

PROPOSAL TUGAS AKHIR

Smart and Low Power Inverter (SMALLER)



Penyusun:

Khairul imam Su'aidy (20524135)

Muhammad Dolly Harahap (20524136)

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta

2024

HALAMAN PENGESAHAN

Smart and Low Power Inverter (SMALLER)

Penyusun:

Khairul Imam Su'aidy (20524135)

Muhammad Dolly Harahap (20524136)

Yogyakarta, 09 Juli 2024

Dosen Pembimbing



Husein Mubarak, S.T., M.Eng.

NIK. 155241305

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta

2024

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Smart and Low Power Inverter (SMALLER)



Disusun oleh:

Khairul Imam Su'aidy 20524135

Muhammad Dolly Harahap 202524136

**Telah dipertahankan di depan dewan penguji
pada tanggal: 24 Juli 2024**



Susunan Dewan Penguji

Ketua Penguji

: Husein Mubarak, S.T., M.Eng.

Anggota Penguji 1

: Iftitah Imawati, S.T., M.Eng.

Anggota Penguji 2

: Rachman Yustian

**Tugas akhir ini telah disahkan sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**

Tanggal: 3 Agustus 2024

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Dwi Ana Ratna Wati, S.T., M.Eng.

035240102

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 ini, penggunaan informasi dan materi Tugas Akhir terkait paten maka akan didiskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut di atas.

Yogyakarta, 3 Agustus 2024



Khairul Imam Su'aidy (20524135)



Muhammad Dolly Harahap (20524136)

DAFTAR ISI

RINGKASAN	7
BAB 1. PENDAHULUAN	8
1.1 Latar belakang dan Identifikasi Masalah.....	8
1.2 Rumusan Masalah	12
1.3 Tujuan.....	12
1.4 Batasan Masalah.....	13
1.5 Batasan Realistis Aspek Keteknikan	13
BAB 2. IDENTIFIKASI KEBUTUHAN SISTEM	14
2.1 Studi Literatur dan Observasi	14
2.2 Dasar Teori	18
2.2.1 Arus.....	18
2.2.2 Tegangan.....	18
2.2.3 Daya	18
2.2.4 Internet of Things (IoT).....	19
2.2.5 Inverter DC To AC.....	20
2.2.6 Mikrokontroler	21
2.2.7 Sensor Tegangan	22
2.2.8 Antarmuka Pengguna (UI).....	23
2.2.9 Integrasi Inverter Daya dengan <i>Internet of Things (IoT)</i>	24
2.2.10 Sistem Monitoring dan Kontrol	25
2.3 Analisis <i>Stakeholder</i>	25
2.4 Analisis Aspek yang Mempengaruhi Sistem.....	28
2.5 Spesifikasi Sistem.....	30
BAB 3. USULAN SOLUSI	31
3.1 Usulan Solusi 1.....	31
3.1.1 Desain Sistem 1.....	31
3.1.2 Rencana Anggaran Desain Sistem 1	38
3.1.3 Analisis Risiko Desain 1	40
3.1.4 Pengukuran Performa.....	40
3.2 Usulan Solusi 2.....	41

3.2.2	Rencana Anggaran Desain 2	49
3.2.3	Analisis Risiko Desain	50
3.2.4	Pengukuran Performa.....	51
3.3	Analisis dan Penentuan Usulan Solusi/Desain Terbaik.....	52
3.4	Gantt <i>Chart</i>	53
3.5	Realisasi Pelaksanaan Tugas Akhir 1	55
BAB 4. HASIL RANCANGAN DAN METODE PENGUKURAN.....		60
4.1	Hasil Rancangan Sistem	60
4.1.1.	Rangkaian Elektronik.....	60
4.1.2	Gambar Desain 3D.....	64
4.1.3	Software atau Interface	65
4.1.4	Flowchart	68
4.1.5	Foto Hasil Akhir Perancangan	69
4.2	Metode Pengukuran Kinerja Hasil Perancangan	70
4.2.1	Pengukuran Akurasi Fitur <i>IoT SMALLER</i>	70
4.2.2	Pengukuran Efisiensi yang dihasilkan <i>SMALLER</i>	71
BAB 5. HASIL PENGUKURAN DAN ANALISIS.....		72
5.1.	Analisis Hasil.....	72
5.1.1	Hasil dan Analisis Pengujian Indikator	72
5.1.2	Pemenuhan Spesifikasi Sistem.....	81
5.1.3	Pengalaman Pengguna.....	85
5.1.4	Kesesuaian Perencanaan dalam Manajemen Tim dan Realisasinya.	86
5.2	Dampak Implementasi Sistem	91
5.2.1	Dampak Keamanan	91
5.2.2	Dampak Sosial	92
5.2.3	Dampak Ekonomi.....	92
BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN.....		93
6.1	Kesimpulan.....	93
6.2	Saran	93
DAFTAR PUSTAKA.....		94
LAMPIRAN.....		97

RINGKASAN

Inverter daya rendah banyak digunakan untuk rumah tangga dan bisnis kecil, namun tidak dilengkapi dengan fitur *IoT* canggih seperti inverter daya tinggi. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, tim kami mengusulkan untuk mengintegrasikan *IoT* ke inverter daya rendah dengan menggunakan mikrokontroler ESP32 yang disebut *SMALLER*. *SMALLER* dirancang untuk mengintegrasikan sistem *IoT* ke inverter berjenis *pure sine wave* yang aman digunakan untuk semua jenis peralatan elektronik karena daya keluaran yang dihasilkan berupa gelombang sinyal sinus seperti listrik PLN. *SMALLER* memungkinkan pengguna melakukan pemantauan dan pengendalian jarak jauh melalui aplikasi *Blynk*. Pengujian dilakukan dalam Metode pengukuran meliputi akurasi sensor dan efisiensi inverter. Hasil menunjukkan sensor memiliki akurasi tinggi dalam mengukur tegangan dan arus, dengan akurasi rata-rata sekitar 98.3% untuk tegangan DC, 99.6% untuk tegangan AC, dan 97.9% untuk arus AC. Efisiensi inverter meningkat seiring penambahan beban, mencapai puncak 80.17% pada 70W, dan stabil di kisaran 70-80%. Rancangan ini berhasil meningkatkan efisiensi dan kenyamanan penggunaan inverter daya rendah dengan fitur *IoT* canggih dan alat telah sesuai seperti hasil rancangan.

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang dan Identifikasi Masalah

Inverter merupakan komponen kritis dan kompleks dalam konteks sistem tenaga listrik independen. Sistem tenaga listrik independen, yang beroperasi tanpa ketergantungan pada jaringan utilitas listrik, menyediakan solusi untuk berbagai kebutuhan, mulai dari penerangan lampu halaman hingga memenuhi daya listrik rumah-rumah di lokasi terpencil, desa, taman nasional, fasilitas medis, dan bahkan kebutuhan militer. Pada dasarnya, komponen utama dalam inverter adalah baterai penyimpanan yang menyimpan dan melepaskan daya dalam bentuk arus searah (DC), sedangkan jaringan utilitas menyediakan daya dalam bentuk arus bolak-balik (AC). Adanya inverter menjadi kunci dalam transformasi daya ini, mengubah DC menjadi AC dan menyelaraskannya dengan kebutuhan peralatan konvensional. Dengan kata lain, inverter berperan sebagai adaptor daya yang memungkinkan sistem daya independen berbasis baterai untuk mengoperasikan peralatan konvensional melalui kabel rumah konvensional.

Inverter daya rendah adalah perangkat elektronik yang memiliki peran vital dalam mengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus listrik bolak-balik (AC) dengan daya keluaran yang relatif kecil. Aplikasi inverter daya rendah sering kita temui dalam kehidupan sehari-hari. Misalnya, pada kendaraan listrik untuk mengubah daya baterai DC menjadi AC, yang digunakan untuk menggerakkan motor kendaraan. Selain itu, inverter daya rendah juga dimanfaatkan saat terjadi pemadaman listrik, dengan menghubungkan inverter pada baterai cadangan maka akan mampu menyalurkan daya ke perangkat penting seperti ponsel, lampu, atau peralatan rumah tangga lainnya. Dalam penggunaan ini, ukuran serta portabilitas inverter sangat perlu dipertimbangkan. Penting juga untuk memilih inverter yang efisien untuk meminimalkan kerugian energi selama konversi daya dan menjaga perangkat yang terhubung dengan aman. Dengan berbagai aplikasi dan manfaatnya, inverter daya rendah memainkan peran penting dalam dunia modern yang sangat bergantung pada listrik. Bentuk fisik dari alat inverter dapat dilihat pada Gambar 1.1 di bawah.



