

LAPORAN TUGAS AKHIR / *CAPSTONE DESIGN*

SIRANGSELL : Rancang Bangun Sistem *Switching* Rangkaian Seri dan Parallel *Output* Sel Surya Berbasis Arduino Uno



Penyusun:

A. Haidar Hilmi Faiz (17524082)

Isro Dandi Saputro (17524099)

**Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta**

2021

HALAMAN PENGESAHAN

SIRANGSELL : Rancang Bangun Sistem *Switching* Rangkaian Seri dan Parallel *Output* Sel Surya Berbasis Arduino Uno

Penyusun:

A. Haidar Hilmi Faiz (17524082)

Isro Dandi Saputro (17524099)

Yogyakarta, 29 Juni 2021

Dosen Pembimbing 1



Medilla Kusriyanto, S.T., M.Eng

015240101

Dosen Pembimbing 2



Husein Mubarak, S.T., M.Eng

155241305

**Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta**

2021

PERNYATAAN

Dengan ini Kami menyatakan bahwa:

1. Tugas Akhir ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi lainnya, dan sepanjang pengetahuan Kami juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Tugas Akhir yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal penggunaan informasi dan materi Tugas Akhir terkait paten maka akan diskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut diatas.

Yogyakarta, 29 Juni 2021

A. Haidar Hilmi Faiz (17524082)



Isro Dandi Saputro (17524099)



LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**SIRANGSELL : Rancang Bangun Sistem *Switching*
Rangkaian Seri dan Parallel *Output* Sel Surya Berbasis
Arduino Uno**

Disusun oleh:

A. Haidar Hilmi Faiz (17524082)

Isro Dandi Saputro (17524099)

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

Pada tanggal: 29 Juni 2021

Susunan dewan penguji

Ketua Penguji : Medilla Kusriyanto, S.T., M.Eng

Anggota Penguji : Dzata Farahiyah, S.T., M.Sc.,

Anggota Penguji 2 : Adang Atfan Ludhantono, S.T., M.T.,

Tugas Akhir ini telah disahkan sebagai salah satu persyaratan

untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal: 29 Juni 2021

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Yusuf Aziz Amrulloh, Ph.D.

045240101

DAFTAR ISI

<i>HALAMAN PENGESAHAN</i>	2
<i>HALAMAN PENGESAHAN</i>	3
<i>LEMBBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR</i>	4
<i>DAFTAR ISI</i>	5
<i>BAB 1 : Definisi Permasalahan</i>	7
<i>BAB 2 : Observasi</i>	9
<i>BAB 3 : Usulan Perancangan Sistem</i>	12
3.1 Usulan Rancangan Sistem	12
3.1.1 Understanding	12
3.1.2 Exploration	13
3.1.3 Materialize	13
3.2 Solusi	13
3.2.1 Blok Diagram	15
3.2.2 Desain Mekanis	17
3.2.3 Desain Elektronik	18
<i>BAB 4 : Hasil Rancangan Sistem</i>	21
4.1 Kesesuaian Usulan dan Hasil Perancangan Sistem	21
4.2 Kesesuaian Perencanaan dalam Manajemen Tim dan Realisasinya	22
4.3 Analisis dan Pembahasan Kesesuaian antara Perencanaan dan Realisasi	24
<i>BAB 5 : Implementasi dan Analisis</i>	27
5.1 Hasil dan Analisis Implementasi	27
5.2 Pengujian Daya Tahan Aki (Sumber Utama)	33
5.3 Perbandingan Produk SIRANGSELL dengan produk yang sudah ada	34
5.4 Pengalaman Pengguna	38
5.5 Dampak Implementasi Sistem	40
5.5.1 Teknologi atau inovasi	40
5.5.2 Sosial	40
5.5.3 Ekonomi	40
<i>BAB 6 : Kesimpulan dan Saran</i>	42
6.1 Kesimpulan	42
6.2 Saran	42
<i>Daftar Pustaka</i>	44
<i>LAMPIRAN – LAMPIRAN</i>	45

RINGKASAN TUGAS AKHIR

Panel surya merupakan suatu alat yang dapat mengubah intensitas cahaya matahari menjadi energi listrik arus searah. Energi listrik yang dihasilkan panel surya dapat digunakan secara langsung pada peralatan DC (*Direct Current*). Susunan panel surya secara umum ada dua, yaitu seri dan parallel. Panel surya yang disusun seri akan menghasilkan tegangan lebih besar akan tetapi arusnya kecil, sedangkan untuk panel surya yang dipasang secara parallel arusnya akan lebih besar, akan tetapi tegangannya akan kecil. Dari beberapa observasi yang telah dilakukan kepada pengguna panel surya untuk kebutuhan skala rumah tangga, didapatkan hasil bahwasannya, kebanyakan para pengguna panel surya memasang rangkaian panel surya menggunakan rangkaian seri saja atau parallel saja. Untuk jenis rangkaian secara seri lebih sering digunakan oleh mereka, akan tetapi juga ada yang memasang panel surya secara parallel. Kedua rangkaian tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Oleh karena itu, kelebihan masing-masing rangkaian tersebut dapat dimanfaatkan untuk menciptakan kondisi dalam menyuplai kebutuhan beban, sehingga output yang dihasilkan oleh panel surya dapat menyesuaikan daya beban yang digunakan. Dari permasalahan ini hadir lah SIRANGSELL, yaitu sistem *switching* rangkaian seri dan parallel berbasis mikrokontroler. SIRANGSELL dapat melakukan proses *switching* antara rangkaian seri dan parallel berdasarkan nilai tegangan dan arus pada beban, jadi alat ini mampu menyesuaikan daya beban yang digunakan untuk memanfaatkan kelebihan dari konfigurasi rangkaian panel surya. Diharapkan dengan adanya alat ini pengguna panel surya tidak perlu repot untuk mengganti jenis rangkaian secara manual untuk menyesuaikan kebutuhan daya beban, disamping itu pengguna panel surya juga dapat mengetahui konfigurasi yang sesuai dengan penggunaan beban yang digunakan.

الجامعة الإسلامية
الاستاذ الدكتور

BAB 1 : Definisi Permasalahan

Matahari adalah sumber utama yang memancarkan panas ke bumi. Indonesia memiliki energi panas matahari yang melimpah karena letaknya yang berada di garis khatulistiwa dan memiliki iklim tropis. Dengan potensi energi panas yang berlimpah dapat dimanfaatkan secara langsung sebagai sumber energi alternatif yang akan diubah menjadi energi listrik. Salah satu komponen elektronik untuk mengubah energi panas matahari menjadi energi listrik adalah panel surya. Panel surya merupakan suatu alat yang dapat mengubah intensitas cahaya matahari menjadi energi listrik arus searah [1]. Energi listrik yang dihasilkan panel surya dapat digunakan secara langsung pada peralatan DC (*Direct Current*). Susunan panel surya secara umum ada dua, yaitu seri dan parallel. Panel surya yang disusun seri akan menghasilkan tegangan lebih besar akan tetapi arusnya kecil, sedangkan untuk panel surya yang dipasang secara parallel arusnya akan lebih besar, akan tetapi tegangannya akan kecil [2]. Dari beberapa observasi yang telah dilakukan kepada pengguna panel surya untuk kebutuhan skala rumah tangga, didapatkan hasil bahwasannya kebanyakan para pengguna panel surya memasang rangkaian panel surya menggunakan rangkaian seri saja atau parallel saja. Untuk jenis rangkaian secara seri lebih sering digunakan oleh mereka, akan tetapi juga ada yang memasang panel surya secara parallel. Kedua rangkaian tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Oleh karena itu, kelebihan masing-masing rangkaian tersebut dapat dimanfaatkan untuk menciptakan kondisi dalam menyuplai kebutuhan beban, sehingga *output* yang dihasilkan oleh panel surya dapat menyesuaikan daya beban yang digunakan.

Berdasarkan paparan diatas, maka dari itu dapat dirumuskan masalah bahwa dibutuhkan suatu alat yang dapat mengganti rangkaian seri atau rangkaian paralel (*switching*) supaya daya yang dihasilkan panel surya dapat menyesuaikan kebutuhan daya beban. Sebagai langkah awal dalam *prototyping* alat yang akan dibuat, tim pelaksana menggunakan 4 buah panel surya dengan daya 20 Wp setiap panel surya. Dalam penyusunannya, satu dirangkai secara seri dan satu dirangkai paralel yang terhubung dengan mikrokontroler untuk dapat melakukan *switching*.

Adapun tujuan dari usulan sistem ini adalah untuk memberikan alternatif solusi dalam memaksimalkan kelebihan dari konfigurasi rangkaian pada panel surya dalam menyuplai daya ke beban sehingga dapat dimanfaatkan untuk menyesuaikan kebutuhan daya beban yang digunakan. Manfaat dari usulan sistem ini adalah pengguna panel surya tidak perlu repot untuk mengganti jenis rangkaian secara manual untuk menyesuaikan kebutuhan daya beban, disamping itu pengguna panel surya dapat mengetahui konfigurasi yang sesuai dengan penggunaan beban yang digunakan.

Adapun batasan dari alat ini yaitu :

- Alat tersebut digunakan untuk panel surya yang sesuai yaitu 4 buah panel surya dengan daya 20 Wp setiap panel surya, satu dirangkai secara seri dan satu dirangkai secara parallel.
- Beban menggunakan arus DC (*Direct Current*).
- Daya beban yang digunakan maksimal 80 Watt.
- Alat tersebut lebih sesuai digunakan pada siang hari saja karena aki yang digunakan mempunyai kapasitas yang kecil sehingga tidak dapat menggantikan suplai daya ke beban pada malam hari.



BAB 2 : Observasi

Proses observasi yang dilakukan bertujuan untuk memastikan bahwa rancangan sistem yang diusulkan sesuai dengan batasan realistis yang ditentukan serta telah mengakomodasi kebutuhan awal *prototyping* yang telah disesuaikan dengan keinginan pengguna. Untuk mencapai hal tersebut, tahapan observasi ini diawali dengan mengumpulkan informasi-informasi dasar tentang kebutuhan sistem yang akan digunakan oleh pengguna, dalam hal ini yaitu pengguna panel surya. Terdapat dua hal utama sebagai luaran dari proses observasi ini yaitu kumpulan informasi solusi yang memungkinkan dan informasi hasil wawancara dari pengguna panel surya.

Proses observasi diawali dengan pengumpulan berbagai macam informasi berkaitan dengan solusi yang akan dirancang untuk menanggulangi permasalahan yang telah dirumuskan sebelumnya. Tabel 2.1 menampilkan beberapa kumpulan sumber informasi yang menunjukkan beberapa alternatif solusi yang telah dibuat saat ini berkaitan dengan sistem *switching* rangkaian seri dan parallel output sel surya.

Tabel 2.1. Kumpulan solusi yang identik dengan proyek tugas akhir

Penulis	Usulan Solusi	Hasil / Evaluasi
Tatang Eko Sumantri Syam (2018) [3]	Hybridasi tenaga listrik PLN dan tenaga listrik panel surya menggunakan sensor INA129 berbasis Arduino UNO MEGA 328	Sistem <i>switching</i> dari alat sudah bekerja dengan baik dan berbasis mikrokontroller, namun pada susunan panel surya belum diketahui susunan panel surya yang digunakan dan sistem <i>switching</i> -nya yaitu antara sumber tegangan dan baterai bukan pada susunan rangkaian panel surya.
H. Hasan, dkk. [4]	Perancangan Sistem Monitoring dan <i>Switching</i> Kontrol Hubungan Seri-Paralel Panel Surya	Sistem <i>switching</i> antara rangkaian seri dan parallel berjalan dengan baik. Namun belum ada sensor arus supaya pembacaan lebih akurat dan belum ada sumber tegangan cadangan ke arduino.
M. C. Buwono.	Perancangan Sistem Monitoring dan <i>Switching</i>	Sistem <i>switching</i> berjalan dengan baik yaitu ketika tegangan sel surya kurang dari 20,4 volt

(2018) [5]	Kontrol Hubungan Seri-Paralel Panel Surya	maka sistem akan merekonfigurasi sel surya menjadi susunan seri, dan akan menjadi paralel ketika tegangannya mencapai 20,4 volt. Namun dalam proses <i>switching</i> belum menggunakan mikrokontroler.
---------------	---	--

Berdasarkan hasil penelusuran tersebut, dapat dilihat bahwa untuk penentuan *switching* dapat menggunakan sensor tegangan. Sedangkan untuk mikrokontroller yang umum digunakan adalah Arduino UNO. Berdasarkan observasi diatas maka dapat dibuat sebuah sistem *switching* untuk menyesuaikan beban yang digunakan dengan memanfaatkan kelebihan rangkaian secara seri dan secara paralel panel surya, sehingga ketika pengguna panel surya ingin mengganti atau menambahkan daya beban, maka secara otomatis susunan panel surya akan menyesuaikan. Untuk lebih akurat ditambahkan sensor arus.

