga. Penambahan kapasitas pembangkit baru akan berpengaruh pada kenaikan tarif dasar listrik.

Sehingga dari permasalahan itu sekarang telah munculnya penggunaan energi terbarukan yang cenderung lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan energi fosil. Energi terbarukan adalah energi yang dapat dengan cepat dipulihkan kembali secara alami dan prosesnya berkelanjutan. Salah satu sumber energi terbarukan adalah *solar cell* yang menggunakan sumber energi dari matahari. Dan piezoelektrik yang dapat menghasilkan arus listrik jika mendapatkan perlakuan tekanan.

Penelitian lain tentang piezoelektrik yaitu pada perancangan lantai piezoelektrik, dimana pada lantai tersebut sudah terpasang piezo dibawahnya untuk mendapatkan energi listrik dari lantai. Banyaknya energi listrik yang dapat diciptakan lantai piezoelektrik secara langsung berbanding lurus dengan besar gaya yang diberikan pada lantai piezoelektrik. Arus paling tinggi diperoleh dari lantai yang sama dibuat karena daya mekanik yaitu 938 ampere mini dan arus yang paling berkurang

adalah 464 ampere mini. Sedangkan tegangan tertinggi yang didapat adalah 80 volt dan paling sedikit 61 volt. Penggunaan energi harus dimungkinkan dengan mewajibkan konsekuensi energi ke baterai opsional dengan mempertimbangkan batas baterai dan kekuatan keseimbangan. (Fahad Hermawan, dkk. 2017)

Penelitian lainnya tentang solar cell adalah Optimalisasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Surya Skala Rumah Tangga oleh Dafi Dzulfikar, dimana Sel surya jenis monokristal (*mono-crystalline*) merupakan panel yang paling efisien, menciptakan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kekurangan dari panel jenis ini adalah tidak dapat berfungsi dengan baik ditempat yang cahaya matahari kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan. *Photovoltaic cell* selalu dilapisi oleh penutup yang berasal dari gelas. Seperti barang dari gelas lainnya, maka *optical input* dari *photovoltaic cell* juga sangat dipengaruhi oleh arahnya terhadap matahari karena variasi sudut dari pantulan gelas.

Media penyimpanan energi listrik yang biasanya digunakan pada *solar cell* dan piezoelektrik adalah baterai. Baterai tersebut tidak hanya digunakan sebagai media penyimpanan, tetapi ketika penuh dapat menyuplai beban. Kita perlu melakukan pengontrolan pada pengisian baterai untuk menghindari kerusakan pada baterai, dan memberikan informasi kondisi baterai pada saat digunakan maupun tidak digunakan. Ketika kondisi batera sudah penuh, maka pengisian akan diputus, dan ketika baterai sudah low maka perlu dilakukan pengisian dan proses pensuplaian beban oleh baterai juga akan diputus.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah diuraikan diatas, permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang dan memonitoring pengisi baterai otomatis pada pembangkit listrik tenaga surya dan piezoelektrik sebagai catu daya cadangan.
2. Bagaimana sistem kerja alat pengisi baterai otomatis pada pembangkit listrik tenaga surya dan piezoelektrik sebagai catu daya cadangan.

1.3 Batasan Masalah

Diperlukan suatu ruang lingkup atau suatu batasan masalah yang jelas dalam melakukan suatu penelitian. Hal in bertujuan supaya pembahasan dalam penelitian lebih jelas dan terarah untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menggunakan lampu indikator untuk mengetahui kondisi baterai, apakah PLN *on*, Baterai *on* ataupun sedang mengisi.
2. Menggunakan arduino nano sebagai pengontrol komponen pada alat yang akan dirancang
3. Baterai akan mengisi otomatis atau berhenti otomatis sesuai perintah dari program yang dirancang

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah:

1. Merancang pengisi baterai otomatis pada sistem pembangkit listrik tenaga surya dan piezoelektrik sebagai catu daya cadangan pada rumah tinggal dengan menggunakan sensor tegangan dan mikrokontroler.
2. Alat pengisi baterai otomatis akan mengontrol baterai dalam melakukan pengisian dan menghentikan apabila sudah *full*.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Agar pemilik dapat mengontrol proses *charging* otomatis pada baterai agar tidak terjadi *over charging* yang akan memperpendek umur baterai.
2. Penelitian ini merupakan pengaplikasian dalam bentuk nyata dari proses pembelajaran yang telah di dapat dalam perkuliahan sehingga ilmu nya dapat membuat rancangan pengisian baterai otomatis pada sistem pembangkit listrik tenaga surya dan piezoelektrik sebagai catu daya cadangan pada kelistrikan rumah tinggal.

1.6 Metode Penelitian

Metode penelitian yang akan dilakukan ada beberapa tahapan antara lain:

1. Studi Literatur

Studi ini digunakan untuk memperoleh informasi tentang teori-teori dasar sebagai sumber penulisan skripsi ini. Informasi dan pustaka yang berkaitan dengan masalah ini diperoleh dari literatur, penjelasan yang diberikan

dosen pembimbing, rekan-rekan mahasiswa, internet, datasheet, dan buku-buku yang berhubungan dengan skripsi ini.

2. Perancangan Alat dan Sistem

Perancangan sistem merupakan tahap awal untuk mencoba memahami, menerapkan dan menggunakan semua literatur yang diperoleh maupun yang telah dipelajari.

3. Uji Sistem

Uji sistem ini berkaitan dengan pengujian sistem yang akan dilakukan pada alat.

4. Metode Analisa

Metode ini menggunakan pengamatan terhadap data yang diperoleh dari alat ini. Setelah itu dilakukan analisis sehingga dapat ditarik kesimpulan dan saran untuk pengembangan lebih lanjut.

1.7 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan pemahaman pembahasan skripsi ini maka penulis menyajikan beberapa bab sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisi penjelasan tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat metode penelitian serta sistematika penulisan.

BAB 2 LANDASAN TEORI

Bab ini berisikan tentang penjelasan mengenai teori-teori yang akan digunakan dalam perancangan alat yang membuat deskripsi, sintesis serta data-data yang dapat digunakan untuk menganalisa permasalahan. Adapun teori-teori yang akan

digunakan bersumber dari jurnal, prosiding, buku dan media lainnya yang dapat membantu teoritis dari penelitian ini.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang penjelasan dalam bentuk skema mengenai langkah-langkah yang dilakukan dalam proses penelitian yang digunakan dalam pelaksanaan skripsi.

BAB 4 HASIL DAN ANALISA

Bab ini untuk teknis pengolahan data untuk menyelesaikan permasalahan dalam penelitian sehingga diperoleh suatu hasil yang dapat memecahkan permasalahan tersebut dan tentang penganalisaan terhadap hasil perancangan yang diperoleh yang menjadi arahan.

BAB 5 PENUTUP

Bab ini menguraikan tentang kesimpulan dari hasil perancangan yang sudah dianalisa dan sesuai dengan yang kita inginkan serta saran yang dapat dijadikan pedoman untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Sebagai referensi-referensi pendukung dalam penulisan skripsi ini untuk menghindari terjadinya kesamaan dalam penulisan dengan skripsi orang lain.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Dalam penelitian Ashhab Aghnil Hakim, dkk dengan judul “Perancangan sistem monitoring tegangan piezoelektrik untuk pengisian baterai berbasis *bluetooth*” perancangan tersebut merancang suatu sistem yang cara kerjanya yaitu dengan mengubah energi kinetik dari oijakan manusia kemudian di konversi untuk menghasilkan energi listrik. Penggunaan energi dengan cara memasukkan hasil energi dari piezoelektrik ke dalam baterai (*recharge*), yang kemudian menggunakan sensor tegangan dan *modul bluetooth* HC-05 akan diperiksa.

Penelitian yang berjudul “Powerbank Piezoelektrik menggunakan tekanan tangan” oleh Reggya Mayang Ratih, dkk yang membuat powerbank yang dapat menghasilkan tegangan dan aliran listrik hanya dengan meremasnya secara manual. Fungsi dari powerbank tidak lain adalah untuk menyimpan daya cadangan, yang mana bisa digunakan disaat jauh dari jangkauan listrik.

Penelitian yang berjudul “Perancangan sistem dan monitoring sumber arus listrik dari piezoelectric untuk pengisian baterai” oleh Fahad hermawan widodo, merancang alat dengan memanfaatkan energi piezoelektrik pada lantai yang dibawahnya sudah dimasukkan piezoelektrik menjadi input energi mekanik untuk mendapatkan energi listrik dari lantai tersebut. Berapa banyak energi listrik yang dapat dihasilkan lantai piezoelektrik berbanding lurus dengan besaran gaya yang

diberikan pada lantai tersebut. Pemanfaatan energi dapat dilakukan dengan menampung hasil energi kedalam baterai sekunder dengan memperhatikan kapasitas baterai dan insensitas penginjakan.

Dalam Penelitian Adhes Gameyel dkk yang berjudul “Pemanfaatan Kelereng sebagai Media Tumbuk pada Piezoelektik Pemanen Energi”. Metode penelitian yang digunakan adalah dengan menjatuhkan kelereng pada matras yang beberapa sisinya disambungkan dengan pegas. Kelereng dengan berat 5.7 dan 22 gram dijatuhkan pada ketinggian 15, 20, dan 30 cm kemudian dilakukan pengukuran besaran tegangan listrik yang dihasilkan. Kedua kelereng dijatuhkan secara bebas dan menggunakan pipa berdiameter 27 mm. Hasilnya menunjukkan bahwa nilai tegangan tertinggi sebesar 1.76 volt diberikan pada kelereng 22 gram yang dijatuhkan pada ketinggian 30 cm. Semakin tinggi letak kelereng dijatuhkan dan semakin berat massanya, maka akan semakin tinggi tegangan yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena massa dan tinggi memiliki hubungan positif dengan energi mekanik yang dihasilkan. Energi mekanik besar mempengaruhi kekuatan tumbukan yang terjadi pada matras sehingga menghasilkan lendutan besar pada piezoelektik. Lendutan pada piezoelektik menyebabkan tegangan listrik yang dihasilkan menjadi besar.

Dalam penelitian Hendr Sakke,dkk dengan judul “Pengaruh Sudut Surya terhadap Daya keluaran Sel Surya 10 WP Tipe Polycrystalline”. Merancang sebuah alat dibuat untuk mendapatkan dampak pengaruh sudut panel surya dengan cara mengetahui tegangan dan arus ideal tergantung pada intensitas radiasi matahari. Variasi yang digunakan adalah variasi sudut sel surya. Metode penelitian yaitu menyalakan solar emulator, mengatur sudut pandang surya dan sudut elevasi.

Kemudian dilihat dari data intensitas radiasi lampu halogen sebagai pengganti matahari dengan mengatur intensitasnya berdasarkan data intensitas radiasi matahari tersebut.

Penelitian yang berjudul “Pemanfaatan Sel Surya 50Wp pada lampu Penerangan Rumah Tangga di Daerah Hinterland” oleh Reza Nandika dkk. Penelitian ini mencoba untuk menggunakan panel sel surya 50 Wp untuk penerangan rumah tangga dengan beban lampu LED bagi rumah tangga masyarakat yang tinggal di daerah hinterland. Estimasi berapa daya yang akan habis disetiap jam sepanjang hari dimulai dari mulai pukul 06.00 sampai 18.00 diperoleh keluaran daya rata-rata sebesar 38,9 Watt. Dengan pemakaian beban lampu LED sebesar 36 watt selama 12,75 jam dengan efisiensi penggunaan biaya beban sebesar Rp. 142.000 per bulan.

Dalam penelitian yang berjudul “Perancangan Prototype Penghasil Energi Listrik Berbahan Dasar Piezoelektrik” oleh Wira Hidayatullah,dkk yang merancang alat penghasil energi listrik dengan cara menekan piezoelektrik. Sumber muatan listrik merupakan akibat dari efek piezoelektrisitas. Dalam penelitian ini percobaan yang dilakukan menghasilkan tegangan 0.702 V ketika diberi gaya 49 N, tegangan akan meningkat seiring dengan kekuatan gaya yang diberikan terhadap piezoelektrik. Pada pengujian arus yang dilakukan dengan memberi gaya sebesar 49 N dengan beban resistor 10 Ω maka arus yang dihasilkan sebesar 50.2 μ A.

Dalam penelitian yang berjudul “Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Secara Mandiri Untuk Rumah Tinggal” oleh Sandro Putra,dkk merancang alat Pembangkit Listrik Tenaga surya untuk memenuhi kebutuhan listrik secara mandiri pada rumah tinggal. Dan yang digunakan adalah tipe 36 dengan kebutuhan daya

listrik harian sebesar 2876Wh. Panel surya yang digunakan menghasilkan daya sebesar 300 Wp.

Dalam penelitian yang berjudul “Prototype Solar Tracker dua sumbu berbasis *Microcontroller* Arduino Nano dengan sensor LDR” oleh Jhefri Asmi,dkk membuat desain pelacak matahari dua sumbu dengan sensor LDR. Penelitian ini membahas Prototipe Sistem Pelacak Matahari dalam Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Arduino untuk menghasilkan energi matahari maksimum. Sistem ini akan membuat pengisi daya bertenaga matahari yang bergerak mengikuti gerakan matahari, sehingga penyerapan sinar matahari dapat dimaksimalkan. Agar panel surya dapat bergerak mengikuti sinar matahari, maka kita membutuhkan sistem kontrol otomatis. Kontrol utama menggunakan Arduino nano yang mendapat nilai input dari sensor LDR kemudian diproses ke sistem output. Dengan metode sistem kontrol secara otomatis sangat mungkin terlihat perbedaan hasil panel surya tetap dengan panel surya dengan *tpelacak*, dan yang tidak menggunakan pelacak. Dan dari perbandingan panel surya dengan *tracker* lebih optimal dalam menerima sinar matahari dibandingkan dengan panel surya tetap.

Penelitian lainnya yang berjudul “Pengembangan Alat Control Charging Panel Surya Menggunakan Arduino Nano Untuk Sepeda Listrik Niaga” oleh Kurnifan Ahdhi Prasetyo,dkk. Mereka merancang alat *control charging* panel surya yang digunakan untuk mengontrol tegangan masukan dari panel surya ke baterai yang digunakan sebagai sumber tenaga sepeda listrik niaga. Hasil pengujian, daya rata rata pengisian aki menggunakan panel surya 100 Watt Peak (WP) yang diuji adalah 39,03 Watt dengan waktu 160 menit, rata-rata efisiensi 85,82% dan tegangan baterai yang

dihasilkan dari 11 Vdc menjadi 12,5 Vdc. Sedangkan daya rata rata pengisian baterai menggunakan panel surya 300 WP yang diuji adalah 57,43 Watt dengan waktu 50 menit, rata-rata efisiensi 88.48% dan tegangan batera dari 11 Vdc menjadi 12,2 Vdc. Rata-rata persentase kesalahan parameter pengukuran alat *control charging* panel surya dibawah 10%.

