



TUGAS AKHIR – TE145561

**SUMBER TENAGA BLDC MOTOR WATER PUMP
MENGUNAKAN ENERGI CAHAYA MATAHARI
PADA PENYIRAMAN TANAMAN CABAI DALAM
GREENHOUSE**

Baby Ayu Cahaya Putri
NRP 10311500010025

Dosen Pembimbing
Ir. Arif Musthofa, M.T
Yunafi'atul Aniroh, S.T, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO OTOMASI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE145561

**SUMBER TENAGA BLDC MOTOR WATER PUMP
MENGUNAKAN ENERGI CAHAYA MATAHARI PADA
PENYIRAMAN TANAMAN CABAI DALAM
GREENHOUSE**

Baby Ayu Cahaya Putri
NRP 10311500010025

Dosen Pembimbing
Ir. Arif Musthofa, M.T
Yunafi'atul Aniroh, S.T, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO OTOMASI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



FINAL PROJECT - TE145561

**BLDC MOTOR WATER PUMP USING SOLAR ENERGY
POWER SOURCES FOR WATERING PEPPER PLANTS
IN THE GREENHOUSE**

Baby Ayu Cahaya Putri
NRP 10311500010025

Advisor
Ir. Arif Musthofa, M.T
Yunafi'atul Aniroh, S.T, M.Sc.

AUTOMATION ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Vocational
Intitute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul:

Sumber Tenaga *BLDC Motor Water Pump* Menggunakan Energi Cahaya Matahari pada Penyiraman Tanaman Cabai dalam *Greenhouse*

adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 21 Juni 2018

Mahasiswa



Baby Ayu Cahaya Putri

NRP 10311500010025

**SUMBER TENAGA BLDC MOTOR WATER PUMP
MENGUNAKAN ENERGI CAHAYA MATAHARI PADA
PENYIRAMAN TANAMAN CABAI DALAM GREENHOUSE**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik
Pada
Departemen Teknik Elektro Otomasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember



Menyetujui,

Dosen Pembimbing 2

Yunafi Atul Aniroh, S.T. M.Sc.
NIP. 2200201405001

**SURABAYA
JUNI, 2018**

**SUMBER TENAGA *BLDC MOTOR WATER PUMP*
MENGUNAKAN ENERGI CAHAYA MATAHARI PADA
PENYIRAMAN TANAMAN CABAI DALAM *GREENHOUSE***

Nama Mahasiswa : Baby Ayu Cahaya Putri
NRP : 10311500010025
Dosen Pembimbing 1 : Ir. Arif Musthofa, M.T
NIP : 19660811 199203 1 004
Dosen Pembimbing 2 : Yunafi'atul Aniroh, S.T, M.Sc.
NIP : 2200201405001

ABSTRAK

Budidaya cabai membutuhkan irigasi yang baik dan tepat guna agar mendapatkan hasil produksi yang optimal. Energi yang dibutuhkan untuk menjalankan sistem irigasi didapatkan dari cahaya matahari yang dikonversikan menjadi energi listrik dengan *photovoltaic* agar dapat memberikan suplai pada *BLDC motor water pump*. Kestabilan luaran *photovoltaic* dapat diperbaiki dengan sebuah stabilisator berupa *dc to dc converter*. Pada tugas akhir ini dirancang *dc to dc converter* berupa *Non-Inverting Buck Boost (NIBB) converter* yang berasal dari *photovoltaic*. Rangkaian *NIBB converter* dengan tegangan *input* antara 7 volt sampai dengan 11,99 volt dari *photovoltaic* membuat mode *boost* aktif sehingga tegangan *output* stabil 13,8 volt. Sedangkan, rangkaian *NIBB converter* dengan tegangan *input* antara 14,01 volt sampai dengan 23,00 volt dari *photovoltaic* membuat mode *buck* aktif sehingga tegangan *output* stabil 13,8 volt. Tegangan *output buck boost converter* yang telah stabil dapat mengisi *accu* 12 volt. Selanjutnya tegangan *output accu* dinaikkan menjadi 24 volt oleh modul *boost converter* agar dapat mensuplai *BLDC motor water pump* 24 volt.

Kata Kunci : *arduino uno, non-inverting buck boost converter, photovoltaic*

**BLDC MOTOR WATER PUMP USING SOLAR ENERGY POWER
SOURCES FOR WATERING PEPPER PLANTS IN THE
GREENHOUSE**

Name : Baby Ayu Cahaya Putri
Registration Number : 10311500010025
Advisor 1 : Ir. Arif Musthofa, M.T
EIN : 19660811 199203 1 004
Advisor 2 : Yunafi'atul Aniroh, S.T, M.Sc.
EIN : 2200201405001
ouse

ABSTRACT

Pepper plant cultivation requires proper and efficient irrigation to get optimal yield. The energy required to run the irrigation system is derived from sunlight converted to electrical energy by photovoltaic in order to supply the BLDC motor water pump. The stability of the photovoltaic output can be improved with a stabilizer of dc to dc converter. In this final project designed dc to dc converter is a Non-Inverting Buck Boost (NIBB) converter that comes from solar. NIBB converter circuit with input voltage between 7 volts up to 11,99 volts from photovoltaic makes boost mode active so that the output voltage is stable at 13.8 volts. Meanwhile, NIBB converter circuit with input voltage between 14.01 volt up to 23.00 volts from photovoltaic makes the buck mode active so that the output voltage is stable at 13.8 volts. The output voltage of a stable buck boost converter can charge 12 volt accu. Furthermore the output voltage accu be raised to 24 volts by boost converter module in order to supply BLDC motor water pump 24 volts.

Keywords : *arduino uno, non-inverting buck boost converter, photovoltaic*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir sebagai syarat wajib untuk memperoleh gelar ahli madya Departemen Elektro Otomasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan judul :

Sumber Tenaga *BLDC Motor Water Pump* Menggunakan Energi Cahaya Matahari pada Penyiraman Tanaman Cabai dalam *Greenhouse*

Penulis menyadari dengan terselesaikannya penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan tepat waktu.
2. Ayah, Ibu, dan Kakak tercinta yang senantiasa memberikan do'a serta dukungan moral dan spiritual terhadap keberhasilan penulis menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Ir. Arif Musthofa, M.T dan Ibu Yunafi'atul Aniroh, S.T, M.Sc. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang senantiasa memberikan bimbingan, wawasan, pemantauan, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan lancar.
4. Bapak Ir. Joko Susila, M.T dan Bapak Slamet Budiprayitno. ST,MT selaku Ketua Departemen dan Sekretaris Departemen Teknik Elektro Otomasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
5. Seluruh Staf Pengajar di Departemen Teknik Elektro Otomasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Kepala Laboratorium Elektronika Terapan dan Kepala Laboratorium Elektronika Dasar.
6. Rekan seperjuangan Brilian Rachmad Nurwachidin, atas kerja samanya dalam menyelesaikan Tugas Akhir dengan penuh suka dan duka.
7. Teman diskusi Fahad Al Hazmi, S.T yang selalu dengan sabar memberikan bimbingan seputar pengalaman penelitiannya yang telah lalu baik secara langsung maupun tidak kepada penulis

untuk dapat dijadikan acuan serta koreksi agar didapatkan hasil penelitian yang lebih baik.

Penulis menyadari atas keterbatasan ilmu pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki, oleh karena itu penulis akan menerima kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan tugas akhir ini. Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan serta memberikan inspirasi bagi pembaca untuk dapat mengembangkan sel surya yang lebih baik.

Surabaya, Juni 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPEL	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR Error! Bookmark not defined.	
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xiii
KATA PENGANTAR.....	xv
DAFTAR ISI	xix
DAFTAR GAMBAR.....	xxi
DAFTAR TABEL	xxiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	2
1.6 Relevansi	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Photovoltaic</i>	5
2.2 <i>Accumulator</i>	6
2.3 Sensor Tegangan	8
2.4 <i>Buck Boost Converter</i>	10
2.5 <i>Arduino Uno</i>	16
BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT	21
3.1 Blok Fungsional Sistem.....	21
3.2 Perancangan Elektronik.....	22
3.3 Perancangan Penunjang Perangkat Keras.....	30
3.4 Perancangan Perangkat Lunak	32
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA	43
4.1 Pengujian <i>Photovoltaic</i>	44
4.2 Pengujian Sensor Tegangan	47
4.3 Pengujian <i>Buck Boost Converter</i>	55
4.4 Pengujian Keseluruhan.....	57

BAB V PENUTUP	61
5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN A FOTO	65
LAMPIRAN B PROGRAM	67
LAMPIRAN C DATASHEET	73
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Photovoltaic Farm</i>	5
Gambar 2.2	<i>Accumulator</i>	6
Gambar 2.3	Sel Aki.....	7
Gambar 2.4	Sensor Tegangan	9
Gambar 2.5	Rangkaian Dasar Voltage Divider	9
Gambar 2.6	Rangkaian NIBB Converter Mode Buck.....	11
Gambar 2.7	Analisa Switch Tertutup.....	11
Gambar 2.8	Analisa Switch Terbuka	12
Gambar 2.9	Rangkaian NIBB Converter Mode Boost.....	12
Gambar 2.10	Analisa Switch Tertutup.....	13
Gambar 2.11	Analisa Switch Terbuka	13
Gambar 2.12	Rangkaian Non Inverting Buck Boost Converter.....	14
Gambar 2.13	Analisa Switch Tertutup.....	14
Gambar 2.14	Analisa Switch Terbuka	15
Gambar 2.15	Konfigurasi Mikrokontroler Atmega328	17
Gambar 2.16	<i>Arduino Uno</i>	19
Gambar 2.17	Tampilan IDE <i>Arduino</i>	20
Gambar 3.1	Blok Fungsional Kerja Alat.....	21
Gambar 3.2	Rangkaian <i>Non-Inverting Buck Boost Converter</i>	23
Gambar 3.3	Toroid Tipe 55548A2.....	26
Gambar 3.4	Driver Mosfet Buck dan Boost Mode	27
Gambar 3.5	Rangkaian Koneksi Arduino dengan Modul Sensor Tegangan	28
Gambar 3.6	Wiring Sensor Tegangan	29
Gambar 3.7	<i>Wiring Charge Controller</i>	30
Gambar 3.8	Desain <i>Control Box</i>	31
Gambar 3.9	Bagian – Bagian <i>Control Box</i>	32
Gambar 3.10	Flow Chart Pembangkit PWM	34
Gambar 3.11	<i>Flowchart</i> Pembacaan Sensor Tegangan	36
Gambar 3.12	Perancangan Program <i>Charge Controller</i> Pemutus NIBB ke <i>Accu</i>	37
Gambar 3.13	Perancangan Program <i>Charge Controller</i> Pemutus <i>Accu</i> ke Beban.....	37
Gambar 3.14	Perancangan Program Keseluruhan	40
Gambar 4.1	Hasil Implementasi Keseluruhan Sistem.....	43
Gambar 4.2	Hasil Implementasi Rangkaian Keseluruhan Sistem.....	44
Gambar 4.3	Pengujian <i>Photovoltaic</i>	45

Gambar 4.4	Pelaksanaan Pengujian Photovoltaic	45
Gambar 4.5	Grafik Pengujian Tegangan Terhadap Arus	46
Gambar 4.6	Grafik Pengujian Tegangan Terhadap Daya	47
Gambar 4.7	Pengujian Sensor Tegangan	48
Gambar 4.8	Grafik Uji Sensor Tegangan untuk <i>Photovoltaic</i> dengan Pendekatan Polynominal	50
Gambar 4.9	Perbandingan Tegangan Masukkan Sensor dan Alat Ukur	50
Gambar 4.10	Grafik Uji Sensor Tegangan untuk Output Buck-Boost Converter dengan Pendekatan Polynominal.....	52
Gambar 4.11	Perbandingan Tegangan Masukkan Sensor dan Alat Ukur	52
Gambar 4.12	Grafik Uji Sensor Tegangan untuk Output Buck-Boost Converter dengan Pendekatan Polynominal	54
Gambar 4.13	Perbandingan Tegangan Masukkan Sensor dan Alat Ukur	54
Gambar 4.14	Perbandingan Vout pada Sensor dan Alat Ukur	55
Gambar 4.15	Perbandingan Vout pada Sensor dan Alat Ukur	56
Gambar 4.16	Tampilan Kondisi Sistem di LCD.....	58
Gambar 4.17	Kondisi Sistem saat Discharge	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Keadaan Battery Charging	8
Tabel 2.2 Spesifikasi <i>Arduino Uno</i>	17
Tabel 3.1 Parameter <i>Buck Boost Converter</i>	23
Tabel 3.2 Spesifikasi Ukuran Toroid 55548A2	26
Tabel 4.1 Data Perbandingan Nilai Tegangan pada Alat Ukur dan Sensor Tegangan untuk Photovoltaic.....	49
Tabel 4.2 Data Perbandingan Nilai Tegangan pada Alat Ukur dan Sensor Tegangan untuk <i>Output Buck Boost Converter</i>	51
Tabel 4.3 Data Perbandingan Nilai Tegangan pada Alat Ukur dan Sensor Tegangan untuk Output Buck-Boost Converter.....	53
Tabel 4.4 Pengujian dengan <i>Accu</i>	57
Tabel 4.5 Data Terhubung dengan <i>BLDC Motor Water Pump</i>	58

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Cabai merupakan salah satu komoditas hortikultura yang mempunyai nilai ekonomis cukup tinggi karena digunakan sebagai bahan utama pembuatan saos. Industri saos membutuhkan 100 ton cabai merah per hari atau 36.500 ton per tahun. Tingginya kebutuhan akan cabai merah sehingga perlu dilakukan pembudidayaan yang optimal untuk dapat memproduksi cabai merah yang berkualitas. Tanaman cabai rentan akan kelebihan air maupun kekeringan sehingga dibutuhkan tindakan khusus menggunakan *sprinkle irrigation*.

Sprinkle irrigation yang marak diaplikasikan para petani yaitu dengan menggunakan tenaga *diesel* dimana fosil digunakan sebagai bahan bakar. Energi fosil merupakan penyumbang terbesar karbon dioksida (CO₂) dan karbon monoksida (CO), partikel karbon dan hidroksida yang tinggi dimana senyawa ini bersifat racun sehingga menyebabkan efek gas rumah kaca. Selain itu, cadangan fosil yang semakin menipis dan munculnya krisis energi menjadikan manusia berlomba untuk mencari sumber energi terbarukan. Diantaranya turbin angin, tenaga air berskala kecil (mikrohidro), biomassa, *photovoltaic (PV)* dan *fuel cell*. Teknologi yang mudah digunakan yaitu *photovoltaic (PV)* karena energi cahaya matahari didapatkan secara gratis, tidak terbatas dan salah satu energi yang bersih.

Matahari adalah sumber energi utama yang memancarkan energi sangat besar ke permukaan bumi. Energi matahari dijalarakan ke permukaan dan diradiasikan ke luar angkasa. Pemancaran matahari ke permukaan bumi memiliki 30% energi yang akan direfleksikan dan disebarkan kembali ke angkasa, 19% energi diserap oleh atmosfer dan awan, dan 51% diserap oleh permukaan bumi.

Indonesia yang terletak di garis khatulistiwa dan memperoleh cahaya matahari rata-rata 8 jam per hari memiliki potensi energi cahaya matahari yang cukup besar. Cahaya matahari diubah menjadi energi listrik dengan bantuan *photovoltaic*, sehingga menjadikan salah satu alternatif pembangkit tenaga listrik.

Penggunaan cahaya matahari sebagai sumber tenaga bagi *BLDC motor water pump* pada sistem *sprinkle irrigation* turut membantu pemerintah dalam melaksanakan program *Indonesia Clean Energy Development (ICED)* yang telah dimulai pada tahun 2011. Program

ICED ditujukan untuk mendukung pemerintah, sektor swasta dan masyarakat untuk menggunakan energi yang bersih (energi terbarukan, efisien dan dapat dikonservasikan) secara efisien di Indonesia.

Intensitas cahaya matahari yang tidak menentu menyebabkan tegangan keluaran dari *photovoltaic* berubah-ubah. Oleh karena itu, dibutuhkan metode yang dapat menstabilkan tegangan keluaran *photovoltaic*.

Dalam tugas akhir ini akan dibahas mengenai pemanfaatan *photovoltaic* menggunakan topo *buck boost converter* sebagai pembangkit tenaga listrik untuk mensuplai tegangan masukan pada *BLDC Motor Water Pump* agar dapat menyirami tanaman cabai merah.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana cara merancang dan membuat sebuah *dc to dc converter* dengan metode *Non Inverting Buck Boost Converter (NIBB)* sebagai suplai *BLDC motor water pump* dalam *greenhouse* dengan memanfaatkan energi cahaya matahari?

1.3 Tujuan

Tugas akhir ini bertujuan untuk merancang dan membuat sebuah *dc to dc converter* dengan metode *Non Inverting Buck Boost Converter (NIBB)* sebagai suplai *BLDC motor water pump* dalam *greenhouse* dengan memanfaatkan energi cahaya matahari.

1.4 Batasan Masalah

Tugas akhir ini terdapat beberapa batasan masalah yaitu sebagai berikut:

- a. Menggunakan *photovoltaic 50WP*.
- b. Menggunakan topologi *Non Inverting Buck Boost (NIBB) converter* sebagai penstabil tegangan masukan pada aki 13,8 volt.
- c. Mikrokontroler menggunakan *arduino uno*.
- d. Mensuplai *BLDC motor water pump 54 watt 24 volt* untuk penyiraman tanaman cabai merah.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika yang digunakan dalam penulisan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- BAB I : Pendahuluan**
Pendahuluan berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, sistematika penulisan dan relevansi.
- BAB II : Tinjauan Pustaka**
Tinjauan pustaka berisi tentang teori dan konsep dasar penunjang penelitian mengenai *photovoltaic*, *Accumulator*, *buck boost converter*, sensor tegangan dan *arduino uno*.
- BAB III : Perencanaan dan Pembuatan Alat**
Perencanaan dan pembuatan alat berisi tentang perancangan dan pembuatan *hardware* yang meliputi perangkaian *photovoltaic*, *charge controller* untuk pengisian aki, *buck boost converter* serta software berupa program untuk membangkitkan *Pulse Width Modulation (PWM)* pada *Arduino Uno*.
- BAB IV : Pengujian dan Analisa**
Pengujian dan analisa ini berisi tentang pengukuran, pengujian, dan penganalisaan terhadap komponen-komponen fisik seperti pengukuran tegangan *input* dan *output* pada *buck boost converter* , pengujian keseluruhan *battery charging*, serta *input* bagi *BLDC Motor Water Pump* agar dapat aktif.
- BAB VI : Penutup**
Penutup ini berisi kesimpulan umum dari hasil analisa dan saran yang berlaku bagi penelitian selanjutnya.

1.6 Relevansi

Tugas akhir ini bertujuan untuk membuat suatu alat penyiraman (irigasi) secara otomatis untuk tanaman cabai yang ramah lingkungan karena menggunakan sumber dari matahari.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

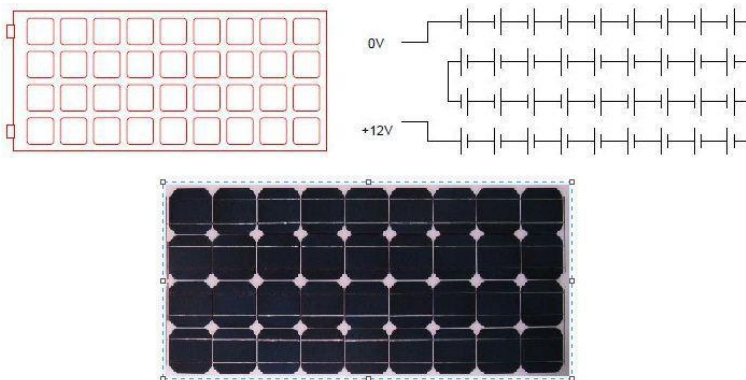
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Photovoltaic* [1]

Photovoltaic adalah alat teknologi berupa material semikonduktor yang mengubah secara langsung energi cahaya matahari menjadi energi listrik. *PV* biasanya dikemas dalam sebuah unit yang disebut modul. Modul *photovoltaic* adalah sejumlah sel *photovoltaic* yang dirangkai secara seri maupun paralel, untuk meningkatkan tegangan maupun arus yang dihasilkan sehingga cukup untuk pemakaian sistem catu daya beban.