Untuk proses survei diawali dengan menghubungi pihak terkait yaitu beberapa narasumber yang telah diwawancarai yang memasang panel surya. Setelah mendapatkan narasumber tersebut, selanjutnya dilakukan persiapan berupa daftar pertanyaan yang bermanfaat untuk membantu menentukan permasalahan sistem. Adapun beberapa pertanyaan yang disiapkan dan respon dari narasumber adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2. Hasil Survei dengan wawancara dari narasumber

Pertanyaan	Jawaban/tanggapan
Bagaimana susunan rangkaian panel surya yang digunakan ?	Dari beberapa narasumber yang diwawancarai, ada yang menggunakan rangkaian seri saja atau rangkaian paralel saja, akan tetapi kebanyakan dipasang secara seri.
Apa kelebihan rangkaian seri dan rangkaian paralel pada pemasangan panel surya?	<ul style="list-style-type: none"> - Kelebihan rangkaian seri adalah untuk mempertahankan atau mengusahakan agar tegangan tetap semakin tinggi dan arus semakin kecil agar rugi atau <i>losses</i> tegangan kecil. - Kelebihan rangkaian paralel yaitu arusnya besar sehingga arus yang mengalir ke beban lebih besar dan tercukupi.

<p>Bagaimana memilih sistem switching yang tepat untuk penggunaan beberapa modul PV yang akan dirangkai seri dan paralel</p>	<p>Untuk model switching yang lebih bagus itu menggunakan kontaktor magnet dimana konsep kerja control dari kontaktor magnetis dapat di setting secara mekanis. Akan tetapi kalau menggunakan mikrokontroler juga lebih efisien dimana hanya membutuhkan beberapa relay untuk proses <i>switching</i>-nya.</p>
<p>Apakah dengan 4 PV (2 PV dirangkai seri dan 2 PV dirangkai paralel) dengan sistem switching untuk memilih rangkaian mana yang bisa dipakai dapat menyesuaikan kebutuhan daya beban?</p>	<p>Lebih disarankan untuk menggunakan semua panel suryanya, dipasang seri saja atau dipasang paralel saja, supaya lebih efisien.</p>

Berdasarkan informasi yang didapatkan dari hasil wawancara dan studi literatur, maka dapat ditentukan daftar spesifikasi dari sistem yang akan dikembangkan sebagai solusi permasalahan yang diangkat, yaitu rancang bangun sistem *switching* rangkaian seri dan paralel *output* sel surya berbasis arduino Uno. Berikut adalah daftar spesifikasi lengkapnya :

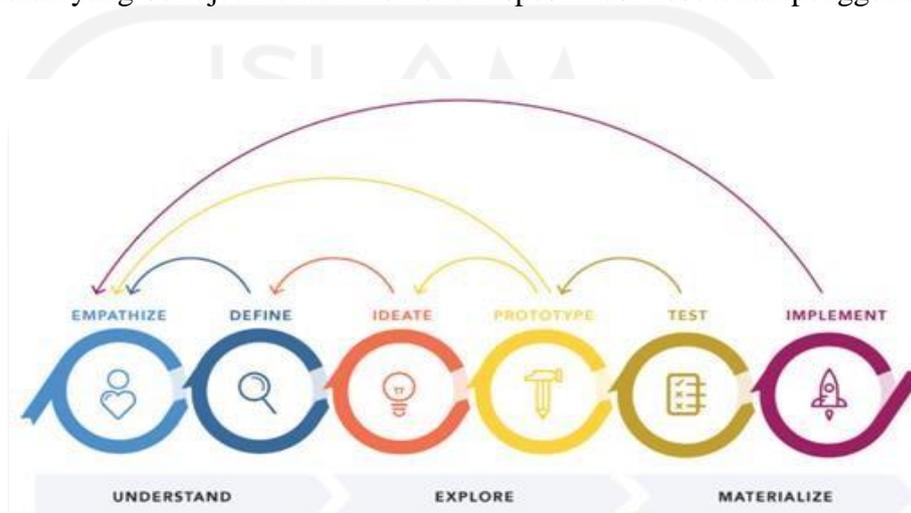
1. Menggunakan panel surya 20 Wp sebanyak 4 buah, dua panel surya dipasang secara seri dan dua panel surya lagi dipasang secara paralel, dengan rangkaian pertama yang digunakan adalah rangkaian seri, sehingga output maksimal 30 Wp.
2. Menggunakan Arduino Uno sebagai mikrokontroler.
3. Menggunakan 2 buah sensor yaitu sensor tegangan dan sensor arus.
4. Menggunakan Aki untuk menyimpan daya dan dapat dijadikan sebagai pengecasan baterai.
5. Terdapat baterai cadangan untuk sumber ke Arduino Uno.
6. Alat tersebut diperuntukan untuk beban yang berarus DC (*Direct Current*) dengan daya yang kecil dan maksimal daya beban yaitu 80 Watt.
7. Terdapat BMS (*Battery Management System*) pada baterai cadangan sebagai pengaman apabila terjadi *overcharging*.

Berdasarkan spesifikasi tersebut, maka selanjutnya akan dirancang usulan sistem yang memenuhi kriteria yang telah disebutkan diatas.

BAB 3 : Usulan Perancangan Sistem

3.1 Usulan Rancangan Sistem

Dalam perancangan sistem rekayasa, beberapa tahapan perlu dilakukan sesuai dengan kebutuhan dalam engineering design. Adapun tahap tersebut yaitu empathize, define, ideate, prototype, test, dan implement. Proposal ini adalah sebagai suatu cara untuk memenuhi standar keteknikan dalam perancangan sistem meliputi tahapan empathize, define, dan ideate. Tahapantahapan tersebut seperti siklus yang didalamnya dapat terjadi perubahan, perbaikan, maupun penambahan yang bertujuan untuk memenuhi spesifikasi kebutuhan pengguna (Gambar 3.1).



Gambar 3.1 Alur pelaksanaan metode *Design Thinking*

Metode *Design Thinking* dipilih oleh pengusul karena memiliki konsep perbaikan secara menyeluruh untuk menuju kesempurnaan. Metode ini tidak berfokus hanya kepada bagaimana pembuatan alat dapat tercapai, tetapi juga bagaimana memiliki hubungan baik pada tim atau rekan kerja.

3.1.1 Understanding

Tahapan pertama dalam siklus ini adalah tahap Understanding. Dalam tahap ini, dilakukan pendalaman masalah yang diangkat sehingga masalah tersebut dalam dipahami dan masalah tersebut dapat diselesaikan dengan rancangan sistem yang akan dibuat. Masalah yang ingin diangkat adalah memanfaatkan kelebihan rangkaian tersebut untuk menciptakan kondisi dalam menyuplai kebutuhan beban, sehingga *output* yang dihasilkan oleh panel surya dapat menyesuaikan daya beban yang digunakan. Dari tahapan ini terdapat sub proses yaitu empathize dimana dilakukan survei dan wawancara untuk mencari tahu kendala yang dialami. Tahapan selanjutnya yaitu define, disini dilakukan studi literatur dari berbagai referensi guna menyelesaikan problem riil yang dialami

3.1.2 Exploration

Tahapan exploration, dalam tahap ini mengumpulkan seluruh informasi agar sistem yang akan dibuat telah mempertimbangkan berbagai macam aspek. Dari tahapan ini terdapat sub proses yaitu ideate yang digunakan untuk menentukan solusi guna menyelesaikan problem riil. Dalam masalah yang telah diangkat tim pelaksana menawarkan sebuah solusi berupa alat yang dapat mengganti rangkaian seri dan rangkaian paralel (*switching*) supaya *output* yang dihasilkan panel surya dapat menyesuaikan kebutuhan daya beban. Dan *prototype* dilakukan perancangan sistem agar dapat digunakan. Proses *prototype* juga menggunakan metode trial and error pada program.

3.1.3 Materialize

Tahapan materialize dilakukan setelah exploration terpenuhi. Tahapan awal materialize adalah test. Test dilakukan dengan melakukan uji coba alat untuk melihat apakah alat tersebut dapat bekerja dengan baik, jika belum maka akan dilakukan perbaikan. Tahapan kedua adalah implement. Implement dilakukan dengan menerapkan alat dalam permasalahan riil. Jika implement tidak berhasil maka perlu dilakukan pengkajian ulang dari tahapan empathize.

3.2 Solusi

Sistem ini diberi nama SIRANGSELL atau rancang bangun sistem switching rangkaian seri dan paralel output sel surya berbasis arduino Uno. SIRANGSELL merupakan alat yang dapat men-*switching* rangkaian seri atau rangkaian paralel untuk menyesuaikan daya beban yang digunakan berbasis mikrokontroler. Alat ini menggunakan sistem *switching* berbasis mikrokontroler supaya tidak perlu repot mengganti jenis rangkaian secara manual untuk menyesuaikan kebutuhan daya beban, jadi hanya tinggal mengganti atau menambahkan beban. Disamping itu pengguna panel surya dapat mengetahui konfigurasi yang sesuai dengan penggunaan beban yang digunakan.

Tabel 3.1. Kebutuhan Inventaris Sistem

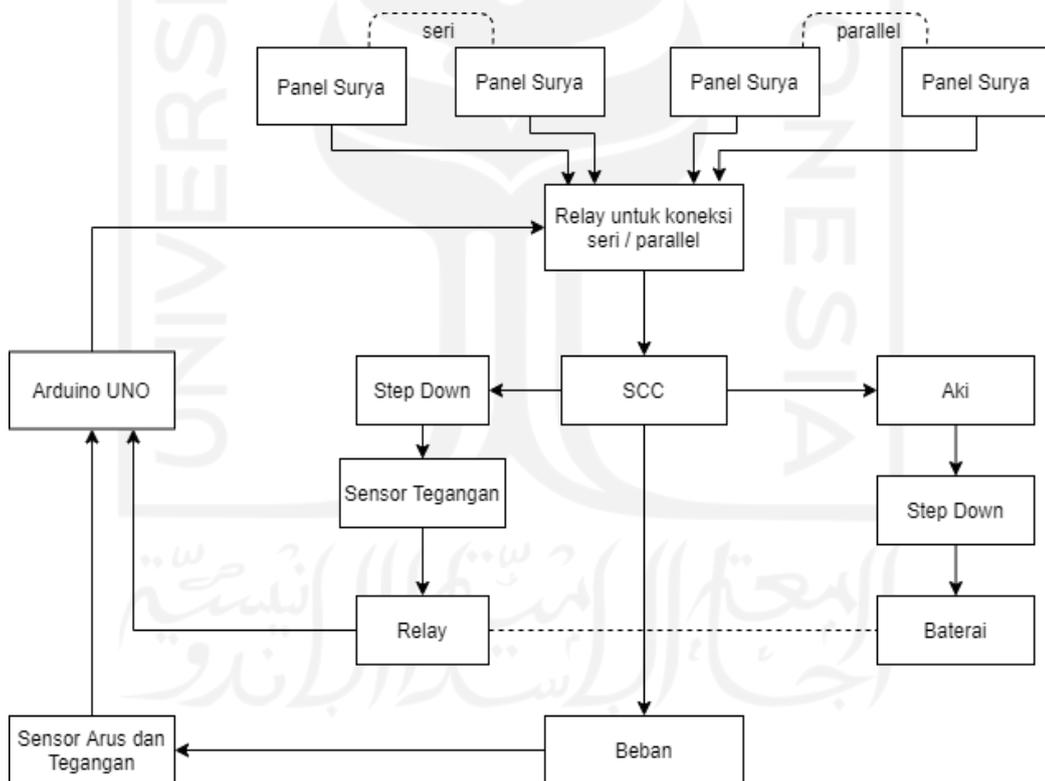
No	Nama Alat	Keterangan
1.	Perangkat untuk kemasan alat	Digunakan sebagai tempat meletakkan rangkaian elektronis. Dibuat menggunakan panel box yang bagian dalamnya berisi rangkaian, sedangkan bagian luar atau pintunya digunakan untuk