Dalam penelitian yang berjudul “Pemanfaatan Sinar Matahari Melalui Panel Surya Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif Untuk Lampu Otomatis Berbasis Arduino Uno” Oleh Winda Lubis, membuat penghasil listrik dari Solar panel yang disimpan ke dalam baterai litium. Saat solar panel bekerja melakukan pengisian maka lampu indikator akan berwarna merah. Jika proses pengisian energi dari Solar Panel ke baterai sudah selesai maka lampu indikator akan mati secara otomatis. Lampu ini akan bekerja ketika sensor LDR terkena cahaya maka nilai hambatan dari sensor akan berkurang sehingga pada input dari mikrokontroler akan berada dalam posisi High dan mengatur apakah lampu akan dinyalakan atau tidak. Dalam pemrograman mikrokontroler lampu akan menyala dalam keadaan gelap. Ketika sensor dalam posisi Low memiliki hambatan yang besar maka sensor akan lampu akan menyala secara otomatis dan ketika posisi High maka lampu akan padam secara otomatis. Tujuan dari alat ini adalah untuk mengotomatiskan lampu penerangan yang berada di ruangan sehingga tidak perlu lagi lampu tersebut dimatikan atau dihidupkan secara manual.

2.2 Piezoelektrik

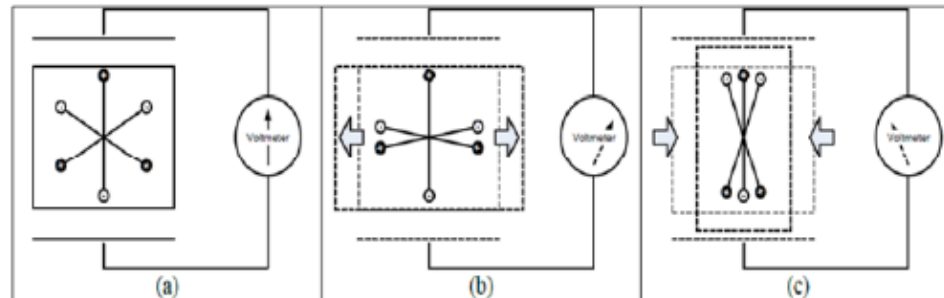
Piezoelektrik adalah suatu komponen yang mana dapat menghasilkan energi listrik ketika diberikan tekanan pada permukaan piezoelektrik. Permukaan

piezoelektrik memiliki material yang tersusun atas molekul kristal, keramik, atau polimer. Ketika diberikan tekanan, material piezoelektrik ini akan bergetar inilah yang disebut dengan efek piezoelektrik. Efek piezoelektrik terjadi jika medan listrik terbentuk ketika material dikenai tekanan mekanik.

Bahan piezoelektrik merupakan kristal yang mampu menghasilkan tegangan listrik saat mengalami tekanan (*direct piezoelectric*). Kondisi sebaliknya juga berlaku yaitu bila diberikan tegangan listrik, kristal piezoelektrik bergetar (*inverse piezoelectric*).

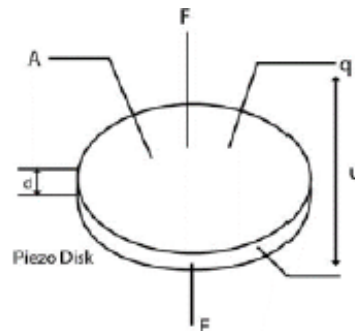
Kristal piezoelektrik menghasilkan tegangan listrik ketika adanya penyesuaian polaritas muatan listrik karena adanya perubahan aspeknya. Gambar 2.2(a) memperlihatkan jalannya aksi muatan positif dan muatan negatif yang tersebar merata ketika kristal piezoelektrik tidak mendapatkan pengaruh gaya luar. Namun ketika mendapatkan gaya tekan atau gaya tarik, posisi muatan berubah sehingga menghasilkan polarisasi muatan dan tegangan listrik. Gambar 2.1 (b) menunjukkan ketika piezoelektrik mendapatkan gaya tarik sehingga memendek dan melebar. Muatan positif dan negatif tertarik ke bagian samping dan saling menetralkan sehingga terbentuk kutub negatif dan kutub positif di bagian atas dan bawah. Gambar 2.1 (c) menunjukkan ketika piezoelektrik mendapat daya tekan sehingga memanjang dan membatasi. Heap dipartisi di sisi yang berbeda. Setiap sisi kelebihan beban dengan tujuan membingkai tiang positif dan poros negatif. Pos-pos ini membuat perbedaan dalam potensial listrik. Perbedaan potensial ini bertahan satu detik (dorongan) dan dengan cepat kembali ke keadaan nonpartisan. Ketika dua tiang bahan piezoelektrik dihubungkan dalam rangkaian listrik tertutup, perbedaan

potensial yang terjadi dapat dikomunikasikan sebagai motivasi aliran listrik. Dengan asumsi kedua poros ini tidak terkait dengan sirkuit listrik, muatan piezoelektrik akan kembali ke situasi yang tidak bias tanpa bantuan orang lain. (Wira Hidayatullah, dkk. 2016)



Gambar 2. 1 Perubahan distribusi muatan bahan Piezoelektrik (a) Tanpa gaya luar, (b) Bila diberi gaya tarik, (c) Bila diberi gaya tekan

Sumber : Wira Hidayatullah, dkk. 2016



Gambar 2. 2 Persamaan Piezoelektrik

Sumber : Wira Hidayatullah, dkk. 2016

$$u = \frac{d_{33} \times d}{e_{33} \times A} \times F$$

u : Voltage (V)

F : Gaya/Gaya penumpukan (N)

A : Luas area elektroda/Diameter (mm)

d : Ketebalan elektroda piezo (mm)

d_{33}, e_{33} : Koefisien piezoelektrik dari bahan yang di gunakan (Pc/N)

Berapa banyak energi yang akan bertambah lurus dengan berapa banyak tegangan yang diberikan, jadi jika Anda memberi lebih banyak tegangan (F) pada bahan piezoelektrik, tegangan berikutnya (u) juga akan besar. Itu juga bergantung pada bahan perakitan (d_{33} , e_{33}) dan lebar (A) piezoelektrik yang digunakan. Energi dari individu yang berjalan-jalan, mengendarai kendaraan, kereta api, gemetar di truk atau individu yang bergerak di lantai dansa dapat diatasi melalui dampak piezoelektrik ketika perangkat di bawah tanah terkena tekanan karena tindakan. Selanjutnya piezoelektrik akan menciptakan tegangan ketika regangan diterapkan

2.2.1. Material Piezoelektrik

Bahan piezoelektrik adalah permata yang dapat menghasilkan tegangan listrik ketika diremas atau diberi getaran. Kondisi sebaliknya juga berlaku, khususnya ketika diberi tegangan listrik, permata piezoelektrik dapat bergetar. Bahan piezoelektrik diisolasi menjadi empat kelompok yaitu piezoceramics, piezocrystals, piezopolymers dan piezocomposites. Piezokomposit kontras dari tiga kelompok lainnya karena mereka memiliki lebih dari satu tahap aktual yang bervariasi dalam desain material, sebagian besar ada bahan piezoelektrik khas dan bahan penyekat. (Dimas Rahmadhan, dkk. 2018)

a. *Piezoceramics*

Piezoceramics, sampai sekarang, adalah bahan piezoelektrik yang paling banyak digunakan. Dari awal kemajuan yang melibatkan BaTiO₃ selama tahun 1950-an, bahan beracun telah muncul dengan presentasi terbaik untuk

aplikasi fungsional. Bahan modelnya adalah PZT. Secara kristalografi, PZT adalah perovskit dengan keseimbangan heksagonal, grade 6 mm. Ini mendorong penataan ulang besar-besaran di kisi elasto-listrik. Pertama, jaringan simetris tentang kemiringan fundamentalnya, mengurangi jumlah koefisien terbesar dari 81 menjadi 45. Kedua, 24 dari nol koefisien, mengurangi agregat menjadi 21. Ketiga, banyak dari 21 koefisien ini berbagi atau memiliki kualitas terkait, mengurangi jumlah koefisien bebas menjadi sepuluh. Banyak aplikasi saat ini menggunakan produksi gerabah standar, seperti PZT-4 dan PZT-5H, tetapi berbagai jenis gerabah juga tersedia untuk aplikasi tertentu.

b. Piezopolimer

Polyvinylidene fluoride (PVDF) adalah polimer piezoelektrik yang paling detail. Secara kristalografi, PVDF memiliki keseimbangan yang sangat rendah karena survei dilakukan dengan perluasan uniaksial atau biaksial daripada penggunaan medan listrik. Ini mendorong struktur ortorombik, kelas 2 mm dan karenanya memiliki 17 koefisien otonom. Sifat yang membuatnya menarik adalah impedansi akustiknya yang rendah, $Z = 3,9 \text{ MRayl}$, rendah, dan piezoelektrik tegangan tinggi yang konsisten, $33 = 0,23 \text{ V.m.N}^{-1}$. Bersama-sama, ini menjadikannya kolektor broadband yang brilian untuk aplikasi pencitraan biomedis dan sonar terendam, di mana media ultrasonik memiliki impedansi akustik, $Z 1,5 \text{ MRayl}$. Struktur aslinya sebagai film plastik tipis juga mengamati aplikasinya dan membantu penggunaannya sebagai penerima broadband karena ini menemukan gema esensialnya pada

frekuensi tinggi, memberdayakan aktivitas tingkat menengah pada frekuensi yang lebih rendah.

c. *Piezocrystals*

Piezocrystals adalah bahan piezoelektrik utama namun sebagian besar digantikan oleh keramik piezoelektrik. Meskipun demikian, lithium niobate (LiNbO_3) dan aluminium nitrida (AlN) adalah dua piezocrystals dengan sifat yang membuatnya menarik untuk aplikasi eksplisit. Dalam istilah kristalografi, LiNbO_3 memiliki keseimbangan lebih rendah dari PZT namun keseimbangan lebih tinggi dari PVDF, menjadi tiga sisi, kelas 3 m, dengan 12 koefisien elasto-listrik otonom. Kemalangan yang sangat rendah dan kecepatan penyebaran longitudinal yang sangat tinggi membuatnya sangat sesuai untuk aplikasi pengulangan tinggi, kecepatan proliferasi mendorong ketebalan yang umumnya sangat besar untuk pengulangan kerja yang diberikan. LiNbO_3 juga telah dipilih untuk aplikasi suhu tinggi karena suhu Curie yang sangat tinggi, $1200\text{ }^\circ\text{C}$. AlN memiliki keseimbangan kristalografi yang setara dengan PZT dan atribut perilaku komparatif dengan LiNbO_3 . Meskipun demikian, itu diakui oleh pengakuannya sebagai film ramping yang sangat menganggur. Ini telah mendorong penggunaannya dalam perangkat gelombang akustik permukaan dan dalam penyelidikan untuk aplikasi di mana ia dapat dikoordinasikan dengan baik dengan objek uji untuk NDE atau dengan sirkuit untuk mendeteksi intrusi yang tidak signifikan.

d. Piezokomposit

Bahan piezokomposit bekerja pada presentasi transduser ultrasonik terutama dalam aplikasi di mana ada kekacauan impedansi akustik yang besar antara piezoceramic dan media yang menghasilkan ultrasound. Aplikasi tersebut menggabungkan pencitraan biomedis, sonar terendam dan NDE ketika transduser digabungkan untuk menguji objek melalui bagian tengah jalan, misalnya, pemotongan perspex. Piezokomposit biasanya terdiri dari potongan tanah liat piezoelektrik atau tahap tembus tunggal yang menempel pada kisi polimer. Piezokomposit umumnya dicirikan oleh ketersediaan berlapis mereka.

2.2.2. Prinsip kerja Piezoelektrik

Pada saat piezoelektrik diberikan tekanan, maka secara otomatis pegas akan memukul kristal piezoelektrik yang berbahan dielektrik dan akan terbentuk medan listrik. Semakin besar tekanan yang diterima maka akan menghasilkan output tegangan yang berubah-ubah.

Bahan piezoelektrik terbentuk oleh keramik yang terpolarisasi sehingga bagian molekul bermuatan negatifnya membentuk elektroda-elektroda yang menempel pada dua sisi berlawanan dengan beberapa bagian molekul bermuatan positif sehingga menghasilkan medan listrik yang dapat berubah ketika adanya gaya mekanik. Pada saat medan listrik melewati material, molekul yang terpolarisasi akan menyesuaikan medan listrik, penyesuaian ini akan mengakibatkan material berubah dimensi. Dan ini lah disebut dari efek piezoelektrik.



Gambar 2. 3 Piezoelektrik

Sumber : Penulis 2021

2.2.3. Kelemahan dan Kelebihan Piezoelektrik

Adapun kelemahannya adalah ada sedikit kebocoran muatan pada material piezoelektrik, oleh karena itu piezoelektrik bukanlah dielektrik yang bagus. Dan karena fenomena ini, ada suatu konstanta waktu penyimpanan tegangan pada piezoelektrik setelah diberikan suatu gaya. Konstanta waktu ini tergantung pada kapasitansi elemennya dan pada resistansi kebocorannya.

Sedangkan kelebihan dari piezoelektrik ini adalah bahan dari piezoelektrik dapat beroperasi dalam kondisi apapun. Sehingga tidak perlu khawatir dengan suhu yang ada pada ruangan tidak mengganggu tegangan yang akan dihasilkan. dan karakter dari bahan-bahan piezoelektrik menjadikannya pemanen energi terbaik. Energi yang tidak terpakai yang hilang dalam bentuk getaran dapat disadap menghasilkan energi hijau.