Sel *photovoltaic* dapat dianalogikan sebagai divais dengan dua terminal atau sambungan, dimana saat kondisi gelap atau tidak cukup cahaya berfungsi seperti dioda, dan saat disinari dengan cahaya matahari dapat menghasilkan tegangan. Ketika disinari, umumnya satu sel menghasilkan tegangan DC sebesar 0,5 volt sampai 1 volt, dan arus *short-circuit* dalam skala milliampere per cm². Besar tegangan dan arus ini tidak cukup untuk berbagai aplikasi, sehingga umumnya sejumlah sel surya disusun secara seri membentuk modul surya.

Satu modul *photovoltaic* biasanya terdiri dari 28-36 sel dan total menghasilkan tegangan DC sebesar 12 V dalam kondisi penyinaran standar seperti pada gambar 2.1. Modul surya tersebut bisa digabungkan secara paralel atau seri untuk memperbesar total tegangan dan arus outputnya sesuai dengan daya yang dibutuhkan untuk aplikasi tertentu.



Gambar 2.1 *Photovoltaic Farm*

Permukaan *photovoltaic* harus selalu mengarah ke matahari agar mendapat intensitas cahaya matahari yang tinggi untuk menghasilkan keluaran energi listrik yang maksimum.

Daya listrik yang dihasilkan *photovoltaic* berupa daya listrik DC yang nantinya akan disimpan dalam suatu wadah yang dinamakan baterai. Daya listrik DC tidak dapat langsung digunakan pada rangkaian listrik rumah atau bangunan sehingga harus mengubah daya listrik DC yang tersimpan didalam baterai menjadi daya listrik AC. Dengan menggunakan konverter inilah maka daya listrik DC dapat berubah menjadi daya listrik AC sehingga sekarang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik.

2.2 *Accumulator* [2]

Accumulator atau aki adalah alat elektro kimia yang dibuat untuk mensuplai listrik ke komponen kelistrikan. Baterai menyimpan listrik dalam bentuk energi kimia, yang dikeluarkannya bila diperlukan dan mensuplainya ke masing-masing sistem kelistrikan atau alat yang memerlukannya.

Dalam sebuah aki berlangsung proses elektrokimia yang *reversible* (bolak-balik) dengan efisiensi yang tinggi. Proses elektrokimia *reversible* yaitu saat aki dipakai, berlangsung proses pengubahan energi kimia menjadi energi listrik (*discharging*). Sedangkan saat diisi atau dimuati, terjadi proses tenaga listrik menjadi tenaga kimia (*charging*).

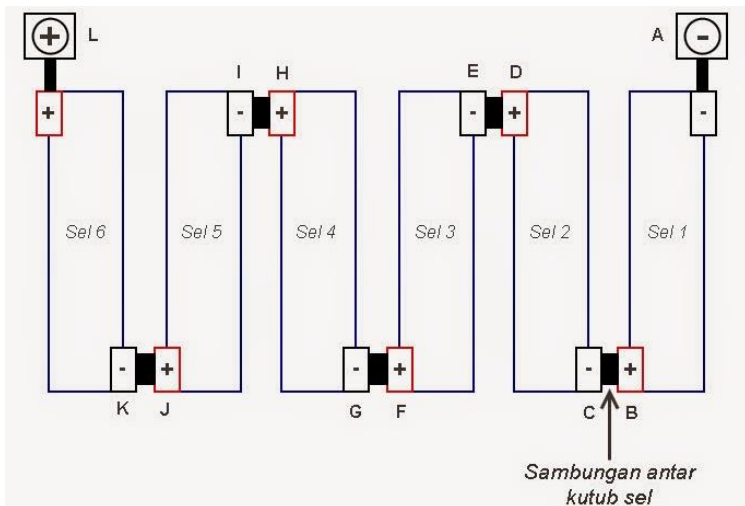


Gambar 2.2 *Accumulator*

Pada gambar 2.2 adalah gambar dari sebuah aki bermerk YUASA dengan spesifikasi 12 V 12,0 Ah. Kapasitas aki sebesar 12 V 32 Ah memiliki makna bahwa aki tersebut mampu mensuplai listrik dengan tegangan 12 volt dan arus sebanyak 12 ampere dalam waktu satu jam. Sehingga, jika aki digunakan untuk mensuplai peralatan elektronik yang memiliki tegangan kerja sebesar 12 volt dan arus 12 ampere, maka aki hanya dapat dipakai selama satu jam saja.

Menurut standar internasional, setiap satu sel aki memiliki tegangan sebesar 2 volt, artinya aki yang memiliki tegangan 6 V memiliki 3 sel yang dipasang secara seri ($6\text{ V} = 3 \times 2\text{ V}$), seperti pada gambar 2.3 tegangan 12 V terdiri dari 6 sel yang dipasang secara seri ($12\text{ V} = 6 \times 2\text{ V}$), serta 24 V terdiri dari 12 sel yang dipasang secara seri ($24\text{ V} = 12 \times 2\text{ V}$).

Kapasitas aki saat digunakan perjamnya yang disebut AH (*Ampere-Hour*). Dalam pengisian aki terdapat standar level dimana aki dapat dikatakan penuh. Tegangan baterai saat terisi penuh memiliki nilai di atas 15%-25% dari rating tegangan baterai.



Gambar 2.3 Sel Aki

Berdasarkan Tabel 2.1, pada umumnya dalam kondisi optimal, aki dikatakan penuh saat pengisian mencapai 80%. Jika pengisian lebih

dari 80% akan mengalami *over charge* yang dapat merusak aki. Selain itu aki dapat dikatakan kosong atau tidak dapat digunakan ketika pengisian mencapai 20%. Pada level tersebut maka aki harus segera diisi.

Tabel 2.1 Keadaan Battery Charging

STATE OF CHARGE				
	V Open Circuit	V Open Circuit	V Open Circuit	V Open Circuit
Charge	6-V battery	12-V battery	24-V battery	48-V battery
100%	6,37	12,73	25,46	50,92
90%	6,31	12,62	25,24	50,48
80%	6,25	12,5	25	50
70%	6,19	12,37	24,74	49,48
60%	6,12	12,24	24,48	48,96
50%	6,05	12,1	24,2	48,4
40%	5,98	11,96	23,92	47,84
30%	5,91	11,81	23,62	47,24
20%	5,83	11,66	23,32	46,64
10%	5,75	11,51	23,02	46,04

Arus ideal saat pengisian aki adalah 10% sampai 30% dari arus aki. Lama pengisian aki berkisar 4,5 jam sampai 10 jam. *Charger* aki dengan arus yang besar menyebabkan aki cepat penuh, namun aki akan mendidih dan panas serta beresiko sel pada aki melengkung dan rusak. *Voltage charger* biasanya diatur 110% sampai 120% dari nominal tegangan aki. Bila aki 12 volt maka tegangan charger harus sekitar 13,2 volt sampai 14,4 Volt.

2.3 Sensor Tegangan [3]

Sensor tegangan berfungsi membaca nilai tegangan suatu rangkaian. Arduino dapat membaca nilai tegangan dengan memanfaatkan pin analog. Jika range tegangan yang dibaca diantara 0V sampai 5V bisa langsung menggunakan pin analog, sedangkan jika range tegangan yang dibaca lebih dari 5V harus menggunakan rangkaian

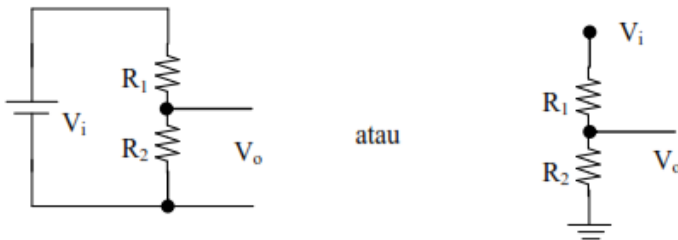
tambahan yakni pembagi tegangan (voltage divider) karena pin arduino bekerja pada tegangan maksimal 5V. Bentuk fisik sensor tegangan yang digunakan dapat dilihat pada gambar 2.4 umumnya berupa sebuah rangkaian pembagi tegangan atau yang biasa disebut voltage divider.



Gambar 2.4 Sensor Tegangan

Rangkaian pembagi tegangan biasanya digunakan untuk membuat suatu tegangan referensi dari sumber tegangan yang lebih besar, titik tegangan referensi pada sensor, untuk memberikan bias pada rangkaian penguat atau untuk memberi bias pada komponen aktif.

Rangkaian pembagi tegangan pada dasarnya dapat dibuat dengan 2 buah resistor, contoh rangkaian dasar pembagi tegangan dengan output V_{out} dari tegangan sumber V_{in} menggunakan resistor pembagi tegangan R_1 dan R_2 seperti pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Rangkaian Dasar Voltage Divider

Tahanan efektif dari kedua resistor seri ini adalah $R_1 + R_2$. Jatuh tegangan pada gabungan kedua resistor ini adalah V_{in} , menurut Hukum Ohm arus yang mengalir yaitu:

$$I = \frac{V_{in}}{R_1 + R_2} \dots\dots\dots(2.1)$$

Tegangan pada R_2 menjadi :

$$V_{out} = I \times R_2 \dots\dots\dots(2.2)$$

Mensubstitusikan persamaan 2.1 dengan persamaan 2.2, maka menghasilkan persamaan 2.3.

$$V_{out} = \frac{V_{in} \times R_2}{(R_1 + R_2)} \dots\dots\dots(2.3)$$

Persamaan 2.3 adalah persamaan untuk menghitung tegangan output yang dihasilkan oleh sebuah rangkaian pembagi tegangan. Dengan memilih dua buah resistor dengan nilai tahanan yang sesuai, kita dapat memperoleh nilai tegangan output manapun didalam kisaran 0 volt hingga V_{in} .

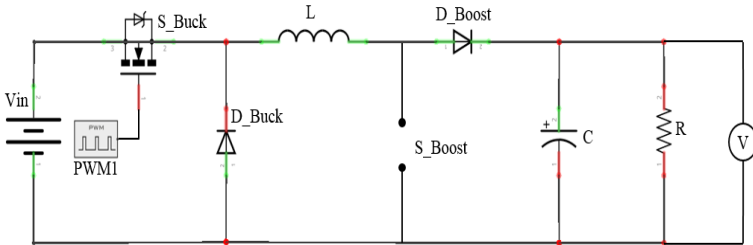
2.4 Buck Boost Converter [4]

Buck boost converter adalah konverter DC (*direct current*) yang *output* tegangan dapat lebih besar atau lebih kecil dari tegangan input dan berfungsi untuk mengubah level tegangan DC, baik ke level yang lebih rendah dan ke level yang lebih tinggi. Rangkaian *Non-Inverting Buck-Boost (NIBB)* menggunakan dua buah *switch mode buck* dan *switch mode boost*.

Rangkaian *NIBB* mempunyai tiga mode pengoperasian, yakni mode *buck*, *boost* dan *buck-boost*. Ketika tegangan *input* dibawah tegangan yang diinginkan maka rangkaian akan berubah menjadi *mode boost*. Sebaliknya ketika tegangan *input* diatas tegangan yang diinginkan, maka mode akan berubah ke mode *buck*. Ketika tegangan *input* stabil mendekati tegangan yang diinginkan, maka bekerja pada mode *buck-boost*.

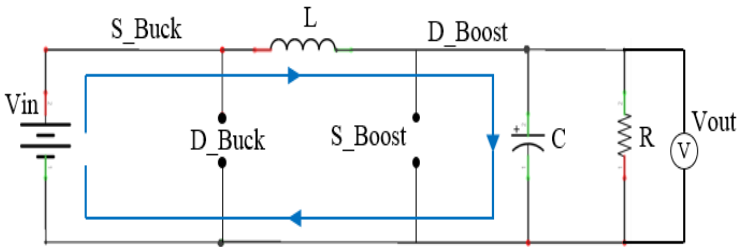
2.4.1 Mode Buck

Mode *buck* seperti rangkaian pada gambar 2.6, *switch buck* akan mendapat sinyal *switching* dari PWM1, sedangkan *switch boost* mendapat sinyal *switching* PWM2 dengan nilai *duty-cycle* (D) = 0, sehingga *switch boost* akan *open*.



Gambar 2.6 Rangkaian NIBB Converter Mode Buck

Analisa rangkaian terbagi menjadi dua yaitu analisa saklar tertutup dan terbuka. Analisa *switch* tertutup mode *buck* pada gambar 2.7, ketika *switch buck* kondisi ON (*close*) sedangkan dioda 1 bekerja *reverse-bias* dan dioda 2 bekerja *forward-bias*, sehingga arus akan mengisi induktor sekaligus menyuplai beban.



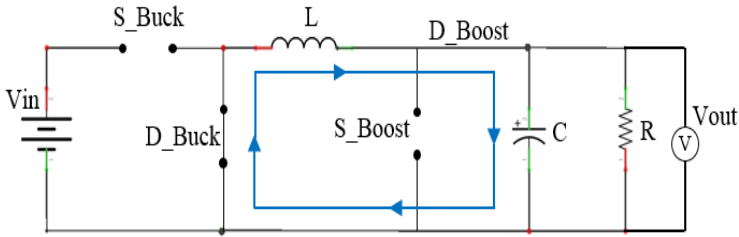
Gambar 2.7 Analisa Switch Tertutup

$$V_i = V_L + V_o$$

$$V_L = L \frac{di}{dt}$$

$$V_i = L \frac{\Delta i}{\Delta t_{on}} + V_o \dots \dots \dots (2.4)$$

Analisa *switch* terbuka pada gambar 2.8 ketika *switch buck open* maka Dioda 1 dan diode 2 bekerja *forward-bias*, arus yang tersimpan di induktor akan menyuplai beban (*discharging*).



Gambar 2.8 Analisa Switch Terbuka

$$V_o = -V_L$$

$$V_o = -L \frac{di}{dt} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dengan persamaan nilai V_{in} pada persamaan 2.4 dan nilai V_{out} pada persamaan 2.5 maka didapatkan nilai V_{out} mode *buck* adalah pada persamaan 2.6 sebagai berikut:

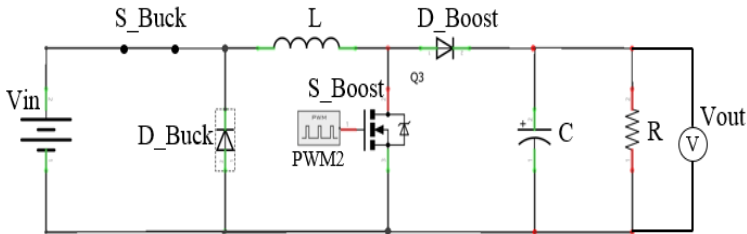
$$V_i = V_o \frac{t_{off}}{t_{on}} + V_o$$

$$V_i = V_o \left(\frac{t_{off}}{t_{on}} + 1 \right)$$

$$V_o = V_i \cdot D \dots \dots \dots (2.6)$$

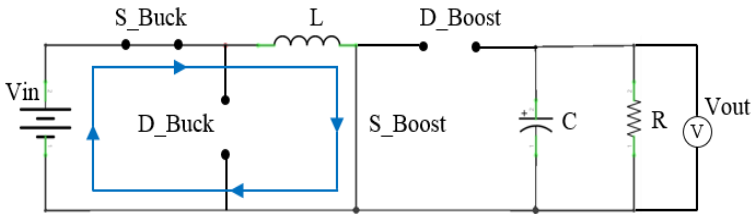
2.4.2 Mode Boost

Pada mode boost seperti pada gambar 2.9, *switch boost* mendapat sinyal switching PWM2. *Switch buck* mendapat sinyal PWM1 (duty-cycle=1) dan selalu close.



Gambar 2.9 Rangkaian NIBB Converter Mode Boost

Pada mode boost ini analisa rangkaian terbagi menjadi dua, analisa switch tertutup dan terbuka. Analisa *switch* tertutup pada mode *boost* pada gambar 2.10, ketika *switch boost* pada kondisi ON (*close*), D1 dan D2 bekerja *reverse*-bias, sehingga arus akan mengisi induktor. Polaritas induktor pada sisi kiri lebih positif dibandingkan sisi kanannya.



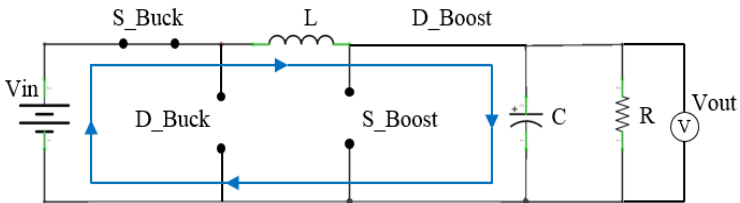
Gambar 2.10 Analisa Switch Tertutup

$$V_i = V_L$$

$$V_i = L \frac{di}{dt}$$

$$V_i \cdot t_{on} = L \Delta i \dots \dots \dots (2.7)$$

Analisa *switch* terbuka pada gambar 2.11, ketika *Switch boost* *open* maka D1 bekerja *reverse* bias dan D2 bekerja *forward* bias, arus yang tersimpan di induktor akan berkurang karena impedansi yang lebih tinggi. Berkurangnya arus pada induktor menyebabkan induktor tersebut membalik polaritasnya (lebih negatif dari sisi kiri) sehingga arus yang mengalir pada dioda dan pada beban adalah penjumlahan antara arus pada sumber dan arus pada induktor. Disaat yang bersamaan kapasitor akan melakukan penyimpanan energi dalam bentuk tegangan. *Boost converter* memiliki luaran lebih tinggi dibandingkan tegangan *input*.



Gambar 2.11 Analisa Switch Terbuka

$$V_o = V_i + V_L$$

$$V_o = L \frac{\Delta i}{t_{off}} + V_i \dots \dots \dots (2.8)$$

Dengan mensubstitusikan nilai V_{in} pada persamaan 2.7 dan nilai V_{out} pada persamaan 2.8 sehingga didapatkan nilai V_{out} pada mode boost pada persamaan 2.9 sebagai berikut :

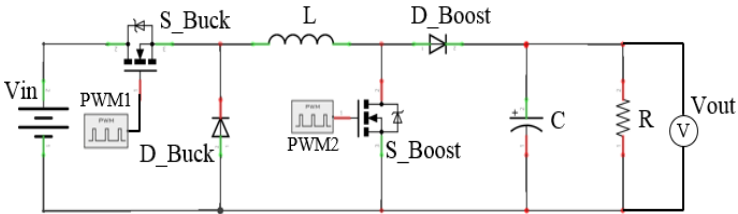
$$V_o = V_i + V_i \frac{t_{on}}{t_{off}}$$

$$V_o = V_i \left(1 - \frac{t_{on}}{t_{off}} \right)$$

$$V_o = V_i \frac{1}{(1-D)} \dots \dots \dots (2.9)$$

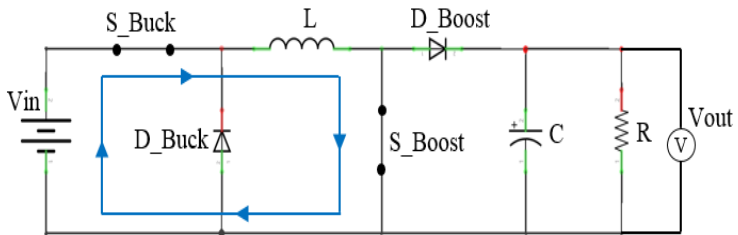
2.4.3 Mode Buck Boost [4]

Pada mode *buck-boost switch buck* dan *switch boost* mendapat sinyal *switching* PWM1 dan PWM2 seperti rangkaian pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 Rangkaian Non Inverting Buck Boost Converter

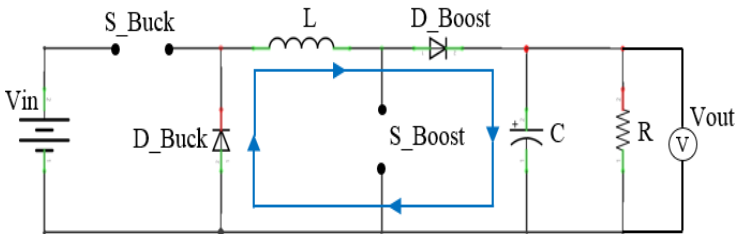
Prinsip kerja rangkaian mode *buck-boost* ini dibagi menjadi dua yaitu analisa switch tertutup dan switch terbuka.