Gambar 1.1 Ilustrasi Inverter [1]

Internet of Things (IoT) adalah konsep revolusioner yang telah mengubah cara kita berinteraksi dengan dunia di sekitar kita. Pada dasarnya, *IoT* melibatkan jaringan perangkat fisik yang terhubung dan dapat berkomunikasi melalui internet. Perangkat *IoT* berkisar dari sensor sederhana hingga perangkat yang lebih kompleks seperti *smartphone*, kendaraan, dan peralatan rumah tangga. Sensor adalah elemen penting dalam ekosistem *IoT*, yang digunakan untuk mengukur berbagai parameter fisik seperti tegangan, arus, suhu, kelembaban, cahaya, dan tekanan. Data yang dihasilkan oleh sensor-sensor ini dikumpulkan, diproses, dan dianalisis untuk memberikan wawasan yang berharga. Dengan bantuan berbagai teknologi komunikasi seperti *Wi-Fi*, *Bluetooth*, dan *4G/5G*, perangkat *IoT* dapat terhubung ke internet dan berkomunikasi satu sama lain. Keuntungan *IoT* meliputi kemampuan pengendalian jarak jauh, meningkatkan efisiensi operasional, memungkinkan pemantauan *real-time*, dan memberikan layanan yang lebih baik kepada konsumen. Meskipun banyak manfaat, keamanan *IoT* menjadi tantangan besar yang harus diatasi untuk melindungi perangkat dan data dari potensi serangan siber. Dalam berbagai industri seperti manufaktur, pertanian, kesehatan, dan transportasi, *IoT* membuka pintu untuk inovasi dan efisiensi yang luar biasa. Dengan demikian, *IoT* adalah tren yang terus berkembang, membuka peluang baru, dan mengubah cara kita berinteraksi dengan dunia digital di sekitar kita. [2]

Inverter daya rendah berbasis *Internet of Things (IoT)* adalah salah satu inovasi terbaru dalam bidang pengelolaan energi yang menjadi semakin penting dalam menghadapi tantangan efisiensi dan keberlanjutan energi. Manajemen energi yang tidak efisien juga menjadi perhatian.

Banyak rumah dan bisnis kurang memiliki alat untuk memantau dan mengelola penggunaan energi mereka secara efektif. Sebagian besar inverter daya tidak memiliki kemampuan untuk berkomunikasi dengan perangkat lain atau sistem manajemen energi yang lebih besar. Hal ini dapat mengakibatkan penggunaan energi yang tidak teroptimasi, yang berdampak pada biaya energi dan dampak lingkungan. Data dari lembaga-lembaga energi menunjukkan bahwa kontribusi energi terbarukan terus meningkat dalam pasokan energi global, dan dengan penurunan biaya energi terbarukan, semakin banyak konsumen beralih ke panel surya dan sistem penyimpanan baterai.

Integrasi *IoT* pada inverter daya rendah berpotensi untuk mengatasi beberapa masalah ini. Dengan adanya *IoT* memungkinkan inverter untuk terhubung dan berkomunikasi dengan perangkat lain dan sistem manajemen energi, sehingga pengguna dapat memantau dan mengendalikan penggunaan energi mereka dengan lebih efektif. Misalnya, untuk mengoperasikan berbagai perangkat listrik seperti lampu, mesin cuci, dan peralatan elektronik lainnya.

Namun, terdapat permasalahan terkait dengan inverter daya rendah. Karena inverter terintegrasi *IoT* yang tersedia di pasaran hanya dirancang untuk inverter daya tinggi. Disamping itu, saat ini banyak pengguna yang menggunakan inverter daya rendah. Inverter daya rendah menjadi pilihan umum oleh para pengguna dari berbagai kalangan masyarakat untuk digunakan dalam rumah tangga maupun bisnis kecil, tetapi inverter daya rendah tersebut tidak memiliki akses ke fitur-fitur *IoT* yang canggih yang dapat meningkatkan efisiensi dan kenyamanan seperti yang terdapat pada inverter daya tinggi.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, tim kami memutuskan untuk mengembangkan alat khusus yang memungkinkan pengguna inverter daya rendah agar dapat mengakses dan menikmati fitur-fitur canggih dari teknologi *IoT*. Rencana alat yang dirancang kelompok kami yaitu agar pengguna dapat meningkatkan pengalaman pemakaian yang lebih baik, mengoptimalkan penggunaan daya, dan memberikan pemantauan dan kendali secara *real-time*.

Dengan alat ini, tim kami berharap dapat mengisi kesenjangan yang ada dalam pasar inverter daya rendah yang berbasis *IoT*. Ini akan memberikan peluang bagi pengguna inverter daya rendah untuk merasakan manfaat dari perangkat yang cerdas serta mendukung perkembangan teknologi yang lebih inklusif dan terjangkau. [3]

Dalam rangka mencapai tujuan ini, kelompok kami berkomitmen untuk terus mengembangkan alat ini dan memberikan solusi yang inovatif kepada pengguna inverter daya rendah, sehingga mereka dapat memanfaatkan teknologi *IoT* dengan lebih baik dalam kehidupan sehari-hari mereka.

Tabel 1.1. Hasil survei antara pengembang dan pengguna

Pertanyaan	Jawaban/tanggapan
Apakah Anda telah menyadari kebutuhan akan inverter daya rendah berbasis <i>IoT</i> di pasar?	Masih banyak yang belum mengerti tentang inverter
Seberapa penting menurut Anda adanya inverter daya rendah berbasis <i>IoT</i> dalam kehidupan sehari-hari?	Inverter daya rendah berbasis <i>IoT</i> bisa sangat bermanfaat. Saya membayangkan dapat mengontrol konsumsi energi dengan lebih baik,
Apakah Anda merasa inverter daya rendah berbasis <i>IoT</i> akan memberikan manfaat tambahan dalam penggunaan sehari-hari?	Inverter daya rendah berbasis <i>IoT</i> akan sangat berguna untuk memantau dan mengoptimalkan penggunaan energi
Apakah Anda bersedia untuk berinvestasi dalam inverter daya rendah berbasis <i>IoT</i> jika tersedia di pasar?	Bersedia, dengan parameter bahwa harga yang akan dipasarkan jauh lebih murah dengan inverter daya tinggi
Apakah Anda percaya bahwa adopsi inverter daya rendah berbasis <i>IoT</i> dapat memberikan kontribusi positif terhadap efisiensi penggunaan energi di rumah?	Yakin teknologi yang membantu mengontrol dan mengoptimalkan penggunaan listrik dapat memberikan kontribusi positif terhadap efisiensi energi. Dan fitur <i>IoT</i> nya tidak beda jauh dengan inverter daya tinggi yang lebih mahal.
Apakah Anda tertarik untuk mengenal lebih jauh tentang teknologi inverter daya rendah berbasis <i>IoT</i> dan manfaat yang mungkin ditawarkannya?	Dikarenakan pada tugas akhir saya menggunakan inverter juga, maka saya bersedia untuk mengenal inverter lebih jauh
Bagaimana pendapat Anda tentang kemungkinan penghematan biaya energi dengan menggunakan inverter daya rendah berbasis <i>IoT</i> ?	Saya rasa penghematan biaya energi adalah hal yang sangat positif.