2.2.4. Pemanfaatan Piezoelektrik

Bahan piezoelektrik telah banyak digunakan dalam berbagai peralatan yang menunjang kehidupan manusia masa kini. Adapun pemanfaatan bahan piezoelektrik adalah sebagai berikut. (Aidil Akmal Madia,2017)

a. Penghasil listrik tegangan tinggi

Bahan piezoelektrik dapat menghasilkan kontras yang diharapkan hingga banyak volt, sehingga umumnya digunakan sebagai sumber tegangan tinggi. Satu gadget yang melanggar aturan ini mencakup: Pemantik rokok elektrik: menekan tombol menyebabkan palu pegas menghantam permata piezoelektrik, menciptakan aliran listrik bertegangan tinggi yang mengalir melintasi lubang kilauan kecil, sehingga menghangatkan dan menyentuh gas. Pemantik api yang nyaman digunakan untuk menyalakan pemanggang gas atau oven bekerja dengan cara yang sama, dan banyak jenis pembakar gas saat ini memiliki kerangka kerja berbasis piezo.

b. Sebagai sensor

Kualitas piezoelektrik bahan yang dilengkapi untuk menghasilkan daya ketika terkena tekanan mekanis juga digunakan untuk mengubah beban mekanis mulai dari batas sebenarnya, misalnya, peningkatan kecepatan atau tegangan menjadi sinyal listrik sehingga kapasitas bahan piezoelektrik sebagai sensor.

c. Sebagai aktuator

Piezoelektrik sebagai aktuator mengubah tanda listrik menjadi pelepasan terkontrol yang sangat tepat untuk mengontrol prasyarat akurasi yang sangat tinggi dari perangkat mesin, titik fokus, atau cermin. Beberapa contoh pemanfaatan piezoelektrik sebagai aktuator adalah pada mesin printer, aktuator ukuran nano, dll.

d. Sebagai Transduser

Transduser adalah gadget yang mengubah satu jenis energi menjadi satu jenis energi lagi. Transduser ultrasonik mengubah energi listrik menjadi energi

mekanik, sama kuatnya dengan sebaliknya. Transduser akan menghasilkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi di atas 20 kHz. Transduser ultrasonik 40 kHz akan menghasilkan gelombang dengan pengulangan 40 kHz, transduser akan dinamis setiap kali diberi tanda dengan pengulangan 40 kHz. Transduser ultrasonik terdiri dari dua macam, yaitu pengirim (transmitter) Tx dan penerima (beneficiary) Rx. Transduser ultrasonik terbuat dari bahan piezoelektrik, yang terbuat dari bahan kuarsa (SiO_3) atau barium titanat (BaTiO_3) yang akan menciptakan medan listrik ketika bahan berubah bentuk atau aspek karena kekuatan mekanik.

2.3 *Solar Cell*

Solar Cell adalah pembangkit yang dapat mengubah energi cahaya dari sinar matahari menjadi energi listrik. Perubahan energi ini disebabkan dari sebuah proses yang disebut efek photovoltaic. Efek photovoltaic adalah pelepasan muatan positif dan negatif melalui cahaya yang secara tidak langsung menghasilkan arus dan tegangan yang dipengaruhi oleh intensitas cahaya. Ketika permukaan *solar cell* dikenai cahaya, terjadilah perpindahan elektron dan inilah yang menyebabkan terjadinya arus listrik. Energi dari matahari adalah sumber energi yang sifatnya berkelanjutan dan memiliki jumlah yang sangat besar. Matahari merupakan sumber energi yang diharapkan dapat mengatasi permasalahan kebutuhan energi masa depan, ketika sumber energi tidak ramah lingkungan telah habis digunakan.



Gambar 2. 4 Solar Cell 10 Wp

Sumber : Penulis,2021

2.3.1 Jenis-Jenis Solar Cell

Berdasarkan jenis dan bentuk atom-atom penyusunnya, *solar cell* dapat dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu :

a. Mono-crystalline

Solar cell jenis ini terbuat dari kristal silikon murni yang kepingannya sangat tipis. *Solar cell* jenis ini mahal harganya dikarenakan teknologi dan kristal silikon murni yang digunakan juga mahal. Kekurangan dari *Solar cell* jenis ini yaitu jika dibentuk panel surya akan banyak ruang kosong yang tersisa karena *Solar cell* ini berbentuk heksagonal. Namun dibandingkan jenis *Solar cell* lainnya, jenis *mono-crystalline* yang paling efisien.

b. Poly-crystalline

Solar cell jenis ini terbuat dari batang kristal silikon cair dan dibentuk menjadi persegi. Kemurnian dari kristal silikonnya tidak begitu murni seperti

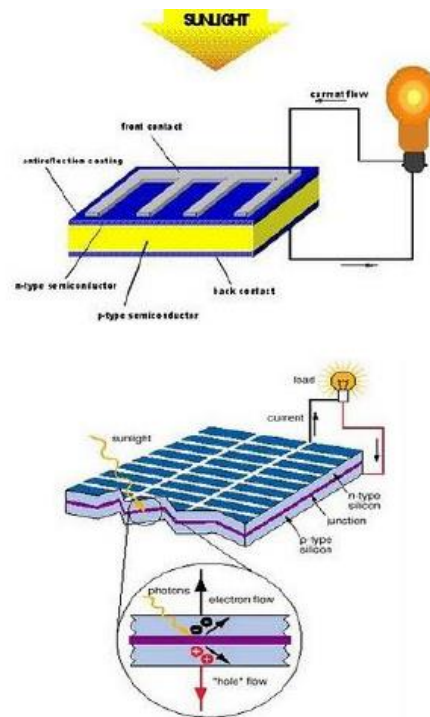
mono-crystalline. Karena itu efisiensinya lebih rendah dari *mono-crystalline*. Karena bentuknya persegi, jika *Solar cell* jenis ini dibentuk panel surya, tidak akan ada ruang kosong yang tersisa. Harga dari *Solar cell* jenis ini juga lebih murah, dan paling banyak digunakan saat ini karena harganya terjangkau.

c. *Thin Film Solar Cell (TFSC)*

Jenis *Solar cell* satu ini sangat tipis dan fleksibel. Teknologi *Solar cell* jenis ini lebih murah sehingga kurang efisien dibanding jenis *Solar cell* lain.

2.3.2 Prinsip Kerja Solar Cell

Panjang gelombang yang matahari pancarkan berbeda-beda dari 250 nm sampai 2500nm dari ultraviolet, infrared sampai cahaya tampak. Oleh karena itu sel surya memiliki permukaan yang mampu menangkap sebanyak mungkin radiasi matahari dan menjadikannya energi listrik. Sinar matahari yang terdiri dari photon akan mengenai permukaan Solar Cell. Dari permukaan, sinar akan dipantulkan dan dilewatkan, dimana elektron dibebaskan dari ikatannya oleh foton dengan tingkat energi tertentu, kemudian arus listrik pun mengalir.



Gambar 2. 5 Prinsip kerja Solar Cell

Sumber : Suprpto W dkk ,2019

Dalam *Solar cell* terdapat (persimpangan) antara dua lapisan tipis yang terbuat dari bahan semikonduktor, masing-masing dikenal sebagai semikonduktor "P" (positif) dan semikonduktor "N" (negatif). Semikonduktor tipe-N diproduksi menggunakan silikon seperti kaca dan ada juga berbagai bahan yang berbeda (terutama fosfor) yang dapat memberikan elektron bebas yang berlimpah. Elektron adalah partikel subatomik yang memiliki muatan negatif, sehingga komposit silikon untuk situasi ini disinggung sebagai semikonduktor tipe-N (negatif). Semikonduktor tipe-P juga terbuat dari silikon seperti kaca di mana terdapat sejumlah kecil bahan lain (biasanya boron) yang membuat bahan tersebut membutuhkan satu elektron bebas. Kebutuhan atau kehilangan elektron ini dikenal sebagai pembukaan. Karena

tidak adanya atau tidak adanya elektron bermuatan negatif, amalgam silikon untuk situasi ini adalah semikonduktor tipe-P (positif). (Suprpto W dkk, 2019)

Susunan *Solar cell*, seperti dioda, terdiri dari dua lapisan yang disebut persimpangan PN. Persimpangan PN diperoleh dengan pewarnaan sepotong bahan semikonduktor silikon murni (valensi 4) dengan debaselement dengan valensi 3 di sebelah kiri, dan yang di sebelah kanan diwarnai dengan kontaminasi dengan valensi 5. Sehingga di sebelah kiri itu struktur silikon najis dan disebut silikon. Tipe P, sedangkan yang di sebelah kanan disebut silikon tipe N. Dalam silikon murni ada dua jenis pengangkut muatan listrik yang disesuaikan. Pengangkut muatan positif disebut bukaan, sedangkan yang negatif disebut elektron. Setelah sistem pewarnaan selesai, dalam silikon tipe P, bukaan (pengangkut muatan listrik positif) dibingkai dalam jumlah yang sangat besar dibandingkan dengan elektron. Oleh karena itu, dalam silikon bukaan tipe-P adalah pengangkut muatan bagian yang lebih besar, sedangkan elektron adalah pengangkut muatan minoritas. Kemudian lagi, dalam silikon tipe-N, elektron dibentuk dalam jumlah yang sangat besar sehingga disebut sebagai pengangkut muatan bagian yang lebih besar, dan bukaan disebut pengangkut muatan minoritas. Di dalam batang silikon ada pertemuan antara bagian P dan bagian N. Dengan cara ini dikenal sebagai persimpangan PN. Dengan asumsi sekarang, segmen P dikaitkan dengan pos positif baterai, sedangkan poros negatif dikaitkan dengan segmen N, hubungan yang disebut "kecondongan maju" terjadi. (Suprpto W dkk, 2019)

2.3.3 Efisiensi *Solar Cell*

Efisiensi yang terjadi pada *Solar cell* adalah merupakan perbandingan daya yang dapat dibangkitkan oleh *Solar cell* dengan energi input yang diperoleh dari irradianse matahari. Efisiensi yang digunakan adalah efisiensi sesaat pada pengambilan data.

$$\eta = \frac{\text{Output}}{\text{input}} \times 100 \%$$

2.3.4 Faktor Pengaruh Pengoperasian *Solar Cell*

Pengoperasian *Solar cell* untuk didapatkan nilai maksimum sangat bergantung pada beberapa faktor, diantaranya adalah sebagai berikut: (Lihedri Kurniawan,2019)

a. Temperatur *Solar cell*

Solar cell dapat bekerja dengan baik jika suhu tetap normal pada 25 °C, dengan asumsi suhu sel yang berorientasi matahari lebih tinggi akan melemahkan tegangan. Gambar 5 menunjukkan bahwa untuk setiap ekspansi 10°C dalam suhu sel yang berorientasi matahari, tegangan akan berkurang sekitar 0,4% atau akan melemah dua kali untuk setiap 10°C dari daya absolut yang dihasilkan.

b. Radiasi matahari

Radiasi berbasis sinar matahari di planet ini dan di berbagai distrik berfluktuasi bergantung pada kondisi jangkauan matahari. Gaya matahari sangat mempengaruhi arus (I) dan berdampak kecil pada tegangan (V).

c. Kecepatan angin

Kecepatan angin di sekitar sel berbasis sinar matahari dapat membantu mendinginkan suhu permukaan sel berbasis matahari

d. Keadaan atmosfer bumi

Kondisi iklim dunia, misalnya mendung, teduh, kabut, pencemaran, asap air udara (Rh) dapat mempengaruhi pasang surut listrik paling ekstrem dari *Solar cell*.

e. Orientasi *Solar cell*

Arah sirkuit sel bertenaga matahari (pameran) ke matahari sangat penting mengingat fakta bahwa PV dapat menghasilkan energi yang paling ekstrem. Titik arah (slant point) dari sel yang berorientasi matahari juga mempengaruhi hasil energi yang paling ekstrem. Misalnya, untuk suatu daerah di lingkup utara, PV harus diatur ke arah Selatan, arah Timur-Barat justru memberikan energi namun tidak mendapatkan energi bertenaga matahari yang ideal.

f. Sudut orientasi matahari (*tilt angle*)

Dengan asumsi siang hari jatuh pada lapisan luar papan PV secara berlawanan pada ruang lingkup 0o atau disetel merata, maka pada saat itu energi yang didapat adalah $\pm 1000 \text{ W/m}^2$ atau 1 kW/m^2 . Dengan asumsi sinar matahari tidak jatuh berlawanan dengan permukaan PV maka daerah papan harus direntangkan sehubungan dengan ruang lingkup matahari yang berubah sepanjang hari

2.4 *Solar Charge Controller*

Solar Charge Controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai yang diambil dari baterai ke beban. *Solar*

charge controller mengatur kelebihan pengisian disaat baterai sudah penuh dan kelebihan voltase dari solar cell. Kelebihan voltase dan pengisian akan mengurangi umur baterai. *Solar charge controller* menerapkan teknologi *Pulse width modulation* (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan baterai ke beban.



Gambar 2. 6 Solar Charge Controller

Sumber : Penulis 2021

Solar Charge Controller biasanya terdiri dari : 1 input (2 terminal) yang terhubung dengan output solar cell, 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan baterai / aki dan 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan beban.

2.5 Mikrokontroler Arduino Nano

Arduino Nano adalah papan pengembangan (*development board*) mikrokontroler yang berbasis chip ATmega328P dengan bentuk yang sangat mungil. Fungsi tidak ada bedanya dengan Arduino Uno. Disebut papan kemajuan karena papan ini berfungsi sebagai bidang untuk membuat *prototipe* rangkaian *mikrokontroler*. Banyak hal yang bisa didapatkan dari Arduino dengan jenis ini. Meski terlihat lebih sederhana, jumlah port dan batas port Simple dan terkomputerisasi setara dengan saudara kandungnya yang lebih berpengalaman,

Arduino Nano *Microcontroller Board*. Dengan menggunakan papan perbaikan, Anda akan berpikir bahwa lebih mudah untuk mengumpulkan rangkaian elektronik *mikrokontroler* daripada mengasumsikan Anda mulai mengumpulkan ATmega328 tanpa persiapan apa pun di papan tempat memotong roti. Selain itu dilengkapi dengan Transportasi Sekuensial Semua termasuk sebagai cara untuk memasukkan informasi pemrograman ke papan *Mikrokontroler* ini. (Akhirudin, 2018)



Gambar 2. 7 Arduino Nano

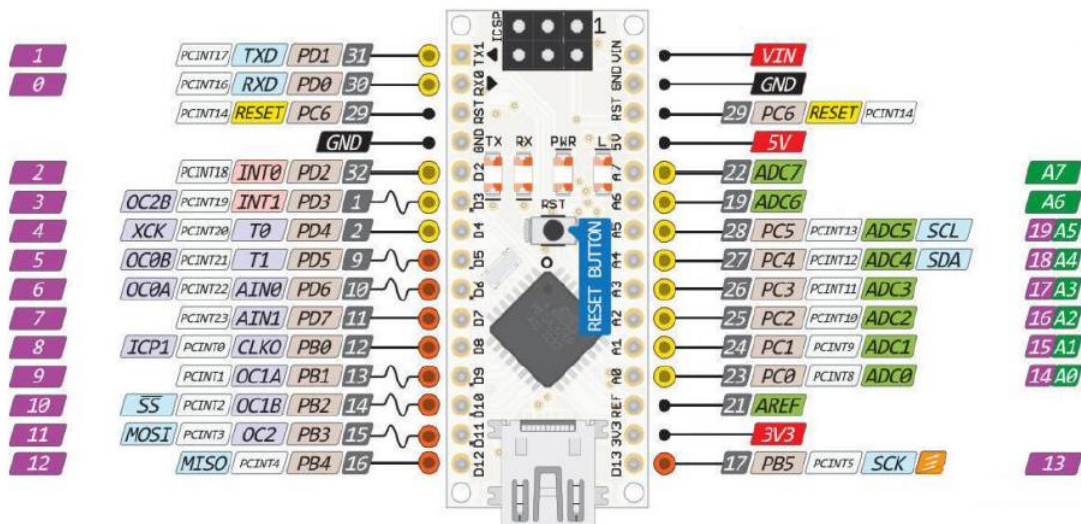
Sumber : Penulis, 2021

Berikut ini adalah kelebihan yang dimiliki Arduino antara lain:

- a. Murah, Arduino dijual dengan harga yang relatif murah dibandingkan dengan mikrokontroler lainnya.
- b. Arduino memiliki bahasa pemrograman yang mudah untuk dipahami bagi pemula dan banyak referensi yang bisa digunakan.
- c. *Software* Arduino dapat diunduh dengan mudah oleh siapa saja dan dapat digunakan pada sistem operasi komputer.