Gambar 2.13 Analisa Switch Tertutup

Pada gambar 2.13 menunjukkan rangkaian *buck-boost* dengan analisa *switch* tertutup dimana *switch buck* dan *switch boost* aktif (*closed*). Hal ini menyebabkan dioda 1 dan dioda 2 bekerja *reverse-bias* sehingga arus akan mengisi induktor L (*charging*) dan arus induktor (IL) naik sampai arus maksimum dari induktor. Dengan rumus penurunan pada analisa *switch* tertutup adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 V_i &= V_L \\
 V_i &= L \frac{di}{dt} \\
 V_i &= L \frac{di}{T_{ON}} \dots\dots\dots(2.10)
 \end{aligned}$$



Gambar 2.14 Analisa Switch Terbuka

Rangkaian *buck-boost* dengan analisa *switch* terbuka dimana *switch buck* dan *switch boost* OFF (*open*) ditunjukkan pada Pada gambar 2.14. Kedua dioda bekerja *forward bias* dan arus yang tersimpan pada induktor L akan menyuplai ke beban (*discharging*). Dengan rumus penurunan pada saat mode saklar terbuka adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 V_o &= V_L \\
 V_o &= L \frac{di}{dt} \\
 V_o &= L \frac{di}{T_{OFF}} \\
 L \cdot di &= V_o \cdot T_{OFF} \dots\dots\dots(2.11)
 \end{aligned}$$

Ketika mode saklar tertutup pada persamaan 2.10 dan terbuka pada persamaan 2.11 disubstitusikan, maka akan diperoleh persamaan tegangan *output* rangkaian *buck boost converter* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 V_i &= \frac{V_o \cdot T_{OFF}}{T_{ON}} \\
 T_{ON} &= D \cdot T \\
 T_{ON} &= (1 - D) \cdot T \\
 V_i &= \frac{V_o (1-D) \cdot T}{D \cdot T} \\
 V_i &= \frac{V_o (1-D)}{D} \\
 V_o &= \frac{V_i \cdot D}{1-D} \dots\dots\dots(2.12)
 \end{aligned}$$

2.5 Arduino Uno [5]

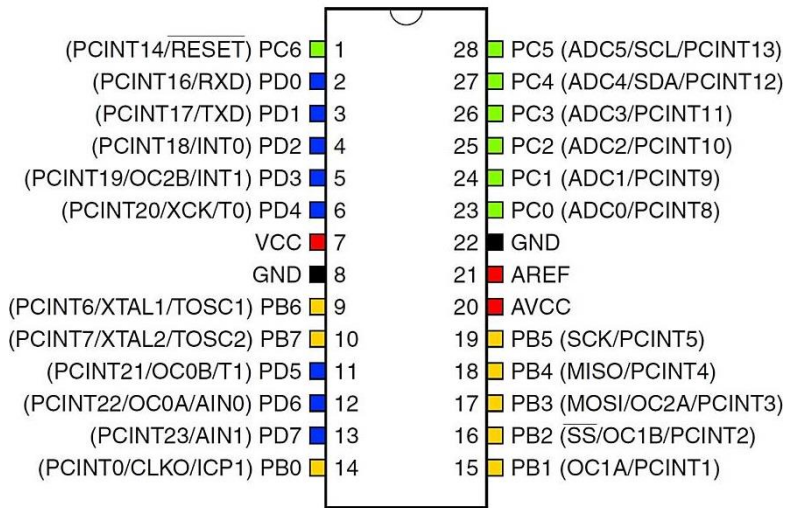
Mikrokontroler adalah sebuah chip yang berfungsi sebagai pengontrol atau pengendali rangkaian elektronik dan umumnya dapat menyimpan program didalamnya. Penggunaan mikrokontroler lebih menguntungkan dibandingkan penggunaan mikroprosesor. Hal ini dikarenakan dengan mikrokontroler tidak perlu lagi penambahan memori dan I/O eksternal selama memori dan I/O internal masih bisa mencukupi.

Penggunaan mikrokontroler dapat ditemui pada berbagai peralatan, misalnya peralatan yang terdapat di rumah, seperti telpon digital, microwave oven, televisi, mesin cuci, sistem keamanan rumah, PDA, dan lain-lain. Mikrokontroler dapat kita gunakan untuk berbagai plikasi misalnya untuk pengendalian, otomasi industri, akuisisi data, telekomunikasi dan lain-lain. Mikrokontroler yang ada di pasaran yaitu Intel 8048 dan 8051(MCS51), Motorola 68HC11, Microchip PIC, Hitachi H8, dan Atmel AVR.

Arduino adalah pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open-source*, diturunkan dari *wiring platform*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. *Hardware* dalam arduino memiliki prosesor Atmel AVR dan menggunakan *software* dan bahasa sendiri.

2.5.1 Perangkat Keras Arduino Uno

ATmega328 adalah mikrokontroler keluaran atmel yang merupakan anggota dari keluarga AVR 8-bit. Bentuk fisik ATmega328 dapat dilihat pada gambar 2.15 adalah mikrokontroler keluaran dari atmel yang mempunyai arsitektur *Reduce Instruction Set Computer (RISC)* yang mana setiap proses eksekusi data lebih cepat dari pada arsitektur *Completed Instruction Set Computer (CISC)*.



Gambar 2.15 Konfigurasi Mikrokontroler Atmega328

Arduino uno adalah sebuah *board* mikrokontroler yang berbasis ATmega328 serta memiliki 14 pin input atau output dimana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 6 analog input, *crystal* osilator 16 MHz, koneksi *USB*, *jack power*, kepala ICSP, dan tombol reset. Mikrokontroler ini memiliki beberapa fitur seperti pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Spesifikasi *Arduino Uno*

Parameter Name	Technical
Microcontroller	RISC Atmega328 –Atmel
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V

Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 Ma
DC Current for 3.3V Pin	50 Ma
Flash Memory	32 KB (of which 0.5 KB used by bootloader)
SRAM	2KB
EEPROM	1KB
Clock Speed	16 MHz
USB Host Chip	MAX3421E
Width	53.4 mm
Length	68.6 mm
Weight	25 g

Arduino uno dapat diaktifkan melalui koneksi USB *port* pada komputer dengan menggunakan USB *charger* atau dengan catu daya eksternal dapat berasal baik dari AC ke adaptor DC atau baterai. Jika tidak terdapat *power supply* yang melalui AC *adapter*, maka papan arduino akan mengambil daya dari USB *port*. Tetapi apabila diberikan daya melalui AC *adapter* secara bersamaan dengan USB *port* maka papan arduino akan mengambil daya melalui AC *adapter* secara otomatis.

Adaptor ini dapat dihubungkan dengan menancapkan *plug jack* pusat positif ukuran 2.1 mm konektor *power*. Ujung kepala dari baterai dapat dimasukkan kedalam *GND* dan *Vin* pin *header* dari konektor *power*. Daya yang disarankan untuk *board arduino Uno* adalah 7 volt sampai dengan 12 volt, jika diberi daya kurang dari 7 volt pin 5V dapat beroperasi tetapi tidak stabil dan jika diberi daya lebih dari 12V, regulator tegangan bisa panas dan dapat merusak *board arduino uno*.

Bagian-bagian dari *board arduino uno* seperti pada gambar 2.16 memiliki spesifikasi sebagai berikut :

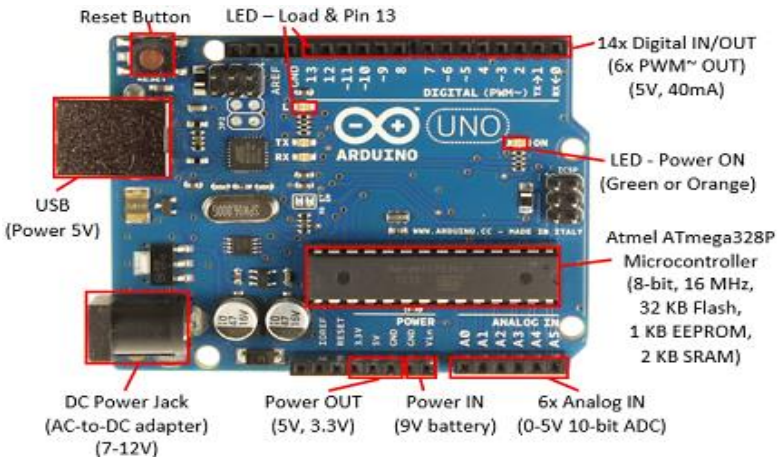
1. 14 pin IO Digital (pin 0–13)

Sejumlah pin digital dengan nomor 0–13 yang dapat dijadikan *input* atau *output* yang diatur dengan cara membuat program IDE.

2. 6 pin *Input Analog* (pin 0–5)

Sejumlah pin analog bernomor 0–5 yang dapat digunakan untuk membaca nilai *input* yang memiliki nilai analog dan mengubahnya ke dalam angka antara 0 dan 1023.

3. 6 pin *Output* Analog (pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11)
 Sejumlah pin yang sebenarnya merupakan pin digital tetapi sejumlah pin tersebut dapat diprogram kembali menjadi pin *output* analog dengan cara membuat programnya pada IDE.



Gambar 2.16 *Arduino Uno*

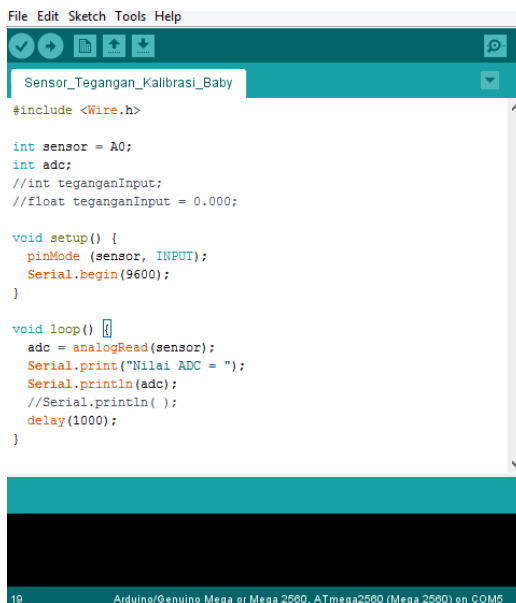
2.5.2 Perangkat Lunak Arduino Uno

Perangkat lunak *arduino* yang digunakan adalah IDE, walaupun masih ada beberapa perangkat lunak lain yang sangat berguna selama pengembangan *arduino*. *Integrated Development Environment (IDE)* adalah suatu program untuk komputer agar dapat membuat suatu rancangan atau sketsa program untuk *board arduino* yang ditulis dengan menggunakan java.IDE seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.17.

IDE dipublikasikan sebagai *open source*, tersedia bagi para pemrogram berpengalaman untuk pengembangan lebih lanjut. Bahasanya bisa dikembangkan lebih lanjut melalui pustaka C++ yang berbasis pada Bahasa C untuk AVR. IDE *Arduino* terdiri dari:

- a. Editor program yaitu sebuah *window* yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa C atau C++ yang disederhanakan.

- b. *Compiler* yaitu pengubah kode program (bahasa C atau C++) menjadi kode biner.
- c. *Uploader* yaitu sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke dalam memori didalam *arduino board*.



```
File Edit Sketch Tools Help
Sensor_Tegangan_Kalibrasi_Baby
#include <Wire.h>

int sensor = A0;
int adc;
//int teganganInput;
//float teganganInput = 0.000;

void setup() {
  pinMode(sensor, INPUT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  adc = analogRead(sensor);
  Serial.print("Nilai ADC = ");
  Serial.println(adc);
  //Serial.println( );
  delay(1000);
}

19 Arduino/Genuino Mega or Mega 2560, ATmega2560 (Mega 2560) on COM5
```

Gambar 2.17 Tampilan IDE *Arduino*

Sebuah kode program *arduino* umumnya disebut dengan istilah *sketch*. Kata “*sketch*” digunakan secara bergantian dengan “kode program” dimana keduanya memiliki arti yang sama. Program *arduino* menggunakan bahasa C, walaupun terdapat bahasa pemrograman tingkat tinggi lain seperti *Pascal*, *Cobol*, *Basic* dan lain sebagainya.

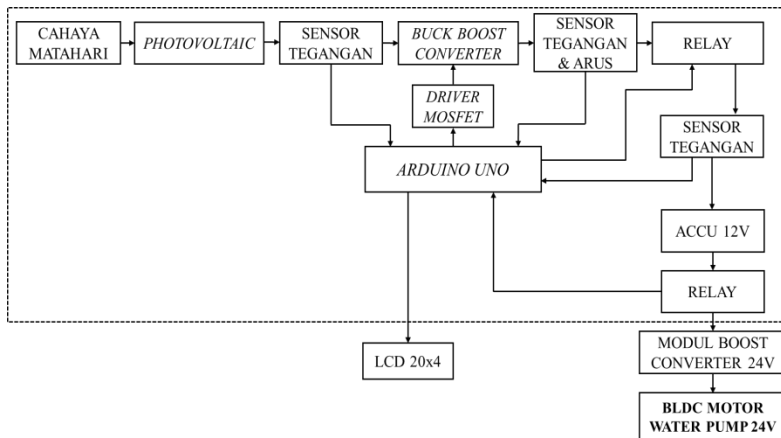
BAB III

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Pada bab ini akan dibahas mengenai perancangan perangkat keras dan lunak yang dilakukan dengan metode penelitian berdasarkan pada studi kepustakaan berupa data-data literatur dari masing-masing komponen, informasi dari internet, dan konsep-konsep teoritis dari buku-buku penunjang.

3.1 Blok Fungsional Sistem

Perancangan alat yang akan diaplikasikan yaitu pada gambar 3.1. Mensuplai *BLDC Motor Water Pump* untuk penyiraman tanaman cabai menggunakan energi dari cahaya matahari dengan *photovoltaic* 50W 12V. Alat mulai bekerja ketika *photovoltaic* disinari oleh matahari. Cahaya matahari ditangkap oleh *photovoltaic* akan diubah ke dalam energi listrik.



Gambar 3.1 Blok Fungsional Kerja Alat

Tegangan yang dikeluarkan oleh *photovoltaic* akan terbaca oleh sensor tegangan pertama, selanjutnya informasi akan dikirimkan pada *arduino uno* agar dapat memberi perintah pada *buck boost converter* yang berfungsi untuk menaikkan maupun menurunkan tegangan menjadi nilai yang sesuai dengan tegangan standart untuk pengisian *Accu*.

Apabila tegangan keluaran dari *buck boost converter* tidak sesuai dengan nilai tegangan *Accu*, maka tegangan tersebut akan terbaca oleh sensor tegangan dan mengirimkan sinyal ke *arduino uno*. Jika tegangan keluaran *buck boost converter* kurang dari nilai tegangan standart pengisian *Accu*, maka *arduino uno* akan menaikkan nilai *Pulse Width Modulation (PWM)* pada mode *boost converter*. Jika keluaran *buck boost converter* lebih dari nilai tegangan standart pengisian *accu*, maka *arduino uno* akan menurunkan nilai *Pulse Width Modulation (PWM)* pada mode *buck converter*.

Tegangan keluaran *buck boost converter* akan dibaca oleh sensor tegangan kedua untuk memastikan bahwa tegangan yang dihasilkan sesuai dengan tegangan standart pengisian *accu* yaitu 13,2 volt sampai dengan 14,4 volt. Namun, tegangan pengisian *accu* yang digunakan pada tugas akhir ini yaitu 13,8 volt.

Setelah *Accu* terisi, *accu* tidak dapat langsung mensuplai *BLDC motor water pump 24 volt* karena *accu* yang digunakan hanya berkapasitas 12 volt. Sehingga diperlukan *boost converter* untuk menaikkan tegangan menjadi 24 volt agar dapat mensuplai pompa.

Apabila tegangan *accu* hampir mencapai 80% dari kapasitas, maka sensor tegangan ketiga akan mengirim informasi ini kepada *arduino uno* yang selanjutnya akan memberi perintah kepada *charge controller* untuk *reconnect accu* dengan *photovoltaic*. Sedangkan, ketika tegangan *accu* hampir mencapai 20% dari kapasitas maka sensor tegangan ketiga akan mengirim informasi kepada *arduino uno* yang selanjutnya akan memberi perintah kepada *charge controller* untuk *reconnect accu* dengan *BLDC motor water pump*.

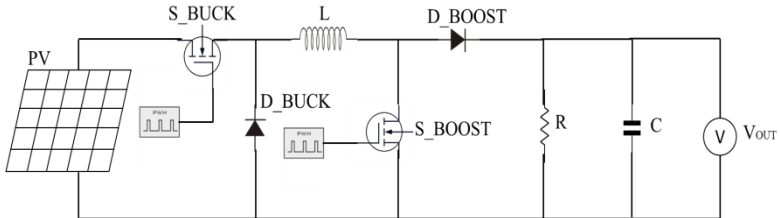
3.2 Perancangan Elektronik

Pembahasan yang akan dibahas pada perancangan elektronik yaitu meliputi perancangan *buck boost converter*, perancangan induktor, perancangan driver mosfet, *setting* pin sensor tegangan dan *setting* pin *charge controller*

3.2.1 Perancangan Buck Boost Converter

Desain rangkaian *buck boost converter* pada gambar 3.2 menggunakan dua mosfet sebagai *switch* menurunkan tegangan (*buck mode*) dan menaikkan tegangan (*boost mode*) melalui pengaturan *duty cycle* PWM yang dihasilkan dari *arduino uno*. Rangkaian *buck boost converter* seperti pada gambar 3.2 digunakan untuk menstabilkan

tegangan luaran *solar cell*. Tegangan luaran yang di harapkan mencapai 13,8 Volt.



Gambar 3.2 Rangkaian *Non-Inverting Buck Boost Converter*

Desain konverter dimulai dengan penentuan range tegangan kerja dari sistem. Parameter ini akan berpengaruh pada besarnya nilai induktor, kapasitor serta komponen lainnya. *Non Inverting Buck Boost (NIBB) Converter* yang diaplikasikan dengan parameter yang ditunjukkan pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Parameter *Non Inverting Buck Boost Converter*

No.	Parameter	Nilai
1.	Tegangan input minimal	7 volt
2.	Tegangan input maksimal	23 volt
3.	Tegangan Output	13,8 volt
4.	Frekuensi Switching	15.000
5.	Ripple Arus Induktor	20%
6.	Ripple Tegangan Output	1%

Komponen-komponen yang digunakan pada pembuatan *buck boost converter* harus diperhitungkan agar mendapat nilai yang sesuai. Berikut perhitungan komponen-komponen yang akan digunakan sesuai dengan *Texas Instruments* yang berjudul “*Design Calculations for Buck Boost Converter*”:

1. Menentukan nilai duty cycle (D) pada dua mode yaitu buck mode dan boost mode. Pada buck mode dengan $V_{inmax} = 23$ volt sehingga didapat nilai sebagai berikut,

$$D_{buck} = \frac{V_{out} \cdot \mu}{V_{inmax}}$$

$$D_{\text{buck}} = \frac{13,8 \cdot 0,9}{23}$$

$$D_{\text{buck}} = \frac{12,42}{23}$$

$$D_{\text{buck}} = 0,54$$

Sedangkan pada boost mode dengan dengan $V_{\text{inmin}} = 7$ volt sehingga didapat nilai sebagai berikut,

$$D_{\text{boost}} = 1 - \frac{V_{\text{inmin}} \cdot \mu}{V_{\text{out}}}$$

$$D_{\text{boost}} = 1 - \frac{7 \cdot 0,9}{13,8}$$

$$D_{\text{boost}} = 1 - 0,456$$

$$D_{\text{boost}} = 0,54$$

- Menentukan nilai induktor (L) pada *buck mode* dan *boost mode*. Pada *buck mode* dengan $V_{\text{inmax}} = 23$ volt sehingga didapat nilai sebagai berikut,

$$L > \frac{V_{\text{out}} (V_{\text{inmax}} - V_{\text{out}})}{K_{\text{ind}} \times f_{\text{sw}} \times V_{\text{inmax}} \times I_{\text{out}}}$$

$$L > \frac{13,8 (23 - 13,8)}{0,2 \times 15000 \times 23 \times 3,4392}$$

$$L > \frac{13,8 (9,2)}{237304,8}$$

$$L > \frac{126,96}{237304,8}$$

$$L > 0,000535 \text{ H}$$

$$L > 535 \text{ uH}$$

Sedangkan pada boost mode dengan dengan $V_{\text{inmin}} = 7$ volt sehingga didapat nilai sebagai berikut,

$$L > \frac{V_{\text{inmin}}^2 (V_{\text{out}} - V_{\text{inmin}})}{K_{\text{ind}} \times f_{\text{sw}} \times I_{\text{out}} \times V_{\text{out}}^2}$$

$$L > \frac{(7)^2 (13,8 - 7)}{0,2 \times 15000 \times 3,4392 \times (13,8)^2}$$

$$L > \frac{49 (6,2)}{10317,6 (174,24)}$$

$$L > \frac{303,8}{1797738,6}$$

$$L > 0,000169 \text{ H}$$

$$L > 169 \text{ uH}$$

3. Menentukan nilai kapasitor (C) pada *buck mode* dan *boost mode*.

Pada *buck mode* didapat nilai kapasitansi sebagai berikut,

$$C = \frac{K_{\text{ind}} \times I_{\text{out}}}{8 \times f_{\text{sw}} \times V_{\text{outripple}}}$$

$$C = \frac{0,2 \times 3,4392}{8 \times 15000 \times 0,01}$$

$$C = \frac{0,68784}{1200}$$

$$C = 0,000573 \text{ F}$$

$$C = 573 \text{ uF}$$

Sedangkan pada *boost mode* didapat nilai kapasitansi sebagai berikut,

$$C = \frac{I_{\text{out}} \times D_{\text{boost}}}{f_{\text{sw}} \times V_{\text{outripple}}}$$

$$C = \frac{3,4392 \times 0,538}{15000 \times 0,01}$$

$$C = \frac{1,85}{150}$$

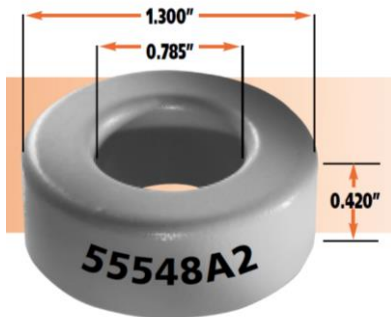
$$C = 0,012333 \text{ F}$$

$$C = 12333 \text{ uF}$$

Dari perhitungan buck boost converter dipilih nilai induktor terkecil 169 uH dan nilai kapasitor terbesar yaitu 12333 uF

3.2.2 Perancangan Induktor

Pada perancangan *buck boost converter* digunakan induktor sebagai penyimpan arus. Agar nilai induktor sesuai dengan perhitungan maka pembuatan induktor dililitkan sendiri pada inti toroid. Toroid yang digunakan pada tugas akhir ini yaitu tipe 55548A2 seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.3, dimana inti toroid ini memiliki spesifikasi pada tabel 3.2.