		meletakkan indikator-indikator.
2.	Panel Surya	Jenis panel surya yang kami gunakan adalah Solar Panel Poly SP-20-P36 dengan kapasitas 20 Wp.
3.	Microcontroller	Pada alat ini menggunakan arduino uno (rev3) karena kapasitas <i>operating</i> atau <i>input voltage</i> adalah 5V atau 7V-12V, disamping itu pin digital dan pin analog sesuai kebutuhan alat ini.
4.	Baterai	<ul style="list-style-type: none"> - Baterai untuk suplai daya arduino uno yang digunakan ada dua, yaitu aki dan baterai. Untuk aki digunakan sebagai sumber utama sedangkan baterai digunakan sebagai sumber cadangan. - Aki digunakan untuk menyimpan daya keluaran dari panel surya yang terhubung dengan SCC (<i>Solar Charger Controller</i>). Disamping itu aki juga dapat digunakan untuk daya pilot lamp dan untuk mengecras baterai.
5.	Sensor tegangan	<ul style="list-style-type: none"> - Pada alat ini menggunakan dua buah sensor tegangan, yang pertama untuk <i>switching</i> rangkaian seri atau rangkaian paralel sedangkan yang kedua digunakan untuk <i>switching</i> daya dalam mensuplai daya arduino uno. - Jenis sensor tegangan yang digunakan adalah DC Voltage Sensor 0V To 25V
6.	Sensor Arus	<ul style="list-style-type: none"> - Pada alat ini menggunakan satu buah sensor arus yang digunakan untuk <i>switching</i> rangkaian seri atau rangkaian paralel. - Jenis sensor yang kami gunakan adalah <i>Current Sensor Module ACS712-20A</i>.
7.	BMS	Komponen ini digunakan pada baterai cadangan sebagai pengaman apabila terjadi <i>overcharging</i> .

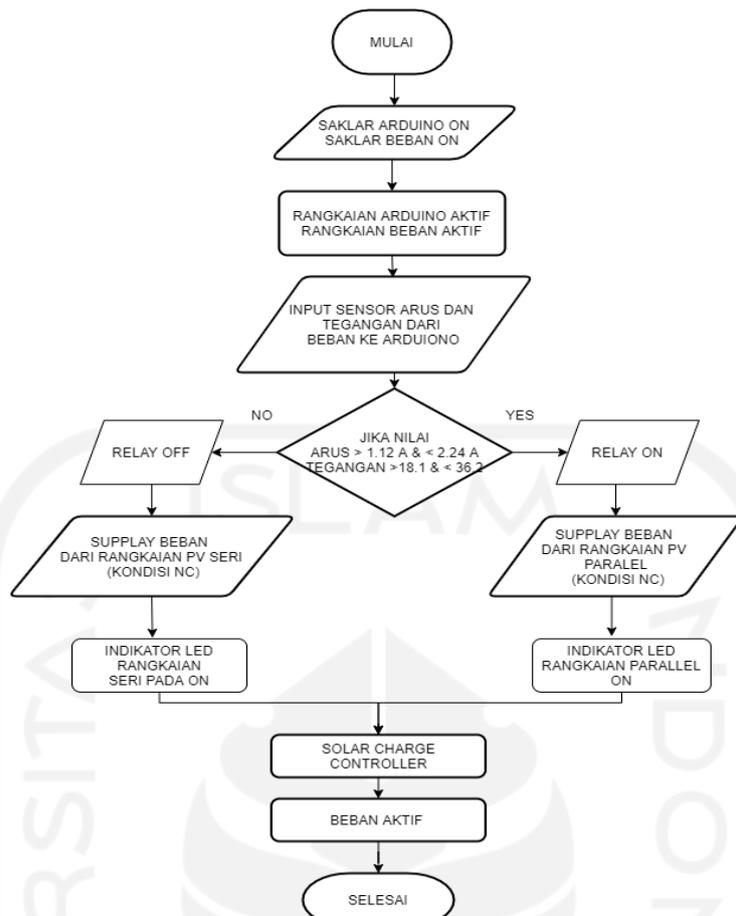
8.	SCC (Solar Charger Controller)	<ul style="list-style-type: none"> - SCC (<i>Solar Charger Controller</i>) yang digunakan berfungsi untuk melindungi dan melakukan otomatisasi pada pengisian baterai. Hal ini bertujuan untuk mengoptimalkan sistem dan menjaga agar masa pakai baterai dapat dimaksimalkan. - Jenis SCC yang kami gunakan adalah PWM <i>Solar Charge Controller</i> SLC-NR2410A, Version : CB1306.
----	--------------------------------	--

Alat yang dirancang yaitu rancang bangun sistem *switching* rangkaian seri dan parallel output sel surya berbasis arduino Uno. Untuk rincian bentuk desain dan penjelasannya dapat dilihat sebagaimana berikut :

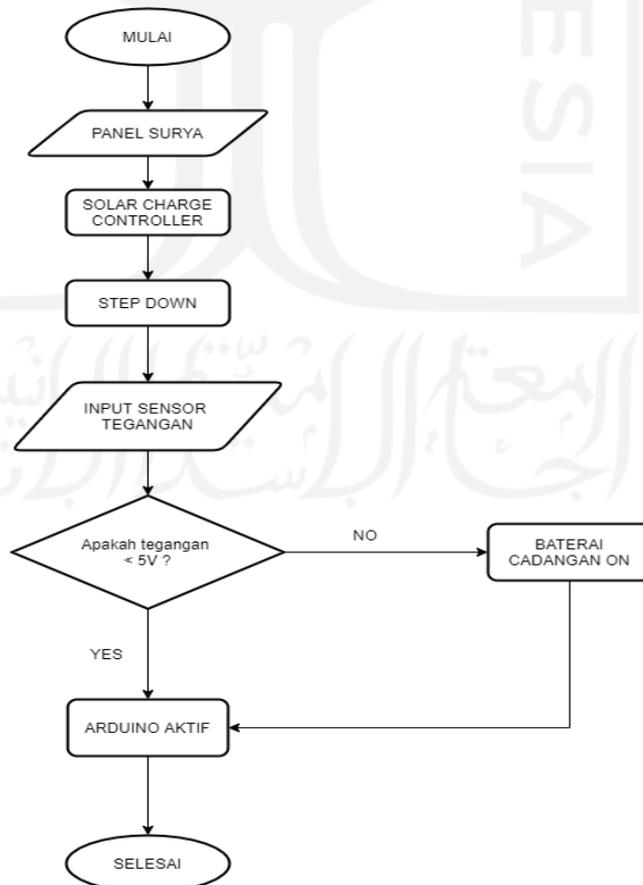
3.2.1 Blok Diagram



Gambar 3.2. Blok diagram sistem



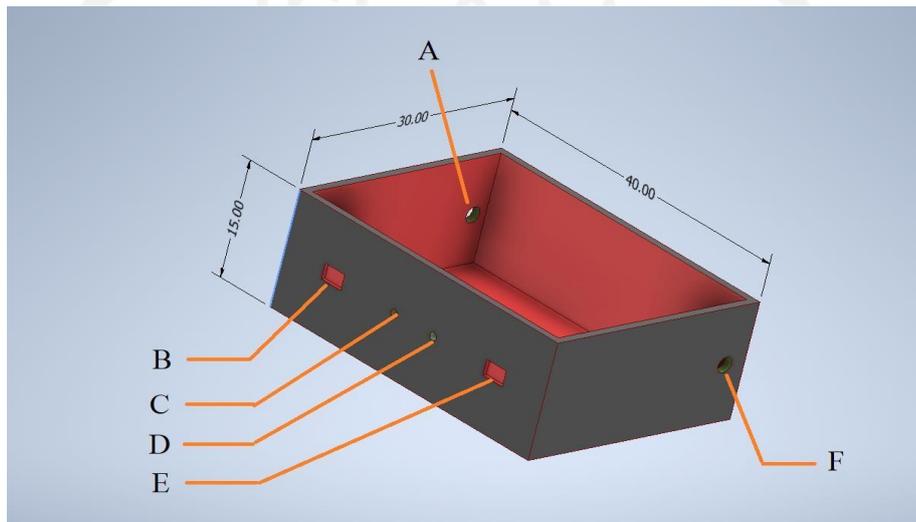
Gambar 3.3. Flowchart sistem



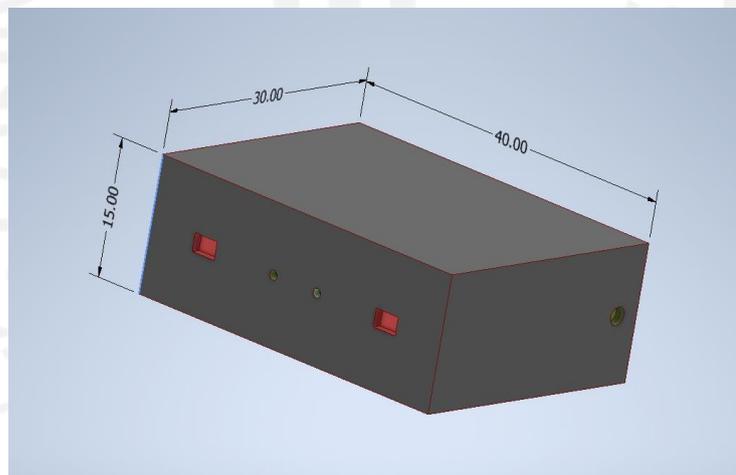
Gambar 3.4 Flowchart daya

3.2.2 Desain Mekanis

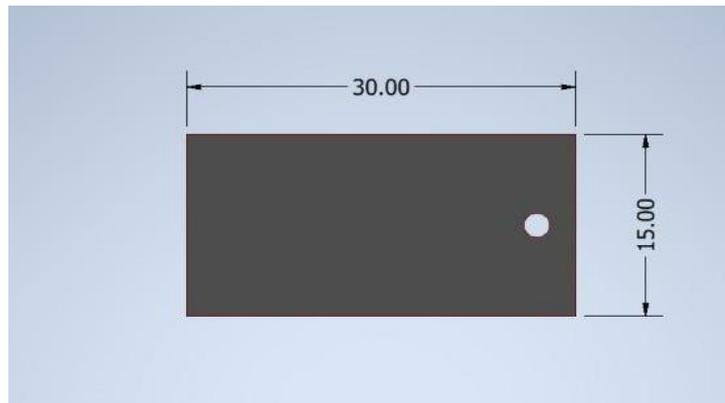
Pada desain mekanis ini, alat ini menggunakan desain sederhana untuk panel box dengan bentuk balok. Untuk semua komponennya akan dimasukkan kedalam panel box, kecuali panel surya dan beban yang akan digunakan. Adapun ukuran panel box yaitu 40 x 30 x 15 cm. Pada bagian panel box terdapat 4 lubang, yaitu : A. Masukan kabel dari panel surya, B. Voltmeter Ammeter dari panel surya, C. Indikator LED rangkaian seri, D. Indikator LED rangkaian parallel, E. Voltmeter Ammeter dari beban, F. Kabel *output* ke beban.