Berdasarkan Tabel 1.1 di atas, tim pengembang telah melakukan survei dengan beberapa calon pengguna dari alat yang akan dirancang, sebagian besar merespon dengan tanggapan yang

cukup positif terkait alat inverter daya rendah berbasis *IoT* ini. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan calon pengguna yang menyatakan bahwa dirinya bersedia untuk menginvestasikan dana untuk mendapatkan alat inverter daya rendah berbasis *IoT* tersebut. Selain itu, beberapa pengguna mengemukakan bahwa dengan adanya alat inverter daya rendah berbasis *IoT* ini akan dapat memberikan berbagai macam dampak positif dalam penggunaannya, seperti mengontrol penghematan biaya energi dan memantau pengoptimalan penggunaan energi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada bagian latar belakang dan identifikasi masalah sebelumnya, untuk mencapai hasil terbaik dalam pengembangan alat ini, kami perlu merumuskan beberapa pertanyaan atau masalah yang perlu dipecahkan, yaitu:

1. Bagaimana mengintegrasikan fitur *IoT* pada inverter daya rendah yang telah ada untuk memberikan akses kepada pengguna dalam menggunakan teknologi *IoT*, sehingga mereka dapat memanfaatkan fitur-fitur canggih seperti pemantauan jarak jauh dan pengendalian otomatis?
2. Bagaimana memastikan inverter terintegrasi *IoT* yang dirancang dapat mencapai kinerja efisiensi sekitar 70-90% dalam mengkonversi daya DC menjadi daya AC?

1.3 Tujuan

Tujuan perancangan inverter daya rendah berbasis *IoT* ini yaitu:

1. Mengintegrasikan fitur *IoT* pada inverter untuk memberikan akses kepada pengguna inverter daya rendah dalam menggunakan perangkat mereka dengan teknologi *IoT*, sehingga mereka dapat memanfaatkan fitur-fitur canggih seperti pemantauan jarak jauh dan pengendalian otomatis.
2. Inverter terintegrasi *IoT* yang dirancang mempunyai kinerja efisiensi sekitar 70-90% dalam mengkonversi daya DC menjadi daya AC.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada inverter daya rendah berbasis *Internet of Things (IoT)* ini yaitu:

1. Inverter daya rendah berbasis *IoT* menggunakan tegangan masukan DC 12 Volt dengan keluaran AC 220 Volt.
2. Inverter daya rendah berbasis *IoT* memiliki kapasitas daya sebesar 1000Watt dengan continuous di 500W.
3. Inverter daya rendah berbasis *IoT* menggunakan inverter berjenis *pure sine wave*.
4. Inverter daya rendah berbasis *IoT* menggunakan jaringan internet untuk fitur *monitoring* dan kendali jarak jauh pada platform *Blynk*.

1.5 Batasan Realistis Aspek Keteknikan

Batasan realistis aspek keteknikan pada inverter daya rendah berbasis *Internet of Things (IoT)* ini yaitu:

1. Alat mengacu pada IEC 60335: 2020. Standar Internasional Alat Elektronik Rumah Tangga
2. Alat inverter yang digunakan untuk peralatan elektronik rumah tangga harus memenuhi batas-batas harmonisa dan fluktuasi tegangan yang ditetapkan dalam standar IEC 61000.
3. Komponen alat, seperti kabel listrik memenuhi standar teknis SNI 04-6629-2000.
4. Bahan aluminium sebagai casing inverter memenuhi standar teknis SNI 7393-20081. Standar ini mengatur tentang spesifikasi bahan aluminium dan paduan aluminium yang digunakan untuk pekerjaan besi dan aluminium. Standar ini mencakup spesifikasi untuk bahan aluminium yang digunakan dalam pembuatan pelat, lembaran, dan pita

BAB 2. IDENTIFIKASI KEBUTUHAN SISTEM

2.1 Studi Literatur dan Observasi

Tabel 2.1 Hasil Studi Literatur Solusi Sejenis

Judul	Usulan solusi	Hasil/Evaluasi (Kelebihan/Kekurangan)
<p>Tinjauan komprehensif tentang inverter multilevel yang baru-baru ini diusulkan[4]</p>	<p>Inverter multilevel berbasis sumber silang-terhubung (CCS-MLI) diusulkan untuk mengurangi jumlah komponen. Topologi ini terdiri dari sumber DC input mengambang yang terhubung dalam polaritas yang berlawanan melalui saklar daya. Struktur ini membutuhkan saklar aktif yang lebih sedikit dibandingkan dengan topologi jembatan H bertingkat konvensional dengan kerugian switching yang jauh lebih rendah. Algoritma baru untuk konfigurasi sumber asimetris yang cocok untuk CCS-MLI diusulkan. Skema kontrol juga diusulkan untuk pembagian beban yang sama pada</p>	<p>Hasil: Studi ini memberikan analisis komprehensif tentang topologi CCS-MLI. Topologi ini dianalisis untuk konfigurasi sumber simetris dan asimetris. Distribusi beban yang sama dan konfigurasi asimetris dipelajari. Penelitian ini menyimpulkan bahwa topologi yang diusulkan berpotensi mengurangi jumlah bagian di MLI dan dapat digunakan sebagai solusi efisien untuk konversi DC-AC daya tinggi/tegangan menengah.</p> <p>Kelebihan: Penelitian ini memberikan analisis komprehensif tentang topologi CCS-MLI. Topologi ini dianalisis untuk konfigurasi sumber simetris dan asimetris. Distribusi beban yang sama dan konfigurasi asimetris dipelajari. Studi ini menyimpulkan bahwa</p>

	<p>topologi lima tingkat. Investigasi dilakukan untuk kemungkinan pembagian beban yang sama pada struktur tingkat yang lebih tinggi dan switching frekuensi fundamental dari saklar yang memikul tegangan yang lebih tinggi. Berbagai konsep diverifikasi dengan simulasi dan studi eksperimental.</p>	<p>topologi yang diusulkan berpotensi mengurangi jumlah bagian di MLI dan dapat digunakan sebagai solusi efisien untuk konversi DC ke AC daya tinggi/tegangan menengah.</p> <p>Kekurangan Dibandingkan dengan topologi H-bridge multi-level tradisional, topologi CCS-MLI memerlukan lebih sedikit saklar aktif, sehingga kerugian peralihan jauh lebih rendah. Studi ini juga menunjukkan bahwa topologi CCS-MLI dapat digunakan sebagai solusi efektif untuk konversi DC ke AC daya tinggi/tegangan menengah.</p>
<p>Rancang Bangun Inverter 1 Fasa dengan Teknik Modulasi Third Harmonic Injection Pulse Width Modulation untuk Panel Surya 1 KWP[5]</p>	<p>Penelitian ini menggunakan metode modulasi THIPWM yang mampu mereduksi THD</p>	<p>Inverter yang baik memiliki rating THD (Distorsi Harmonik Ketiga) tidak lebih dari 5%. THD yang tinggi dapat merusak peralatan elektronik. Oleh karena itu, penelitian ini mengadopsi metode modulasi THIPWM yang dapat mereduksi THD.</p> <p>Kelebihan : Metode modulasi THIPWM mampu mereduksi THD dan Penelitian ini dapat</p>

		<p>membantu menghasilkan inverter yang memiliki rating THD tidak lebih dari 5%.</p> <p>Kekurangan : Tidak ada informasi mengenai kekurangan dari penelitian ini.</p>
RANCANG BANGUN INVERTER 12V DC KE 220V AC DENGAN FREKWENSI 50HZ DAN GELOMBANG KELUARAN SINUSOIDAL[6]	Skripsi ini membahas tentang perancangan dan pembuatan inverter 12V DC ke 220V AC dengan frekuensi 50Hz dan gelombang keluaran sinusoidal.	Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.
Internet of Things (IoT) and the Energy Sector [7]	Jurnal ini membahas tentang integrasi energi terbarukan dan optimasi penggunaan energi sebagai kunci utama dalam transisi energi yang berkelanjutan dan mitigasi perubahan iklim. Teknologi modern seperti Internet of Things (IoT) menawarkan sejumlah aplikasi di sektor energi, yaitu di pasokan energi, transmisi dan distribusi, dan permintaan. IoT dapat digunakan untuk	<p>Artikel ini membahas tentang aplikasi IoT dalam sistem energi, secara umum, dan dalam konteks grid pintar khususnya. Selain itu, kami membahas teknologi yang memungkinkan IoT, termasuk komputasi awan dan platform yang berbeda untuk analisis data.</p> <p>Kelebihan : integrasi energi terbarukan dan optimasi penggunaan energi sebagai kunci utama dalam transisi energi yang berkelanjutan dan mitigasi perubahan iklim. Teknologi</p>