Gambar 3.3 Toroid Tipe 55548A2

Tabel 3.2 Spesifikasi Ukuran Toroid 55548A2

Parameter	Ukuran dalam Milimeter	Ukuran dalam Inchi
O.D (max)	33,8	1,330
I.D (min)	19,30	0,760
HT (max)	11,43	0,450

Jumlah lilitan pada toroid dapat ditentukan dengan mengetahui spesifikasi toroid. Perhitungan manual untuk mengetahui jumlah lilitan pada toroid 55548A2 seperti dibawah ini:

$$N \text{ turn} = 100 \sqrt{\frac{L}{A_L}} \dots\dots\dots(3.1)$$

$$N \text{ turn} = 100 \sqrt{\frac{200}{127}}$$

$$N \text{ turn} = 100 \sqrt{1,574}$$

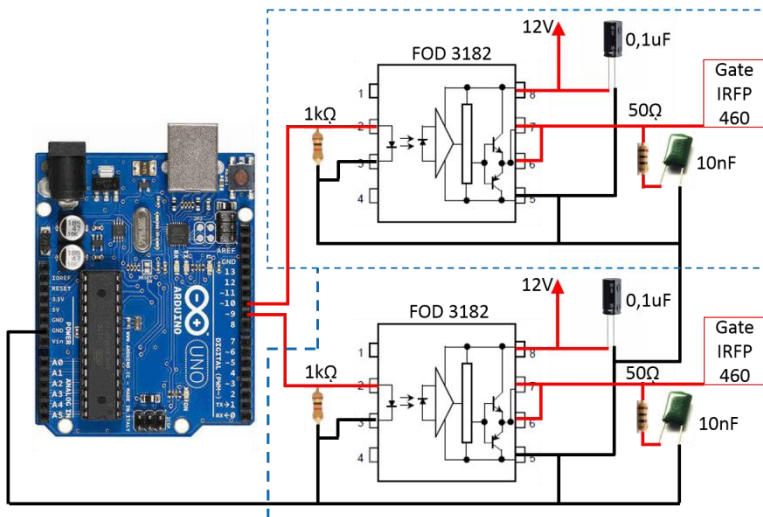
$$N \text{ turn} = 100 \cdot 1,25$$

$$N \text{ turn} = 125 \text{ lilitan}$$

Berdasarkan perhitungan dengan rumus pada persamaan 3.1 didapatkan jumlah lilitan yang dibutuhkan pada toroid 55548A2 untuk mendapatkan nilai induktansi sebesar 200 mikro Henry yaitu sebanyak 125 lilitan.

3.2.3 Perancangan Driver Mosfet

Pada gambar 3.4 dapat dilihat rangkaian driver mosfet yang diaplikasikan pada tugas akhir ini. Driver mosfet yang digunakan untuk switching pada *buck mode* dan *boost mode* yaitu FOD3182.



Gambar 3.4 Driver Mosfet Buck dan Boost Mode

Driver mosfet yang digunakan untuk switching pada *buck mode* dan *boost mode* yaitu FOD3182. Wiring pada *buck mode* terhadap *arduino uno* yaitu pin 2 FOD3182 disambungkan dengan pin 9 *arduino uno* untuk dibangkitkan sinyal PWM *buck mode*, pin 3 FOD3182 disambungkan pada pin ground *arduino uno*, pin 7 FOD3182 disambungkan pada gate mosfet IRFP460 dan pin 8 FOD3182 disambungkan pada VCC 12 volt.

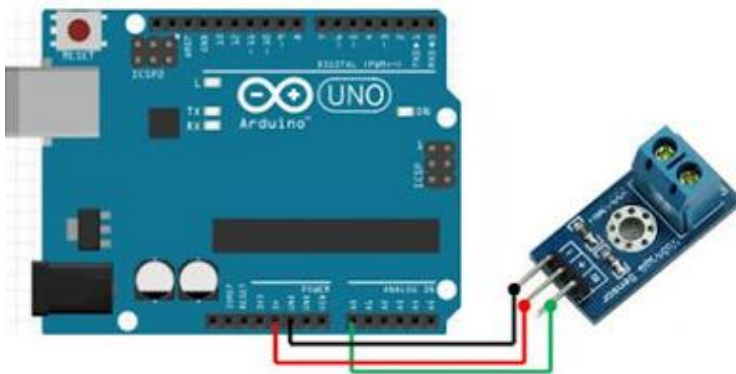
Wiring pada *boost mode* terhadap *arduino uno* yaitu pin 2 FOD3182 disambungkan dengan pin 10 *arduino uno* untuk dibangkitkan

sinyal PWM *boost mode*, pin 3 FOD3182 disambungkan pada pin ground *arduino uno*, pin 7 FOD3182 disambungkan pada gate mosfet IRFP460 dan pin 8 FOD3182 disambungkan pada VCC 12 volt.

3.2.4 Setting Pin Sensor Tegangan

Sensor tegangan yang digunakan pada tugas akhir ini yaitu modul sensor voltase DC yang bekerja dengan prinsip pembagi tegangan dan dapat membuat tegangan input berkurang hingga 5 kali dari tegangan asli sehingga sensor hanya mampu membaca tegangan maksimal 25 volt bila diinginkan *arduino* analog input dengan tegangan 5 volt. Bentuk dari sensor tegangan seperti ditunjukkan pada gambar 2.4. Fitur dari sensor ini yaitu:

- Variasi tegangan masukan yaitu tegangan DC antara 0 volt sampai 25 volt.
- Deteksi tegangan DC dengan jangkauan 0,02445 volt sampai 25 volt.
- Tegangan resolusi analog yaitu 0,00489 volt
- Tegangan DC masukan antarmuka yaitu terminal positif dengan VCC dan terminal negatif dengan GND.
- Tegangan DC keluaran antarmuka yaitu “+” dengan 5 atau 3,3 volt, “-“ dengan GND dan “s” dengan *arduino* pin A0.

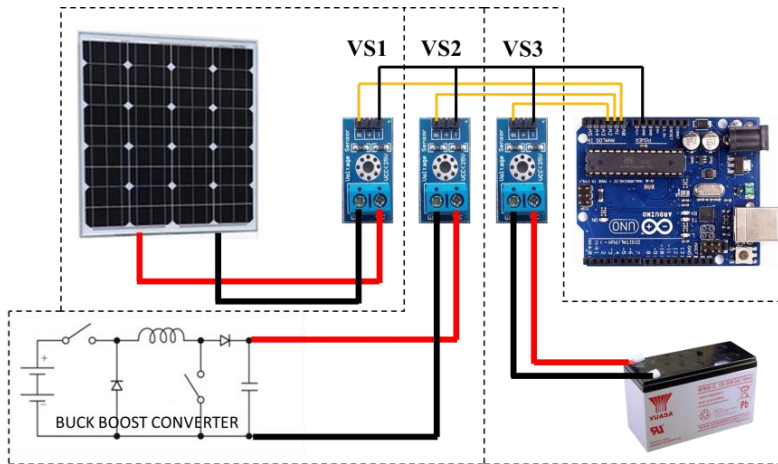


Gambar 3.5 Rangkaian Koneksi Arduino dengan Modul Sensor Tegangan

Cara merangkai modul sensor tegangan yang dikoneksi dengan arduino yaitu kabel merah dihubungkan sumber tegangan 5V, kabel

hitam dihubungkan dengan ground (GND) dan kabel hijau dihubungkan dengan analog read (A0) pada arduino, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.5 di atas.

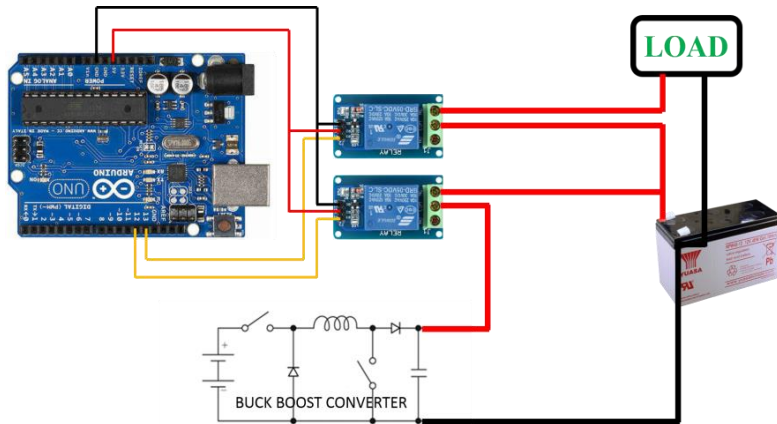
Terdapat tiga sensor tegangan seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.6 dibawah ini yang digunakan pada tugas akhir ini yaitu *Voltage Sensor 1 (VS1)*, *Voltage Sensor 2 (VS2)* dan *Voltage Sensor 3 (VS3)*. VS1 membaca tegangan keluaran *photovoltaic* dan dihubungkan dengan arduino pin A0. VS2 membaca tegangan keluaran dari *non-inverting buck boost converter* dan dihubungkan dengan arduino pin A1. VS3 membaca tegangan yang terdapat pada *accu* dan dihubungkan dengan arduino pin A2.



Gambar 3.6 Wiring Sensor Tegangan

3.2.5 *Setting Pin Charge Controller*

Fungsi *charge controller* pada tugas akhir ini digunakan untuk memutus aliran daya dari *output buck boost converter* ke *accu* jika *accu* dalam kondisi terisi penuh serta memutus aliran daya dari *accu* ke beban jika *accu* dalam kondisi kosong. Pada gambar 3.9 adalah wiring *charge controller*.



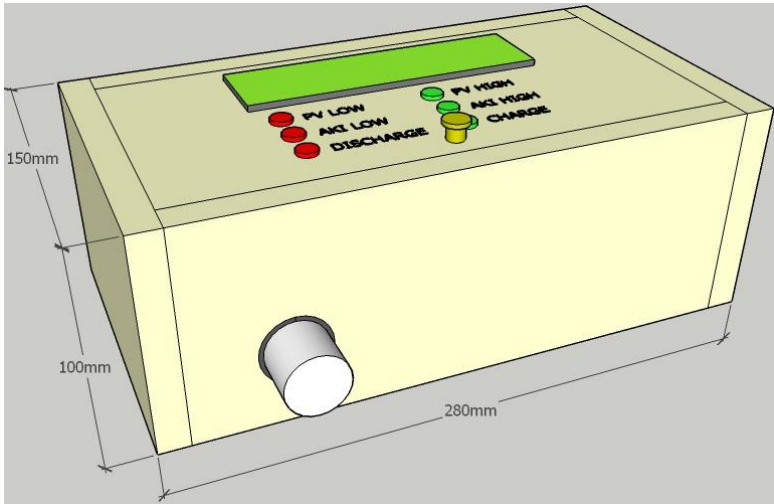
Gambar 3.7 *Wiring Charge Controller*

Dari gambar 3.7 didapatkan bahwa penggunaan modul *relay* 5V untuk *charge controller* sejumlah 2 buah yang digunakan untuk memutus dari *buck boost converter* ke *accu* dan dari *accu* ke beban. Kontak *relay* yang digunakan untuk memutus aliran daya jika dibutuhkan adalah kontak *Normally Close (NC)*.

Pin *arduino uno* yang digunakan untuk mengaktifkan *charge controller* adalah pin 12 dan pin 13. Pin 12 digunakan untuk mengaktifkan *relay* yang memutus aliran daya dari *buck boost converter* ke *accu* dan pin 13 digunakan untuk mengaktifkan *relay* yang memutus aliran daya dari *accu* ke beban.

3.3 Perancangan Penunjang Perangkat Keras

Perancangan penunjang perangkat keras yaitu terdiri dari perancangan *control box*. Pada gambar 3.6 , *control box* terbuat dari *acrylic* warna hitam dengan tebal 5mm dan dibentuk balok dengan ukuran 230 mm x 150 mm x 70 mm. *Box control* berisi rangkaian elektronik meliputi rangkaian *buck boost converter*, modul *voltage sensor* dan indikator lampu yang menunjukkan kondisi alat.



Gambar 3.8 Desain *Control Box*

Control box pada gambar 3.8 terdiri dari beberapa bagian yaitu *input control box* dari *photovoltaic*, LCD, status dan *output control box* ke *Accu*.

1. *Input dan Output Control Box*

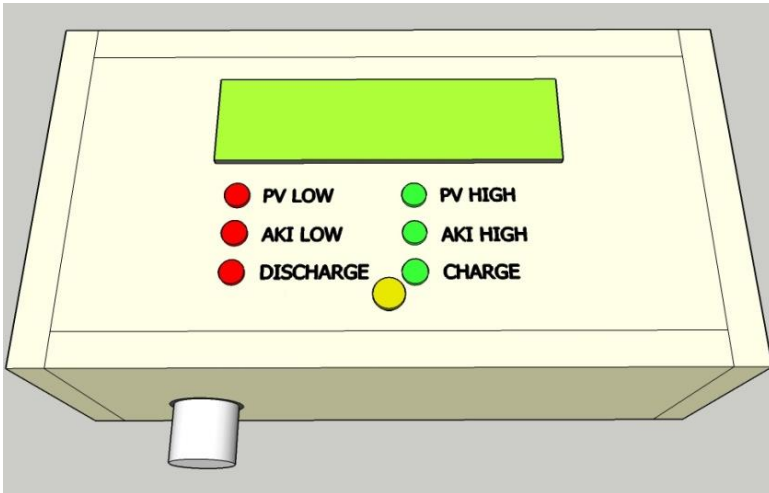
Input control box berupa *output* dari *photovoltaic*, sedangkan *output control box* berupa *output* sistem *buck boost converter*.

2. LCD 20 x 4

LCD 20 x 4 menunjukkan nilai tegangan yang dihasilkan oleh *photovoltaic*, nilai tegangan *output* dari *buck boost converter* dan tegangan yang tersimpan di *Accu*.

3. Status

Status menunjukkan kondisi dari sistem. Ketika *photovoltaic* mendapat cahaya matahari dengan intensitas tinggi maka indikator “PV HIGH” akan menyala, sedangkan jika *photovoltaic* mendapat cahaya matahari dengan intensitas rendah maka indikator “PV LOW” akan menyala. Saat pengisian *Accu* maka indikator “CHARGE” akan menyala, sedangkan saat *Accu* tidak melakukan pengisian maka indikator “DISCHARGE” akan menyala. Apabila kapasitas *Accu* rendah maka indikator “ACCU LOW” akan menyala, sedangkan apabila kapasitas *Accu* tinggi maka indikator “ACCU HIGH” akan menyala.



Gambar 3.9 Bagian – Bagian Control Box

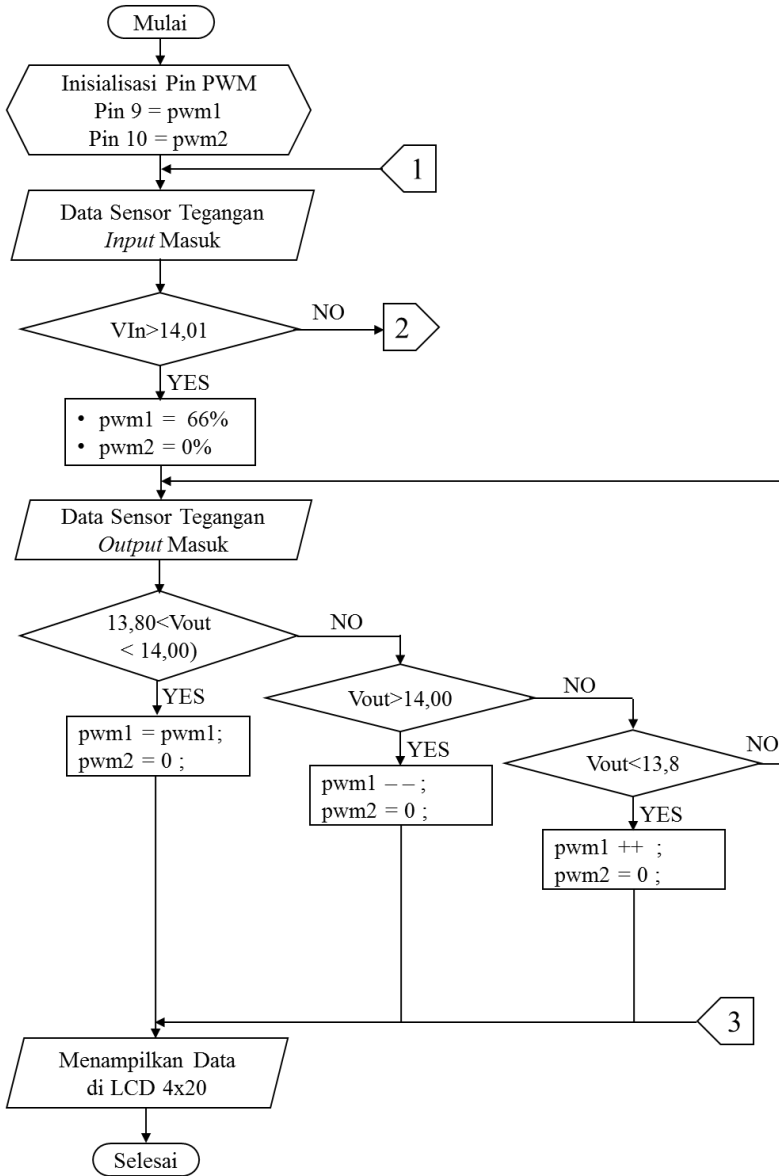
Peletakan LCD, indikator, kabel input dan kabel output pada box control berukuran 230 mm x 150 mm x 70 mm ditentukan dengan mendesainnya pada jaring-jaring box yang ditunjukkan pada gambar 3.9 agar dapat didapatkan *control box* yang sesuai.