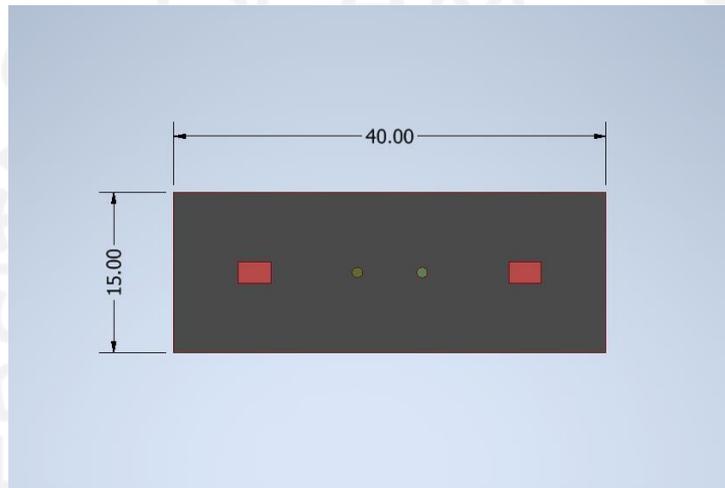
Gambar 3.5 Deskripsi bagian *Casing*



Gambar 3.6 *Casing* keseluruhan



Gambar 3.2.2 Tampak *casing* bagian samping



Gambar 3.2.3 Tampak *casing* bagian depan

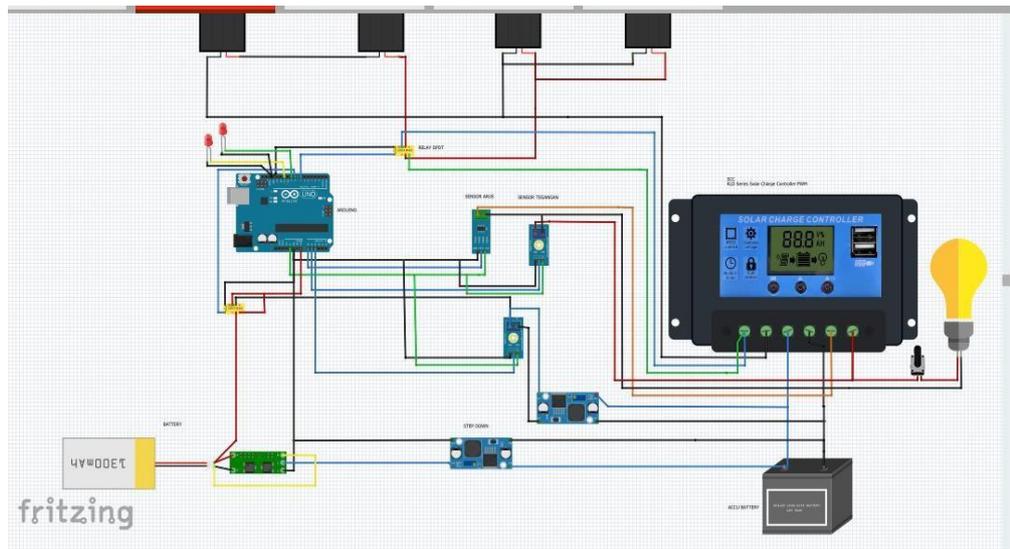


Gambar 3.2.4 Tampak *casing* bagian bawah

3.2.3 Desain Elektronis

Pada desain Elektronis dapat dibagi menjadi dua yaitu desain daya dan desain keseluruhannya, berikut ini merupakan pembagian desainnya :

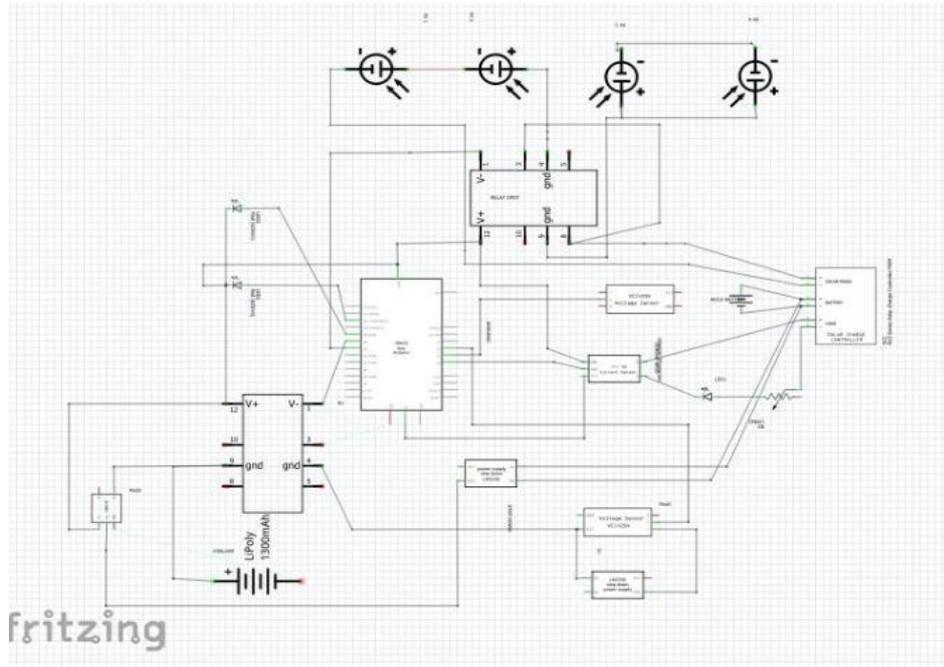
3.2.3.1 Desain Elektronik



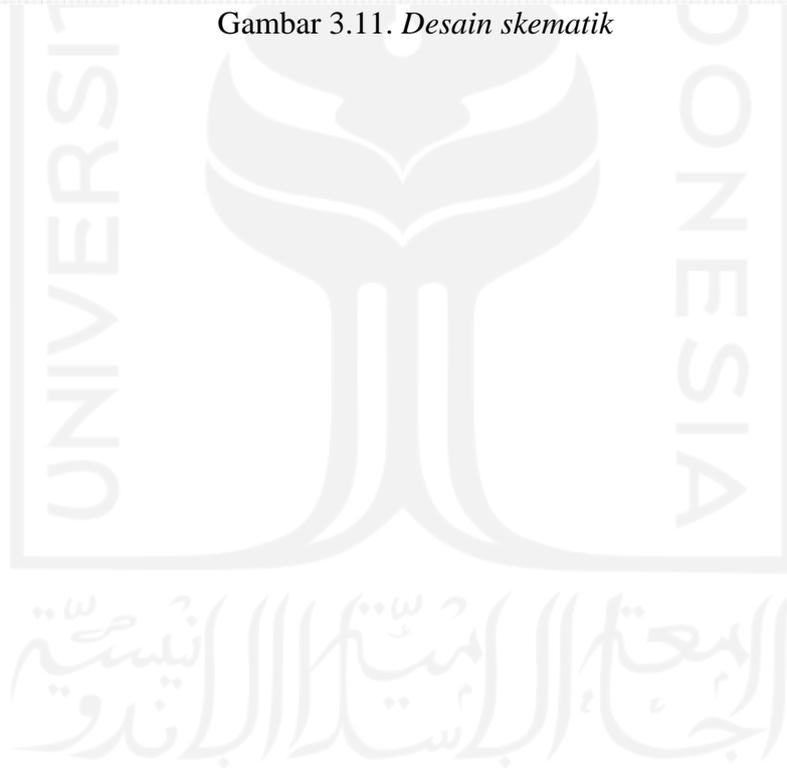
Gambar 3.10. Tampilan desain elektronik keseluruhan

Pada gambar desain elektronik diatas terdapat empat modul panel surya yang dirangkai secara seri 2 buah dan paralel 2 buah dengan tersambung dengan komponen *switching* (relay DPDT). Untuk rangkaian seri terhubung dengan relay *normally close* (NC) dan rangkaian paralel terhubung ke *normally open* (NO). Pada awalnya sumber listrik berasal dari rangkaian seri yang terhubung ke relay *normally close* (NC) untuk menghidupkan sistem. Pada output panel surya yang terhubung pada SCC (*Solar Charge Controller*) terdapat komponen pengukur arus dan tegangan yaitu Dual Combo Voltmeter Ammeter (untuk komponen tersebut belum dicantumkan karena pada aplikasi fritzing dan di internet tidak ditemukan library untuk *Dual Combo Voltmeter Ammeter*). Pada SCC juga terhubung pada beban dan baterai aki dimana daya output dari PV akan juga masuk pada baterai aki dan pada beban. Pada beban sendiri terhubung dengan sensor arus dan tegangan yang berfungsi untuk mendeteksi seberapa besar tegangan dan arus yang ada pada beban. Kemudian data tegangan dan arus tersebut dikirim ke arduino UNO untuk dilakukan sebuah pengolahan data controller dimana data tersebut akan menjadi acuan sehingga relay DPDT dapat melakukan *switching* rangkaian konfigurasi pada panel surya (memilih rangkaian seri atau paralel). Sumber listrik utama ke arduino UNO yaitu berasal dari panel surya yang sudah di *step down* dan terhubung dengan pada kondisi *normally close* (NC) pada relay, sedangkan untuk baterai cadangannya yaitu berasal dari baterai yang terhubung ke *normally open* (NO) pada relay. Baterai tersebut dapat dicas dari sumber aki yang sudah di step down sesuai dengan tegangan baterai. Pada baterai juga terdapat BMS (*Battery Management System*) sebagai pengaman apabila terjadi *overcharging*.

3.2.3.2 Desain Skematik



Gambar 3.11. Desain skematik



BAB 4 : Hasil Perancangan Sistem

4.1 Kesesuaian Usulan dan Hasil Perancangan Sistem

Pada TA 101 tim pelaksana telah membuat sebuah rancangan dengan menggunakan sistem rangkaian dua panel surya dirangkai secara seri dan dua panel surya dirangkai secara parallel. Pada rancangan tersebut mengalami perubahan dimana tim pelaksana menggunakan sistem rangkaian empat panel surya yang dirangkai semuanya. Perubahan tersebut berkaitan dengan pemanfaatan panel surya agar *output* daya dihasilkan lebih besar. Berkaitan dengan tujuan dari sistem ini yaitu untuk memberikan alternatif solusi dalam memaksimalkan kelebihan dari konfigurasi rangkaian pada panel surya dalam menyuplai daya ke beban telah sesuai dengan apa yang diusulkan, namun pada tahap implementasi terdapat beberapa modifikasi dari perancangan sebelumnya dengan perbandingan *head-to-head comparison* pada tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1 Perbandingan usulan dan hasil perancangan sistem

No	Spesifikasi	Usulan	Realisasi
1	Rangkaian Panel Surya	Empat buah panel surya. Dua panel surya dirangkai secara seri dan dua panel surya dirangkai secara parallel.	Empat buah panel surya. Empat panel surya dirangkai semuanya, memiliki dua buah rangkaian. Satu rangkaian dipasang secara seri dan satu rangkaian dipasang secara parallel.
2	Relay	Menggunakan dua buah relay DPDT (<i>Double Pole Double Throw</i>). Satu relay untuk <i>switching</i> pada konfigurasi rangkaian seri dan rangkaian parallel.	Menggunakan relay SPDT (<i>Single Pole Double Throw</i>) sebanyak 13 <i>channel</i> dan satu buah relay DPDT. 10 <i>channel</i> relay SPDT digunakan untuk <i>switching</i> pada konfigurasi rangkaian

			seri dan rangkaian paralel. Satu <i>channel</i> relay SPDT digunakan untuk <i>switching</i> pada pilot lamp. Dua <i>channel</i> relay SPDT digunakan untuk <i>switching</i> daya.
3	Baterai	Menggunakan satu buah baterai tipe 523450 1000mAh 3,7V.	Menggunakan tiga buah baterai Tipe ICR 1865022F.
4	Dimensi Alat	30 x 20 x 15 cm	30 x 40 x 20 cm
5	Lampu Indikator	Menggunakan LED kecil.	Menggunakan pilot lamp.
6	Kabel Panel Surya	Menggunakan kabel dengan panjang dua meter.	Menggunakan kabel dengan panjang dua puluh meter.
7.	Desain Panel Box	Untuk desain awal panel box menggunakan pintu menghadap ke atas. Untuk keluar dan masuknya kabel berada di posisi samping kiri dan kanan.	Untuk desain awal panel box menggunakan pintu menghadap ke depan. Untuk keluar dan masuknya kabel berada di posisi bawah.
8.	Desain Elektronis	Pada desain elektronis sebelumnya yaitu belum terdapat penambahan komponen.	Pada desain elektronis yang terealisasi sudah terdapat penambahan komponen.
9.	Beban	Menggunakan dua beban yaitu LED 10Watt dan 25 Watt.	Menggunakan 5 buah beban yaitu tiga lampu LED 10Watt dan tiga lampu LED 20Watt.

4.2 Kesesuaian Perencanaan dalam Manajemen Tim dan Realisasinya

Sistem manajemen telah berjalan sesuai dengan kesepakatan dan rencana tim pelaksana dengan pembagian tugas yang telah ditentukan. Pada bagian timeline terdapat banyak perubahan dikarenakan beberapa kondisi menyesuaikan *timeline* tim percepatan.