	<p>meningkatkan efisiensi energi, meningkatkan bagian energi terbarukan, dan mengurangi dampak lingkungan dari penggunaan energi. Artikel ini meninjau literatur yang ada tentang aplikasi IoT dalam sistem energi, secara umum, dan dalam konteks grid pintar khususnya. Selain itu, kami membahas teknologi yang memungkinkan IoT, termasuk komputasi awan dan platform yang berbeda untuk analisis data.</p>	<p>modern seperti Internet of Things (IoT) menawarkan sejumlah aplikasi di sektor energi, yaitu di pasokan energi, transmisi dan distribusi, dan permintaan. IoT dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi energi, meningkatkan bagian energi terbarukan, dan mengurangi dampak lingkungan dari penggunaan energi. Artikel ini meninjau literatur yang ada tentang aplikasi IoT dalam sistem energi, secara umum, dan dalam konteks grid pintar khususnya. Selain itu, kami membahas teknologi yang memungkinkan IoT, termasuk komputasi awan dan platform yang berbeda untuk analisis data.</p> <p>Kekurangan : Artikel ini bisa menjadi lebih informatif dengan mencakup solusi potensial untuk tantangan yang mungkin muncul dalam penggunaan IoT dalam sistem energi, seperti pemecahan masalah keamanan atau perbaikan efisiensi.</p>
--	---	---

Berdasarkan Tabel 2.1. hasil studi literatur solusi sejenis, proyek ini memiliki keunggulan karena mengintegrasikan teknologi *IoT* ke dalam inverter berdaya rendah tanpa bergantung pada energi terbarukan. Keunggulan utamanya adalah kemampuan memantau dan mengontrol daya inverter secara *real-time* melalui koneksi Internet, memungkinkan pengguna mengelola inverter dengan lebih efisien dan mudah. Selain itu, alat ini mendukung kendali jarak jauh, yang berguna dalam keadaan darurat atau ketika menyesuaikan pengoperasian inverter tanpa harus berada di lokasi fisik. Kemudahan penggunaan dan keamanan data tetap menjadi fokus desain alat ini. Menampilkan antarmuka pengguna yang intuitif dan fitur keselamatan yang canggih, proyek ini memberikan nilai tambah untuk pengoperasian inverter berdaya rendah yang tidak bergantung pada sumber energi terbarukan. Kemampuan proyek untuk berintegrasi dengan sistem tenaga listrik atau peralatan lain yang ada juga merupakan fitur unik penting yang dapat menarik banyak pengguna.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Arus

Arus listrik adalah aliran muatan listrik melalui suatu penghantar atau medium. Satuan arus listrik adalah Ampere (A), yang menunjukkan jumlah muatan yang mengalir melalui suatu titik dalam satu detik. Arus listrik dapat dibedakan menjadi dua jenis utama yaitu arus searah (*DC - Direct Current*) dimana arus mengalir dalam satu arah tetap. Contohnya adalah arus yang dihasilkan oleh baterai. Kemudian, arus Bolak-balik (*AC - Alternating Current*) dimana arus berubah arah secara periodik. Contohnya adalah arus listrik yang disuplai oleh jaringan listrik rumah tangga.

2.2.2 Tegangan

Tegangan listrik adalah perbedaan potensial listrik antara dua titik dalam rangkaian listrik. Tegangan mendorong arus listrik mengalir melalui penghantar. Satuan tegangan adalah Volt (V). Tegangan dapat dibedakan menjadi dua jenis utama yaitu tegangan Searah (*DC Voltage*) dimana tegangan memiliki nilai tetap dan tidak berubah arah. Kemudian, tegangan Bolak-balik (*AC Voltage*) dimana tegangan berubah arah dan nilai secara periodik.

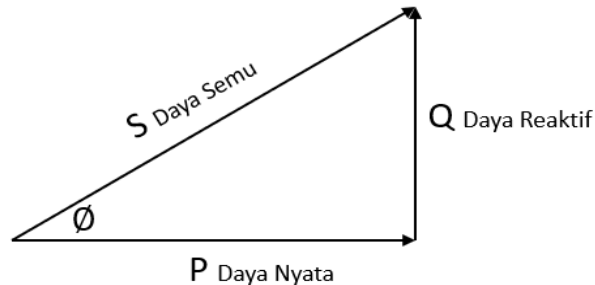
2.2.3 Daya

Daya listrik adalah laju aliran energi listrik dalam suatu rangkaian. Satuan daya adalah Watt (W), yang menunjukkan jumlah energi yang digunakan atau dihasilkan per satuan waktu. Ada tiga jenis daya dalam rangkaian AC yang dapat dijelaskan melalui konsep segitiga daya:

- 1) Daya Nyata (P): Daya yang benar-benar dikonsumsi oleh beban untuk melakukan kerja nyata, seperti memutar motor atau menyalakan lampu. Dinyatakan dalam Watt (W).
 - 2) Daya Reaktif (Q): Daya yang dikonsumsi oleh komponen reaktif dalam rangkaian (seperti induktor dan kapasitor), yang tidak melakukan kerja nyata tetapi menyimpan dan melepaskan energi. Dinyatakan dalam Volt-Ampere Reaktif (VAR).
 - 3) Daya Semu (S): Kombinasi dari daya nyata dan daya reaktif. Ini adalah total daya yang diambil dari sumber listrik. Dinyatakan dalam Volt-Ampere (VA).
- Hubungan antara ketiga komponen daya ini dijelaskan dengan persamaan (2.1) berikut:

$$S^2 = P^2 + Q^2 \quad (2.1)$$

Bentuk dari segitiga daya dapat dilihat pada Gambar 2.1 di bawah.



Gambar 2.1 Segitiga Daya

Di dalam segitiga daya, sudut antara daya nyata (P) dan daya semu (S) adalah sudut fasa (ϕ). Faktor daya (*power factor*) adalah cosinus dari sudut ini ($\cos \phi$), yang menunjukkan seberapa efisien daya listrik digunakan dalam rangkaian, persamaan (2.2) merupakan faktor daya.

$$\text{Faktor Daya} = \cos \phi = \frac{P}{S} \quad (2.2)$$

Faktor daya berkisar antara 0 hingga 1. Faktor daya yang mendekati 1 menunjukkan penggunaan daya yang efisien, sedangkan faktor daya yang rendah menunjukkan banyaknya daya yang terbuang sebagai daya reaktif. [8]

2.2.4 Internet of Things (IoT)

Di masa depan, penggunaan komputer akan mampu mendominasi pekerjaan manusia dan mengalahkan daya komputasi manusia, seperti penggunaan internet untuk mengontrol peralatan elektronik dari jarak jauh. *Internet of Things (IoT)* memungkinkan pengguna untuk mengelola dan mengoptimalkan peralatan elektronik dan listrik dengan menggunakan Internet. Diperkirakan dalam waktu dekat, komunikasi antara komputer dan perangkat elektronik akan dapat bertukar informasi antar keduanya, sehingga mengurangi interaksi manusia. Hal ini juga akan meningkatkan jumlah pengguna internet untuk berbagai fasilitas dan layanan internet.

Misi *IoT* adalah menjembatani dunia fisik dan dunia informasi. Misalnya saja cara mengolah data yang diperoleh dari perangkat elektronik melalui antarmuka antara pengguna dan perangkat tersebut. Sensor mengumpulkan data mentah fisik dari skenario *real-time* dan mengkonversikan ke dalam mesin format yang dimengerti sehingga akan mudah dipertukarkan antara berbagai bentuk format data.