Arduino Nano umumnya memiliki ukuran yang kecil dan dasar, namun kemampuannya tidak di bawah standar dibandingkan dengan berbagai jenis Arduino. Arduino Nano dilengkapi dengan prosesor ATmega 328P tipe SMD dan memiliki 14 Pin I/O Lanjutan, 8 Pin Info Sederhana, dan menggunakan FTDI untuk pemrograman melalui Miniatur USB. Apalagi ada juga yang menggunakan prosesor ATmega168.

Perbedaan utama antara Arduino UNO dan Arduino Nano terletak pada jenis IC yang digunakan. Arduino UNO menggunakan IC Plunge tipe ATmega328P yang terdiri dari 30 pin sedangkan Arduino Nano menggunakan IC ATmega328P tipe SMD yang terdiri dari 32 pin. Tambahan 2 pin berfungsi sebagai ADC tambahan, Arduino UNO memiliki 6 pin ADC sedangkan Nano memiliki 8 stik ADC lebih banyak dari UNO. Arduino Nano tidak memiliki DC Power Jack, namun memiliki Miniatur USB port. Port ini dapat digunakan untuk memasukkan proyek ke papan Arduino Nano hanya sebagai monitor. (Junaidi dan Prabowo, 2018).



Gambar 2. 8 Pin Out Arduino Nano

Sumber : Junaidi dan Prabowo, 2018

2.6 Potensiometer

Potensiometer adalah salah satu jenis resistor yang nilai resistansinya dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Potensiometer merupakan keluarga resistor yang tergolong dalam kategori variable resistor. Secara struktur, potensiometer terdiri dari 3 kaki terminal dengan sebuah *shaft* atau tuas yang berfungsi sebagai pengaturnya.

Potensiometer yang saya gunakan adalah jenis knob potensiometer yang dapat berputar 360°.



Gambar 2. 9 Knob Potensiometer

Sumber : Penulis 2021

2.7 Sensor Tegangan

Sensor tegangan yang digunakan merupakan sebuah modul sensor tegangan yang menggunakan prinsip pembagi tegangan. Modul ini dapat mengurangi tegangan input hingga 5 kali dari tegangan asli. Tegangan analog input maksimum mikrokontroler yaitu 5 volt, sehingga modul tegangan dapat diberi masukan tidak melebihi 5 X 5 Volt atau sebesar 25 Volt.



Gambar 2. 10 Sensor Tegangan

Sumber : Penulis 2021

2.8 Limit Switch

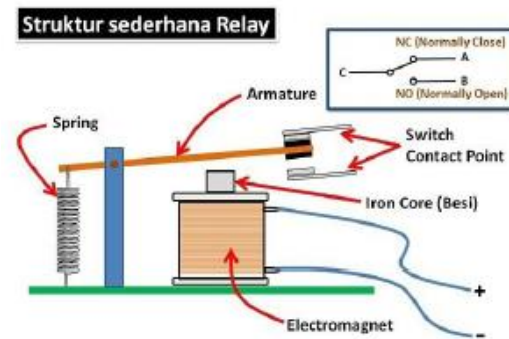
Limit Switch adalah alat yang mampu memutuskan dan menghubungkan aliran listrik dalam suatu rangkaian, mengingat desain mekanis dari sakelar titik putus itu sendiri. Sakelar pemutus memiliki tiga terminal, khususnya: terminal fokus, terminal

yang tertutup secara teratur (NC), dan terminal yang biasanya terbuka (NO). Seperti namanya, *limit switch* digunakan untuk membatasi yang dibuat oleh perangkat yang sedang bekerja. NC, NO, dan terminal fokus dapat digunakan untuk melepas daya di sirkuit atau sebaliknya. *Limit switch* adalah jenis saklar yang dilengkapi dengan katup yang berfungsi untuk mensuplai tombol. Aturan fungsi sakelar titik putus sama dengan sakelar *Push ON*, yaitu bahwa sakelar ini mungkin akan berinteraksi ketika katup ditekan pada batas tegangan tertentu yang telah ditentukan sebelumnya dan akan terpisah ketika katup tidak ditekan. *Limit switch* diingat untuk klasifikasi sensor mekanik, menjadi *sensor* khusus yang akan memberikan perubahan listrik ketika ada perubahan mekanis pada *sensor*. Pemanfaatan sakelar pemutus adalah sebagai *sensor* posisi benda bergerak. (Muhammad Saleh dkk,2017)

2.9 Relay

Relay adalah Saklar (*Switch*) yang bekerja secara elektrik dan merupakan bagian Electromechanical (*Electromechanical*) yang terdiri dari 2 bagian utama, yaitu Electromagnets (*Coil*) tertentu dan Mechanical (Kontak Saklar/*Switch*). Transfer memanfaatkan Standar Elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan aliran listrik yang sedikit (daya rendah) dapat mengarahkan daya tegangan yang lebih tinggi. (Muhammad Saleh dkk, 2017)

Sebagai bagian elektronik, transfer memegang peranan penting dalam rangkaian rangkaian elektronika dan rangkaian listrik untuk menggerakkan sebuah alat yang membutuhkan arus besar tanpa harus langsung dihubungkan dengan alat pengatur yang memiliki arus yang kecil. Dengan cara ini transfer dapat berfungsi sebagai kesejahteraan. (Winda Hotmaida,2019)



Gambar 2. 11 Struktur sederhana Relay

Sumber : Muhammad Saleh dkk,2017

Secara umum, Relay dapat dipakai sebagai *Remote control*, dimana relay dapat menyalakan atau mematikan rangkaian listrik dari jarak yang cukup jauh, selain itu sebagai penguat daya, yaitu *relay* dapat menguatkan arus atau tegangan, dan sebagai pengaturan logika control suatu sistem.

Relay terdiri dai *coil* dan *concact*. *Coil* adalah lilitan kawat yang mendapat aliran listrik sedangkan kontak adalah semacam saklar yang perkembangannya bergantung pada ada tidaknya aliran listrik pada keriting. Ada 2 macam kontak. Terbuka secara teratur (kondisi yang mendasari sebelum dimulai adalah terbuka) dan Biasanya tertutup (kondisi yang mendasari sebelum diberlakukan adalah tertutup). (Winda Hotmaida,2019)

2.10 Baterai

Baterai adalah perangkat yang mengandung sel listrik yang dapat menyimpan energi yang dapat dikonversi menjadi daya. Baterai menghasilkan listrik melalui proses kimia. Baterai atau akkumulator adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang *reversible* (dapat berkebalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan reaksi elektrokimia *reversible*

adalah didalam baterai dapat berlangsung proses pengubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (proses pengisian) dengan cara proses regenerasi dari elektroda – elektroda yang dipakai yaitu, dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan didalam sel. (Fahad Hermawan dkk,2017)



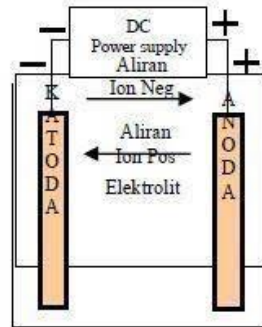
Gambar 2. 12 Baterai Aki

Sumber : Penulis 2021

2.10.1 Prinsip Kerja Pengisian Baterai

Dalam proses pengisian baterai, ketika sel dihubungkan dengan catu daya, terminal positif berubah menjadi anoda dan katoda negatif berubah menjadi katoda dan interaksi zat yang terjadi adalah sebagai berikut:

∴



Gambar 2. 13 Proses Pengisian Baterai

Sumber : Fahad Hermawan dkk,2017

Perkembangan elektron berbalik, bergerak dari anoda melalui catu daya ke katoda. Kemudian, pada saat itu, partikel negatif mengalir dari katoda ke anoda. Juga pasti partikel mengalir dari anoda ke katoda.

2.10.2 Jenis Baterai

Jenis baterai diklasifikasikan menjadi 2 macam:

1. Baterai Esensial

Baterai esensial dapat dianggap sebagai baterai sekali pakai, misalnya baterai Zinc-Carbon, baterai basic, lithium, dan silver oxide.

2. Baterai Opsional

Baterai opsional adalah baterai yang dapat diisi dan yang menggabungkan baterai tambahan, misalnya, baterai Ni-Compact disc, Ni-MH, Li-Particle.

(Winda Hotmaida,2019)

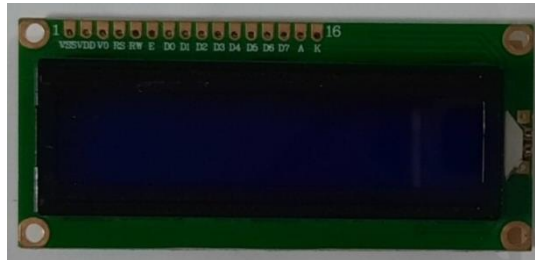
2.11 Liquid Cristal Display (LCD)

LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah salah satu jenis *display* elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS *logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya, tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap *front-lit* atau

mentransmisikan cahaya dari *back-lit*. LCD (*Liquid Cristal Display*) berfungsi sebagai penampil data, baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik. LCD adalah lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan *seven-segment* dan lapisan elektroda pada kaca belakang.

Pin, kaki atau jalur input dan kontrol dalam suatu LCD diantaranya adalah:

- a. Pin informasi adalah cara untuk memberikan informasi karakter yang perlu ditampilkan dengan memanfaatkan LCD, yang dapat dikaitkan dengan transportasi informasi dari rangkaian yang berbeda, misalnya mikrokontroler dengan lebar informasi 8 buah.
- b. Pin RS (Register Select) sebagai penanda atau memutuskan jenis informasi yang mendekat, terlepas dari apakah informasi atau perintah. Rasional rendah menunjukkan bahwa info adalah perintah, sedangkan rasional tinggi menunjukkan informasi.
- c. Pin R/W (Read Compose) sebagai panduan untuk modul dengan asumsi bahwa Anda menulis informasi, sementara tinggi memahami informasi. Pin E (Empower) digunakan untuk menyimpan informasi baik yang masuk maupun yang keluar.
- d. Pin VLCD untuk mengubah kemegahan presentasi (kontras) dimana pin ini dihubungkan dengan trimpot 5 K ω , bila tidak digunakan dihubungkan dengan ground, sedangkan tegangan power supply ke LCD adalah 5 Volt.



Gambar 2. 14 LCD

Sumber :Penulis 2021

2.12 MT3680

Modul MT3608 adalah modul yang dapat digunakan untuk menaikkan tegangan DC menjadi tegangan DC yang lebih tinggi. Dengan tegangan input 2-24 Volt, sedangkan tegangan output 4-28 Volt.

2.13 Bola Lampu

Bola lampu adalah komponen elektronika yang dapat memancarkan cahaya monokromatik ketika diberikan tegangan. Bola lampu banyak tersedia dipasaran mulai dari watt yang rendah sampai yang memiliki watt yang tinggi. Bola lampu yang saya gunakan adalah sebesar 3 watt.

BAB 3

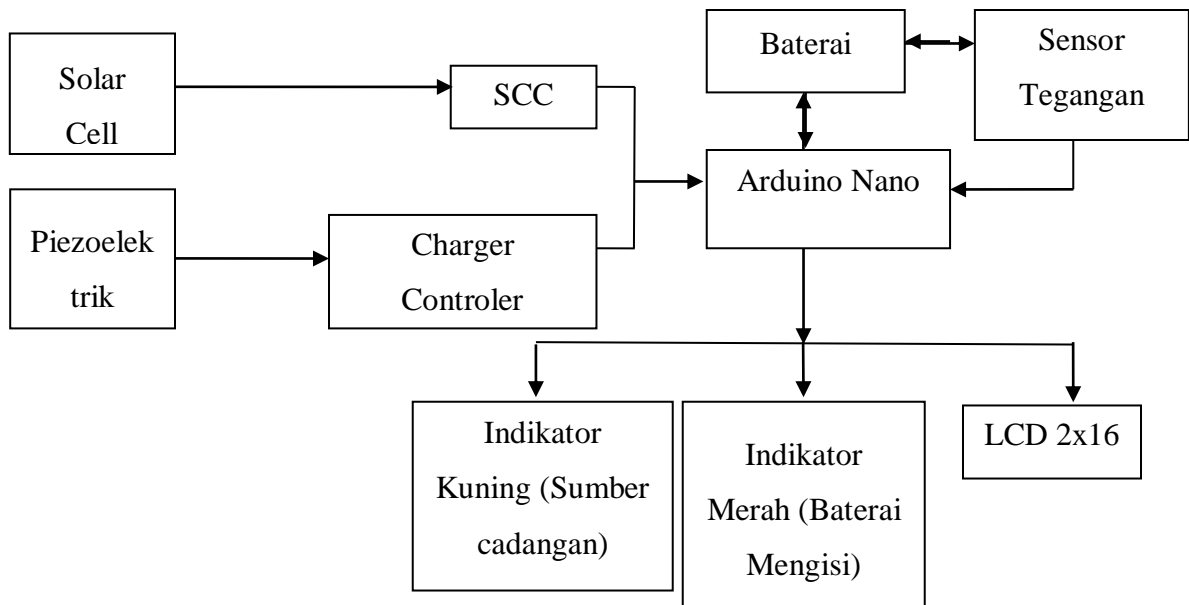
METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang penjelasan dalam bentuk skema mengenai langkah-langkah yang dilakukan dalam proses penelitian yang digunakan dalam pelaksanaan skripsi.

3.1 Waktu dan Tempat

Perancangan ini dilaksanakan pada bulan April 2021, Jln.Pertiwi/Tuba III, Kecamatan Medan Denai, Sumatera Utara.