Tabel 4.2. Kesesuaian antara usulan dan realisasi *timeline* pengerjaan Tugas Akhir 2

No	Kegiatan	Usulan waktu	Realisasi Pelaksanaan
1	Pembelian alat dan bahan	Maret - April	Maret – Mei
2	Perancangan alat	April - Juni	April - Mei
3	Pemasangan <i>case</i> 3D pada alat pencetakan <i>case</i> 3D	Juni - Juli	Mei
4	Ujicoba alat dan perbaikan alat	Juni - Juli	Mei
5	Laporan	Agustus	Mei
6	Pembuatan Video dan Poster	Agustus	Juni
7	Pameran/Expo	Agustus	Juni

Tabel 4.3. Kesesuaian RAB Tugas Akhir antara usulan dan realisasi

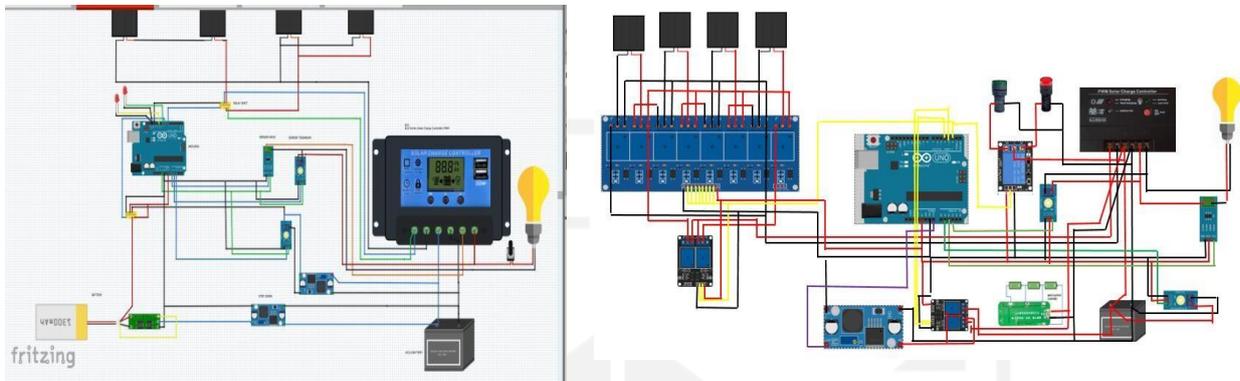
No	Jenis Pengeluaran	Usulan Biaya		Realisasi Biaya	
		Kuantitas	Total Harga	Kuantitas	Total Harga
1	Solar Panel Poly SP-20-P36 20wp	4 pcs	Rp. 1.500.000	4	Rp. 1.500.000
2	Arduino Uno (Rev3)	1 pcs	Rp. 65.000	1 pcs	Rp. 65.000
3	PWM Solar Charge ControllerSLCNR2410A,	1 pcs	Rp. 200.000	1 pcs	Rp. 200.000

	Version : CB1306				
4	Relay	2 pcs	Rp. 16.000	11 pcs	Rp. 159.000
5	Current Sensor Module ACS712-20A	1 pcs	Rp. 24.000	1 pcs	Rp. 24.000
6	DC Voltage Sensor 0V To 25V	2 pcs	Rp. 9.600	1pcs	Rp. 9.600
7	Kabel jumper (malemale, male-fimale, female- female)	15 pcs	Rp. 15.000	30 pcs	Rp. 30.000
8	kabel NYAF (merah dan hitam)	4 meter	Rp. 12.000	45 meter	Rp. 195.000
9	Lampu LED	2 pcs	Rp. 31.900	5 pcs	Rp. 115.000
10	BMS	1 pcs	Rp. 29.000	1 pcs	Rp. 29.000
11	Dual Combo Voltmeter Ammeter Volt Ampere Amper Meter DC	2 pcs	Rp. 53.800	2 pcs	Rp. 53.800
12	LM2596 adjustable Module DC-DC step down	2 pcs	Rp. 18.000	1 pcs	Rp. 9.000
13	PCB lubang	-	-	1 pcs	Rp. 27.000
14	Panel box	1 pcs	Rp. 300.000	1 pcs	Rp. 345.000
15	Aki	1 pcs	Rp. 360.000	1 pcs	Rp. 360.000
16	Baterai lithium	2 pcs	Rp. 166.000	3 pcs	Rp. 84.000
17	Pilot lamp (lampu indikator)	-	-	2 pcs	Rp. 12.000
	Total		Rp. 2.800.300		Rp .3.217.400

4.3 Analisis dan Pembahasan Kesesuaian antara Perencanaan dan Realisasi

Terdapat beberapa perbedaan antara usulan dengan perancangan sistem. Perbedaan berupa perubahan sistem, penggantian dan penambahan komponen. Hal tersebut disebabkan oleh

beberapa faktor, seperti perubahan perancangan rangkaian panel surya disebabkan karena pada kelompok kami ingin memaksimalkan daya dari panel surya sehingga menggunakan semua panel surya. Meskipun terdapat perbedaan, akan tetapi secara umum memenuhi tujuan yang ingin dicapai yaitu dapat melakukan *switching* rangkaian seri dan rangkaian parallel. Perbandingan spesifikasi antara usulan dan realisasi dapat dilihat dibawah :

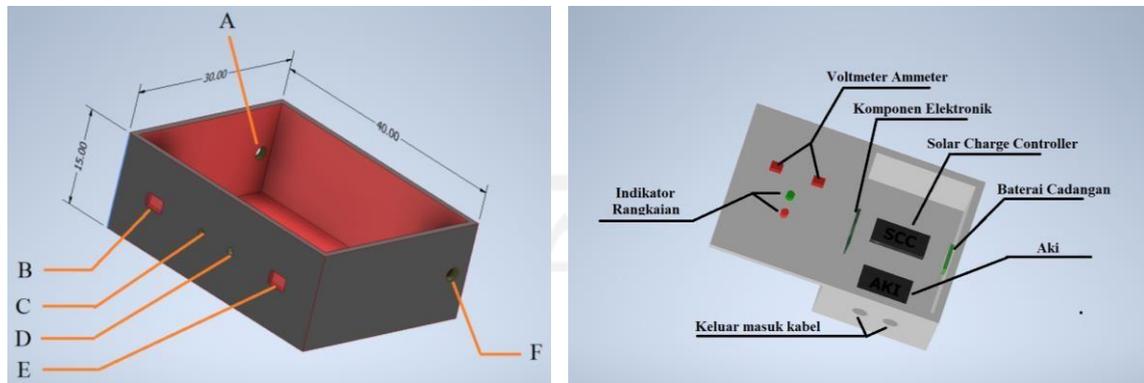


Gambar 4.3.1 Perubahan sistem alat

Pada sistem sebelumnya, tim pelaksana merangkai panel surya dua dipasang seri dan dua dipasang parallel, akan tetapi setelah melakukan perubahan tim pelaksana menggunakan empat buah panel surya, dimana satu rangkaian terpasang secara seri dan satu rangkaian terpasang secara parallel. Perubahan tersebut mengakibatkan bertambahnya relay, yang awalnya menggunakan relay DPDT (*dual pole dual throw*), kemudian diganti menjadi sembilan relay untuk melakukan *switching*. Kemudian pada sistem tersebut terdapat perbedaan lagi pada bagian lampu indikator. Pada desain sebelumnya tim pelaksana memakai LED mini sebagai indikator rangkaian pada panel surya yang digunakan, kemudian menggantinya menjadi pilot lamp, dikarenakan apabila masih menggunakan LED mini masih kurang terlihat, sehingga diganti menjadi pilot lamp yang memiliki dimensi ukuran yang lebih besar sehingga akan lebih mudah dilihat. Pilot lamp sendiri membutuhkan tegangan 12 Volt, sehingga perlu disambungkan ke aki. Untuk proses *switching* pada pilot lamp tersebut kami menambahkan relay satu channel. Pada proses *switching* rangkaian seri dan parallel, relay untuk inputan yang terhubung pada pin digital arduino Uno digabungkan menjadi satu karena memiliki kondisi yang sama dan juga untuk mengefisienkan pin digital.

Pada baterai cadangan awalnya tim pelaksana menggunakan Baterai Tipe 523450 1000mAh 3,7V, kemudian menggantinya menjadi baterai lithium 18650, dikarenakan pada kelompok kami ada yang mempunyai baterai lithium 18650 sehingga pemakaian baterai tersebut untuk menghemat biaya dengan fungsi yang sama. Adapun untuk kabel yang digunakan terjadi penambahan dikarenakan untuk menyesuaikan kebutuhan. Setelah terjadi perubahan pada

penggunaan panel surya, yang awalnya 4 meter menjadi 45 meter. Pada beban yang digunakan terjadi penambahan juga dikarenakan masih dibutuhkan lebih banyak beban lampu untuk pengujian pada *switching* rangkaian seri dan parallel, yang awalnya menggunakan 2 lampu menjadi 5 lampu.



Gambar 4.3 Perubahan desain mekanis

Dapat dilihat pada gambar 4.3 bahwa terjadi perubahan desain dan penambahan penempatan komponen. Pada desain awalnya dimensi alat ini yaitu 40 x 30 x 15 cm, kemudian berubah menjadi 30 x 20 x 40 cm, dikarenakan tidak ada ukuran yang sesuai dengan desain awal alat ini. Kemudian terjadi penambahan pilot lamp pada bagian depan untuk mengetahui jenis rangkaian yang digunakan. Pada lubang tutupnya yang semula tim pelaksana menempatkannya pada bagian atas, kemudian merubahnya pada bagian depan. Untuk lubang keluar dan masuknya kabel yang semula ditempatkan pada bagian kanan dan kiri, kemudian dipindah pada bagian bawah.

BAB 5 : Implementasi Sistem dan Analisis

5.1 Hasil dan Analisis Implementasi

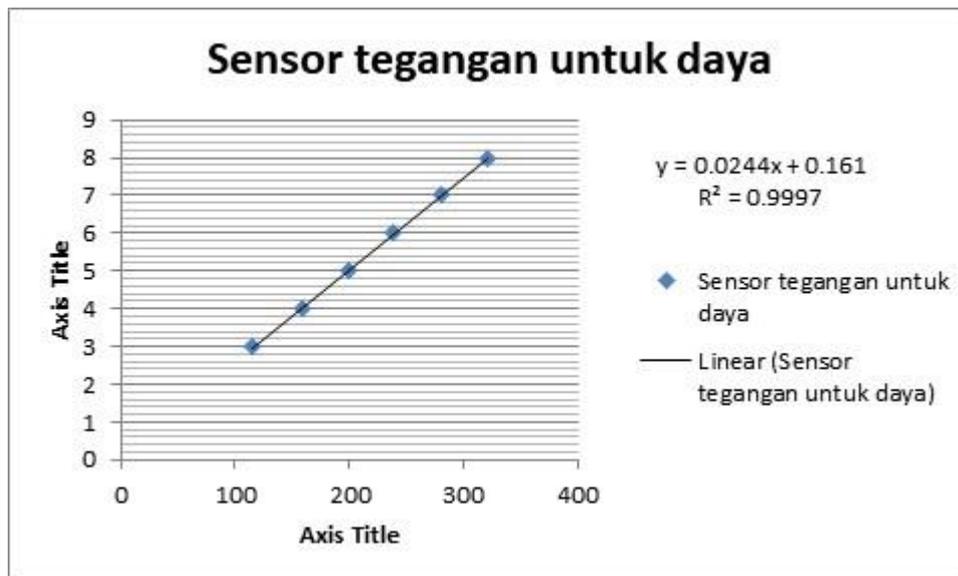
Pada bagian ini, dilakukan pengujian sistem berdasarkan usulan spesifikasi yang telah disebutkan sebelumnya. Pengujian dilakukan terhadap sistem switching yang berfungsi mengganti jenis rangkaian yang sesuai dengan daya beban berdasarkan nilai arus dan tegangan beban, sistem switching daya yang digunakan untuk menghidupkan mikrokontroler (Arduino Uno),

5.1.1 Pengujian Sistem Switching Rangkaian Seri dan Parallel

Sistem *switching* ini berfungsi untuk mengganti antara rangkaian panel surya yang dipasang secara seri atau parallel berdasarkan nilai tegangan dan nilai arus beban. Untuk mengetahui tegangan dan arus beban maka digunakan sensor tegangan dan arus. Tujuan dari sistem *switching* ini adalah untuk menyesuaikan daya pada beban yang terhubung dengan output panel surya.