IoT adalah sebuah gagasan dimana semua benda di dunia nyata dapat berkomunikasi satu dengan yang lain sebagai bagian dari satu kesatuan sistem terpadu menggunakan jaringan internet sebagai penghubung. misalnya CCTV yang terpasang di sepanjang jalan dihubungkan dengan koneksi internet dan disatukan di ruang kontrol yang jaraknya mungkin puluhan kilometer. Atau sebuah rumah cerdas yang dapat dikontrol melalui *smartphone* dengan bantuan koneksi internet. pada dasarnya perangkat *IoT* terdiri dari sensor sebagai media pengumpul data, sambungan internet sebagai media komunikasi dan server sebagai pengumpul informasi yang diterima sensor dan untuk analisa. Ide awal *IoT* pertama kali dimunculkan oleh Kevin Ashton pada tahun 1999 di salah satu presentasinya. Kini banyak perusahaan besar mulai mendalami *IoT* sebut saja *Intel*, *Microsoft*, *Oracle*, dan banyak lainnya [9]

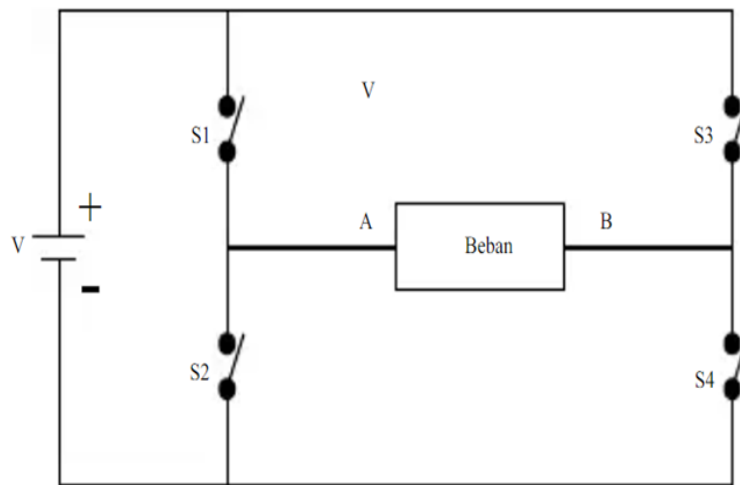
2.2.5 Inverter DC To AC

Inverter adalah suatu perangkat elektronik yang dapat mengubah arus searah menjadi arus bolak-balik, dengan penggunaan fungsi alat merupakan sumber energi listrik alternatif yang memanfaatkan *accumulator* sebagai sumber energi listrik arus searah. [10] Terdapat beberapa jenis inverter yang dapat dipilih, diantaranya

1. *Solar Inverter*: digunakan untuk mengubah tegangan DC dari solar panel ataupun baterai/aki menjadi tegangan AC.
2. *Inverter Stand-alone*: digunakan untuk mengubah arus DC dari baterai menjadi arus AC.
3. *Interruption Power Supply (UPS)*: merupakan gabungan antara *rectifier* dan inverter yang digunakan untuk mengubah arus DC dari baterai menjadi arus AC.
4. *Variable Speed Drive (VSD)*: digunakan untuk mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC dengan frekuensi yang dapat diatur.
5. *Inverter Square Wave*: menghasilkan tegangan bolak-balik dengan bentuk gelombang kotak.

6. *Inverter Modified Sine Wave*: menghasilkan tegangan bolak-balik dengan bentuk gelombang sinusoidal yang dimodifikasi.
7. *Multi Inverter*: digunakan untuk mengubah arus DC menjadi arus AC dengan tegangan dan frekuensi yang dapat diatur.
8. *Inverter Pure Sine Wave*: menghasilkan tegangan bolak-balik dengan bentuk gelombang sinusoidal murni tanpa harmonisasi [2]

Prinsip kerja inverter dapat digambarkan dengan 4 buah saklar. Jika saklar S1 dan S2 maka arus DC akan mengalir pada beban R dari kiri ke kanan, dan jika saklar S3 dan S4 on maka arus DC akan mengalir pada beban R dari kanan ke kiri. Ilustrasi rangkaian prinsip kerja inverter dapat dilihat pada Gambar 2.2 di bawah.



Gambar 2.2 Rangkaian Prinsip Kerja Inverter[11]

2.2.6 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan komponen kecil yang berfungsi sebagai komputer khusus dalam satu *chip* terintegrasi. *Chip* ini mengandung unit pemrosesan pusat (CPU), memori, *timer*, *port* komunikasi serial dan paralel, serta *port input/output* dengan fitur ADC. Penggunaan mikrokontroler sangat umum dalam berbagai aplikasi dalam kehidupan sehari-hari, seperti di rumah, kantor, rumah sakit, bank, sekolah, dan industri.

Mikrokontroler digunakan dalam berbagai sistem elektronika, termasuk dalam sistem manajemen mesin mobil, *keyboard* komputer, perangkat ukur elektronik seperti multimeter digital,

synthesizer frekuensi, dan osiloskop. Selain itu, mikrokontroler juga ditemukan dalam perangkat seperti televisi, radio, telepon digital, ponsel, *oven microwave*, *printer*, pemindai (*scanner*), kulkas, pendingin ruangan, pemutar CD/DVD, kamera, mesin cuci, *Programmable Logic Controller (PLC)*, robot, sistem otomasi, sistem akuisisi data, sistem keamanan, sistem Electronic Data Capture (*EDC*), mesin ATM, modem, *router*, dan lainnya.

Mikrokontroler dapat digunakan untuk berbagai tujuan, seperti pengendalian, otomasi industri, akuisisi data, telekomunikasi, dan sebagainya. Keuntungan penggunaan mikrokontroler meliputi biaya yang terjangkau, kemampuan untuk diprogram ulang berkali-kali, dan kemampuan untuk disesuaikan sesuai kebutuhan. Beberapa keluarga mikrokontroler yang tersedia di pasaran mencakup Intel 8048 dan 8051 (MCS51), Motorola 68HC11, Microchip PIC, Hitachi H8, dan Atmel AVR [11]. Bentuk dari mikrokontroler dapat dilihat pada Gambar 2.3 di bawah.



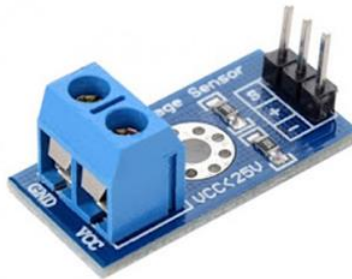
Gambar 2.3 Mikrokontroler [12]

2.2.7 Sensor Tegangan

Sensor tegangan, yang juga dikenal sebagai sensor voltase atau sensor voltase listrik, merupakan suatu perangkat elektronik yang dipakai untuk mengukur potensial listrik atau tegangan dalam suatu sirkuit. Tegangan adalah perbedaan potensial listrik antara dua titik dalam sirkuit, dan perangkat sensor tegangan didesain untuk mendeteksi serta mengukur nilainya. Cara kerja sensor tegangan didasarkan pada prinsip konversi potensial listrik menjadi sinyal output yang bisa diukur. Terdapat beberapa jenis sensor tegangan, termasuk sensor tegangan resistor yang menggunakan perubahan hambatan listrik, sensor tegangan kapasitif yang mengandalkan perubahan kapasitansi, sensor tegangan piezoelektrik yang menghasilkan tegangan sebagai

respons terhadap tekanan mekanis, dan sensor tegangan *Hall Effect* yang memanfaatkan efek *Hall* untuk mengukur tegangan. [13]

Sensor tegangan mempunyai berbagai aplikasi yang melibatkan pengukuran tegangan listrik dalam sirkuit elektronik, pengukuran level baterai di perangkat portabel, pengukuran arus listrik dalam sistem tenaga dan kendaraan, pemantauan kualitas daya listrik dalam instalasi listrik industri, serta pengukuran suhu dan tekanan dalam aplikasi lingkungan dan industri. Penting untuk melakukan kalibrasi secara rutin untuk memastikan hasil pengukuran sensor tetap akurat, dan juga untuk menjaga keselamatan saat penggunaan sensor ini, terutama dalam aplikasi dengan tegangan tinggi. Sensor tegangan memainkan peran penting dalam beragam aspek teknik dan elektronika, memungkinkan pengukuran tegangan dengan akurasi yang diperlukan untuk pengendalian proses, pemantauan perangkat listrik, dan beragam aplikasi lainnya [14]. Bentuk dari mikrokontroler dapat dilihat pada Gambar 2.4 di bawah.