3.2 Blok Diagram



Gambar 3. 1 Blok Diagram

Sumber : Penulis,2021

Dari gambar blok diagram diatas penulis menjelaskan bahwa, Solar Cell dan Piezoelektrik adalah sumber listrik cadangan yang akan disimpan kedalam baterai. Tapi sebelum piezoelektrik dan Solar cell dihubungkan ke baterai harus dihubungkan

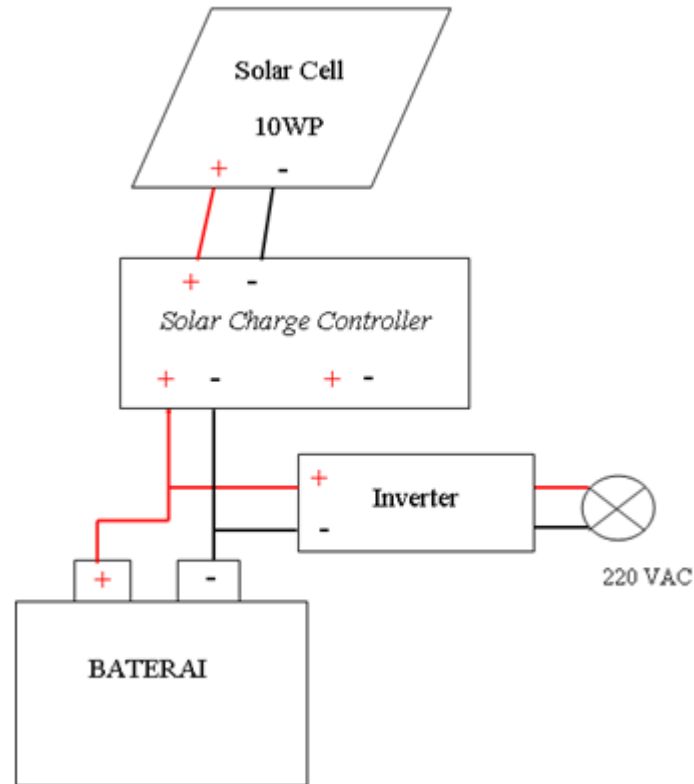
ke Solar Charge Controller agar dapat mengontrol tegangan yang masuk ke baterai. Karena tegangan yang dikeluarkan oleh piezoelektrik sangat kecil atau dibawah 12 Volt maka dibutuhkan DC step up agar tegangan dapat dibaca oleh SCC. Setelah itu dihubungkan ke auto charging. Arduino nano berfungsi sebagai otak dari alat yang digunakan. Dibutuhkan sensor tegangan untuk membaca tegangan dengan memanfaatkan pin analog arduino nano. Prinsip kerja rangkaian ini adalah indikator kuning akan aktif ketika PLN mati yang artinya sumber cadangan listrik berasal dari baterai. Dan indikator merah akan aktif ketika baterai berada di bawah 11 Volt dan alat akan langsung mengisi baterai sesuai perintah arduino. Ketika baterai sudah penuh maka indikator merah akan mati.

3.3 Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

Perancangan rangkaian pengisi baterai otomatis pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan Piezoelektrik ini terbagi atas dua bagian, yaitu perancangan *hardware* dan perancangan *software*. Perancangan *hardware* terbagi atas perancangan sistem control batera, perancangan unit masukan, perancangan unit keluaran. Sedangkan perancangan *software* terdiri dari perancangan program *arduino nano*.

3.3.1 Rangkaian Solar Cell

Solar Cell digunakan sebagai sumber listrik cadangan, yang ketika dikenakan cahaya matahari maka akan menghasilkan arus listrik. Tegangan yang dihasilkan dari solar cell bergantung pada intensitas cahaya pada saat solar cell bekerja. Arus listrik ini yang akan di simpan di baterai.



Gambar 3. 2 Rangkaian Solar Cell

Sumber : Penulis 2021

Rangkaian solar cell dihubungkan terlebih dahulu ke Solar Charge Controller karena Solar cell tidak dapat dihubungkan langsung ke baterai. Solar charge controller mengatur kelebihan pengisian disaat baterai sudah penuh dan kelebihan voltase dari solar cell. Inverter berfungsi sebagai pengubah tegangan dari DC ke AC. Karena baterai yang digunakan adalah aki yaitu DC dan beban yang digunakan lampu AC. Baterai sebagai catu daya cadangan yang akan menyimpan tegangan yang dihasilkan oleh solar cell. Dan akan digunakan ketika PLN mati, maka sumber cadangan yang akan menghidupkan beban adalah bersumber dari baterai.

Solar cell yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut :

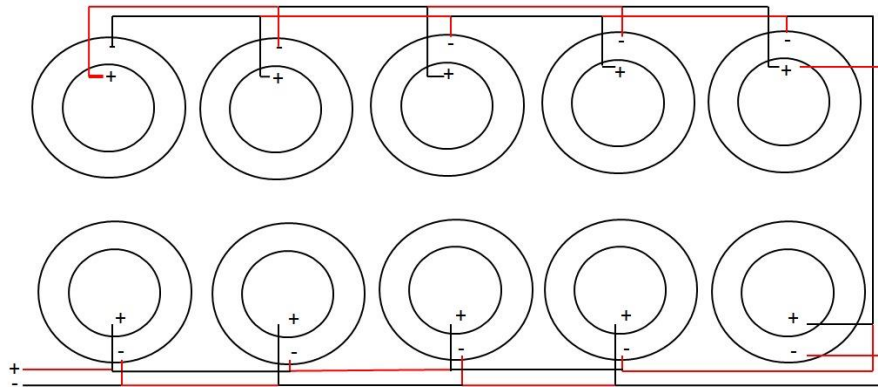
Tabel 3. 1 Spesifikasi Solar cell

1.	<i>Model</i>	GH10M-18
2.	<i>Rated Maximum Power (Pm)</i>	10 W
3.	<i>Tolerance</i>	± 3%
4.	<i>Voltage at Pmax (Vmp)</i>	17.82 V
5.	<i>Currentmn at Pmax (Imp)</i>	0.57 A
6.	<i>Open-Circuit Voltage (Voc)</i>	21.96 V
7.	<i>Short-Circuit Current (Isc)</i>	0.63 A
8.	<i>Normal Operating Cell Temp (NOTC)</i>	47 ± 2 °C
9.	<i>Maximum System Voltage</i>	1000 VDC
10.	<i>Maximum Series Fuse Rating</i>	7 A
11.	<i>Operating Temperature</i>	-40 to 85 °C
12.	<i>Application Class</i>	<i>Class A</i>
13.	<i>Cell Technology</i>	<i>Mono-Si</i>
14.	<i>Weight</i>	1.0 Kg
15.	<i>Dimension (mm)</i>	350 × 255 × 17 mm

Sumber : Penulis, 2021

3.3.2 Rangkaian Piezoelektrik

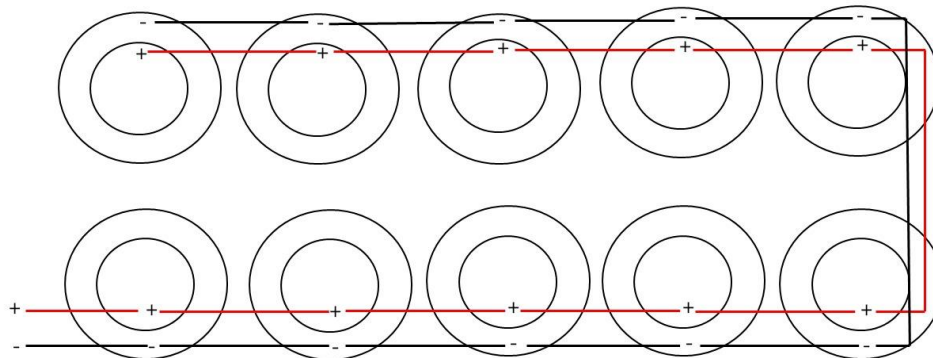
Rangkaian Piezoelektrik akan menghasilkan arus listrik ketika piezoelektrik di tekan. Penulis membuat ada 2 bentuk piezoelektrik yang akan digunakan, bentuk yang pertama dihubungkan secara seri dan bentuk kedua dihubungkan secara parallel.



Gambar 3. 3 Rangkaian Piezoelektrik Seri

Sumber : Penulis 2021

Pada piezoelektrik rangkaian seri, positif piezo pertama dihubungkan dengan negatif piezo kedua, dan negatif piezo pertama dihubungkan dengan positif piezo kedua, begitu selanjutnya sesuai dengan gambar diatas. Dari hasil percobaan penggunaan, tegangan yang dihasilkan sangat kurang saat rangkaian seri digunakan dan alat ditekan selama 3 detik.

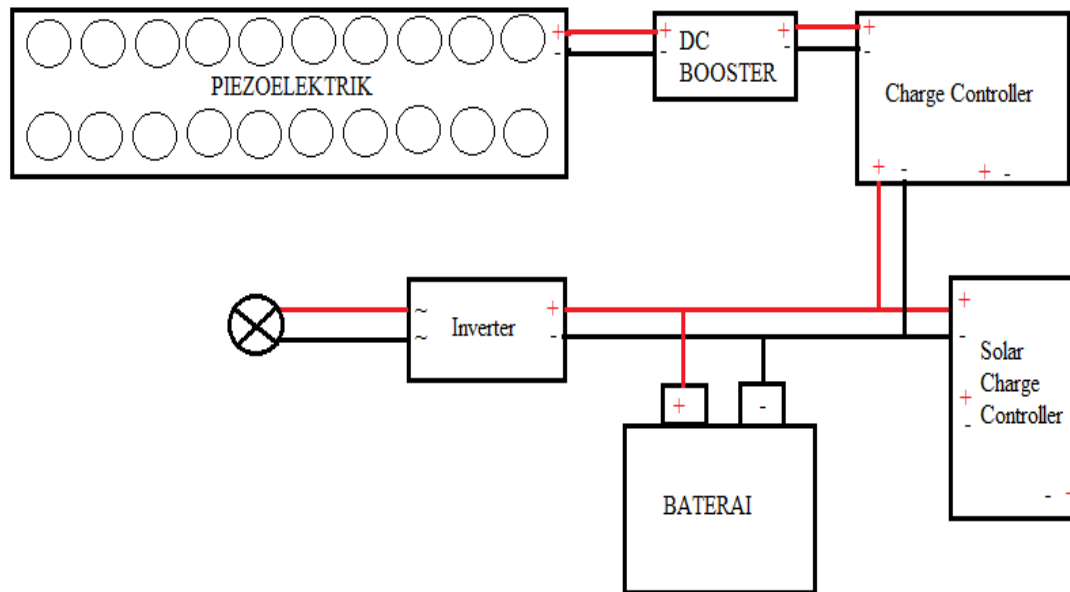


Gambar 3. 4 Rangkaian Piezoelektrik Paralel

Sumber : Penulis 2021

Pada piezoelektrik rangkaian paralel, positif piezo pertama dihubungkan dengan positif piezo ke 2,3 dst. Dan negatif piezo pertama dihubungkan dengan negatif piezo ke 2,3, dst.

Dengan menggunakan 20 piezoelektrik lalu diparalelkan dan dihubungkan ke rangkaian. Dari hasil percoaan penggunaan piezoelektrik parallel menghasilkan tegangan yang lebih tinggi dibandingkan piezoelektrik seri.



Gambar 3. 5 Rangkaian Pembangkit tenaga Piezo

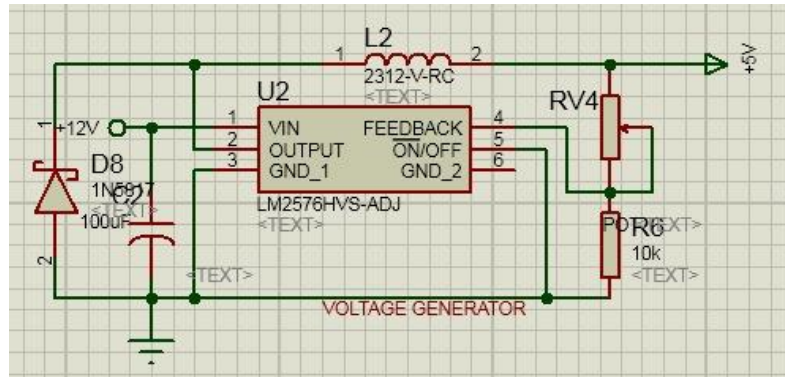
Sumber : Penulis 2021

Rangkaian piezoelektrik sebelum terhubung ke baterai harus dihubungkan terlebih dahulu ke Dc step up karena keluaran dari piezoelektrik sangat kecil dan setelah itu charge controller akan membaca tegangan yang dikeluarkan. Charge controller nantinya yang akan mengontrol tegangan, setelah itu disambungkan ke baterai. Inverter berfungsi untuk mengubah tegangan dari baterai ke beban.

3.3.3 Rangkaian Regulator Tegangan

Rangkaian regulator tegangan adalah rangkaian pengatur tegangan agar tegangan yang keluar dari rangkaian ini tetap pada satu nilai meskipun masukannya

lebih besar dari nilai yang diinginkan. Pada rangkaian ini digunakan LM2596S-ADJ sebagai regulator tegangan.



Gambar 3. 6 Rangkaian Regulator Tegangan

Sumber : Penulis,2021

Tabel 3. 2 Spesifikasi Regulator Tegangan Modul LM2596S-ADJ

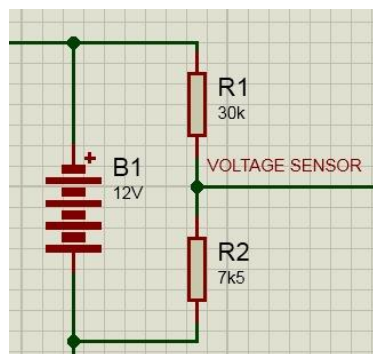
<i>Absolute Maximum Ratings</i>	
<i>Maximum Supply Voltage</i>	45V
<i>On/Off pin Input Voltage</i>	$-0.3 \leq V \leq +25V$
<i>Feedback Pin Voltage</i>	$-0.3 \leq V \leq +25V$
<i>Output Voltage to Ground (Steady State)</i>	-1V
<i>Power Dissipation</i>	<i>Internally Limited</i>
<i>Storage Temperature Range</i>	$-65^{\circ}C$ to $+150^{\circ}C$
<i>ESD Susceptibility</i>	
<i>Human Body Model (Note 2)</i>	2Kv
<i>Lead Temperature</i>	
<i>DDPAK/TO-263 Package</i>	
<i>Vapor Phase (60sec)</i>	$+215^{\circ}C$
<i>Infrared(10 sec)</i>	$+245^{\circ}C$

<i>TO-220 Package (Soldering,10 sec)</i>	<i>+260°C</i>
<i>Maximum Junction Temperature</i>	<i>+150°C</i>
<i>Operating Conditions</i>	
<i>Temperature Range</i>	<i>-40°C ≤ T_J ≤ +125°C</i>
<i>Supply Voltage</i>	<i>4.5 V to 40 V</i>

Sumber : Datasheet, 2013

3.3.4 Rangkaian Sensor Tegangan

Rangkaian sensor tegangan berfungsi untuk membaca nilai tegangan rangkain ini. Arduino dapat membaca nilai tegangn dengan memanfaatkan pin analog. Untuk membaca sensor dengan output tegangan analog, arduino menggunakan pin analog di A0 sebagai jembatan penghubung ke pusat kontrolnya.