Tabel 5.1. Hasil kalibrasi sensor tegangan

No	Tegangan di multimeter (V)	Sensor tegangan (Data analog)
1	3	114,6666667
2	4	159,3333333
3	5	199,6666667
4	6	239,3333333
5	7	280,3333333
6	8	321,3333333



Gambar 5.1. Grafik kalibrasi sensor tegangan untuk rangkaian seri dan parallel

Setelah melakukan proses kalibrasi, selanjutnya yaitu melakukan ujicoba pada switching rangkaian seri atau parallel dengan beberapa beban lampu yang dipasang secara parallel. Sebagai indikator untuk mengetahui jenis rangkaian yang digunakan yaitu menggunakan pilot lamp. Pilot lamp warna hijau akan menyala ketika rangkaian seri yang digunakan, sedangkan ketika pilot warna merah yang menyala maka rangkaian yang digunakan adalah rangkaian parallel.

Tabel 5.2. Hasil pengujian sistem *switching* rangkaian seri dan rangkaian parallel

No	Kondisi beban (Parallel)	Multimeter		Sensor arus (A)	Sensor tegangan (V)	Rangkaian yang digunakan
		Tegangan (V)	Arus (A)			
1.	1 beban	12	0,31	0,146	12,54	Seri
2.	2 beban	11,8	0,86	0,586	11,94	Seri
3.	3 beban	11,6	1,27	1,172	11,40	Seri
4.	4 beban	11,5	1,56	1,514	11,79	Parallel
5.	5 beban	11,3	2,03	2,1	10,76	Parallel

Tabel 5.3. Hasil pengujian sistem *switching* rangkaian seri dan rangkaian paralel

No	Kondisi beban (Paralel)	Multimeter		Sensor arus (A)	Sensor tegangan (V)	Rangkaian yang digunakan
		Tegangan (V)	Arus (A)			
1.	1 beban	12	0,31	0,195	14,29	Seri
2.	2 beban	11,8	0,87	0,635	11,45	Seri
3.	3 beban	11,6	1,29	1,172	11,13	Seri
4.	4 beban	11,5	1,57	1,514	11,79	Paralel
5.	5 beban	11,3	2,03	2,051	10,16	Paralel

Tabel 5.4. Hasil pengujian sistem *switching* rangkaian seri dan rangkaian paralel

No	Kondisi beban (Paralel)	Multimeter		Sensor arus (A)	Sensor tegangan (V)	Rangkaian yang digunakan
		Tegangan (V)	Arus (A)			
1.	1 beban	12	0,31	0,146	12,67	Seri
2.	2 beban	11,8	0,87	0,686	13,87	Seri
3.	3 beban	11,6	1,29	1,025	10,33	Seri

4.	4 beban	11,5	1,56	1,416	13,18	Parallel
5.	5 beban	11,3	2,03	2,002	10,46	Parallel

Pada tabel pengujian diatas merupakan percobaan menggunakan 5 buah lampu, 2 lampu 10 Watt dan 3 lampu 20 Watt yang dipasang secara parallel dengan penambahan beban berkala. Pada awalnya kami memasang 1 beban 10 Watt dimana dapat dilihat di tabel bahwa arus dari beban masih kecil, kemudian kami menambahkan 1 beban 10 Watt lagi sehingga bebannya menjadi 20 Watt, akan tetapi arusnya masih belum cukup untuk berpindah dari rangkaian seri ke rangkaian parallel. Kemudian kami menambahkannya lagi sampai 5 beban. Dapat dilihat di tabel bahwa pada dari 3 kali perulangan proses perpindahan *switching* yaitu terdapat pada saat memakan 4 beban yaitu dengan pembacaan sensor arus diatas 1,2 Ampere, sedangkan tegangannya masih dibawah 15 dikarenakan seharusnya mengikuti tegangan aki yaitu sekitar 12 Volt. Dapat dilihat di tabel bahwa untuk proses *switching* yang paling penting adalah berasal dari sensor arus, karena semakin bertambah beban yang dipasang secara parallel maka arus beban akan lebih besar, sedangkan untuk tegangannya akan mengikuti tegangan dari aki. Berdasarkan tabel 5.2 – tabel 5.4 dari 15 kali pengujian terhadap keberhasilan sistem *switching* rangkaian seri dan parallel, sistem berhasil melakukan proses *switching* berdasarkan arus dan tegangan dari beban dengan persentase 90 %, dikarenakan akurasi dari sensor masih kurang.

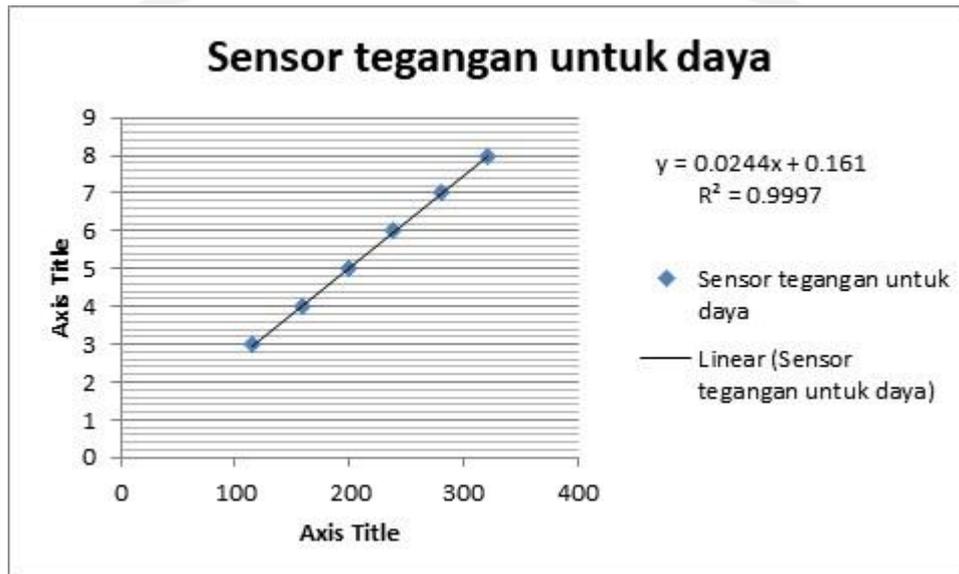
5.1.2. Pengujian Sistem *Switching* Suplai Daya Arduino Uno

Sistem *switching* ini berfungsi untuk mengganti suplai daya arduino Uno, yaitu antara aki dengan baterai. Dalam menyuplai daya ke arduino sumber utamanya adalah dari aki, sedangkan baterai digunakan untuk sumber cadangan. Dikarenakan aki sebagai sumber utama dapat rusak, maka kami mempunyai *back up* daya dari baterai melalui proses *switching*. Proses *switching* tersebut berdasarkan sensor tegangan yang ada di aki.

Tabel 5.5. Hasil pengujian sistem *switching* suplai daya arduino Uno

No	Tegangan di multimeter (V)	Sensor tegangan (Data analog)
1.	3	114,6666667

2.	4	159,3333333
3.	5	199,6666667
4.	6	239,3333333
5.	7	280,3333333
6.	8	321,3333333



Gambar 5.1.2 Grafik kalibrasi sensor tegangan untuk daya

Setelah melakukan proses kalibrasi, selanjutnya yaitu melakukan uji coba pada *switching* aki dan baterai cadangan. Proses *switching* dilakukan dengan pembacaan nilai tegangan dari aki, ketika aki drop maka daya yang akan masuk ke arduino Uno berasal dari aki. Dikarenakan tegangan dari aki dan baterai yang dapat melebihi 12 volt, sedangkan untuk inputan arduino adalah 7-12 volt, maka kami memakai step down untuk menurunkan tegangan keluaran yang masuk ke arduino Uno. Berikut hasil pengujiannya :

Tabel 5.6. Hasil pengujian pada *switching* aki dan baterai cadangan

No	Kondisi	Multimeter (tegangan aki) (V)	Sensor tegangan di aki (V)	Tegangan keluaran setelah relay (V)	Tegangan output (V)	Keterangan
1.	Sensor tegangan dipasang	12,5	12,43	12,4	11,8	Daya dari aki

2.	Sensor tegangan dilepas	12,4	0,16	11	10,8	Daya dari baterai
3.	Sensor tegangan dipasang	12,3	12,39	12,2	12	Daya dari aki
4.	Sensor tegangan dilepas	12,4	0,16	11	10,4	Daya dari baterai
5.	Sensor tegangan dipasang	12,4	12,39	12,3	12	Daya dari aki
6.	Sensor tegangan dilepas	12,4	0,16	11	10,9	Daya dari baterai

Pada tabel 5.6 dapat dilihat bahwa didapatkan data nilai pada multimeter (tegangan aki), sensor tegangan di aki, tegangan setelah relay dan tegangan setelah distepdown. Data tersebut didapatkan dari empat percobaan *switching* aki dan baterai cadangan. Untuk percobaan pertama, ketika sensor tegangan dilepas maka nilai tegangan pada multimeter sebesar 12,5 Volt, sedangkan pada tegangan keluaran sebesar 11,8 Volt, maka terdapat selisih sebesar 0,7 Volt. Pada kondisi tegangan dilepas nilai tegangan yang muncul pada multimeter sebesar 12, 4 Volt, sedangkan pada tegangan keluaran sebesar 10,8 Volt, maka terdapat selisih sebesar 1,6 Volt. pada percobaan kedua dan ketiga juga memiliki memiliki selisih sebesar 0,3 sampai 1,3 Volt. Proses *switching* aki dan baterai cadangan dilakukan untuk mengantisipasi apabila terjadi kerusakan pada sumber utama (aki) dalam menyuplai daya pada arduino Uno dimana kapasitas *operating* atau *input voltage* adalah 7V-12V. Berdasarkan tabel 5.6 Hasil pengujian pada *switching* aki dan baterai cadangan sistem, dari 6 percobaan sistem berhasil melakukan proses *switching* berdasarkan sensor tegangan di aki dengan persentase 100% berhasil. Dalam percobaan tersebut kami juga menampilkan *output* dari daya yang digunakan dan *output* setelah dilakukan step down.

5.1.3. Pengujian Sistem Switching Lampu Indikator (Pilot Lamp)

Sistem *switching* ini berfungsi untuk mengetahui rangkaian yang digunakan. Percobaan ini dilakukan berbarengan pada saat proses *switching* rangkaian seri dan parallel, karena kondisinya yang sama maka *output* Pilot lamp yang digunakan berwarna hijau dan merah. Pilot

lampu ini diletakan pada bagian depan supaya pengguna mengetahui jenis rangkaian yang digunakan serta mengetahui konfigurasi yang tepat sesuai dengan beban yang digunakan.

Adapun hasil percobaan yaitu :

Tabel 5.7. Hasil uji coba pada *switching* lampu indikator (Pilot Lamp)

No	Kondisi Rangkaian	Nyala lampu indikator
1.	Rangkaian Seri	Hijau
2.	Rangkaian Paralel	Merah
3.	Rangkaian Seri	Hijau
4.	Rangkaian Paralel	Merah
5.	Rangkaian Seri	Hijau
6.	Rangkaian Paralel	Merah

Berdasarkan tabel 5.7. Hasil pengujian pada *switching* aki dan baterai cadangan dari 6 percobaan, sistem berhasil melakukan proses *switching* berdasarkan arus dan tegangan dari beban dengan persentase 100% berhasil. Jadi untuk pilot lamp yang digunakan akan menyesuaikan kondisi pada jenis rangkaian yang digunakan.

5.2 Pengujian Daya Tahan Aki (Sumber Utama)

Pengujian dilakukan dengan menggunakan beban 1 buah lampu LED 10 Watt pada malam hari. Aki yang digunakan memiliki kapasitas 7 aH dengan 12 tegangan volt. Hasil pengujian ditunjukkan pada tabel 5.8.

Daya aki (P) : $V \times I$: 12 volt x 7 ampere : 84 Watt.

Beban yang digunakan : Lampu LED 10 Watt.

Perhitungan daya tahan aki : daya aki (P) / beban : 84 Watt : 10 Watt = 8,4 jam.