Gambar 2.4 Sensor Tegangan [15]

2.2.8 Antarmuka Pengguna (UI)

Antarmuka Pengguna (UI) merupakan komponen krusial dalam sistem alat inverter daya rendah berbasis *Internet of Things (IoT)*. UI memberikan kemampuan kepada pengguna untuk berinteraksi dengan sistem, memantau performa inverter, dan mengendalikannya. UI bisa berupa layar sentuh fisik pada perangkat keras atau aplikasi web yang diakses melalui perangkat seluler atau komputer. Elemen-elemen UI mencakup beragam komponen visual seperti grafik, teks, tombol interaktif, dan grafik batang untuk menampilkan data penting seperti tegangan, arus, frekuensi, dan status inverter. Grafik visualisasi sering digunakan untuk memvisualisasikan kinerja inverter, termasuk grafik waktu nyata, histogram, atau grafik batang, yang membantu pengguna memahami data yang kompleks. UI juga memungkinkan pengguna untuk mengubah pengaturan

inverter, seperti frekuensi keluaran atau mode operasi, baik secara manual maupun melalui penjadwalan otomatis. Selain itu, UI dapat memberikan pemberitahuan dan alarm kepada pengguna dalam situasi tertentu, seperti ketika inverter mengalami masalah atau terjadi pemadaman listrik. Akses jarak jauh melalui UI berbasis web mempermudah pemantauan dan pengendalian inverter, bahkan ketika pengguna berada di lokasi yang berbeda. Keamanan UI melibatkan otentikasi pengguna, enkripsi data, dan perlindungan terhadap akses yang tidak sah. Pentingnya kemudahan penggunaan dan responsivitas UI tidak boleh diabaikan, dengan tata letak yang intuitif, panduan yang jelas, dan antarmuka yang ramah pengguna. Selain itu, UI harus dapat menampilkan data secara *real-time*, memungkinkan pengguna untuk melihat perubahan dalam kinerja inverter dengan segera. Antarmuka pengguna yang dirancang dengan baik adalah kunci untuk memastikan pemantauan dan pengendalian yang efektif dalam sistem ini, memungkinkan pengguna memaksimalkan manfaat dari inverter dan menjaga kinerjanya sesuai dengan kebutuhan mereka. [16]

2.2.9 Integrasi Inverter Daya dengan *Internet of Things (IoT)*

Integrasi inverter daya dengan *Internet of Things (IoT)* menjadi inovasi penting dalam meningkatkan pengelolaan sistem tenaga terbarukan. Inverter daya rendah, yang mengubah arus listrik searah menjadi arus bolak-balik, dapat ditingkatkan fungsinya melalui penerapan teknologi *IoT*. Dengan sensor-sensor terhubung, integrasi ini memungkinkan pemantauan kinerja inverter secara *real-time* dengan mengukur parameter kunci seperti tegangan, arus, dan frekuensi. Data yang dikumpulkan kemudian dapat dikirim ke platform *IoT* untuk analisis lebih lanjut, membuka peluang untuk mengoptimalkan efisiensi operasional inverter. Integrasi ini juga memberikan kemampuan pengendalian jarak jauh, memberikan fleksibilitas dalam menyesuaikan operasional inverter sesuai dengan kebutuhan energi atau kondisi lingkungan tertentu.

Salah satu keunggulan lain dari integrasi inverter daya dengan *IoT* adalah kemudahan integrasi dengan sumber energi terbarukan seperti panel surya atau baterai penyimpanan energi. Data yang terkumpul dapat digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan sumber energi terbarukan, berpotensi menghasilkan penghematan energi dan mengurangi ketergantungan pada sumber energi konvensional. Selain itu, integrasi *IoT* memungkinkan deteksi dini gangguan dan pemeliharaan yang tepat waktu, meningkatkan keandalan dan umur inverter. Tindakan ketat

perlindungan data dan pengendalian akses juga diimplementasikan untuk menjaga keamanan sistem secara menyeluruh [17].

Dengan memanfaatkan potensi teknologi *IoT*, integrasi inverter daya memberikan sumbangan yang signifikan dalam mewujudkan transformasi sistem tenaga yang lebih efisien, responsif, dan berkelanjutan. Fokus pada pemantauan *real-time*, pengoptimalan efisiensi, dan pengelolaan jarak jauh menjadi landasan utama untuk keberhasilan integrasi ini. Oleh karena itu, proyek ini tidak hanya berfokus pada peningkatan kinerja inverter, tetapi juga menetapkan langkah-langkah strategis menuju infrastruktur energi yang cerdas dan ramah lingkungan.

2.2.10 Sistem Monitoring dan Kontrol

Sistem monitoring dan kontrol, yang merupakan inti integrasi inverter daya dengan *Internet of Things (IoT)*, berfungsi sebagai pusat pengelolaan operasional inverter. Dilengkapi dengan sensor-sensor yang terhubung langsung ke inverter, sistem ini memfasilitasi pemantauan kinerja inverter secara *real-time*, menyediakan data relevan yang dapat dianalisis. Pengguna dapat dengan cepat dan akurat memonitor parameter kunci seperti tegangan, arus, dan frekuensi melalui platform *IoT*. Fungsi pengumpulan dan analisis data sistem memberikan wawasan mendalam terhadap pola operasional inverter dan mendeteksi anomali yang memerlukan perhatian khusus.

Optimasi efisiensi menjadi fokus utama sistem ini, memungkinkan pengaturan seperti frekuensi keluaran inverter dapat disesuaikan berdasarkan analisis data untuk mencapai efisiensi tertinggi sesuai dengan kondisi lingkungan atau permintaan energi. Sistem juga mendukung pengendalian jarak jauh, memungkinkan pengguna mengatur dan mengontrol inverter tanpa harus berada di lokasi fisiknya, meningkatkan fleksibilitas dan kemudahan manajemen. [18]

2.3 Analisis Stakeholder

Dalam perancangan alat inverter daya rendah berbasis *Internet of Things (IoT)* ini, terdapat beberapa *stakeholder* yang memiliki peranan serta kepentingan masing-masing terhadap proses dan hasil yang akan diperoleh selama *project* ini dikerjakan. Adapun tingkatan kekuatan serta pengaruh masing-masing *stakeholder* pada *project* ini yang dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Analisis *Stakeholder*

<i>Stakeholder</i>	<i>Interest</i>	<i>Power</i>	<i>Engagement Level</i>		<i>Engagement Strategy</i>
			<i>Current</i>	<i>Desired</i>	
Dosen Pembimbing	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>Supportive</i>	<i>Leading</i>	Memastikan kepada dosen pembimbing bahwasanya perancangan alat inverter daya rendah berbasis Internet of Things (IoT) sebagai <i>project</i> Tugas Akhir ini dikerjakan dengan baik serta melaporkan progress secara berkala, sehingga dosen pembimbing dapat membuat penilaian dan saran terkait <i>project</i> yang sedang dikerjakan.
Calon Pengguna	<i>High</i>	<i>Medium</i>	<i>Neutral</i>	<i>Neutral</i>	Memastikan keberhasilan dan penerimaan rancangan alat yang akan dibuat. Pendapat serta masukan yang diberikan oleh mereka akan menjadi aset berharga dalam

					pengembangan dan pengoptimalan sistem alat yang dirancang. Memastikan alat yang dibuat dapat bekerja dengan baik dan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.
Anggota Kelompok Tugas Akhir	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>Leading</i>	<i>Leading</i>	Memastikan alat yang dibuat telah sesuai dengan rancangan awal yang ingin dicapai dan mampu bekerja dengan baik, sehingga menghasilkan solusi dari permasalahan yang ingin diselesaikan.
Orang Tua	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Neutral</i>	<i>Supportive</i>	Memastikan dan meyakinkan kepada orang tua dalam memberikan hasil yang terbaik berkaitan dengan <i>project</i> Tugas Akhir yang sedang dikerjakan.