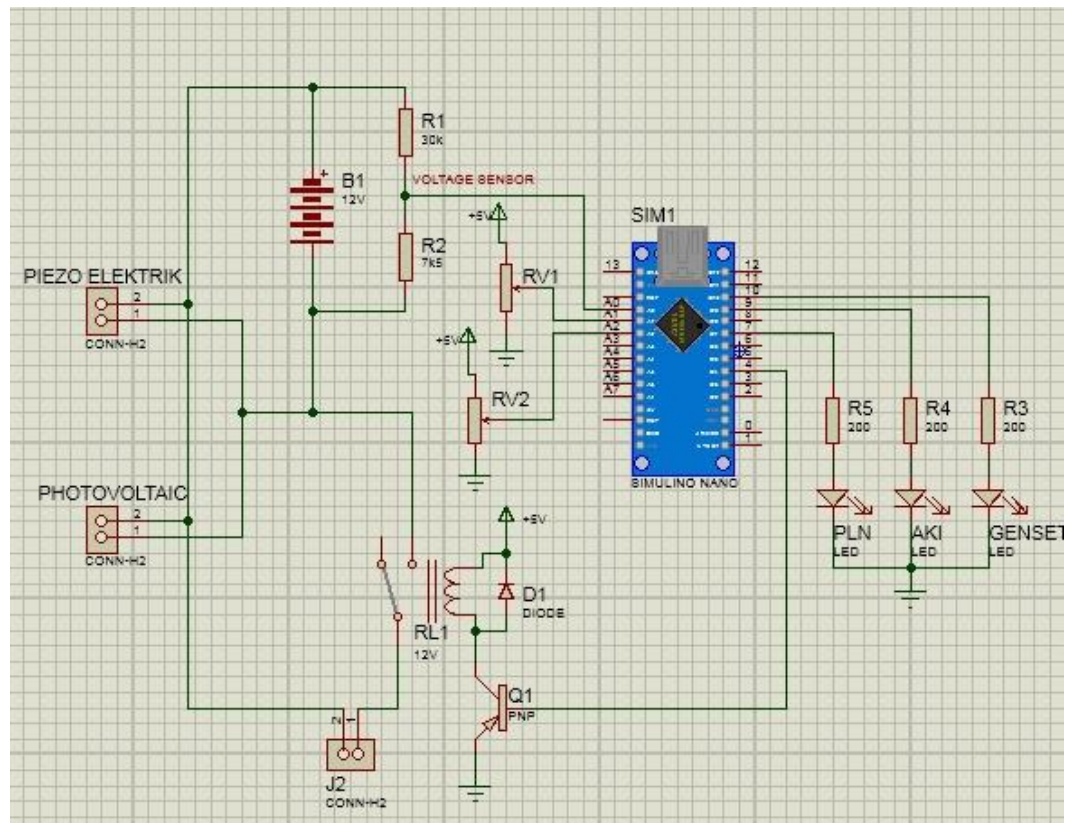
Gambar 3. 7 Rangkaian Sensor Tegangan

Sumber : Penulis,2021

3.3.5 Rangkaian Arduino Nano

Arduino nano berfungsi sebagai otak dari rangkaian ini. Arduino akan membaca dan memberi perintah kepada rangkaian lain untuk bekerja sesuai fungsinya. A0 terhubung ke sensor tegangan yang berfungsi untuk membaca tegangan yang masuk dari piezoelektrik dan solar cell. A1 terhubung ke

potensiometer 1 dan A2 terhubung ke potensiometer 2 yang berfungsi untuk mengatur tegangan batas minimum dan batas maksimum baterai. D10 terhubung ke lampu indikator merah, A9 terhubung ke lampu indikator kuning, dan A7 terhubung ke lampu indikator hijau.



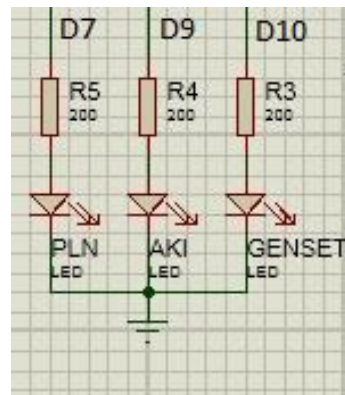
Gambar 3. 8 Rangkaian Arduino Nano

Sumber : Penulis,2021

3.3.6 Rangkaian Lampu Indikator

Perancangan lampu indikator pembacaan kondisi baterai aki. Lampu yang digunakan adalah 3 buah Pilot Lamp Led AD22-22DS 24V DC. Lampu yang pertama berwarna merah sebagai indikator bahwa tegangan aki dibawah batas minimum, dan terhubung ke D10 Arduino Nano. Lampu yang ke dua berwarna kuning sebagai

indikator pertanda bahwa PLN mati dan sumber listrik bersumber dari baterai cadangan yang telah disimpan, terhubung ke pin D9 Arduino nano. Lampu yang ke tiga berwarna hijau sebagai indikator pertanda PLN hidup, terhubung ke pin D7 Arduino nano.

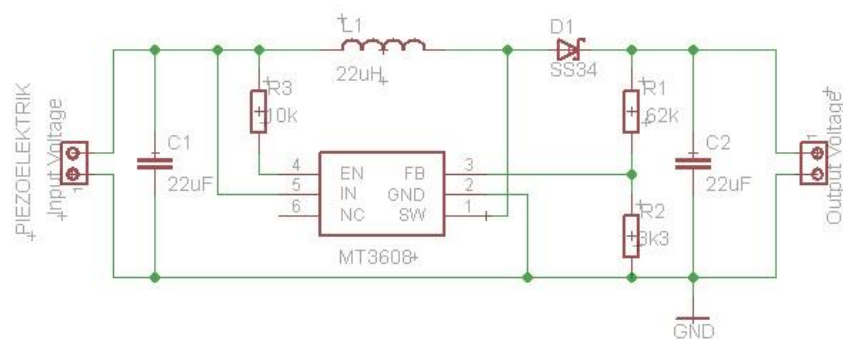


Gambar 3. 9 Rangkaian Lampu Indikator

Sumber : Penulis,2021

3.3.7 Rangkaian Modul MT3608

Modul ini berfungsi untuk mengubah tegangan dari piezoelektrik (DC) menjadi DC yang lebih tinggi. Diperlukannya modul ini karena piezoelektrik menghasilkan tegangan dibawah 12 Volt. Oleh kerana itu jika dibungkan langsung ke SCC maka SCC tidak dapat membaca alat jika tegangan dibawah 12 volt.



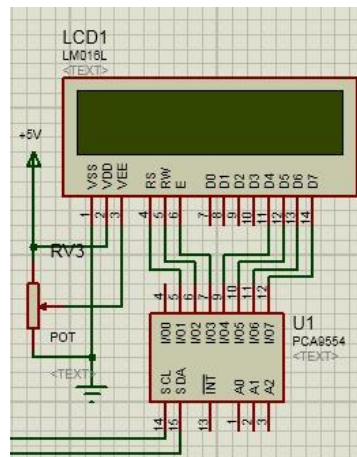
Gambar 3.10 Modul MT3608

Sumber : Penulis 2021

3.3.8 Rangkaian LCD

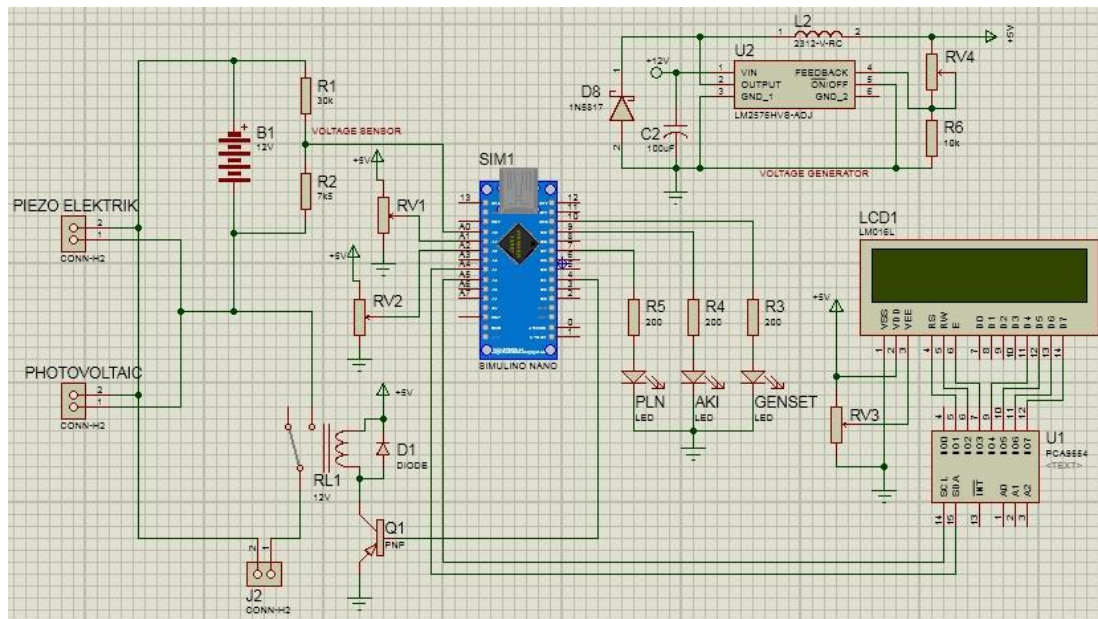
LCD (*Liquid Crystal Display*) yang dipakai adalah LCD LMB162ABC dengan tampilan 2x16 (2 baris x 16 kolom). Modul LCD ini harganya cukup murah dan konsumsi daya juga rendah.

Rangkaian LCD ini digunakan untuk menampilkan keadaan baterai. Dengan menampilkan besar tegangan yang ada pada baterai. LCD terhubung ke pin A4 dan A5 pada arduino nano.



Gambar 3. 11 Rangkaian LCD

Sumber : Penulis,2021



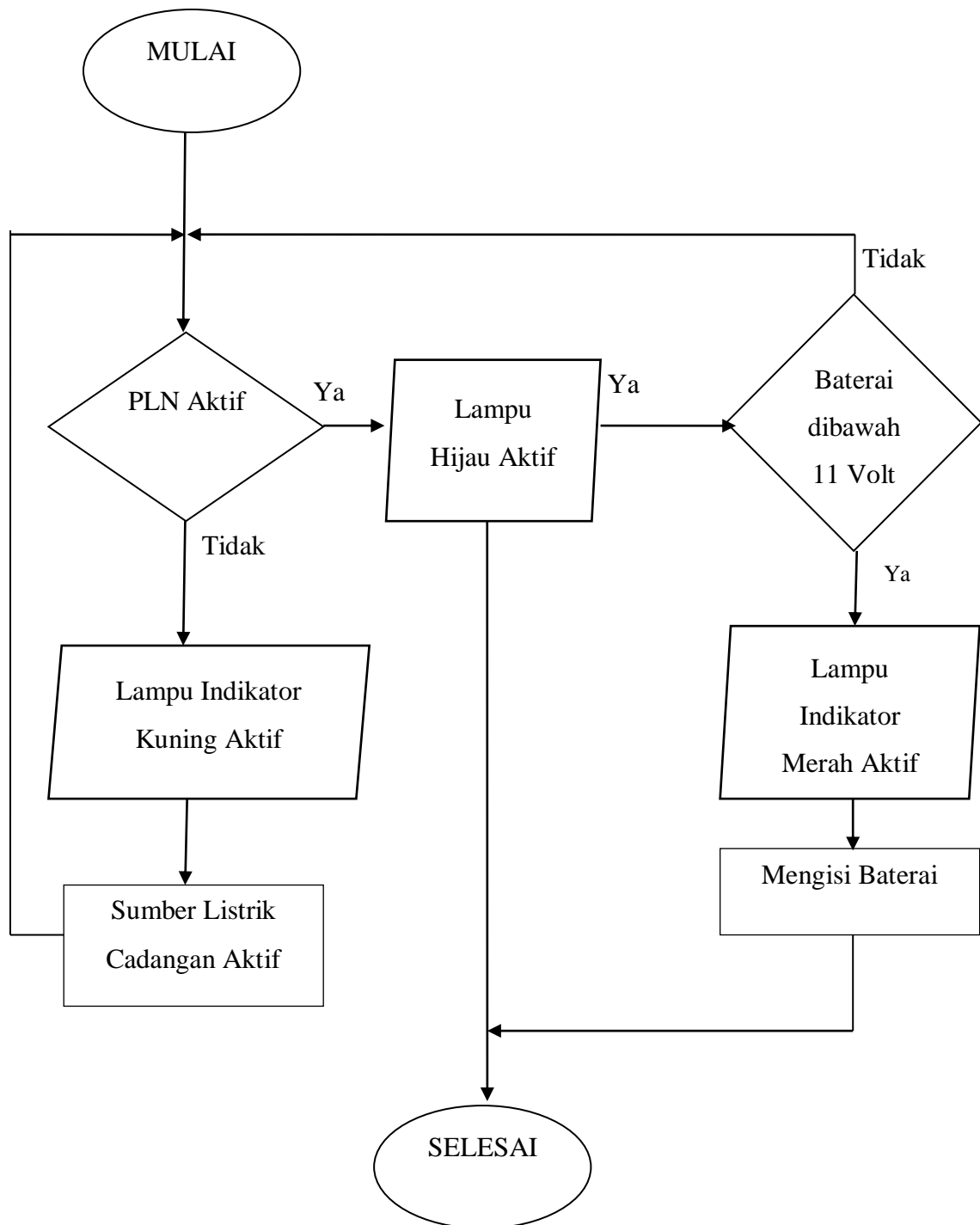
Gambar 3. 12 Rangkaian Keseluruhan Auto Charger

Sumber : Penulis, 2021

3.4 Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Perancangan perangkat lunak (*Software*) dalam penelitian ini terdiri dari perancangan program bahasa basic. Perancangan perangkat lunak ini berfungsi sebagai penunjang bekerjanya sistem pada rangkaian. Aplikasi yang digunakan dalam program adalah Arduino IDE. Arduino yang digunakan adalah Arduino Nano. Sebelum membuat program terlebih dahulu dibuat Diagram Air (*Flowchart*). Dari *Flowchart* akan terlihat jelas arah program untuk sistem rangkaian tersebut.

3.4.1 Flowchart Program



Tahapan kerjanya

- a. Ketika semua sumber telah terhubung, PLN dan baterai dalam keadaan tersambung kerangkaian. Pastikan sakelar telah aktif.
- b. Arduino akan membaca keadaan rangkaian.
- c. Ketika arduino membaca keadaan PLN terhubung dan aktif maka lampu indikator hijau akan aktif.
- d. Ketika arduino membaca keadaan PLN mati maka sumber cadangan aktif dan lampu indikator kuning aktif sebagai tanda bahwa sumber tegangan berasal dari baterai aki.
- e. Ketika baterai berada di bawah 11 volt maka lampu indikator merah akan aktif dan secara otomatis akan mengisi baterai. Ketika baterai telah berada diatas 11 volt maka lampu indikator merah akan mati.