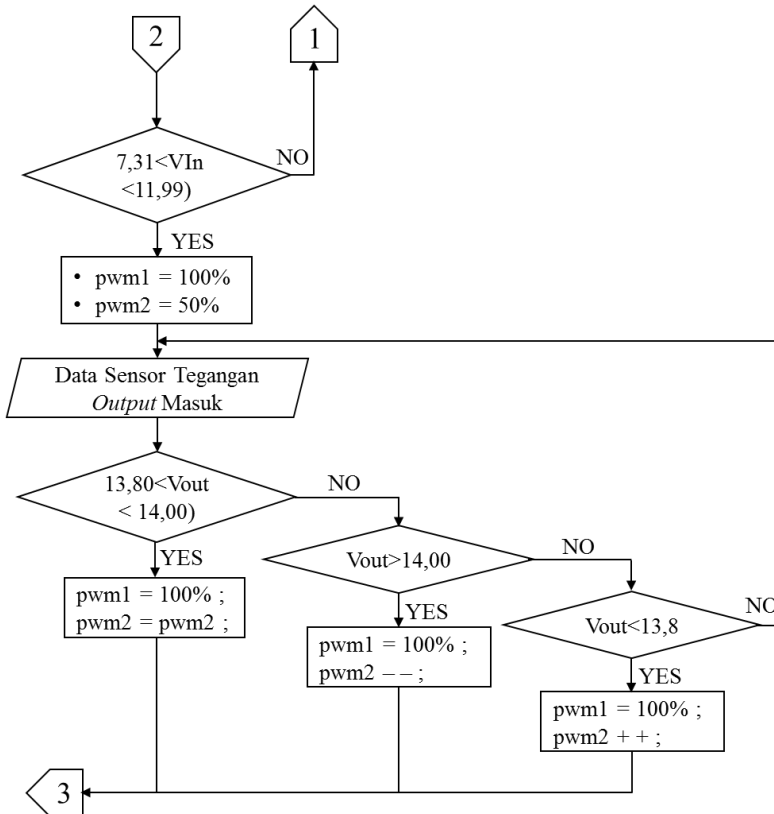
3.4 Perancangan Perangkat Lunak

Pada bab ini dibahas perancangan program untuk pembangkit sinyal PWM, perancangan program pembacaan sensor tegangan, program kalibrasi sensor tegangan, perancangan *charge controller* dan perancangan program keseluruhan sistem *battery charging*. Simbol *flowchart* yang digunakan berdasarkan *Standart ECMA-4 (European Computer Manufacturers Association)*.

3.4.1 Perancangan Program Pembangkit PWM

Pada sistem *battery charging* digunakan pembangkitan PWM dengan metode digital atau dengan menggunakan *arduino uno*. Sensor tegangan yang membutuhkan *Pulse Width Modulation (PWM)* adalah pada sensor tegangan *input buck boost converter* dan tegangan *output buck boost converter*. *Flowchart* perancangan *Pulse Width Modulation (PWM)* ditunjukkan oleh gambar 3.10.





Gambar 3.10 Flow Chart Pembangkit PWM

Penjelasan *flow chart* sebagai berikut:

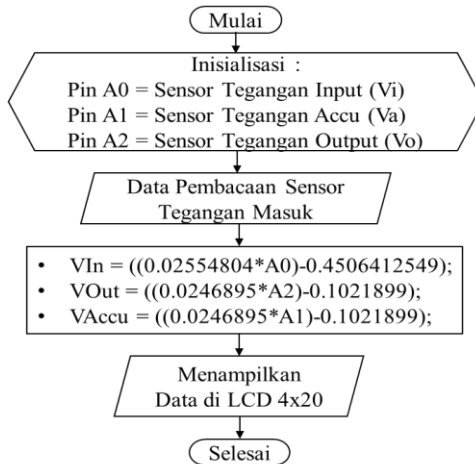
1. *Start* adalah ketika program dimulai.
2. Inisialisasi pin PWM, pin 9 digunakan untuk PWM *mode buck* sedangkan pin 10 digunakan untuk PWM *mode boost*.
3. Data pembacaan sensor tegangan *input* diterima oleh *Arduino Uno*.
4. Jika tegangan *input* lebih dari 14,01V; maka pwm pin 9 aktif dan pin 10 non-aktif.
5. Pwm *buck* akan mengirimkan *duty cycle* 0% sampai dengan 66% dan pwm *boost* mengirimkan *duty cycle* 0%.
6. Data pembacaan sensor tegangan *output* masuk

7. Jika tegangan *output* 13,80V-14,00V, maka PWM1 = PWM1 dan PWM2 = 0%.
8. Jika tegangan *output* >14,00V, maka PWM1 = PWM1- - dan PWM2 = 0%.
9. Jika tegangan *output* <13,80V, maka PWM1 = PWM1++ dan PWM2 = 0%.
10. Jika tegangan *output* tidak memenuhi nilai yang tertera, maka program akan kembali ke awal
11. Jika tegangan *input* 7,30V – 11,99V; maka pwm pin 9 non-aktif dan pin 10 aktif.
12. Pwm *buck* akan mengirimkan *duty cycle* 100% dan pwm *boost* mengirimkan *duty cycle* 0% - 50%.
13. Data pembacaan sensor tegangan *output* masuk
14. Jika tegangan *output* 13,80V-14,00V, maka PWM1 = 100% dan PWM2 = PWM2.
15. Jika tegangan *output* >14,00V, maka PWM1 = 100% dan PWM2 = PWM2- -.
16. Jika tegangan *output* <13,80V, maka PWM1 = 100% dan PWM2 = PWM2 + +.
17. Jika tegangan *output* tidak memenuhi nilai yang tertera, maka program akan kembali ke awal
18. Data tegangan *input* dan *output* akan ditampilkan pada LCD 4x20.

3.4.2 Perancangan Program Pembacaan Sensor Tegangan

Sensor tegangan yang digunakan untuk pembacaan terdapat tiga jenis yaitu sensor tegangan input untuk membaca tegangan masukan pada *buck boost converter*, membaca tegangan pada *accu* da sensor tegangan pada keluaran *buck boost converter*. Perancangan program pembacaan sensor tegangan terdapat pada gambar 3.11.

Nilai pada proses pembacaan sensor tedapat tiga yaitu Vin, Vout dan Vaccu. Nilai Vin, Vout dan Vaccu didapatkan dari persamaan dari grafik tegangan input dan ADC yang ditampilkan pada serial monitor atau pada LCD.



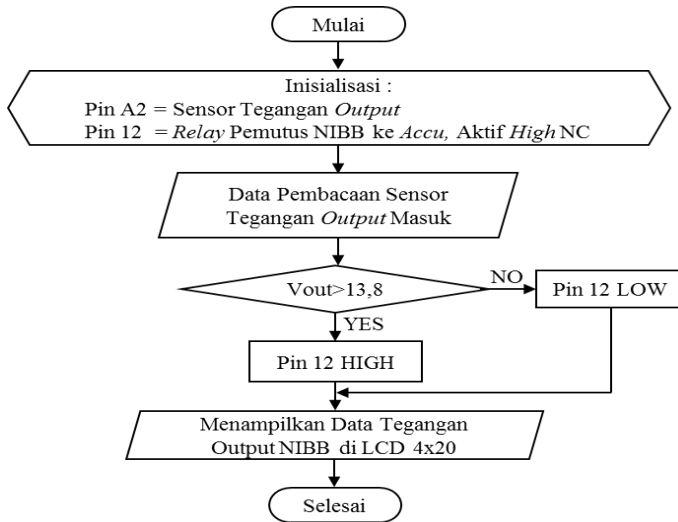
Gambar 3.11 *Flowchart* Pembacaan Sensor Tegangan

Penjelasan *flowchart* adalah sebagai berikut:

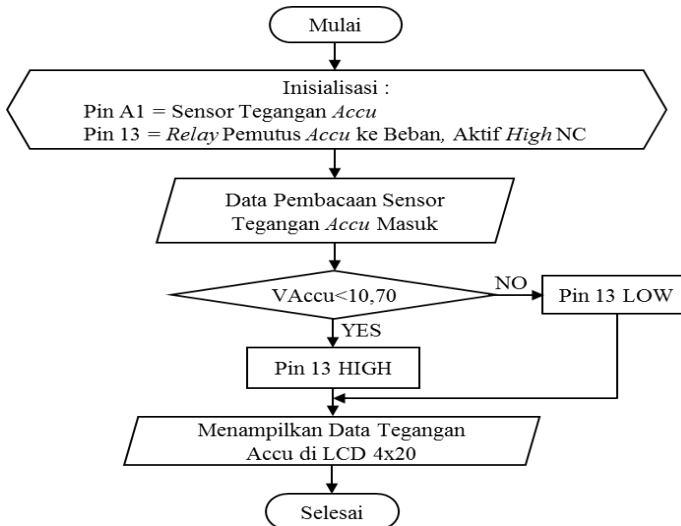
1. Mulai adalah ketika program dimulai.
2. Inisialisasi pin ADC *Arduino Uno*, sensor tegangan *input* dibaca pada pin A0, sensor tegangan *Accu* dibaca pada pin A1 dan sensor tegangan *output* dari *buck boost converter* dibaca pada pin A2.
3. Data yang masuk pada port ADC berupa tegangan dengan range 1-5.
4. Data ADC dari sinyal tegangan analog dari masing-masing sensor tegangan dilinerisasi menggunakan persamaan yang tertera.
5. Menampilkan nilai tegangan pada LCD 4x20

3.4.3 Perancangan Program Charge Controller

Charge Controller digunakan sebagai pemutus accu ketika output buck boost converter menunjukkan indikasi tegangan sebesar 11,5 volt ataupun ketika accu dalam keadaan mendekati terisi penuh dan sebagai pemutus beban ketika accu dalam kondisi kosong. *Flowchart* perancangan program pemutus accu ditunjukkan pada gambar 3.12 dan perancangan program pemutus beban ditunjukkan pada gambar 3.13.



Gambar 3.12 Perancangan Program *Charge Controller* Pemutus NIBB ke *Accu*

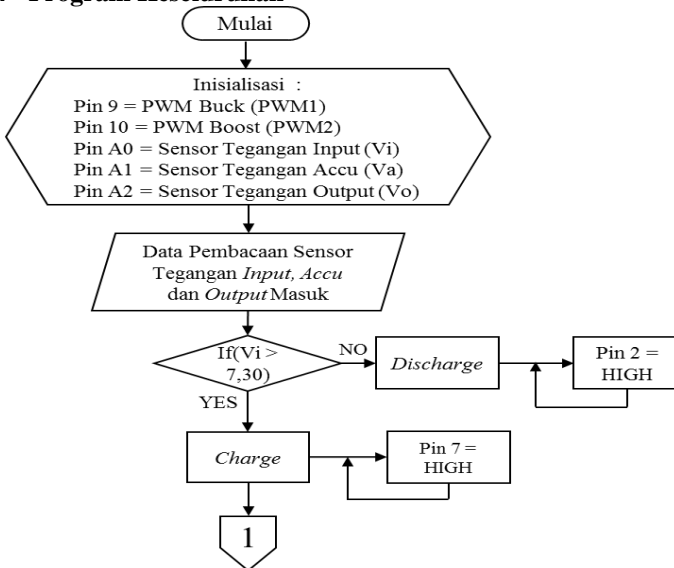


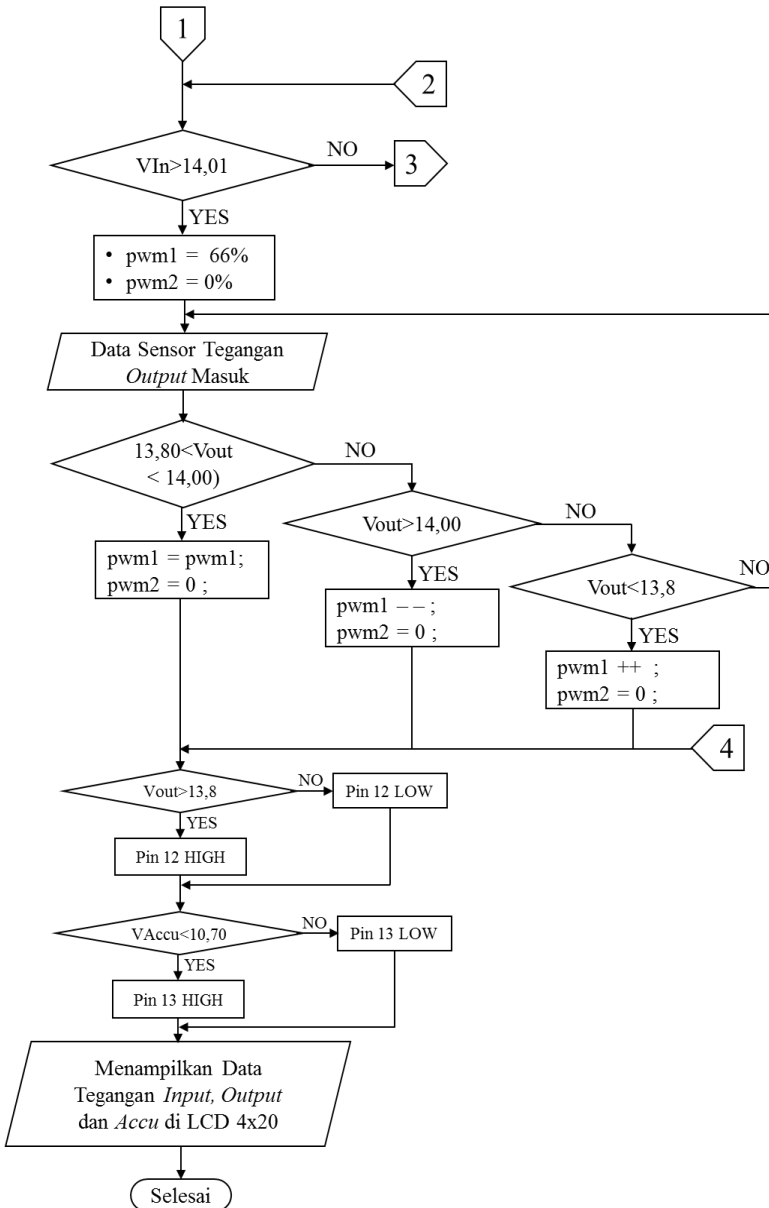
Gambar 3.13 Perancangan Program *Charge Controller* Pemutus *Accu* ke *Beban*

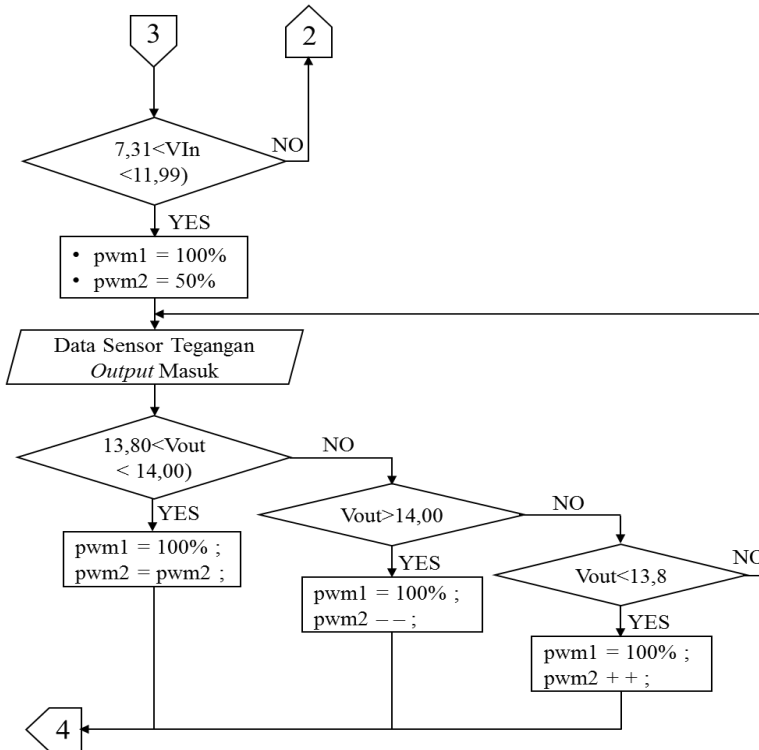
Penjelasan *flowchart* adalah sebagai berikut:

1. Mulai adalah ketika program dimulai.
2. Inisialisasi pin ADC Mikrokontroler, sensor tegangan *input* dibaca di pin A0, sensor tegangan *Accu* dibaca di pin A1, sensor tegangan *output* dari *buck boost converter* dibaca di Pin A2, pin 12 untuk pemutus *accu* dan pin 13 untuk pemutus beban.
3. Data pembacaan sensor tegangan *output* diterima oleh *Arduino Uno*
4. Jika tegangan *output* kurang dari 13,80V, maka pin 13 = HIGH untuk *discharging accu*
5. Jika tegangan *output* lebih dari 13,80V, maka pin 13 = LOW untuk *charging accu*
6. Menampilkan nilai tegangan *output* pada LCD 4x20
7. Data pembacaan sensor tegangan *accu* diterima oleh *Arduino Uno*
8. Jika tegangan *accu* kurang dari 10,70V, maka pin 12 = HIGH untuk memutus aliran arus ke beban
9. Jika tegangan *accu* lebih dari 10,70V, maka pin 12 = LOW untuk mengalirkan arus ke beban
10. Menampilkan nilai tegangan *accu* pada LCD 4x20

3.4.4 Program Keseluruhan







Gambar 3.14 Perancangan Program Keseluruhan

Pada gambar 3.14 menunjukkan perancangan program untuk keseluruhan sistem yang digunakan. Perancangan program keseluruhan ini mencakup perancangan program mulai dari poin 3.4.1 sampai dengan poin 3.4.3. Penjelasan program keseluruhan dapat dilihat pada penjelasan dibawah ini:

1. Mulai adalah ketika program dimulai.
2. Inisialisasi pin ADC *Arduino Uno*, sensor tegangan *input* dibaca di pin A0, sensor tegangan *Accu* dibaca di pin A1, sensor tegangan *output* dari *buck boost converter* dibaca di Pin A2, pwm buck pada pin 9 dan pwm boost pada pin 10
3. Data tegangan *input* diterima oleh *Arduino Uno*
4. Jika tegangan *input* kurang dari 7,30V; maka sistem akan *discharging*.