Pada proses pengerjaan *project* ini terdapat 4 stakeholder yang memiliki peranan pentingnya masing-masing. *Stakeholder* yang pertama adalah dosen pembimbing yang merupakan perwakilan dari jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia yang berperan untuk

memberikan bimbingan selama pengerjaan *project* dengan tujuan agar *project* yang dikerjakan dapat selesai dengan baik sesuai dengan tujuan, spesifikasi, dan permasalahan yang ingin diselesaikan dan juga sesuai dengan waktu yang telah ditentukan. *Stakeholder* yang kedua adalah konsumen yang merupakan sumber tujuan utama atau target dari dibuatnya alat yang dirancang pada *project* ini, sehingga dengan dibuatnya alat ini diharapkan dapat mengatasi permasalahan yang dialami oleh konsumen dengan berdasarkan pada kinerja alat yang telah dibuat. Adapun calon pengguna dari alat yang dirancang pada *project* ini adalah *user* alat inverter baik itu untuk kebutuhan rumah tangga maupun *user* energi terbarukan. *Stakeholder* yang ketiga adalah anggota kelompok Tugas Akhir yang terdiri dari 2 (dua) orang anggota yang saling membantu agar alat yang dirancang dalam *project* ini dapat dibuat dengan hasil terbaik, masing-masing anggota berkontribusi untuk membuat alat yang sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai sehingga dapat menghasilkan solusi dari permasalahan yang ingin diselesaikan. *Stakeholder* yang keempat adalah orang tua yang memiliki peran penting dalam kontribusi sumber pendanaan selama berlangsungnya *project* Tugas Akhir ini

2.4 Analisis Aspek yang Mempengaruhi Sistem

1. Aspek Ekonomi

Kondisi pasar untuk pembelian alat inverter saat ini perlahan menjadi populer. Mayoritas konsumen memilih inverter dengan daya yang rendah untuk dijadikan pilihan kebutuhannya dibandingkan memilih inverter dengan daya tinggi. Hal tersebut membuktikan bahwa saat ini, konsumen hanya mampu memanfaatkan inverter dengan daya yang rendah dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari sesuai dengan kapasitas yang dimilikinya. Berdasarkan hal tersebut, kelompok kami akan mengembangkan alat inverter berdaya rendah dengan mengintegrasikan *Internet of Things (IoT)* ke dalam sistemnya. Mengingat saat ini jenis inverter daya rendah yang beredar di pasar kebanyakan masih belum memiliki sistem IoT dalam sistemnya, hanya inverter berdaya tinggi yang harganya relatif mahal. Dengan merancang sistem IoT untuk inverter berdaya rendah ini, diharapkan dapat menarik minat para konsumen di sektor pasar inverter saat ini.

2. Aspek Sosial

Permasalahan sosial yang dihadapi adalah rendahnya kesadaran masyarakat akan manfaat energi terbarukan. Untuk mengatasi hal ini, telah dikembangkan sebuah program edukasi yang menggunakan inverter daya rendah berbasis IoT. Program ini bertujuan meningkatkan pengetahuan masyarakat tentang solusi ramah lingkungan, dengan fokus pada inklusivitas agar dapat diakses oleh berbagai lapisan masyarakat, termasuk mereka yang berada di daerah terpencil atau kurang berkembang. Dengan demikian, solusi ini tidak hanya memberikan pemahaman tentang manfaat energi terbarukan, tetapi juga mendukung distribusi manfaat teknologi secara lebih merata, menciptakan dampak positif di berbagai wilayah

3. Aspek Teknologi

Rendahnya efisiensi energi pada inverter daya konvensional, yang dapat menyebabkan pemborosan energi dan kurang ramah lingkungan. Solusi yang diusulkan adalah pengembangan alat inverter daya rendah berbasis IoT. Alat ini dirancang untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi dengan memanfaatkan teknologi IoT untuk monitoring dan pengaturan otomatis. Dengan demikian, solusi ini tidak hanya mengatasi permasalahan teknologi yang ada, tetapi juga memberikan kontribusi positif terhadap efisiensi energi secara keseluruhan serta meningkatkan kesadaran akan pentingnya teknologi ramah lingkungan di bidang inverter daya.

4. Aspek Keamanan

Potensi kerentanan terhadap serangan siber pada sistem inverter daya konvensional. Sistem yang tidak memiliki perlindungan yang memadai dapat menjadi target serangan, mengakibatkan gangguan operasional, manipulasi data, atau bahkan kegagalan fungsi sistem. Solusi yang diusulkan adalah implementasi alat inverter daya rendah berbasis IoT dengan lapisan keamanan yang lebih kuat. Dengan memanfaatkan teknologi IoT, alat ini dapat dilengkapi dengan protokol keamanan tinggi, enkripsi data, dan sistem deteksi serangan siber. Dengan demikian, solusi ini tidak hanya mengatasi permasalahan keamanan pada inverter daya, tetapi juga menjaga integritas dan keandalan sistem dalam menghadapi ancaman siber

5. Aspek Keselamatan

Permasalahan pada aspek keselamatan yang dihadapi adalah risiko kecelakaan atau kegagalan sistem pada inverter daya konvensional, yang dapat membahayakan pengguna, lingkungan sekitar, atau infrastruktur listrik secara keseluruhan. Solusi yang diusulkan adalah pengembangan inverter daya rendah berbasis IoT dengan fokus pada peningkatan keselamatan operasional. Alat ini dapat dilengkapi dengan sensor-sensor keamanan, sistem pemantauan kondisi, dan mekanisme otomatis untuk mendeteksi dan merespons potensi risiko secepat mungkin. Selain itu, pelibatan teknologi IoT juga memungkinkan pemantauan jarak jauh dan diagnosa masalah secara real-time, sehingga meminimalkan waktu tanggap dalam situasi darurat. Dengan demikian, solusi ini tidak hanya mengatasi permasalahan keselamatan yang ada, tetapi juga meningkatkan perlindungan terhadap pengguna, lingkungan, dan infrastruktur terkait.

2.5 Spesifikasi Sistem

- 1) Sistem yang dirancang prototyping untuk memonitoring dan mengontrol Inverter.
- 2) Desain Inverter daya rendah memiliki kapasitas daya 500 W.
- 3) Alat ini menggunakan mikrokontroler ESP32.
- 4) Alat menggunakan daya yang diperoleh dari sumber baterai 12V DC
- 5) Alat yang digunakan terhubung dengan internet.
- 6) Antarmuka pengguna yang digunakan sebuah aplikasi platform *IoT Blynk* di *smartphone*.
- 7) Menggunakan sensor tegangan dan arus untuk membaca nilai arus dan tegangan pada inverter daya rendah.

BAB 3. USULAN SOLUSI

Untuk mengatasi belum adanya alat untuk Inverter daya rendah berbasis *Internet of Things (IoT)* di pasaran maka kami merancang alat tersebut yang dapat digunakan sebagai kebutuhan sehari-hari yang lebih mudah, nyaman dan efisien. Agar masyarakat dapat menggunakan alat ini kebutuhan rumah maupun kebutuhan lainnya tanpa harus membeli inverter daya tinggi, dikarenakan penjualan yang menggunakan fitur *Internet of Things (IoT)* hanya pada inverter daya tinggi.

Pada alat ini kami merancang menggunakan mikrokontroler dengan tujuan pengguna dapat lebih mudah menggunakan alat ini dan lebih efisien. Pada penelitian ini kami mengusul terdapat beberapa usulan solusi, yang mana agar mendapat efisiensi yang lebih baik. Usulan tersebut yang kami buat dapat dilihat di bawah ini.

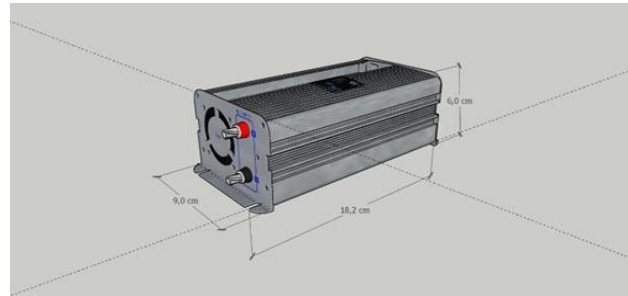
3.1 Usulan Solusi 1

Usulan Pertama, kami merekomendasikan penggunaan inverter daya rendah berbasis *Internet of Things (IoT)* dengan menggunakan mikrokontroler ESP32. Inverter ini dapat diintegrasikan dengan IoT untuk pemantauan dan pengendalian jarak jauh melalui koneksi internet..