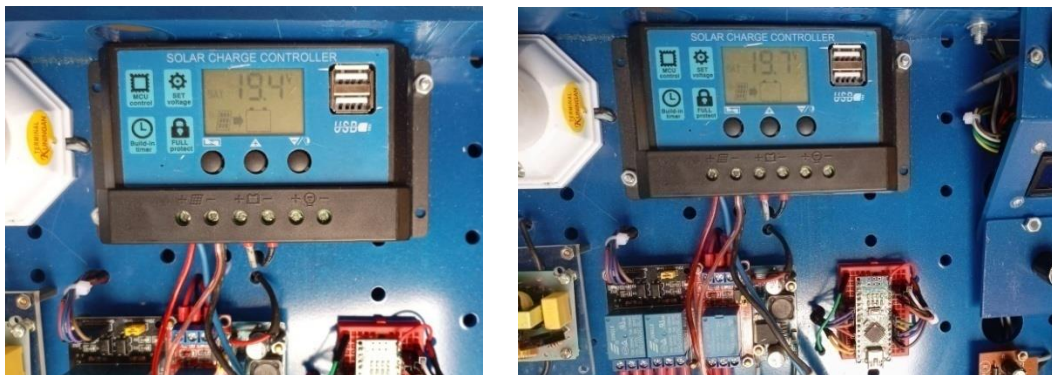
BAB 4

HASIL DAN ANALISA

Pada bab ini di jelaskan percobaan yang telah di lakukan untuk mengetahui *respond* kerja alat yang telah dirancang. Sebelum dilakukan pengujian, terlebih dahulu ditentukan titik-titik pengujian pada rangkaian. Kemudian persiapkan alat ukur multimeter yang dapat mengukur besar tegangan yang mengalir pada rangkaian dengan mengatur multimeter analog pada posisi VDC maupun VAC.

4.1 Pengukuran Tegangan Pada Sell Surya

Pengukuran rangkaian sistem Sell Surya diukur dari jam 11.00 pagi hari sampai 16.00 sore hari agar mendapat cahaya. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan Solar Charge Controller (SCC) dan Multimeter Analog. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui berapa tegangan yang dihasilkan sel surya dan pada pukul sel surya menghasilkan tegangan tertinggi dan terendah.



Gambar 4. 1 Pembacaan Sell Surya Pada SCC

Sumber : Penulis,2021



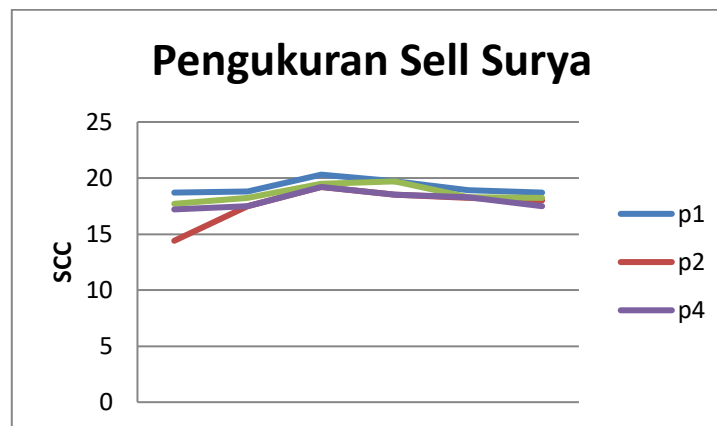
Gambar 4. 2 Pengukuran Sell Surya dengan Multimeter
Sumber : Penulis,2021

Tabel 4. 1 Pengukuran Sell Surya

Waktu (WIB)	P1				P2			
	SCC (Volt)	Multi (Volt)	Indeks UV	Cuaca (°C)	SCC (Volt)	Multi (Volt)	Indeks UV	Cuaca (°C)
11,00	18,7	18	7 dari 10	28	14,4	14	5 dari 10	28
12,00	18,8	18	10 dari 10	30	17,5	17	10 dari 10	29
13,00	20,3	19,5	Ekstrem	31	19,2	19	Ekstrem	30
14,00	19,7	19	Ekstrem	32	18,5	18	Ektrem	30
15,00	18,9	19	7 dari 10	30	18,2	18	6 dari 10	29
16,00	18,7	18	5 dari 10	30	18	18	3 dari 10	29
Waktu (WIB)	P3				P4			
	SCC (Volt)	Multi (Volt)	Indeks UV	Cuaca (°C)	SCC (Volt)	Multi (Volt)	Indeks UV	Cuaca (°C)
11,00	17,7	17	4 dari 10	28	17,2	17	3 dari 10	29
12,00	18,2	18	9 dari 10	30	17,5	17	10 dari 10	29

13,00	19,5	19	10 dari 10	30	19,2	19	Ekstrem	31
14,00	19,7	19	Ekstrem	30	18,5	18	10 dari 10	30
15,00	18,3	18	7 dari 10	29	18,3	18	5 dari 10	30
16,00	18,2	18	3 dari 10	29	17,5	17	3 dari 10	30

Sumber : Penulis, 2021



Gambar 4. 3 Grafik Pengukuran Sell Surya

Sumber : Penulis, 2021

Berdasarkan dari hasil pengukuran nilai tegangan pada cuaca ekstrim 31°C yang terlihat dari tabel 4.1 dapat dilihat tegangan tertinggi yang dihasilkan oleh sell surya adalah 20,3 Volt pada *Solar Charge Controller* (SCC) dan pada Multimeter Analog 19,5 Volt yaitu pada saat pukul 13.00 sedangkan tegangan terendah adalah 18,7 Volt yaitu pada pukul 11.00. Sedangkan pada cuaca sedikit mendung atau kurang sinar, nilai tegangan tertinggi yang dihasilkan oleh sell surya adalah 19,2 Volt pada SCC dan pada Multimeter Analog 18 Volt, saat pukul 13.00. Dan tegangan terendah adalah 14,4 Volt pada SCC dan 14 Volt pada Multimeter analog yaitu pada pukul 11.00.

Untuk menghitung berapa solar cell yang dibutuhkan untuk sebuah rumah sederhana yang akan mensuplai beban-beban sebagai berikut :

1. 3 buah lampu 3 Watt yang beroperasi selama 12 jam sehari

$$3 \text{ Watt} \times 3 \text{ buah} \times 12 \text{ jam} = 108 \text{ Watt}$$

2. 1 buah TV LCD 100 Watt yang beroperasi selama 12 jam sehari.

$$100 \text{ Watt} \times 12 \text{ jam} = 1200 \text{ watt}$$

Total Watt yang dibutuhkan adalah $108+1200=1308$ Watt

Ukuran baterai yang akan dipakai yaitu 65 Ah 12 volt yang dibutuhkan untuk mensupply beban 1308 Watt :

Selain itu perlu ditambahkan 20% untuk listrik yang digunakan oleh perangkat selain panel surya, yakni inverter sebagai pengubah arus DC ke AC, dan sistem controler sehingga jika ditambahkan 20% total daya yang dibutuhkan adalah 1569,6 Watt.

Jika dibagi 12 Volt (Tegangan dimiliki baterai) maka arus yang dibutuhkan adalah 130,8 A. Jika kita menggunakan baterai 65 Ah 12 Volt maka kita membutuhkan 3 baterai ($65 \times 12 \times 3 = 2340$ Watt).

Jika kita menggunakan solar cell 10 Wp x 5 jam = 50 Watt (5 jam adalah efektivitas rata-rata waktu sinar matahari bersinar). Maka untuk mensupply beban 2340 Watt kita membutuhkan 47 Solar cell. Oleh karena itu kita sebaiknya mengganti solar cell yg digunakan menjadi 100Wp, jadi hanya dibutuhkan 5 Solar cell.

4.2 Pengukuran Tegangan Pada Piezoelektrik

Pengujian rangkaian pada piezoelektrik ini dilakukan untuk mengetahui berapa nilai tegangan yang dihasilkan oleh piezoelektrik. Dan pengukuran dilakukan dengan cara menekan piezoelektrik dengan menggunakan kaki dan dilakukan setiap 5 detik. Piezoelektrik dihubungkan ke Multimeter Analog dan dengan berat beban yang berbeda selama 5 kali percobaan akan mengetahui perbedaan rata-rata hasil tegangan

yang dihasilkan pada piezoelektrik yang disusun dengan rangkaian seri maupun piezoelektrik yang disusun secara paralel.



Gambar 4. 4 Piezoelektrik yang disusun Secara Seri

Sumber : Penulis,2021

Tabel 4. 2 Pengukuran Piezoelektrik Secara Seri Dengan beban 37 Kg

Detik	Tegangan (Volt)				
	P1	P2	P3	P4	P5
1	0,8	1	0,9	0,8	0,9
2	0,4	0,5	0,45	0,4	0,45
3	0	0	0	0	0

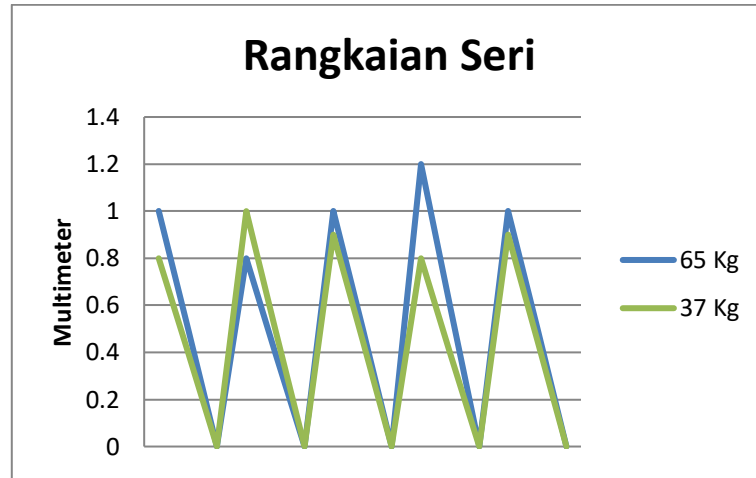
Sumber : Penulis, 2021

Tabel 4. 3 Pengukuran Piezoelektrik Secara Seri Dengan beban 65 Kg

Detik	Tegangan (Volt)				
	P1	P2	P3	P4	P5
1	1	0,8	1	1,2	1
2	0,5	0,4	0,5	0,6	0,5

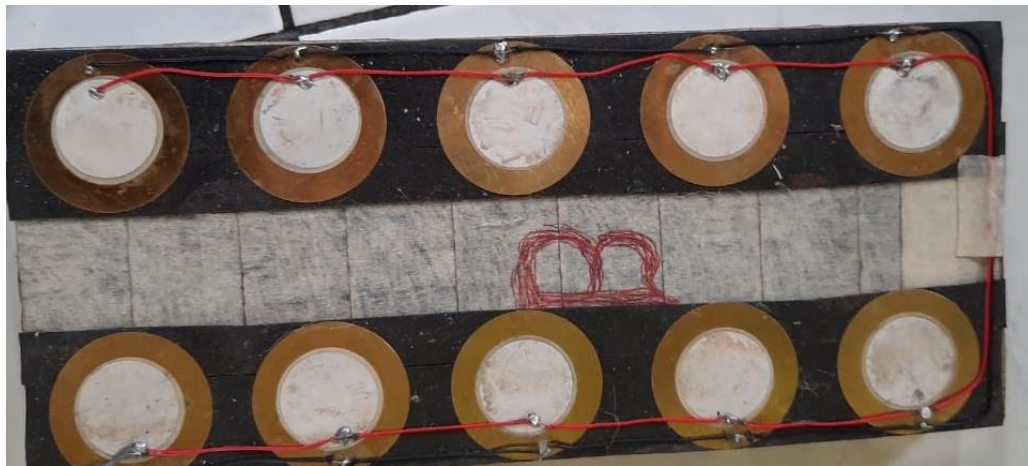
3	0	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---

Sumber : Penulis, 2021



Gambar 4. 5 Grafik Pengukuran Rangkaian Seri

Sumber ; Penulis,2021



Gambar 4. 6 Piezoelektrik yang disusun Secara Paralel

Sumber ; Penulis,2021

Tabel 4. 4 Pengukuran Piezoelektrik Secara Paralel dengan Beban 37 Kg

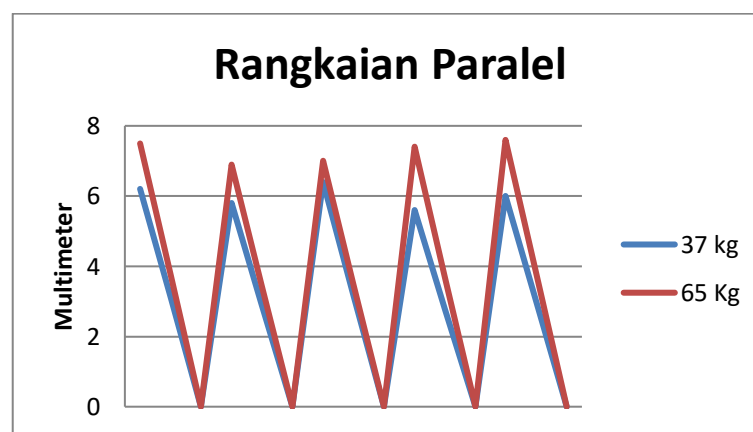
Detik	Tegangan (Volt)				
	P1	P2	P3	P4	P5
1	6,2	5,8	6,4	5,6	6
2	3,1	2,9	3,2	2,8	3
3	0	0	0	0	0

Sumber : Penulis, 2021

Tabel 4. 5 Pengukuran Piezoelektrik Secara Paralel dengan Beban 65 Kg

Detik	Tegangan (Volt)				
	P1	P2	P3	P4	P5
1	7,5	6,9	7	7,4	7,6
2	3,75	3,45	3,5	3,7	3,8
3	0	0	0	0	0

Sumber : Penulis, 2021

**Gambar 4. 7 Grafik Pengukuran Secara Paralel**

Sumber : Penulis, 2021

Berdasarkan hasil pengukuran nilai tegangan yang dihasilkan pada rangkaian paralel lebih besar dibandingkan dengan rangkaian seri. Dan seiring bertambahnya beban yang diberikan semakin tinggi juga tegangan yang dihasilkan oleh piezoelektrik. Tegangan yang dihasilkan oleh piezoelektrik akan turun selama 3 detik setelah dilakukan tekanan pada piezoelektrik oleh karena itu hasil pengukuran di dapat tegangan yang tidak stabil yang dihasilkan oleh piezoelektrik.