5. Jika tegangan *input* lebih dari 7,30V; maka sistem akan *charging*
6. Data pembacaan sensor tegangan *input* diterima oleh *Arduino Uno*.
7. Jika tegangan *input* lebih dari 14,01V; maka pwm pin 9 aktif dan pin 10 non-aktif.
8. Pwm *buck* akan mengirimkan *duty cycle* 0% sampai dengan 66% dan pwm *boost* mengirimkan *duty cycle* 0%.
9. Data pembacaan sensor tegangan *output* masuk
10. Jika tegangan *output* 13,80V-14,00V, maka PWM1 = PWM1 dan PWM2 = 0%.
11. Jika tegangan *output* >14,00V, maka PWM1 = PWM1- - dan PWM2 = 0%.
12. Jika tegangan *output* <13,80V, maka PWM1 = PWM1++ dan PWM2 = 0%.
13. Jika tegangan *output* tidak memenuhi nilai yang tertera, maka program akan kembali ke awal
14. Jika tegangan *input* 7,30V – 11,99V; maka pwm pin 9 non-aktif dan pin 10 aktif.
15. Pwm *buck* akan mengirimkan *duty cycle* 100% dan pwm *boost* mengirimkan *duty cycle* 0% - 50%.
16. Data pembacaan sensor tegangan *output* masuk
17. Jika tegangan *output* 13,80V-14,00V, maka PWM1 = 100% dan PWM2 = PWM2.
18. Jika tegangan *output* >14,00V, maka PWM1 = 100% dan PWM2 = PWM2- -.
19. Jika tegangan *output* <13,80V, maka PWM1 = 100% dan PWM2 = PWM2 + +.
20. Jika tegangan *output* tidak memenuhi nilai yang tertera, maka program akan kembali ke awal
21. Jika tegangan *output* kurang dari 13,80V, maka pin 13 = HIGH untuk *discharging accu*
22. Jika tegangan *output* lebih dari 13,80V, maka pin 13 = LOW untuk *charging accu*
23. Data pembacaan sensor tegangan *accu* diterima oleh *Arduino Uno*
24. Jika tegangan *accu* kurang dari 10,70V, maka pin 12 = HIGH untuk memutus aliran arus ke beban
25. Jika tegangan *accu* lebih dari 10,70V, maka pin 12 = LOW untuk mengalirkan arus ke beban
26. Data tegangan *input*, *output* dan *accu* akan ditampilkan pada LCD 4x20.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISA

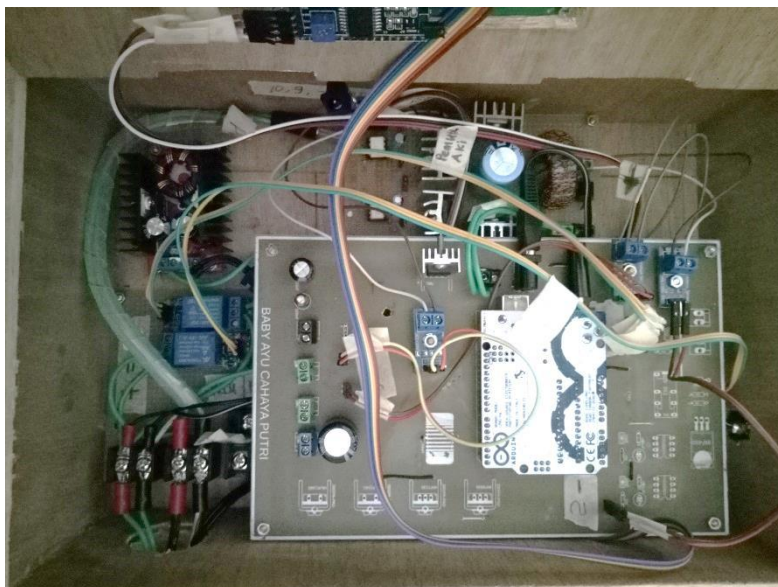
Pada bab ini membahas tentang pengukuran dan analisa sistem yang telah dibuat. Pengujian sistem yang dilakukan merupakan pengujian terhadap perangkat keras dan perangkat lunak dari sistem secara keseluruhan yang telah selesai dibuat untuk memastikan agar komponen-komponen pada sistem yang digunakan dapat berfungsi dengan baik sehingga dapat bekerja secara optimal. Pengujian dan analisa pada sistem Sumber Tenaga *BLDC Motor Water Pump* menggunakan energi cahaya matahari pada penyiraman tanaman cabai dalam *greenhouse* meliputi :

1. Pengujian *Photovoltaic*
2. Pengujian Sensor Tegangan
3. Pengujian *Non Inverting Buck Boost Converter*
4. Pengujian Keseluruhan Sistem



Gambar 4.1 Hasil Implementasi Keseluruhan Sistem

Pada gambar 4.1 merupakan hasil implementasi Sumber Tenaga *BLDC Motor Water Pump* menggunakan Energi Cahaya Matahari pada Penyiraman Tanaman Cabai dalam *Greenhouse* yang sudah diuji coba di Nganjuk. Tiang penyanggah *photovoltaic* terbuat dari siku lubang tipis yang dibuat dengan tinggi 1m dari atas tanah. Dan peletakkan keseluruhan sistem adalah di samping *greenhouse* yang telah dibuat.



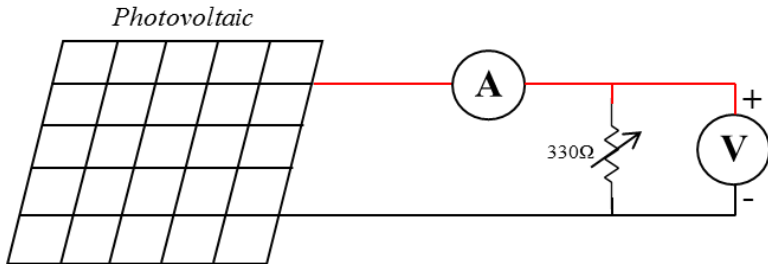
Gambar 4.2 Hasil Implementasi Rangkaian Keseluruhan Sistem

Gambar 4.2 merupakan rangkaian keseluruhan sistem yang digunakan untuk sumber tenaga *bldc motor water pump* menggunakan energi cahaya matahari pada penyiraman tanaman cabai dalam *greenhouse*. Penyatuan seluruh komponen yang digunakan dalam satu *box* kontrol berfungsi agar memudahkan pengambilan data serta perbaikan yang dilakukan jika terjadi *trouble shooting*.

4.1 Pengujian *Photovoltaic*

Photovoltaic yang digunakan dalam Tugas Akhir ini yaitu dengan merk Greentek model MSP-50W. Pengujian *photovoltaic* dilakukan untuk mengetahui tegangan tertinggi dan tegangan terendah yang

dihasilkan. Untuk mengukur nilai tegangan yang dihasilkan *photovoltaic*, dilakukan pengujian sederhana dengan memberikan beban berupa resistor geser 330Ω yang ditunjukkan pada gambar 4.3 mengenai *wiring* pengujian *photovoltaic* dibawah ini:



Gambar 4.3 Pengujian Photovoltaic



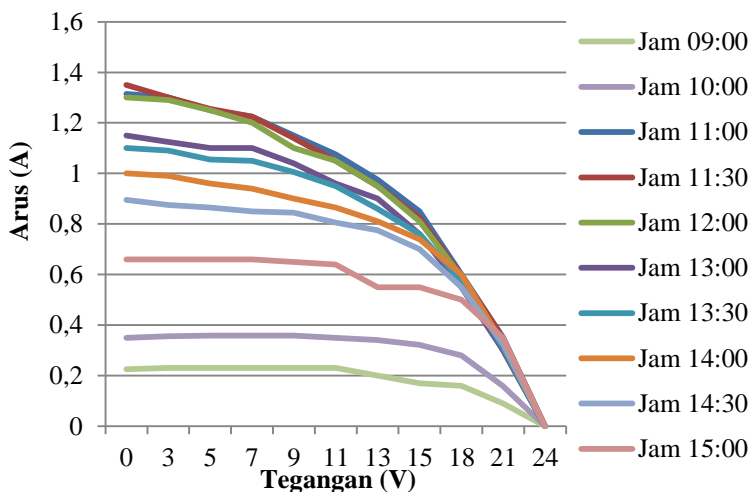
Gambar 4.4 Pelaksanaan Pengujian Photovoltaic

Gambar 4.3 adalah *wiring* pengujian *photovoltaic* dan gambar 4.4 adalah pelaksanaan pengujian *photovoltaic* yang dilakukan pada pukul 09.00 WIB sampai dengan 15.00 WIB, hal ini dilakukan untuk mengetahui daya maksimum yang dihasilkan oleh *photovoltaic* pada setiap jamnya.

Langkah pertama untuk pengujian adalah dengan meletakkan *photovoltaic* 90° terhadap matahari, hal ini dilakukan untuk

mendapatkan intensitas cahaya maksimal yang akan diterima oleh *photovoltaic*. Setelah itu memasang resistor geser pada kabel *output photovoltaic*. Lalu pasang *voltmeter* secara paralel terhadap resistor geser dan pasang *amperemeter* secara seri terhadap *photovoltaic* dan resistor geser.

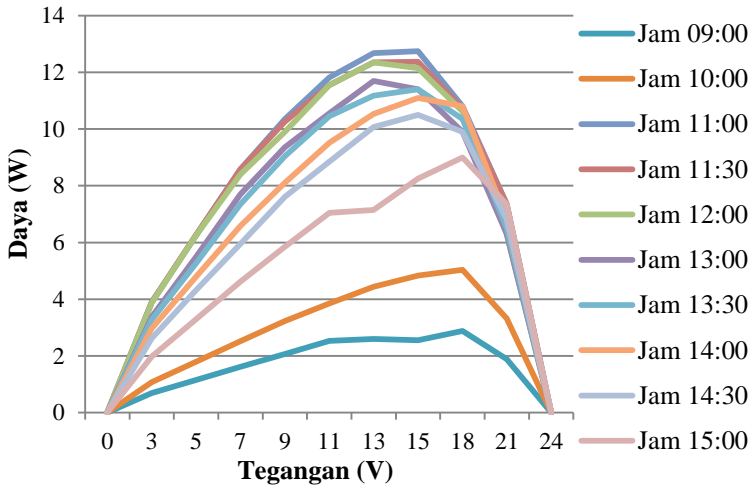
Setelah itu nilai resistansi dari resistor geser diubah-ubah untuk mendapatkan perbandingan nilai tegangan terhadap arus dan nilai arus terhadap daya. Dan berikut ini grafik hasil pengujian *photovoltaic*:



Gambar 4.5 Grafik Pengujian Tegangan Terhadap Arus

Gambar 4.5 merupakan grafik pengujian *photovoltaic* untuk melihat respon tegangan terhadap arus yang dilakukan pada pukul 09.00 WIB sampai dengan 15.00 WIB. Dari grafik diatas didapatkan bahwa arus maksimal adalah 1,35 A pada pukul 11.30WIB dengan tegangan 24 V. Sedangkan arus minimal yang didapatkan adalah 0,225 A pada pukul 09.00WIB dengan tegangan 24 V.

Dari grafik 4.5 dapat dijelaskan bahwa arus keluaran *photovoltaic* dapat berubah-ubah, hal tersebut dikarenakan oleh intensitas cahaya matahari yang mengenai permukaan *photovoltaic*.



Gambar 4.6 Grafik Pengujian Tegangan Terhadap Daya

Gambar 4.6 merupakan grafik pengujian *photovoltaic* untuk melihat respon tegangan terhadap daya yang dilakukan pada pukul 09.00WIB sampai dengan 15.00WIB. Dari grafik diatas didapatkan bahwa daya maksimal yang didapatkan adalah 32,4W pada pukul 11.30WIB dengan tegangan 24V. Sedangkan daya minimal yang didapatkan adalah 5,4W pada pukul 09.00WIB dengan tegangan 24V.

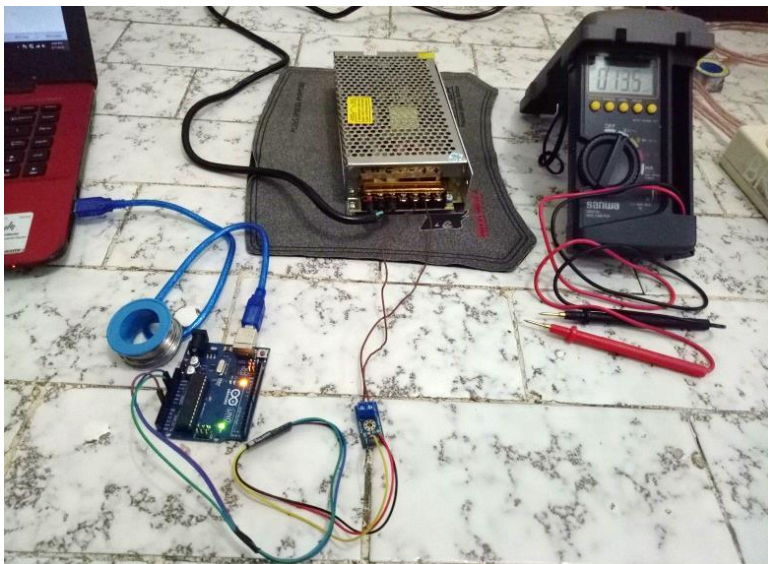
Dari grafik 4.6 dapat dijelaskan bahwa daya keluaran *photovoltaic* dapat berubah-ubah berdasarkan intensitas cahaya matahari yang mengenai permukaan *photovoltaic*.

4.2 Pengujian Sensor Tegangan

Sensor tegangan *photovoltaic*, *output buck-boost converter* dan *accu* yang digunakan dalam Tugas Akhir ini mempunyai tegangan maksimal 25V yang mempunyai 3 pin yaitu VCC, Sinyal dan GND. Untuk mengetahui sensor aliran ini dapat bekerja dengan baik, maka pada masing-masing pin dihubungkan ke pin 5+V, *analog input* dan GND pada *arduino uno*.

Pengujian sensor tegangan dilakukan dengan menyambungkan input rangkaian pembagi tegangan dengan *variable power supply*. Tegangan yang keluar dari *power supply* diatur dengan menggunakan

potensiometer. Tegangan output yang terukur dimunculkan menggunakan serial monitor seperti gambar 4.7.



Gambar 4.7 Pengujian Sensor Tegangan

Tegangan masukan dari sensor tegangan mempunyai nilai maksimal yaitu 0V - 25V. Sensor tegangan yang dipakai mempunyai prinsip pembagi tegangan seperti yang dijelaskan pada sub-bab 2.3. Tegangan keluaran yang dapat dibaca oleh *arduino uno* adalah 0V–5V.

Langkah pertama untuk pengujian adalah *upload* program pembacaan ADC dari *software Arduino IDE* yang ada di laptop ke perangkat keras *arduino uno*.

Sebelum digunakan ke dalam sistem, sensor *tegangan* hendaknya dikalibrasi terlebih dahulu, supaya sistem dapat bekerja secara maksimal. Kalibrasi merupakan suatu proses pengecekan dan pengaturan ketepatan dari sebuah alat ukur dengan cara membandingkannya dengan standar/tolak ukur. Pengkalibrasian sensor tegangan dilakukan dengan cara memberikan nilai tegangan dari 9,83V sampai dengan 14,53V kemudian mencatat nilai ADC yang dibaca oleh *arduino uno*.

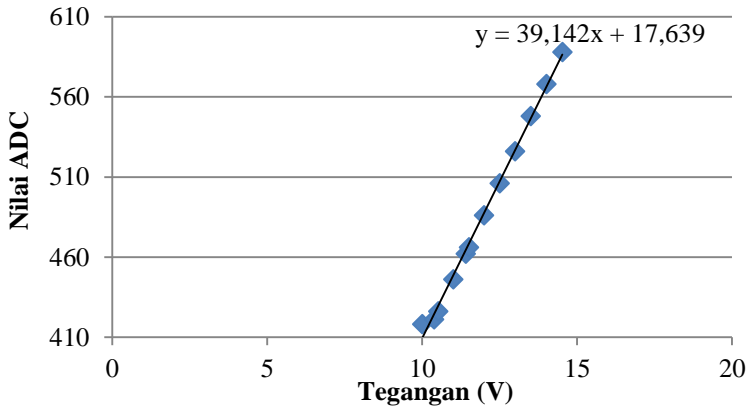
4.2.1 Pengujian Sensor Tegangan untuk *Photovoltaic*

Pengujian sensor tegangan untuk *photovoltaic* (V_{in}) dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui berapa tegangan *output* dari sensor tegangan yang dikonversikan menjadi nilai ADC. Pengujian tersebut dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini:

Tabel 4.1 Data Perbandingan Nilai Tegangan pada Alat Ukur dan Sensor Tegangan untuk Photovoltaic

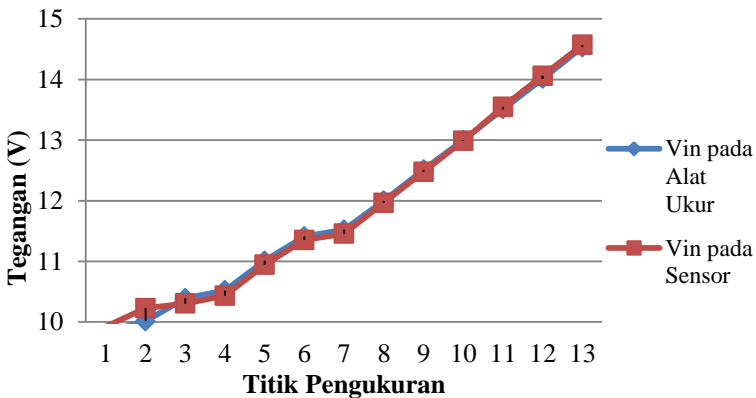
Nilai Tegangan dari Alat Ukur (V)	ADC
9,83	406
10,01	418
10,39	421
10,52	426
11,01	446
11,41	462
11,52	466
12	486
12,51	506
13	526
13,51	548
14,01	568
14,53	588

Dari data hasil pengujian diatas, akan dilakukan pendekatan *polynomial* menggunakan grafik untuk mendapatkan rumus persamaan garis dari sensor tegangan untuk *photovoltaic* seperti yang ditunjukkan oleh grafik dibawah ini:



Gambar 4.8 Grafik Uji Sensor Tegangan untuk *Photovoltaic* dengan Pendekatan Polynominal

Grafik pengujian sensor tegangan untuk *photovoltaic* dengan pendekatan *polynomial* yang ditunjukkan pada gambar 4.8. Dari grafik diatas dapat dikatakan sensor tegangan untuk *photovoltaic* bahwa semakin besar nilai tegangan yang masuk, maka nilai ADC yang terbaca juga akan semakin besar. Dan semakin kecil nilai tegangan yang masuk, maka nilai ADC yang terbaca juga akan semakin kecil.



Gambar 4.9 Perbandingan Tegangan Masukkan Sensor dan Alat Ukur

Dari gambar 4.9 dapat dilihat perbedaan (eror) antara nilai tegangan dari alat ukur dengan nilai tegangan dari sensor yang sudah dikalibrasi. Nilai eror yang didapatkan dari grafik diatas jika dipresentasikan adalah 0%, yang berarti nilai tegangan yang terbaca oleh sensor tegangan bernilai sama dengan alat ukur tegangan.

4.2.3 Pengujian Sensor Tegangan untuk *Output Buck-Boost Converter*

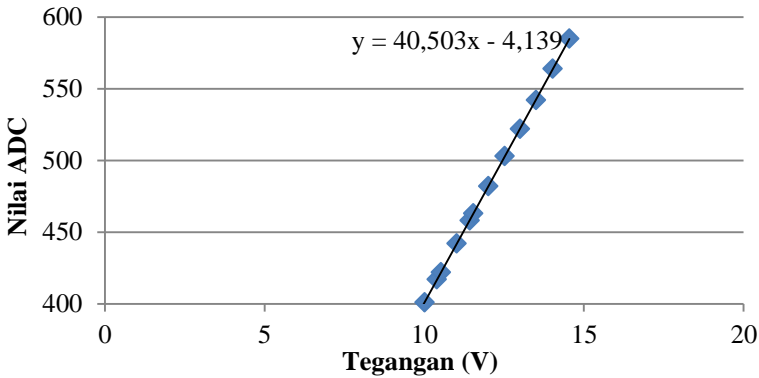
Pengujian sensor tegangan untuk *output buck-boost converter* (V_{out}) dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui berapa tegangan keluaran dari sensor tegangan yang dikonversikan menjadi nilai ADC. Pengujian tersebut dapat dilihat pada tabel 4.2 dibawah ini:

Tabel 4.2 Data Perbandingan Nilai Tegangan pada Alat Ukur dan Sensor Tegangan untuk *Output Buck Boost Converter*

Nilai Tegangan dari Alat Ukur (V)	ADC
9,83	394
10,01	401
10,39	417
10,52	422
11,01	442
11,42	458
11,53	463
12	482
12,51	503
13	522
13,5	542
14,02	564
14,54	585

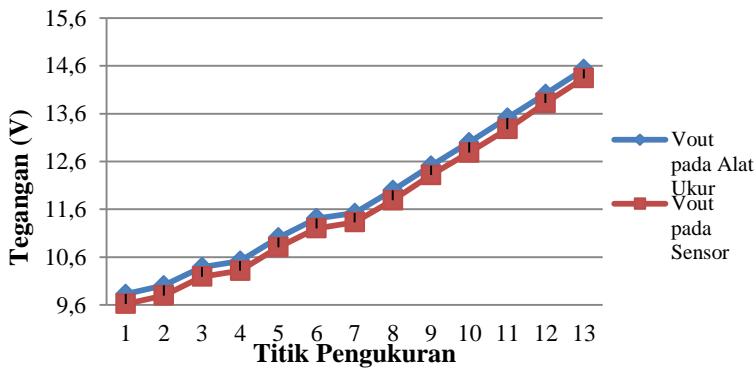
Dari data hasil pengujian diatas, akan dilakukan pendekatan *polynomial* menggunakan grafik untuk mendapatkan rumus persamaan

garis dari sensor tegangan untuk *output buck-boost converter* seperti yang ditunjukkan oleh grafik dibawah ini:



Gambar 4.10 Grafik Uji Sensor Tegangan untuk Output Buck-Boost Converter dengan Pendekatan Polinomial

Grafik pengujian sensor tegangan untuk *output buck-boost converter* dengan pendekatan *polynomial* yang ditunjukkan pada gambar 4.10. Dari grafik diatas dapat dikatakan sensor tegangan untuk *output buck-boost converter* bahwa semakin besar nilai tegangan yang masuk, maka nilai ADC yang terbaca juga akan semakin besar. Dan semakin kecil nilai tegangan yang masuk, maka nilai ADC yang terbaca juga akan semakin kecil.