Tabel 5.8. Hasil pengujian daya tahan aki

Kondisi aki	ΔT (Jam)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
100 – 70 %	2,7	13,8	0,73	10,074
70 – 30 %	3,2	12,85	0,78	10,023

<30 %	2,1	11,99	0,83	9,877
	$\sum \Delta T = 8 \text{ jam}$			

Tabel 5.8 menunjukkan hasil pengujian daya tahan aki 7aH. Pada percobaan tersebut daya tahan aki menggunakan beban 10 Watt yaitu selama 8 jam. Hasil menunjukkan aki mampu bertahan selama 8,2 jam dengan beban induktif lampu LED 10 Watt. Berdasarkan perhitungan aki dengan daya aki 84 Watt dengan beban 10 Watt seharusnya aki mampu menyuplai daya ke beban selama 8,4 jam, akan tetapi pada saat melakukan percobaan aki hanya bertahan selama 8 jam. Hal tersebut dapat terjadi karena SCC (*solar charge controller*) akan memutus beban supaya daya baterai tidak habis sehingga aki masih dapat digunakan kembali dan untuk memperpanjang kualitas aki seiring bertambahnya usia aki.

5.3 Perbandingan Produk SIRANGSELL dengan produk yang sudah ada

Pada TA 2 ini tim pelaksana telah membuat sebuah produk alat yang dapat memanfaatkan kelebihan dari rangkaian seri dan rangkaian parallel. Solusi yang ditawarkan pada alat ini berkaitan dengan pemanfaatan panel surya agar *output* yang dihasilkan oleh panel surya dapat menyesuaikan kebutuhan daya beban yang digunakan. Berkaitan dengan tujuan dari sistem ini yaitu untuk memberikan alternatif solusi dalam memaksimalkan kelebihan dari konfigurasi rangkaian pada panel surya dalam menyuplai daya ke beban telah sesuai dengan apa yang dirancang, namun pada alat ini terdapat beberapa modifikasi dari alat yang serupa yang sudah ada sebelumnya. Perbandingan *head-to-head comparison* antara produk A yaitu SIRANGSELL dengan produk produk B yaitu (Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya: Studi Kasus di Kota Pangkalpinang) berguna memberikan sebuah informasi terkait keunggulan dan keterbatasan dari masing-masing produk [6].

Tabel 5.9. Perbandingan produk SIRANGSEL dengan produk yang sudah ada

No	Indikator atau Aspek	Nama Alat atau Poduk	
		A	B
1	Sistem	Pada produk ini, sistem yang digunakan adalah sistem <i>switching</i> dimana sistem ini dapat melakukan <i>switching</i> rangkaian panel surya secara otomatis dengan parameter daya beban	Pada produk ini, sistem yang digunakan adalah sistem <i>charging</i> dan <i>non-charging</i> pada aki yang digunakan. Proses <i>charging</i> ini dilakukan

		<p>yang digunakan. Sistem ini merupakan modifikasi baru yang memaksimalkan kelebihan dari konfigurasi rangkaian pada panel surya dalam menyuplai daya ke beban dengan pemasangan panel surya yaitu dirangkai semuanya (empat panel surya) dengan memiliki dua kondisi rangkaian baik seri maupun parallel.</p>	<p>untuk menyuplai daya beban yang digunakan pada waktu-waktu tertentu (seperti malam hari). Sistem tersebut merupakan sistem konvensional atau umum yang sudah ada di masyarakat dengan memanfaatkan cahaya matahari menjadi energi listrik.</p>
2	Konfigurasi Rangkaian Panel Surya	<p>Pada produk SIRANGSEL memanfaatkan dua konfigurasi rangkaian panel surya yaitu konfigurasi rangkaian seri dan konfigurasi rangkaian parallel yang masing-masing memiliki kelebihan dalam pemasangan panel surya. Penggunaan kedua konfigurasi tersebut bertujuan untuk memaksimalkan kelebihan dari konfigurasi rangkaian pada panel surya dalam menyuplai daya ke beban sehingga dapat dimanfaatkan untuk menyesuaikan kebutuhan daya beban yang digunakan.</p>	<p>Pada produk ini hanya memakai satu panel surya saja dalam proses kerja sistemnya, akan tetapi apabila produk ini menggunakan dua atau lebih panel surya untuk suplai energi listriknya maka dipilih salah satu konfigurasi rangkaian dalam pemasangan panel surya baik itu secara seri saja atau secara parallel saja.</p>
3	Mikrokontroller	<p>- Produk ini menggunakan mikrokontroller berupa Arduino Uno sebagai pengendali <i>swiching</i> rangkaian seri dan rangkaian parallel. Penggunaan</p>	<p>Pada produk ini tidak menggunakan mikrokontroller dalam proses kerja sebuah sistem. Produk ini hanya menggunakan SCC (<i>Solar</i></p>

		<p>mikrokontroler ini memberikan kemudahan karena proses <i>swiching</i> dilakukan secara otomatis sehingga pengguna panel surya tidak perlu memasang secara manual dalam merubah atau mengganti rangkaian panel surya untuk pemenuhan kebutuhan daya baban yang digunakan.</p> <p>- Pada produk ini, mikrokontroler disuplai dari dua sumber yaitu sumber utama yang berasal dari aki dan sumber cadangan yang berasal dari baterai. Baterai yang sebagai sumber cadangan akan menggantikan sumber utama ketika terjadi drop tegangan atau kerusakan pada aki.</p>	<p><i>Charger Controller</i>) sebagai <i>controlling</i> pada saat proses <i>charging</i> dari panel surya menuju ke aki supaya tidak terjadi <i>overcharging</i>, sehingga dapat membuat aki menjadi tidak cepat rusak.</p>
4	Tempat Penyimpanan Energi	<p>Aki yang digunakan pada SIRANGSELL berfungsi tidak hanya sebagai tempat penyimpanan energi yang dihasilkan oleh panel surya saja atau digunakan untuk menyalakan beban lampu yang digunakan diwaktu malam hari saja, akan tetapi aki juga digunakan untuk menyuplai mikrokontroler yaitu Arduino Uno dan juga sebagai daya <i>charging</i> ke baterai cadangan</p>	<p>Aki yang digunakan berfungsi hanya sebagai tempat penyimpanan energi yang dihasilkan oleh panel surya yang kemudian digunakan untuk menyalakan beban lampu yang digunakan diwaktu malam hari.</p>

		<p>untuk menggantikan aki apabila terjadi drop tegangan atau kerusakan. Pada baterai cadangan terdapat sistem BMS (<i>Battery Management System</i>) sebagai pengaman apabila terjadi <i>overcharging</i> serta untuk mengisi daya baterai secara otomatis.</p>	
5	Spesifikasi Produk	<ul style="list-style-type: none"> - Untuk spesifikasi produk ini yaitu menggunakan empat buah panel surya dengan daya 20 Wp pada setiap panel surya. Untuk penyusunannya, satu dirangkai secara seri dan satu dirangkai paralel. - Diperuntukan untuk beban yang berarus DC (<i>Direct Current</i>) dengan daya yang kecil dan maksimal daya beban yaitu 80 Watt. - Terdapat dua buah sensor yaitu sensor tegangan dan sensor arus. - Menggunakan BMS (<i>Battery Management System</i>) sebagai pengaman apabila terjadi <i>overcharging</i> pada baterai. 	<ul style="list-style-type: none"> - Untuk spesifikasi produk ini yaitu menggunakan satu buah panel surya dengan daya 100 Wp. - Diperuntukan untuk beban lampu LED sebesar 40 Watt.
6	Ekonomi atau Harga	<ul style="list-style-type: none"> - Dengan menggunakan PLTS pengguna panel surya dapat memanfaatkannya untuk suplai daya ke peralatan-peralatan rumah tangga. Dikarenakan alat tersebut menggunakan bahan dari alam maka kita dapat 	<p>Untuk produk ini sudah banyak beredar dipasaran dan sudah banyak juga dipasang di beberapa tempat atau jalan untuk penerangan jalan umum (PJU). Akan tetapi, untuk</p>

		<p>menghemat biaya untuk alat-alat yang menggunakan listrik.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pada produk SIRANGSELL ini pengguna tidak perlu melakukan rekonfigurasi secara manual dalam pemasangan rangkaian panel surya, sehingga dapat menghemat biaya pengeluaran untuk membayar pemasangan rangkaian panel surya yang diinginkan dalam memenuhi kebutuhan daya beban yang digunakan. - Dalam aspek harga produk, SIRANGSEL ini masuk dalam kategori murah yaitu Rp. Rp. 3.527.400. Harga tersebut sudah mencakup satu paket yang meliputi empat buah panel surya dan panel box beserta kontroller di dalamnya. 	<p>produk ini harga yang diperlukan untuk pemasangan satu unit PJU mencapai lebih dari Rp 8.000.000 dengan rincian satu paket nya meliputi 1 unit LED 40 watt, panel surya 1 x 100 Wp, 1 unit box panel, 1 unit baterai VRLA 100 Ah dan 1 unit <i>solar charger controller</i> (10A,12V/24V).</p>
--	--	--	---

5.4 Pengalaman Pengguna

Bagian ini berisi hasil pengalaman pengguna saat implementasi sistem. Jelaskan hasil dan kendala saat pengguna menggunakan sistem yang diimplementasikan beserta perbaikannya. Tabel 5.8 merupakan contoh tabel pengalaman pengguna baik capaiannya maupun kendalanya serta aksi/perbaikan.

Tabel 5.10. Pengalaman Pengguna

No	Fitur/Komponen	Capaian	Aksi/Perbaikan
----	----------------	---------	----------------

1	Fungsi	Fungsi sebagai sistem <i>switching</i> rangkaian seri dan rangkaian paralel	Dapat berfungsi dengan baik karena dapat memberikan manfaat bagi pengguna sehingga pengguna tidak perlu repot memilih jenis rangkaian panel surya yang akan dipasang di rumah. Dengan alat ini, <i>output</i> dari panel surya dapat disesuaikan dengan daya beban. Jika membutuhkan tegangan yang besar maka menggunakan rangkaian seri, sedangkan jika membutuhkan arus yang besar maka menggunakan rangkaian paralel sehingga lebih efisien.
2	Kemudahan	SIRANGSEELL dapat memberikan kemudahan bagi pengguna panel surya.	Dengan menggunakan alat SIRANGSELL akan memudahkan pengguna untuk menyuplai daya beban yang berbeda-beda sehingga sistem ini dapat menyesuaikan kebutuhan daya beban. Ketika suatu beban membutuhkan suplai arus yang lebih besar maka sistem akan mengubah rangkaian panel surya menjadi paralel, sedangkan ketika suatu beban membutuhkan suplai tegangan yang lebih besar maka sistem akan mengubah rangkaian panel surya menjadi rangkaian seri.

3	Kualitas	SIRANGSELL dapat melakukan <i>switching</i> rangkaian panel surya dengan baik namun perlu dilakukan perbaikan dalam segi penginstalasian.	Dari segi fungsi, alat ini bekerja dengan baik akan tetapi dari segi instalasi, alat ini masih perlu perbaikan
---	----------	---	--

5.5 Dampak Implementasi Sistem

5.5.1 Teknologi/Inovasi

Dampak teknologi pada alat ini adalah terdapat inovasi teknologi baru dalam pemasangan panel surya. Pada umumnya pengguna panel surya hanya memasang panel surya secara seri saja atau parallel saja sehingga jika pengguna panel surya ingin melakukan rekonfigurasi dalam pemasangan panel surya maka harus dilakukan penyusunan ulang pada rangkaian panel surya yang mana ini berdampak pada biaya pemasangan, waktu pengerjaan dan membutuhkan tenaga pengerjaan. Adapun alat ini memiliki beberapa hal yang baru jika dibandingkan dengan alat yang sudah ada. Alat ini menggunakan sistem *switching* berbasis mikrokontroler yang memiliki cara pengoperasian yang mudah (otomatis). Alat ini juga memiliki 2 sumber untuk menyuplai mikrokontroler, sumber utama berasal dari aki dan sumber cadangan berasal dari baterai, sehingga ketika akinya drop maka baterai akan menggantikan menyuplai daya ke mikrokontroler.

5.5.2 Sosial

Dalam bidang sosial, alat ini memberikan dampak pengetahuan dalam mengetahui konfigurasi yang tepat dalam pemasangan jenis rangkaian panel surya dalam menyesuaikan daya beban yang digunakan. Alat ini juga dapat memudahkan pengguna panel surya supaya tidak repot dalam mengganti jenis rangkaian panel yang digunakan untuk menyesuaikan daya beban.