4.3 Pengujian Pada Baterai

4.3.1 Pengujian penggunaan Baterai Aki

Pengukuran dilakukan untuk membandingkan hasil pengukuran langsung dari baterai, dan hasil pengukuran yang dilihat dari LCD. Pengukuran dilakukan saat alat diberi beban sebuah lampu 3 Watt. Dan baterai diukur setiap 10 menit sekali selama 30 menit untuk melihat seberapa besar penurunan kapasitasnya. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 4.4



Gambar 4. 8 Pengujian penggunaan Baterai Aki

Sumber : Penulis,2021

Tabel 4. 6 Pengujian penggunaan Baterai Aki

Waktu (Menit)	P1		P2		P3	
	LCD	Multi	LCD	Multi	LCD	Multi
	(Volt)	(Volt)	(Volt)	(Volt)	(Volt)	(Volt)
10	11,8	12	11,7	11,5	11,7	11,8
20	-	11,5	-	11,2	-	11
30	-	11,5	-	11	-	11

Sumber : Penulis 2021

Seperti yang diketahui bahwa baterai yang digunakan adalah baterai 12 Volt dengan kapasitas 3,5 Ah, maka perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Daya (P)} &= V \times I \\
 &= 12 \text{ Volt} \times 3,5 \text{ Ampere} \\
 &= 42 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Jadi baterai tersebut dapat mensuplai daya sebesar 42 Watt selama 10 jam.

Sedangkan untuk beban yang berdaya 3 Watt perhitungannya :

$$\frac{42}{3} \times 10 \text{ jam} = 140 \text{ jam}$$

Jadi jika beban yang digunakan sebesar 3 Watt maka baterai yang dalam kondisi penuh akan habis setelah pemakaian selama 140 jam. Maka kapasitas baterai yang digunakan selama setengah jam dengan beban sebesar 3 Watt adalah :

$$\frac{140 \text{ Jam}}{0,5 \text{ Jam}} = \frac{100\%}{x\%}$$

Maka $x = 0,35\%$

Maka kapasitas baterai yang digunakan untuk mensuplai beban sebesar 3 Watt selama 30 menit akan berkurang sebesar 0,35%.

Berdasarkan dari hasil pengukuran pada Tabel 4.6 dapat dilihat bahwa adanya penurunan baterai dari 12 Volt menjadi 11,5 Volt yaitu sebesar 0,5 Volt, artinya berkurang sebesar 0,5%.

4.3.2 Pengujian Pengisian Baterai Aki

Pengujian dilakukan untuk menghitung nilai tegangan yang dihasilkan saat pengisian. Pengujian dilakukan selama 2 jam (120 menit) dan diukur setiap 10 menit untuk melihat hasil kenaikan tegangan baterai tersebut.



Gambar 4. 9 Pengujian saat Pengisian Baterai

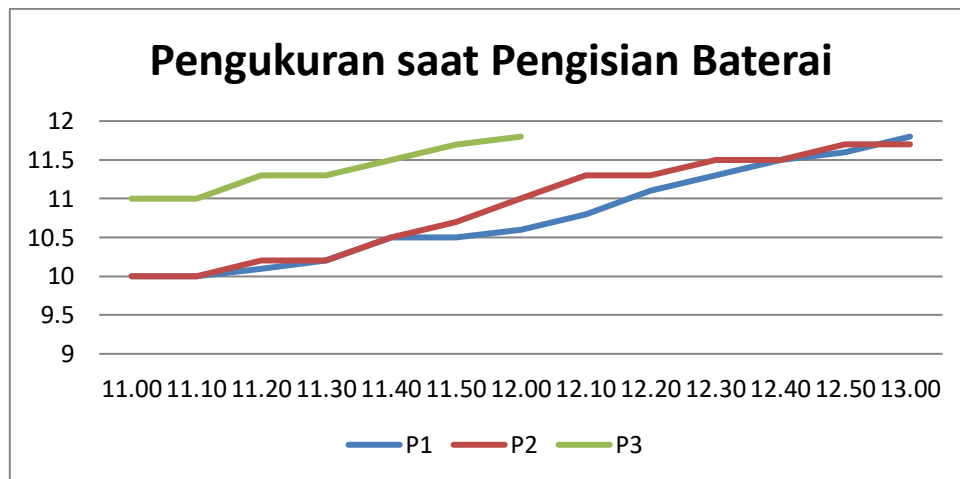
Sumber : Penulis,2021

Tabel 4. 7 Pengukuran Tegangan Baterai saat Pengisian Baterai

Waktu	P1			P2			P3		
	Multimeter (Volt)	Lcd (Volt)	°C	Multimeter (Volt)	Lcd (Volt)	°C	Multimeter (Volt)	Lcd (Volt)	°C
11.00	10	10,4	29	10	10,7	28	11	11,1	29
11.10	10	10,4	29	10	10,5	28	11	11,3	29
11.20	10,1	10,4	29	10,2	10,5	28	11,3	11,5	29
11.30	10,2	10,4	29	10,2	10,5	28	11,3	11,5	29

11.40	10,5	10,7	29	10,5	10,8	28	11,5	11,5	29
11.50	10,5	10,7	29	10,7	10,8	29	11,7	11,8	29
12.00	10,6	10,7	29	11	11	29	11,8	11,8	29
12.10	10,8	11	29	11,3	11,5	29			
12.20	11,1	11,3	29	11,3	11,5	29			
12.30	11,3	11,4	29	11,5	11,7	29			
12.40	11,5	11,7	29	11,5	11,7	29			
12.50	11,6	11,7	29	11,7	11,8	29			
13.00	11,8	11,7	29	11,8	11,8	29			

Sumber : Penulis 2021



Gambar 4. 10 Grafik Pengukuran Tegangan pada Baterai saat Pengisian

Sumber : Penulis 2021

Dari hasil pengukuran dapat dilihat bahwa adanya kenaikan tegangan dari 10 Volt menjadi 11,8 Volt yaitu sebesar 1,8 Volt. Kecepatan pengisian bergantung pada kondisi cuaca saat dilakukannya pengisian dan berat beban dan banyaknya tekanan pada piezoelektrik. Jika cuaca pada saat pengisian baterai kurang mendung maka sell surya kurang mendapatkan sinar matahari dan tegangan yang dihasilkan pun akan

sedikit. Dan jika berat yang menekan piezoelektrik juga sedikit maka tegangan yang dihasilkan pun akan sedikit. Ini akan berpengaruh pada pengisian baterai.

Hasil perhitungan lama waktu pengisian adalah

$$T_b = P_a / P_s$$

Keterangan : P_a = Daya Baterai (Watt)

$$P_s = \text{Daya Solar Cell (Watt)}$$

$$\text{Jadi, } P_a = 3,5 \times 12 = 42 \text{ watt}$$

$$P_s = 0,57 \times 17,82 = 10,1574 \text{ watt}$$

$$\text{Jadi } T_b = 42/10,1574 = 4,135 \text{ jam}$$

Jadi dalam perhitungan lama waktu pengisian seharusnya adalah 4,135 jam.

4.4 Pengukuran pada Rangkaian Lampu Indikator

Pengujian lampu indikator bertujuan untuk mengetahui jeda waktu yang dibutuhkan saat perpindahan dari lampu indikator satu ke lainnya dan agar mengetahui bahwa alat yang dihasilkan berjalan dengan baik sesuai dengan yang dirancang. Fungsi dari setiap warna lampu indikator berbeda, yaitu lampu indikator hijau berfungsi untuk menandakan bahwa PLN hidup dan sumber energi listrik berasal dari PLN, sedangkan lampu indikator kuning berfungsi untuk menandakan bahwa PLN mati dan sumber energi bersumber dari Baterai atau Catu daya cadangan, dan lampu indikator merah menandakan bahwa Baterai berada dibawah batas maksimum dan baterai akan melakukan pengisian. Pengujian dilakukan dengan menggunakan stopwatch untuk mengetahui berapa jeda waktunya dan dilakukan sebanyak 5 kali percobaan.



Gambar 4. 11 Pengujian Lampu Indikator saat PLN Mati
Sumber : Penulis,2021

Tabel 4. 8 Pengujian Lampu Indikator Kuning

PLN	Baterai	Beban	Waktu Perpindahan (detik)
OFF	ON	Hidup	1,28
OFF	ON	Hidup	1,5
OFF	ON	Hidup	1,6
OFF	ON	Hidup	1,3
OFF	ON	Hidup	1,5
Rata-Rata			1,43

Sumber : Penulis,2021



Gambar 4. 12 Pengujian Lampu Indikator saat PLN Hidup
Sumber : Penulis,2021

Tabel 4. 9 Pengujian Lampu Indikator Hijau

PLN	Baterai	Beban	Waktu Perpindahan (detik)
ON	OFF	Hidup	2,1
ON	OFF	Hidup	2,08
ON	OFF	Hidup	2
ON	OFF	Hidup	1,88
ON	OFF	Hidup	1,9
Rata-Rata			1,99

Sumber : Penulis,2021

**Gambar 4. 13 Pengujian Lampu Indikator Merah**

Sumber : Penulis,2021

Tabel 4. 10 Pengujian Lampu Indikator Merah

Lampu Indikator	Waktu (Detik)					Rata-Rata (detik)
	P1	P2	P3	P4	P5	
Merah Aktif	0,8	0,3	0,4	0,5	0,3	0,46
Merah Mati	0,96	0,8	0,4	0,3	0,6	0,61

Sumber : Penulis,2021

Berdasarkan hasil pengujian lampu indikator pada Tabel 4.8 dan Tabel 4.9 didapatkan rata-rata waktu perpindahan dari lampu indikator kuning mati dan hijau aktif adalah 1,99 detik, dan perpindahan dari lampu indikator hijau mati dan kuning aktif adalah 1,43. Sedangkan pada program rangkaian yang telah diatur melalui Arduino IDE jeda waktu perpindahan antara lampu hijau dan lampu kuning adalah 1 detik. Jadi selisih jeda pada saat pengujian dan program pada saat lampu kuning mati dan lampu hijau aktif adalah 0,99 detik. Dan ketika lampu hijau mati dan lampu kuning aktif selisihnya adalah 0,43 detik.

Sedangkan pada pengujian lampu indikator merah pada Tabel 4.8, jeda waktu yang diatur pada program adalah 0,5 detik. Maka selisih pada saat lampu indikator merah aktif lebih cepat 0,04 detik. Dan saat lampu indikator merah mati lebih lambat 0,11 detik saat pengujian.



Gambar 4.14 Gambar Seluruh Rangkaian
Sumber : Penulis 2021

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian perancangan rangkaian pengisian baterai otomatis pada sistem pembangkit listrik tenaga surya dan piezoelektrik sebagai catu daya cadangan untuk rumah tinggal yang telah dibuat dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Dari hasil pengukuran, tegangan yang dihasilkan bergantung pada intensitas cahaya yang mengenai solar cell.
2. Dari pengujian dan pengukuran yang telah dilakukan dapat disimpulkan karena piezoelektrik yang digunakan belum stabil oleh karena itu pengisian dari piezoelektrik tidak dapat dilakukan. mungkin dibutuhkan penelitian lebih lanjut agar piezo yang digunakan dapat lebih stabil sehingga tegangan dan cukup memadai untuk pengisian baterai.
3. Untuk pengisian Baterai bergantung pada cuaca yang terjadi saat pengisian, dan pengisian hanya dapat bersumber dari solar cell.
4. Lama waktu perpindahan lampu indikator juga berjalan dengan baik. Rata-rata waktu perpindahan dari lampu indikator kuning mati dan hijau aktif adalah 1,99 detik, dan perpindahan dari lampu indikator hijau mati dan kuning aktif adalah 1,43. Sehingga selisih jeda pada saat pengujian dan program pada saat lampu kuning mati dan lampu hijau aktif adalah 0,99 detik. Dan ketika lampu hijau mati dan lampu kuning aktif selisihnya adalah 0,43 detik.

5. Lama waktu perpindahan lampu indikator merah berjalan dengan baik, ketika baterai dibawah batas maksimum atau di batas minimum lampu indikator merah akan aktif dan dari hasil pengujian lampu indikator merah aktif lebih cepat 0,04 detik,dan mati lebih lambat 0,11 detik.

5.2 SARAN

Dalam pembuatan tugas akhir ini, penulis memiliki beberapa saran sebagai berikut.

1. Setelah melakukan pengujian terdapat kendala-kendala dari piezoelektrik sebagai saran perlu adanya pengembangan jenis piezoelektrik agar dapat menghasilkan tegangan yang lebih stabil.
2. Untuk pengembangan selanjutnya sebaiknya mengubah sistem kerja alat agar baterai dapat mensuplay beban lebih lama.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Qowi Aziz. 2018. Desain Dan Implementasi Battery Management System Pada Kendaraan Listrik.
- Agny Muhammad Nureza. 2017. Analisis Pengaruh Komposisi Glycine Pada Proses Sintesa Anoda.
- Aryza, S., Irwanto, M., Lubis, Z., Siahaan, A. P. U., Rahim, R., & Furqan, M. (2018). A Novelty Design Of Minimization Of Electrical Losses In A Vector Controlled Induction Machine Drive. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 300, No. 1, p. 012067). IOP Publishing.
- Evan Permana. Dkk. 2016. Jurnal Teknik Industri. Vol. 03, No. 04. ISSN: 2338 – 5081.
- Hamdani, H., Tharo, Z., & Anisah, S. (2019, May). Perbandingan Performansi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Antara Daerah Pegunungan Dengan Daerah Pesisir. In Seminar Nasional Teknik (Semnastek) Uisu (Vol. 2, No. 1, pp. 190-195).
- Heryanto Rusmaryadi. Dkk. 2018. Jurnal Teknik Mesin. Vol. 1, No. 2. p-ISSN: 2621 – 3354.
- Ir. Ida Bagus Ketut Sugrianta, MT. 2019. Draft Buku Ajar Pembangkit Listrik Tenaga Surya.
- Muhammad Baharuddin Arif Aswar. 2018. Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Hybrid Panel Surya (Photovoltaic) Dan Generator Pada Floating Platform.
- Putri, M., Wibowo, P., Aryza, S., & Utama Siahaan, A. P. Rusiadi.(2018). An implementation of a filter design passive lc in reduce a current harmonisa. International Journal of Civil Engineering and Technology, 9(7), 867-873.
- Rafika Andari. 2017. Jurnal Ilmu Dan Inovasi Fisika, Vol. 01, No. 02. ISSN: 2549 – 0516.
- Rahmaniar, R. (2019). Model flash-nr Pada Analisis Sistem Tenaga Listrik (Doctoral Dissertation, Universitas Negeri Padang).
- Suwarti. Dkk. 2018. Analisis Pengaruh Intensitas Matahari, Suhu Permukaan & Sudut Pengarah Terhadap Kinerja Panel Surya.
- Zian Iqtimal. Dkk. 2018. Jurnal Online Teknik Elektro, Vol. 03. No. 01. e-ISSN: 2252 – 7036.