Gambar 4.11 Perbandingan Tegangan Masukkan Sensor dan Alat Ukur

Dari gambar 4.11 dapat dilihat perbedaan (eror) antara nilai tegangan dari alat ukur dengan nilai tegangan dari sensor yang sudah dikalibrasi. Nilai eror yang didapatkan dari grafik diatas jika dipresentasikan adalah 1,71%, hal ini disebabkan oleh keadaan sensor yang kurang baik. Namun dengan nilai eror yang terbilang cukup besar untuk sensor tegangan, sensor ini masih bisa digunakan dengan baik dengan menunjukkan nilai tegangan pada LCD 4x20 yang tidak berbeda jauh dengan alat ukur.

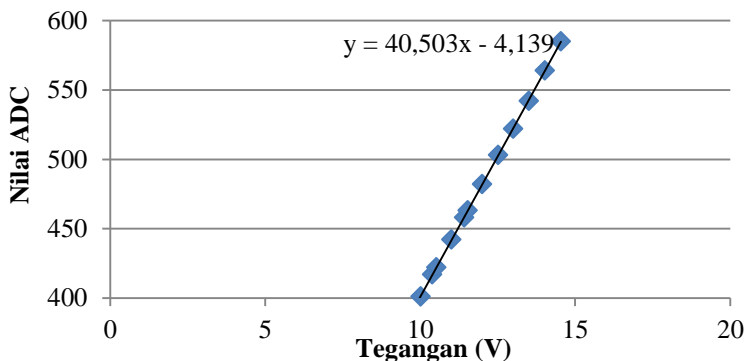
4.2.1 Pengujian Sensor Tegangan untuk *Accu*

Pengujian sensor tegangan untuk *accu* (*Vaccu*) dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui berapa tegangan *output* dari sensor tegangan yang dikonversikan menjadi nilai ADC. Pengujian tersebut dapat dilihat pada tabel 4.3 dibawah ini:

Tabel 4.3 Data Perbandingan Nilai Tegangan pada Alat Ukur dan Sensor Tegangan untuk *Output Buck Boost Converter*

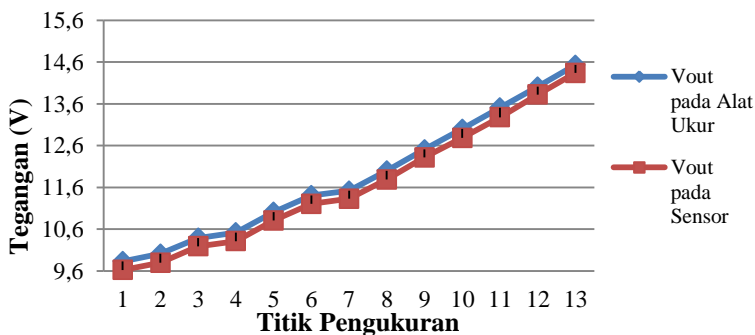
Nilai Tegangan dari Alat Ukur (V)	ADC
9,83	394
10,01	401
10,39	417
10,52	422
11,01	442
11,42	458
11,53	463
12	482
12,51	503
13	522
13,5	542
14,02	564
14,54	585

Dari data hasil pengujian diatas, akan dilakukan pendekatan *polynomial* menggunakan grafik untuk mendapatkan rumus persamaan garis dari sensor tegangan untuk *accu* seperti yang ditunjukkan oleh gambar 4.12 dibawah ini:



Gambar 4.12 Grafik Uji Sensor Tegangan untuk Output Buck-Boost Converter dengan Pendekatan Polynomial

Grafik pengujian sensor tegangan untuk *accu* dengan pendekatan *polynomial* yang ditunjukkan pada gambar 4.12. Dari grafik diatas dapat dikatakan sensor tegangan untuk *accu* bahwa semakin besar nilai tegangan yang masuk, maka nilai ADC yang terbaca juga akan semakin besar. Dan semakin kecil nilai tegangan yang masuk, maka nilai ADC yang terbaca juga akan semakin kecil.

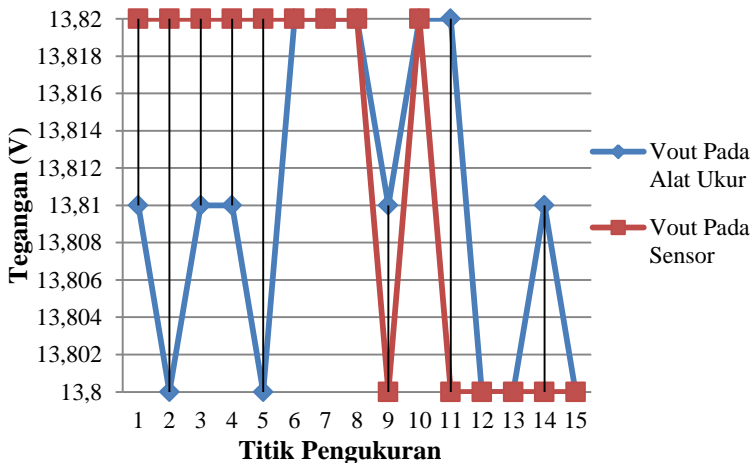


Gambar 4.13 Perbandingan Tegangan Masukan Sensor dan Alat Ukur

Dari gambar 4.13 dapat dilihat perbedaan (eror) antara nilai tegangan dari alat ukur dengan nilai tegangan dari sensor yang sudah dikalibrasi. Nilai eror yang didapatkan dari grafik diatas jika dipresentasikan adalah 1,71%, hal ini disebabkan oleh keadaan sensor yang kurang baik. Namun dengan nilai eror yang terbilang cukup besar untuk sensor tegangan, sensor ini masih bisa digunakan dengan baik dengan menunjukkan nilai tegangan pada LCD 4x20 yang tidak berbeda jauh dengan alat ukur.

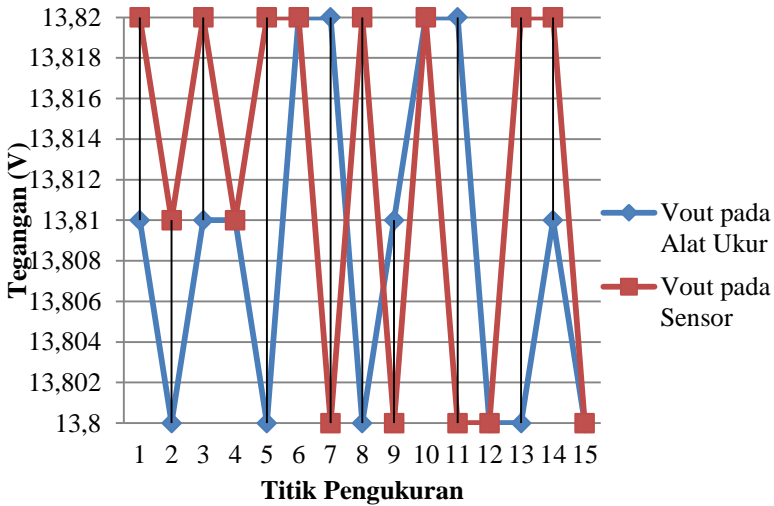
4.3 Pengujian Buck Boost Converter

Penggunaan rangkaian buck boost converter pada tugas akhir ini bertujuan untuk menstabilkan tegangan input aki agar dapat mencharge aki dengan spesifikasi 12V/17,2AH ditunjukkan pada gambar 4.14. Tegangan keluaran yang diharapkan yaitu sebesar 13,8 volt.



Gambar 4.14 Perbandingan Vout pada Sensor dan Alat Ukur

Dari pengujian yang telah dilakukan didapatkan data seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.14, dimana nilai rata-rata yang terukur pada keluaran rangkaian *buck boost converter* menunjukkan nilai 13,8 volt sesuai dengan perhitungan, namun pengujian ini hanya sebatas tegangan output yang dihasilkan oleh konverter dan belum dihubungkan dengan beban. Pada pengujian ini dapatkan error sebesar 0,014% pada *buck mode*.



Gambar 4.15 Perbandingan Vout pada Sensor dan Alat Ukur

Pengujian kedua dilakukan pada tanggal 8 Juli 2018 dan didapatkan grafik seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.15, dimana *buck mode* aktif karena tegangan input *buck boost converter* bernilai lebih dari 14,00 volt. Nilai tersebut belum dihubungkan dengan beban. Perbedaan tegangan yang terukur tidak terlalu signifikan sehingga hasil pengujian didapatkan error sebesar 0,024%.

Nilai grafik-grafik diatas menunjukkan bahwa tegangan *input buck boost converter* diatas 14 volt sehingga mode *buck* aktif untuk mendapatkan nilai tegangan *output* 13,8 volt. Pengambilan data untuk tegangan input pada *buck boost converter* saat lokasi pengambilan data sedang terik dan tidak mendung. Tegangan input *buck boost converter* turun ketika sore hari yaitu mencapai tegangan 19,52 volt. Karena tegangan saat pengambilan data selalu di atas 14,00 volt maka mode *buck* akan selalu aktif, sedangkan mode *boost* akan selalu tidak aktif. Namun bila tegangan *input buck boost converter* pada saat pengambilan data mencapai dibawah 12 volt maka mode *boost* akan aktif, sedangkan mode *buck* akan tidak aktif.

4.4 Pengujian Keseluruhan

Pengujian keseluruhan hanya dapat dilakukan saat pengujian kedua, dikarenakan saat pengujian pertama sebelum menuju V_{out} tidak diberi dioda, sehingga arus dari accu kembali ke sistem.

Pengambilan data tanpa BLDC motor water pump dilakukan pada pukul 07.30 WIB sampai dengan 10.55 WIB. Ketika buck boost converter tidak dihubungkan dengan accu, tegangan keluaran (V_{out}) tetap pada 13,8 volt sampai 13,82V.

Saat accu dihubungkan dengan *buck-boost converter*, tegangan keluaran dari *buck-boost converter* akan turun sebesar 1,4V sampai 2,15V hingga tegangan *buck-boost converter* menjadi 12,42V sampai 11,65V seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Pengujian Dengan Accu

Waktu (WIB)	V_{in} (V)	V_{out} (V)	V_{accu} (V)	Kondisi
07.30	19,71	12,42	11,92	Charge Accu
07.40	19,81	12,39	11,87	Charge Accu
07.50	19,86	12,39	11,87	Charge Accu
08.00	19,91	12,39	11,87	Charge Accu
09.00	21,67	12,39	11,87	Charge Accu
09.10	21,78	12,37	11,85	Charge Accu
09.20	21,9	12,37	11,85	Charge Accu
09.30	21,93	12,32	11,8	Charge Accu
09.40	21,85	12,34	11,85	Charge Accu
09.50	21,8	12,34	11,8	Charge Accu
10.10	21,78	12,34	11,82	Charge Accu
10.20	22	12,27	11,77	Charge Accu
10.55	21,88	12,29	11,8	Charge Accu



Gambar 4.16 Tampilan Kondisi Sistem di LCD

Pada gambar 4.16 menunjukkan tampilan LCD yang sedang menampilkan kondisi sistem dimana $V_{in} = 19,63V$, $V_{out} = 12,44V$ dan $V_{accu} = 11,95V$. Pengisian *accu* 12V 17,2Ah membutuhkan durasi yang lama dikarenakan arus yang dikeluarkan oleh *buck-boost converter* hanya bernilai 1,33A. Kecilnya arus yang diterima oleh *accu* dikarenakan penggunaan sumber dengan spesifikasi rendah yaitu *photovoltaic* 50watt hanya dapat menghasilkan arus maksimal sebesar 2,87A. Namun pada tugas akhir ini hanya menggunakan sensor tegangan sehingga nilai arus yang dihasilkan tidak diperhitungkan.

Tabel 4.5 Data Terhubung dengan *BLDC Motor Water Pump*

Waktu (WIB)	$V_{in}(V)$	$V_{out}(V)$	$V_{accu}(V)$	Kondisi
11.00	21,85	12,29	11,58	Charge Accu
11.10	21,83	12,24	11,78	Charge Accu
11.20	21,98	12,27	11,77	Charge Accu
11.40	21,83	12,27	11,77	Charge Accu
12.10	21,65	12,27	11,8	Charge Accu

12.20	21,93	12,24	11,75	Charge Accu
12.30	21,7	12,24	11,75	Charge Accu
12.50	21,83	12,29	11,8	Charge Accu
13.00	21,85	12,27	11,77	Charge Accu
16.15	20,06	11,77	11,28	Charge Accu
16.30	19,91	12,07	11,52	Discharge Accu
17.00	19,68	12,07	11,58	Discharge Accu
17.30	19,78	11,65	11,18	Discharge Accu

Pada tabel 4.5 menunjukkan beban yaitu *BLDC motor water pump* aktif mulai pukul 11.00 WIB. Pada pukul 11.00 WIB sampai dengan pukul 16.15 WIB sistem masih pada posisi charging. Namun karena beban terlalu besar dan sumber terlalu kecil, maka proses *charging* lambat. Sehingga pada pukul 16.30 WIB sampai dengan pukul 17.30 WIB sistem mengalami *discharging* hingga tegangan accu mencapai 11,18 V yang berarti *accu* mengalami penurunan daya dan hampir habis seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.17.



Gambar 4.17 Kondisi Sistem saat Discharge

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari perencanaan, pembuatan, pengujian, analisa metode yang digunakan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Topologi *Non Inverting Buck Boost Converter* (NIBB) ini dapat digunakan untuk mengisi *accu* 12V dengan tegangan output sebesar 13,80V.
2. Tegangan *input* dari *photovoltaic* dengan *range* 14,01V sampai dengan 23,00V; maka *buck converter* akan bekerja untuk menstabilkan *output* menjadi 13,80V.
3. Tegangan *input* dari *photovoltaic* dengan *range* 7,31V sampai dengan 11,99V; maka *boost converter* akan bekerja untuk menstabilkan *output* menjadi 13,80V.
4. Tegangan dengan nilai diluar dari poin kesimpulan 1 dan 2, maka topologi *Non Inverting Buck Boost Converter* (NIBB) tidak bekerja untuk menstabilkan tegangan.
5. Tegangan *accu* yang melebihi 13,80V (keadaan *overcharge*), maka *relay* pemutus aliran daya dari topologi *Non Inverting Buck Boost Converter* (NIBB) ke *accu* bekerja, sehingga *accu* mengalami *discharge*.
6. Tegangan *accu* yang kurang dari 10,70V (keadaan *undervoltage*), maka *relay* pemutus aliran daya dari *accu* ke beban bekerja, maka beban tidak menerima *supply*.

5.2 Saran

Saran pada perencanaan dan pengujian tugas akhir ini yaitu sebagai berikut:

1. Pada sistem yang telah dibuat belum ada sensor arus karena keterbatasan waktu yang ada. Penggunaan sensor arus untuk mengetahui aliran daya yang keluar dari Topologi *Non Inverting Buck Boost Converter* (NIBB) ke *accu*.
2. Penggunaan sensor temperatur yang diletakkan pada *accu* untuk mengetahui suhu *accu*, sehingga mencegah diskomposisi *accu*.
3. Penggunaan frekuensi 1MHz untuk *boost converter* yang ada akan membuat luaran NIBB sistem lebih stabil.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- A. I. Ramadhan, E. Diniardi, and S. H. Mukti, "Analisis Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 WP," *Ejournal UNDIP*, pp. 59–63, 2016.
- B. Hartono and Purwanto, "Perancangan Pompa Air Tenaga Surya Guna Memindahkan Air Bersih ke Tangki Penampung," *J. SINTEK*, vol. 9 No 1, pp. 28–33.
- Brunet, Yves. 2010. "Energy Storage". ISTE: London
- Green, Martin. A. 1982. *Solar Cells Operating Principles Technology and System Application*. Prentice Hall, Inc, Evylewood Cliffs.
- Haifeng,"*Design tips For an Efficient Non-Inverting Buck-Boost Converter*",Jurnal, Texas Instrument.
- P. Widodo and D. A. Nasution, "Rekayasa Disain Pompa Tenaga Surya untuk Irigasi Budidaya Bawang Merah di Lahan Kering," *Pros. Semin. Nas. Pengemb. Teknol. Pertan. V Polinela*, pp. 292–299, Sep. 2016.
- P. Wulandari, "Rancang Bangun Prototipe Sistem Pompa Air Mengambang Bertenaga Surya Untuk Irigasi Tanaman," *J. Tek. Elektro UMS*, p. 17, Jul. 2017.
- Roger A. Messenger and Jerry Ventre. 2010. *Photovoltaic System Engineering Third Edition*. CRC Press: London New York
- W. M. Ziwangga, W. I. Basori, and D. C. Happyanto, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Irigasi Cerdas Tenaga Surya Untuk Mengatasi Kekeringan Pertanian Cabai di Pegunungan Blitar Selatan," *J. Innov. Technol. Compet.*, p. 28, 2014.
- Zuhal. 2000. "Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya". Gramedia: Jakarta

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN A FOTO

1. Foto Greenhouse di Nganjuk



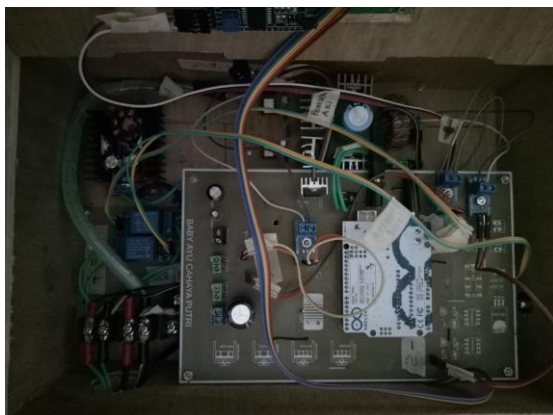
2. Foto suplai dari *photovoltaic*



3. Foto Keseluruhan



4. Rangkaian Sistem



LAMPIRAN B PROGRAM

```
#include <TFT.h>
#include <Wire.h>
#include <LCD.h>
#include <LiquidCrystal.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <PWM.h>
#define BACKLIGHT_PIN 13
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F,2,1,0,4,5,6,7); // 0x3F is the default I2C bus
address of the backpack-see article

int32_t frequency1 = 15000;
int32_t frequency2 = 15000;
int pwm1; // buck pwm
int pwm2; // boost pwm
int cnt;

void setup()
{
  // Set off LCD module
  lcd.begin (20,4); // 20 x 4 LCD module
  lcd.setBacklightPin(3,POSITIVE); // BL, BL_POL
  lcd.setBacklight(HIGH);
  //Mengatur Frekuensi PWM
  InitTimersSafe();
  SetPinFrequencySafe(9, frequency1);
  SetPinFrequencySafe(10, frequency2);

  pinMode ( BACKLIGHT_PIN, OUTPUT );
  lcd.begin (20,4);
  digitalWrite ( BACKLIGHT_PIN, HIGH );
  pwmWrite(9,pwm1); //BUCK = 2.3
  pwmWrite(10,pwm2); //BOOST = 2.2
  pwm1=240;//BUCK
  pwm2=180;//BOOST

  pinMode(2, OUTPUT); //Led Merah PV LOW
```

```

pinMode(3, OUTPUT); //Led Merah DISCHARGE
pinMode(4, OUTPUT); //Led Merah ACCU LOW
pinMode(7, OUTPUT); //Led Hijau ACCU HIGH
pinMode(8, OUTPUT); //Led Hijau CHARGE
pinMode(5, OUTPUT); //Led Hijau PV HIGH

pinMode(12, OUTPUT); //Relay Pemutus Beban
pinMode(13, OUTPUT); //Relay Pemutus Accu
}

void loop(){
int Vi = analogRead(A0);
int Va = analogRead(A1);
int Vo = analogRead(A2);
float VIn = ((0.02554804*Vi)-0.4506412549);
float VAccu = ((0.0246895*Va)-0.1021899);
float VOut = ((0.0246895*Vo)-0.1021899);

lcd.clear();
lcd.setCursor(4, 0);
lcd.print("== STATUS ==");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Vin  : ");
lcd.setCursor(10, 1);
lcd.print(VIn);
lcd.setCursor(16, 1);
lcd.print("Volt");
lcd.setCursor(0, 2);
lcd.print("Vout : ");
lcd.setCursor(10, 2);
lcd.print(VOut);
lcd.setCursor(16, 2);
lcd.print("Volt");
lcd.setCursor(0, 3);
lcd.print("VAccu : ");
lcd.setCursor(10, 3);
lcd.print(VAccu);
lcd.setCursor(16, 3);
lcd.print("Volt");