5.5.3 Ekonomi

PLTS atau pembangkit listrik tenaga surya merupakan pembangkit listrik yang mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Matahari adalah sumber utama yang memancarkan cahaya ke bumi, dengan potensi energi yang melimpah yang dapat dimanfaatkan secara langsung sebagai energi alternatif yang akan diubah menjadi energi listrik. Panel surya merupakan salah satu komponen utama yang dapat mengubah energi panas matahari menjadi energi listrik maka

dengan adanya panel surya kita dapat menggunakan alat yang membutuhkan listrik secara gratis dengan matahari sebagai sumber utama. Dengan menggunakan PLTS kita dapat memanfaatkannya untuk suplai daya ke peralatan-peralatan rumah tangga. Dikarenakan alat tersebut menggunakan bahan dari alam maka kita dapat menghemat biaya untuk alat-alat yang menggunakan listrik. Adapun untuk asumsi biaya produksi alat dan harga jual alat sebagai berikut :

1. Asumsi perhitungan produksi alat

- Panel surya 4 unit = Rp. 1.500.000 (1 unit = Rp. 375.000).
- Panel box = Rp. 1.717.400.

Total biaya produksi = Rp. 1.500.000 + Rp. 1.717.400 = Rp. 3.217.400.

2. Upah tenaga kerja

Upah tenaga kerja = Rp. 300.000.

3. Harga jual alat

Harga jual = Rp. 3.217.400 + Rp. 300.000 = Rp. 3.527.400.

4. Biaya maintenance

Biaya maintenance = Rp. 50.000.

Pada alat ini terdapat baterai atau aki yang memiliki usia kurang lebih 2 tahun. Untuk menjaga agar performa alat ini bisa bertahan lama dan tidak mudah rusak maka perlu dilakukan maintenance. Adapun maintenance dapat dilakukan setiap 6 bulan sekali.

BAB 6 : Kesimpulan dan Saran

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan masalah dan usulan yang telah ada maka dibuat sebuah alat yang memiliki sebuah sistem utama untuk proses *switching* rangkaian seri atau parallel dari jenis rangkaian panel surya. Beberapa informasi mengenai alat ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Alat ini mampu melakukan *switching* secara otomatis rangkaian seri dan parallel dalam menyuplai kebutuhan daya beban yang digunakan. Rangkaian utama yang digunakan yaitu rangkaian seri supaya mempertahankan besar tegangan dari aki, sedangkan ketika arus pada beban melebihi arus yang keluar dari rangkaian seri, maka alat ini akan melakukan *switching* ke rangkaian parallel. Output yang keluar dari rangkaian parallel arusnya akan lebih besar, sehingga apabila membutuhkan arus yang lebih besar disarankan untuk menggunakan rangkaian parallel. Dikarenakan alat ini berbasis mikrokontroler, maka proses akan secara otomatis menyesuaikan daya beban.
2. Alat ini memiliki dapat melakukan *switching* daya antara aki dan baterai cadangan yang digunakan sebagai sumber untuk menyuplai daya pada arduino Uno. Baterai cadangan digunakan apabila terjadi drop tegangan pada aki.
3. Alat ini dilengkapi sistem BMS (*Battery Management System*) pada baterai cadangan sebagai pengaman apabila terjadi *overcharging* serta untuk mengisi daya baterai secara otomatis.
4. Diharapkan dengan adanya alat ini pengguna panel surya tidak perlu repot untuk mengganti jenis rangkaian secara manual untuk menyesuaikan kebutuhan daya beban, disamping itu pengguna panel surya juga dapat mengetahui konfigurasi yang sesuai dengan penggunaan beban yang digunakan.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil pelaksanaan tugas akhir, kami memiliki beberapa saran untuk penelitian kedepannya agar performa dari sistem menjadi lebih baik lagi, yaitu:

1. Pada segi instalasi, alat ini masih perlu perbaikan dikarenakan masih banyak pemasangan kabel yang belum tersusun secara rapi sehingga apabila terjadi error atau dilakukan *maintenance* alat maka akan sangat menyulitkan dalam perbaikannya.
2. Pada alat ini masih menggunakan kapasitas aki 7 AH yang mana apabila besar arus pada beban yang digunakan sebesar 1 Ampere maka beban hanya bisa bertahan selama 7 jam

pada malam hari sehingga perlu adanya penambahan besar kapasitas aki supaya beban bisa bertahan lebih lama pada kondisi malam hari.

3. Pada alat kami belum terdapat sistem IoT (*Internet of Things*)
4. Perlu adanya penambahan saklar untuk memutus daya ke beban sehingga pengguna dapat menyalakan dan mematikan beban.
5. Panel surya yang digunakan sebaiknya menggunakan kapasitas yang lebih besar supaya daya yang kita dapat lebih besar juga dan mampu mengaliri lebih banyak peralatan-peralatan rumah tangga.
6. Alat ini hanya dapat digunakan pada beban DC (*Dirrect Current*) sehingga diperlukan sistem konverter DC to AC untuk penggunaan beban rumah tangga yang secara umum menggunakan beban AC (*Alternating Current*).



Daftar Pustaka

- [1] B. Dan and R. Harmonisa, "Koneksi Paralel Modul Surya Dan Sistem Kelistrikan melalui Konverter untuk Pembagian Beban dan Reduksi Harmonisa," vol. 6, no. September, pp. 161–168, 2011.
- [2] M. A. Mazta, A. S. Samosir, and A. Haris, "Rancang Bangun Interleaved Boost Converter Berbasis Arduino," *J. Rekayasa dan Teknol. Elektro*, vol. 10, no. 1, pp. 22–29, 2016.
- [3] T. Eko Sumantri, "Hybridisasi Tenaga Listrik PLN dan Tenaga Listrik Panel Surya Menggunakan Sensor Ina129 Berbasis Arduino Mega328," 2018, [Online]. Available: <https://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/8896>.
- [4] E. Doni Anibta, H. Hasan, and S. Syukriyadin, "Perancangan Sistem Monitoring dan Switching Kontrol Hubungan Seri-Paralel Panel Surya," *Snete.Unsyiah.Ac.Id*, pp. 66–71, 2019, [Online]. Available: <http://snete.unsyiah.ac.id/2019/wpcontent/uploads/2019/12/Naskah-12-Enga-Doni.pdf>.
- [5] M. C. Buwono, W. Budiman, and N. Hariyanto, "Rancang Bangun Sistem Pengendali Pengisian Arus Sel Surya Dengan Rekonfigurasi Seri-Paralel Arus Sel Surya Dengan Rekonfigurasi Seri-Paralel," *Bandung Inst. Teknol. Nas.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–12, 2010.
- [6] A. Febrianto, W. Sunanda, and R. F. Gusa, "Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya: Studi Kasus di Kota Pangkalpinang," *J. Presipitasi Media Komun. dan Pengemb. Tek.Lingkung.*, vol. 16, no. 2, p. 76, 2019, doi: 10.14710/presipitasi.v16i2.76-82.

LAMPIRAN – LAMPIRAN

- *Logbook* Kegiatan Selama Proses Tugas Akhir 2



DEPARTMENT OF
ELECTRICAL ENGINEERING

LOGBOOK KEGIATAN TUGAS AKHIR / *CAPSTONE DESIGN*

Judul : Rancang Bangun Sistem Switching Rangkaian Seri dan Parallel Output Sel Surya Berbasis Arduino Uno

Pengusul : A. Haidar Hilmi Faiz (17524082)

Isro Dandi Saputro (17524099)

TA : 202

Hari, Tanggal	Deskripsi Kegiatan
Selasa, 20 April 2021 - Jumat, 30 April 2021	<ul style="list-style-type: none">● Bimbingan dengan pembimbing 1 (Pak Medilla) mengenai kelanjutan proses TA202, kelengkapan komponen dan perakitan alat.● Membeli alat dan komponen yang masih belum lengkap (yang masih dibutuhkan)● Mengisi daftar RAB (komponen yang dibeli)● Melanjutkan perakitan dan pengujian sensor tegangan, sensor arus, switching alat
Senin, 20/03/2021	<ul style="list-style-type: none">● Bimbingan dengan pembimbing 1 (Pak Medilla) mengenai kelanjutan proses TA202
Kamis,	<ul style="list-style-type: none">● Bimbingan dengan pembimbing 1 (Pak Medilla) mengenai kelanjutan proses TA202
Sabtu, 22 Mei 2021 - kamis, 27 Mei 2021	<ul style="list-style-type: none">● Bimbingan dengan pembimbing 1 (Pak Medilla) mengenai kelanjutan proses TA202,● Melanjutkan kalibrasi sensor arus● Melanjutkan proses switching daya● Membeli komponen
Jumat, 28 Mei 2021	<ul style="list-style-type: none">● Melanjutkan kalibrasi sensor arus● Melanjutkan proses switching daya● Membeli komponen● Mencicil laporan akhir, laporan Technical Report TA 202 dan log book● Mengisi daftar RAB
Sabtu, 29 Mei 2021	<ul style="list-style-type: none">● Melubangi panel box ke tukang las dan memasang komponen yang akan dimasukan di panel box● Pengujian alat● Mencicil laporan akhir, laporan Technical Report TA 202 dan log book TA202

	<ul style="list-style-type: none"> • Mengisi daftar RAB
Minggu, 30 Mei 2021	<ul style="list-style-type: none"> • Pengujian alat dan merangkai alat secara keseluruhan • Pengambilan data pembacaan sensor tegangan dan sensor arus • Mencicil laporan akhir, laporan Technical Report TA 202 dan log book TA202
Senin, 31 Mei 2021	<ul style="list-style-type: none"> • Merangkai dan pengujian alat secara keseluruhan • Mengisi laporan akhir, laporan Technical Report TA 202 dan log book TA202

Yogyakarta, 31 Mei 2021

Dosen Pembimbing



Medilla Kusriyanto S.T., M. Eng.

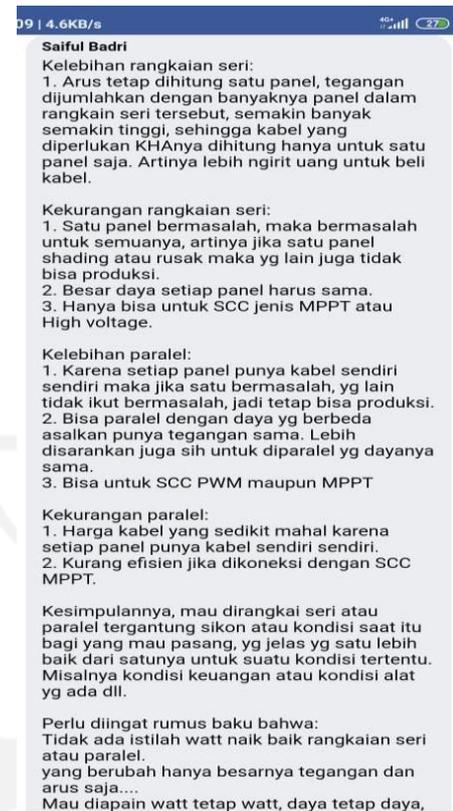
015240101

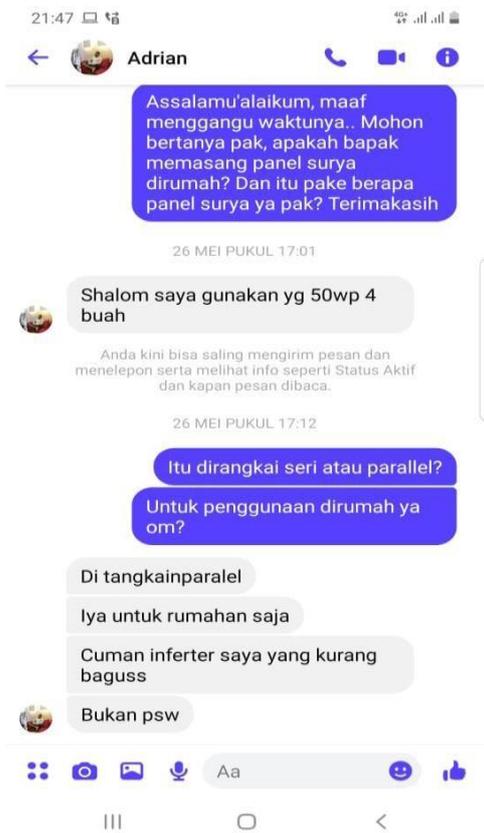


- Dokumen TA202



الجامعة الإسلامية العالمية







الجامعة الإسلامية
 Yogyakarta, 29 Juni 2021
 Mengetahui

Dosen Pembimbing

Penanggung Jawab kelompok

(Medilla Kusriyanto, S.T., M.Eng)

(A. Haidar Hilmi Faiz)