```

```

delay(300);

//INDIKATOR PV
if(VIn < 12.00){
    digitalWrite(2, HIGH);
    digitalWrite(5, LOW);
}

else if(VIn > 12.01 && VIn < 25.00){
    digitalWrite(2, LOW);
    digitalWrite(5, HIGH);
}

else{
    digitalWrite(2, LOW);
    digitalWrite(5, LOW);
}

//INDIKATOR CHARGE-DISCHARGE
if(VOut < 12.00){
    digitalWrite(3, HIGH);
    digitalWrite(8, LOW);
}

else if(VOut > 12.01 && VOut < 14.10){
    digitalWrite(3, LOW);
    digitalWrite(8, HIGH);
}

else{
    digitalWrite(3, LOW);
    digitalWrite(8, LOW);
}

//INDIKATOR ACCU
if(VAccu < 11.70){
    digitalWrite(4, HIGH);
    digitalWrite(7, LOW);
}

```

```

else if(VAccu > 11.71 && VAccu < 12.50){
    digitalWrite(4, LOW);
    digitalWrite(7, HIGH);
}

else{
    digitalWrite(4, LOW);
    digitalWrite(7, LOW);
}

//PEMUTUS ACCU
if(VOut < 12.00){
    digitalWrite(13, LOW);
}

else{
    digitalWrite(13, HIGH);
}

//PEMUTUS BEBAN
if(VAccu < 11.50){
    digitalWrite(12, LOW);
}

else{
    digitalWrite(13, HIGH);
}

if(VIn > 14.01 && VIn < 23.00){
    if(VOut > 13.80 && VOut < 14.00){
        pwmWrite(9, pwm1++);
        pwmWrite(10, 0);
        if(pwm1 <= 150){
            pwm1 = 150;
        }
        if(pwm2 >= 360){
            pwm2 = 360;
        }
    }
}

```

```
}  
else{  
  pwmWrite(9, 248);  
  pwmWrite(10, 0);  
  if(pwm1 >= 200){  
    pwm1 = 200;  
  }  
  if(pwm2 <= 360){  
    pwm2 = 360;  
  }  
}  
}  
}
```

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN C DATASHEET

1. Datasheet Arduino UNO

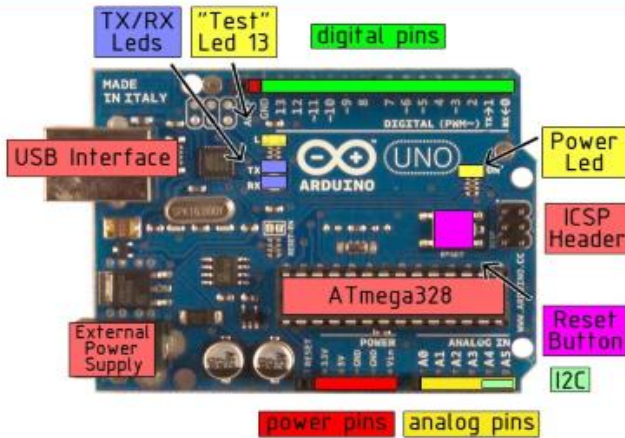
Technical Specification

EAGLE files: [arduino-duemilanove-uno-design.zip](#) Schematic: [arduino-uno-schematic.pdf](#)

Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB of which 0.5 KB used by boot-loader
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz


the board




radiospares RADIONICS



2. Datasheet FOD3182



FAIRCHILD



February 2011

FOD3182

3A Output Current, High Speed MOSFET Gate Driver Optocoupler

Features

- High noise immunity characterized by 50kV/μs (Typ.) common mode rejection @ $V_{CM} = 2,000V$
- Guaranteed operating temperature range of -40°C to +100°C
- 3A peak output current
- Fast switching speed
 - 210ns max. propagation delay
 - 60ns max pulse width distortion
- Fast output risefall time
 - Offers lower dynamic power dissipation
- 250kHz maximum switching speed
- Wide V_{DD} operating range: 10V to 30V
- Use of P-Channel MOSFETs at output stage enables output voltage swing close to the supply rail (rail-to-rail output)
- 6000Vrms, 1 minute isolation
- Under voltage lockout protection (UVLO) with hysteresis – optimized for driving MOSFETs
- Minimum creepage distance of 8.0mm
- Minimum clearance distance of 10mm to 16mm (option TV or TSV)
- Minimum insulation thickness of 0.5mm
- UL and VDE*
- 1,414 peak working insulation voltage (V_{ORM})

Applications

- Plasma Display Panel
- High performance DC/DC converter
- High performance switch mode power supply
- High performance uninterruptible power supply
- Isolated Power MOSFET gate drive

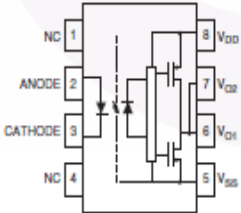
Description

The FOD3182 is a 3A Output Current, High Speed MOSFET Gate Drive Optocoupler. It consists of a aluminium gallium arsenide (AlGaAs) light emitting diode optically coupled to a CMOS detector with PMOS and NMOS output power transistors integrated circuit power stage. It is ideally suited for high frequency driving of power MOSFETs used in Plasma Display Panels (PDPs), motor control inverter applications and high performance DC/DC converters.

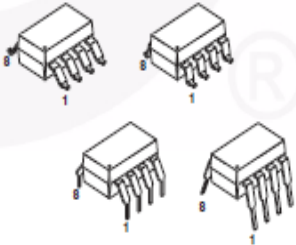
The device is packaged in an 8-pin dual in-line housing compatible with 260°C reflow processes for lead free solder compliance.

*Requires "V" ordering option

Functional Block Diagram



Package Outlines



Note:
A 0.1μF bypass capacitor must be connected between pins 5 and 8.

3. Datasheet Mosfet IRFP460



IRFP460

**N - CHANNEL 500V - 0.22 Ω - 20 A - TO-247
PowerMESH MOSFET**

TYPE	V _{DSS}	R _{DS(on)}	I _D
IRFP460	500 V	< 0.27 Ω	20 A

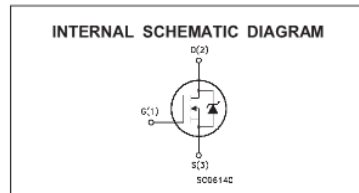
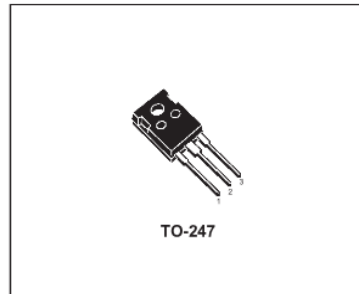
- TYPICAL R_{DS(on)} = 0.22 Ω
- EXTREMELY HIGH dv/dt CAPABILITY
- 100% AVALANCHE TESTED
- VERY LOW INTRINSIC CAPACITANCES
- GATE CHARGE MINIMIZED

DESCRIPTION

This power MOSFET is designed using the company's consolidated strip layout-based MESH OVERLAY process. This technology matches and improves the performances compared with standard parts from various sources.

APPLICATIONS

- HIGH CURRENT SWITCHING
- UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY (UPS)
- DC/DC CONVERTERS FOR TELECOM, INDUSTRIAL, AND LIGHTING EQUIPMENT.



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V _{DS}	Drain-source Voltage (V _{GS} = 0)	500	V
V _{DGR}	Drain- gate Voltage (R _{GS} = 20 k Ω)	500	V
V _{GS}	Gate-source Voltage	\pm 20	V
I _D	Drain Current (continuous) at T _c = 25 °C	20	A
I _D	Drain Current (continuous) at T _c = 100 °C	13	A
I _{DM(x)}	Drain Current (pulsed)	80	A
P _{tot}	Total Dissipation at T _c = 25 °C	250	W
	Derating Factor	2	W/°C
dv/dt(1)	Peak Diode Recovery voltage slope	3.5	V/ns
T _{stg}	Storage Temperature	-65 to 150	°C
T _j	Max. Operating Junction Temperature	150	°C

(*) Pulse width limited by safe operating area

(1) I_{SD} 2.0 A, di/dt 160 A/ μ s, V_{DD} V_{I(BR,OSS)}, T_j T_{JMAX}

4. Datasheet Regulator 7808



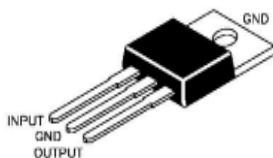
Continental Device India Limited
An ISO/TS 16949, ISO 9001 and ISO 14001 Certified Company



3-TERMINAL POSITIVE VOLTAGE REGULATOR

LM7809

TO-220
Plastic Package



The Voltages Available allow these Regulators to be used in Logic Systems, Instrumentation, HI-FI Audio Circuits and other Solid State Electronic Equipment

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ($T_J=25^\circ\text{C}$)

DESCRIPTION	SYMBOL	VALUE	UNIT
Input Voltage	V_{IN}	35	V
		40	
Power Dissipation	P_D	15	W
Operating Temperature	T_{amb}	-20 to +80	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	T_{stg}	-55 to +150	$^\circ\text{C}$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_J=25^\circ\text{C}$ unless specified otherwise)

$V_{IN}=18\text{V}$, $I_O=100\text{mA}$, $T_J=25^\circ\text{C}$

DESCRIPTION	SYMBOL	TEST CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNIT
Output Voltage	V_O	$I_O=5\text{mA} \sim 1.5\text{A}$	8.65		9.35	V
		$V_{IN}=12 \sim 24\text{V}$, $P_D 15\text{W}$				
Line Regulation	R_{EGV}	$V_{IN}=11.5 \sim 26\text{V}$			90	mV
Load Regulation	R_{EGL}	$I_O=5\text{mA} \sim 1.5\text{A}$			90	mV
Quiescent Current	I_Q				8.0	mA
Quiescent Current Change	I_Q	$V_{IN}=11.5 \sim 26\text{V}$			1.0	mA
		$I_O=5\text{mA} \sim 1\text{A}$			0.5	mA
Input Voltage	V_{IN}		11.5		26	V
Ripple Rejection Ratio	R_{R1}	$V_{IN}=12 \sim 22\text{V}$, $f=120\text{Hz}$	56			dB
Max Output Current	I_{OM}	$T_J=25^\circ\text{C}$		2.2		A
Output Voltage Drift	V_I/T	$I_O=5\text{mA}$, $T_J=0 \sim 125^\circ\text{C}$		-0.5		mV/ $^\circ\text{C}$
Output Noise Voltage	V_{NO}	$f=10\text{Hz} \sim 100\text{KHz}$		10		μV
Short Circuit Current Limit	I_{SC}	$T_J=25^\circ\text{C}$		2.0		A

LM7809Rev041004E

5. Datasheet Dioda MUR1560

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR®

MUR1540, MUR1560, RURP1540, RURP1560

Data Sheet

January 2002

15A, 400V - 600V Ultrafast Diodes

The MUR1540, MUR1560, RURP1540, and RURP1560 are ultrafast diodes ($t_{tr} < 55\text{ns}$) with soft recovery characteristics. They have a low forward voltage drop and are of planar, silicon nitride passivated, ion-implanted, epitaxial construction.

These devices are intended for use as energy steering/clamping diodes and rectifiers in a variety of switching power supplies and other power switching applications. Their low stored charge and ultrafast recovery with soft recovery characteristics minimizes ringing and electrical noise in many power switching circuits, thus reducing power loss in the switching transistor.

Formerly developmental type TA09905.

Ordering Information

PART NUMBER	PACKAGE	BRAND
MUR1540	TO-220AC	MUR1540
RURP1540	TO-220AC	RURP1540
MUR1560	TO-220AC	MUR1560
RURP1560	TO-220AC	RURP1560

NOTE: When ordering, use the entire part number

Symbol



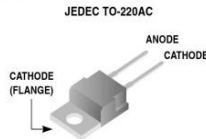
Features

- Ultrafast with Soft Recovery <55ns
- Operating Temperature 175°C
- Reverse Voltage Up to 600V
- Avalanche Energy Rated
- Planar Construction

Applications

- Switching Power Supply
- Power Switching Circuits
- General Purpose

Packaging



Absolute Maximum Ratings $T_C = 25^\circ\text{C}$, Unless Otherwise Specified

	MUR1540 RURP1540	MUR1560 RURP1560	UNITS
Peak Repetitive Reverse Voltage	V_{RRM} 400	600	V
Working Peak Reverse Voltage	V_{RWM} 400	600	V
DC Blocking Voltage	V_R 400	600	V
Average Rectified Forward Current ($T_C = 145^\circ\text{C}$)	$I_{F(AV)}$ 15	15	A
Repetitive Peak Surge Current (Square Wave 20kHz)	I_{FRM} 30	30	A
Nonrepetitive Peak Surge Current (Halfwave 1 Phase 60Hz)	I_{FSM} 200	200	A
Maximum Power Dissipation	P_D 100	100	W
Avalanche Energy (See Figures 7 and 8)	E_{AVL} 20	20	mJ
Operating and Storage Temperature	T_{STG}, T_J -55 to 175	-55 to 175	°C

MUR1540, MUR1560, RURP1540, RURP1560

Electrical Specifications $T_C = 25^\circ\text{C}$, Unless Otherwise Specified

SYMBOL	TEST CONDITION	MUR1540, RURP1540			MUR1560, RURP1560			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
V_F	$I_F = 15\text{A}$	-	-	1.25	-	-	1.5	V
	$I_F = 15\text{A}, T_C = 150^\circ\text{C}$	-	-	1.12	-	-	1.2	V
I_R	$V_R = 400\text{V}$	-	-	100	-	-	-	μA
	$V_R = 600\text{V}$	-	-	-	-	-	100	μA
	$V_R = 400\text{V}, T_C = 150^\circ\text{C}$	-	-	500	-	-	-	μA
	$V_R = 600\text{V}, T_C = 150^\circ\text{C}$	-	-	-	-	-	500	μA
t_{rr}	$I_F = 1\text{A}, di_F/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$	-	-	55	-	-	55	ns
	$I_F = 15\text{A}, di_F/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$	-	-	60	-	-	60	ns
t_a	$I_F = 15\text{A}, di_F/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$	-	30	-	-	30	-	ns
t_b	$I_F = 15\text{A}, di_F/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$	-	17	-	-	20	-	ns
$R_{\theta JC}$		-	-	1.5	-	-	1.5	$^\circ\text{C}/\text{W}$

DEFINITIONS

V_F = Instantaneous forward voltage (pw = 300 μs , D = 2%).

I_R = Instantaneous reverse current.

t_{rr} = Reverse recovery time at $di_F/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$ (See Figure 6), summation of $t_a + t_b$.

t_a = Time to reach peak reverse current at $di_F/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$ (See Figure 6).

t_b = Time from peak I_{RM} to projected zero crossing of I_{RM} based on a straight line from peak I_{RM} through 25% of I_{RM} (See Figure 6).

$R_{\theta JC}$ = Thermal resistance junction to case.

pw = pulse width.

D = duty cycle.

Typical Performance Curves

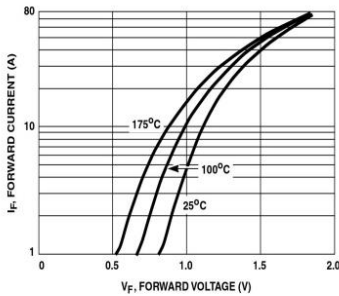


FIGURE 1. FORWARD CURRENT vs FORWARD VOLTAGE

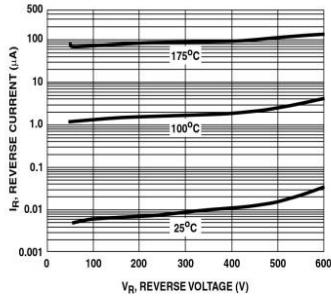


FIGURE 2. REVERSE CURRENT vs REVERSE VOLTAGE

Typical Performance Curves (Continued)

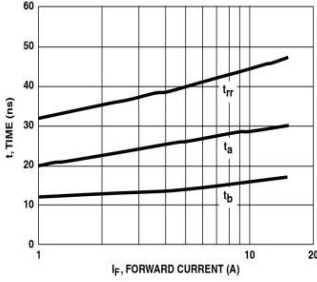


FIGURE 3. t_{tr}, t_a AND t_b CURVES VS FORWARD CURRENT

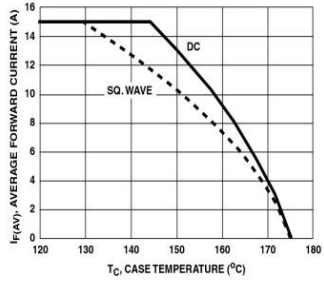


FIGURE 4. CURRENT DERATING CURVE

Test Circuits and Waveforms

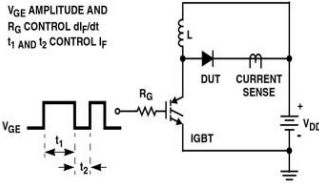


FIGURE 5. t_{tr} TEST CIRCUIT

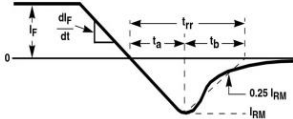


FIGURE 6. t_{tr} WAVEFORMS AND DEFINITIONS

I = 1 A
 L = 40mH
 R < 0.1Ω
 $E_{AVL} = 1/2 L I^2 [V_{R(AVL)} / (V_{R(AVL)} - V_{DD})]$
 $Q_1 = IGBT (BV_{CES} > DUT V_{R(AVL)})$

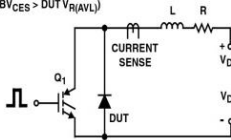


FIGURE 7. AVALANCHE ENERGY TEST CIRCUIT

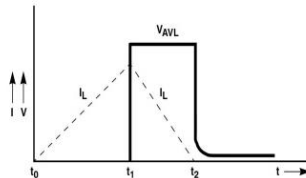


FIGURE 8. AVALANCHE CURRENT AND VOLTAGE WAVEFORMS

6. Datasheet Photovoltaic

Sseries

SOLAR PANEL

SP 50W (M)

SP 50W (M) Sseries is high quality remote energy system that designed to provide superior value and performance for remote home, industrial, and residential use. Made of multicrystalline silicon solar cells, it's cost-effective power both for DC loads and AC loads with inverter, and high efficient in any climate.

Specifications	
Picture	
Code Type	20-888
Model	SP 50W (M)
Max. Power (Wp)	50Wp
Max. Voltage (Vmp)	17.6V
Max. Current (Imp)	2.85A
Open Circuit Voltage (Voc)	21.6V
Short Circuit Current (Isc)	2.98A
Working Time	3 Continuous Rainy Days
L x W x H	835x540x28mm
Glass	830x535mm
Cell	125x125mm
Weight	5.5Kg

Features	Applications
<ul style="list-style-type: none"> • High Power Module • High Performance, Durability and Reliability • Directly converts solar energy into electric energy • Cost effective power • High-efficient solar cells construction • Robust and Corrosion Resistant • Light anodized aluminum 	<ul style="list-style-type: none"> • Remote Villages and Homes • Land based signs for navigation • Communications, pumping and irrigation • Utility-grid supplemental system for residences & commercial building

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Baby Ayu Cahaya Putri
TTL : Bangkalan, 26 Agustus 1997
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Alamat : Jalan Jokotole 32 Socah,
Bangkalan - Madura
Telp/HP : 081230818789
E-mail : babyacp26@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

1. 2003 – 2009 : SD Negeri Demangan 1 Bangkalan
2. 2009 – 2012 : SMP Negeri 1 Bangkalan
3. 2012 – 2015 : SMA Negeri 1 Bangkalan
4. 2015 – 2018 : Departemen Teknik Elektro Otomasi, Program Studi Teknik Elektro Industri – Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

PENGALAMAN KERJA

1. Kerja Praktik di Departemen Maintenance, Divisi Kapal Niaga PT PAL Indonesia (Persero)

PENGALAMAN ORGANISASI

1. Anggota Kajian Islam SMA Negeri 1 Bangkalan
2. Anggota Departemen Sosial Masyarakat HIMAD3TEKTRO
3. Ketua Biro Lingkungan Hidup Sosial Masyarakat HIMAD3TEKTRO