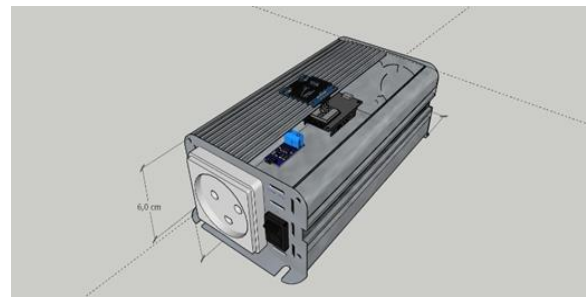
3.1.1 Desain Sistem 1

Pada usulan desain sistem yang pertama, inverter daya rendah berbasis *Internet of Things (IoT)* menggunakan mikrokontroller berjenis ESP32. Tujuan menggunakan mikrokontroller tersebut sebagai platform dan dapat menjalankan sistem operasi *IoT* sesuai kebutuhan fitur-fiturnya. Dengan menggunakan ESP32 ini sudah terdapat modul *wifi* yang dimana dapat digunakan secara langsung untuk menghubungkan ke internet, kemampuan pengolahan lebih tinggi dan kapasitas memori lebih besar. Dan juga ESP32 memiliki sekitar 38 pin GPIO yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan, seperti *input digital*, *output digital*, *Pulse Width Modulation (PWM)*, komunikasi serial. ESP32 ini dihubungkan dengan sensor yang akan dijadikan fitur untuk *IoT* pada alat ini, seperti sensor arus dan tegangan, *relay*, dan *blynk* sebagai antar pengguna. Menggunakan *casing* alat aluminium dengan bahan ringan dan tahan karat yang sering digunakan dalam pembuatan *casing* inverter pada umumnya. Ini memberikan kekuatan struktural yang baik dan membantu dalam dispersi panas. Untuk ilustrasi dari desain fisik yang telah kami buat dapat

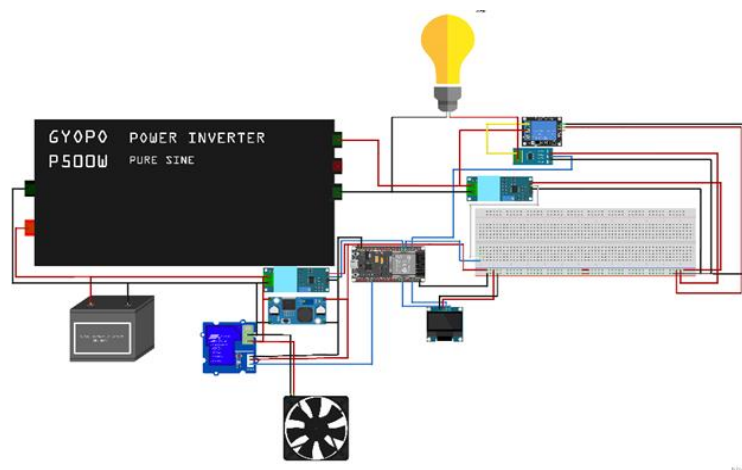
dilihat pada Gambar 3.1. dan Gambar 3.2. di bawah. Selain itu, terdapat desain elektronis yang dapat dilihat pada Gambar 3.3. di bawah. Kemudian terdapat Gambar 3.4. yang menunjukkan *flowchart inverter DC to AC* dan Gambar 3.5. yang menunjukkan *flowchart AC sistem IoT*.



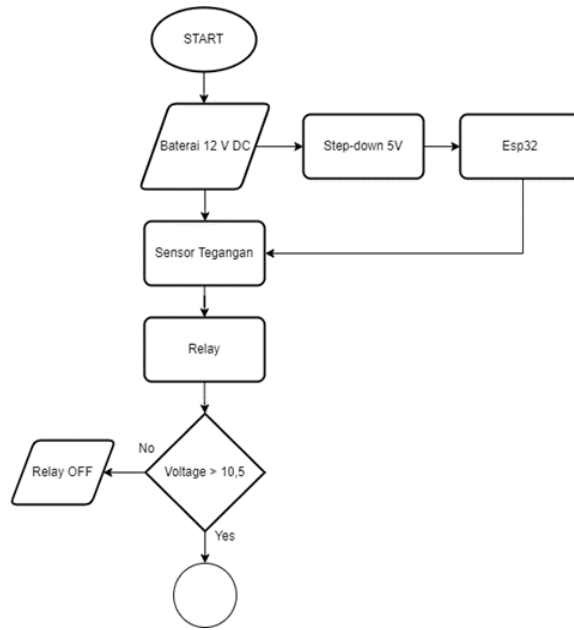
Gambar 3.1. *Casing 3D alat tampak samping*



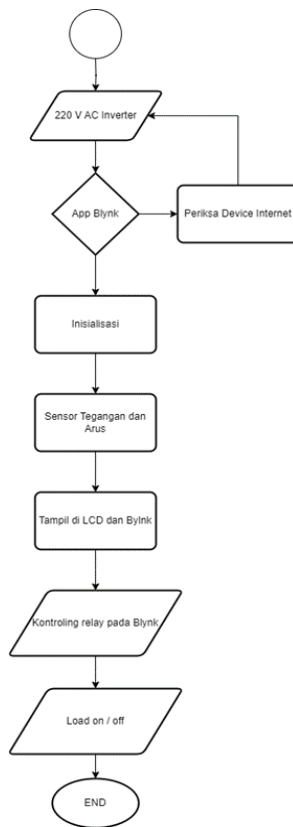
Gambar 3.2. *Casing 3D alat tampak atas*



Gambar 3.3. Desain elektronis ESP32



Gambar 3.4. *Flowchart Inverter DC to AC*



Gambar 3.5. *Flowchart AC sistem IoT*

Untuk memenuhi usulan sistem tersebut, maka diperlukan inventarisasi kebutuhan sistem perangkat keras. Tabel 3.1. memperlihatkan kebutuhan sistem sesuai usulan dan spesifikasi yang dibutuhkan

Tabel 3.1. Inventarisasi kebutuhan usulan sistem Inverter Daya Rendah Berbasis IoT

No	Nama Alat	Keterangan
1	Case alat 3D printing	Dapat memberikan penghematan besar pada biaya perakitan karena dapat mencetak produk yang sudah dirakit. Penggunaan printer 3D pada perusahaan sekarang dapat melakukan eksperimen dengan ide-ide baru dan banyak alternatif desain tanpa waktu yang lama atau beban perkakas dan dapat melindungi alat maupun pengguna dari kesetrum.
2	Mikrokontroler ESP32	mikrokontroler tersebut sebagai platform dan dapat menjalankan sistem operasi IoT sesuai kebutuhan fitur-fiturnya. Dengan menggunakan ESP32 ini sudah terdapat modul wifi yang dimana dapat digunakan secara langsung untuk menghubungkan internet, kemampuan pengolahan lebih tinggi dan kapasitas memori lebih besar. Dan juga ESP32 memiliki sekitar 38 pin GPIO yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan, seperti input digital, output digital, PWM (Pulse Width Modulation), komunikasi serial dan juga untuk biaya ESP32 terkisar Rp.75.000,00 hingga Rp.90.000,00
3	Baterai pack 12 V 50Ah Life Po4	Baterai pada alat yang kami gunakan pada alat ini dapat mudah diganti dan terpisah dari modul utama. Baterai yang digunakan tipe baterai Baterai pack 12 V 50Ah Life Po4, baterai ini dapat bertahan dengan waktu yang cukup lama dengan hitungan satu hari.
4	Modul Sensor ACS712	Sensor Arus ACS712 adalah perangkat yang dirancang untuk mendeteksi arus listrik dengan memanfaatkan prinsip Hall Effect. Sensor ini mampu mengukur baik arus searah (DC) maupun arus bolak-balik (AC). Modul sensor ini telah dilengkapi dengan suatu

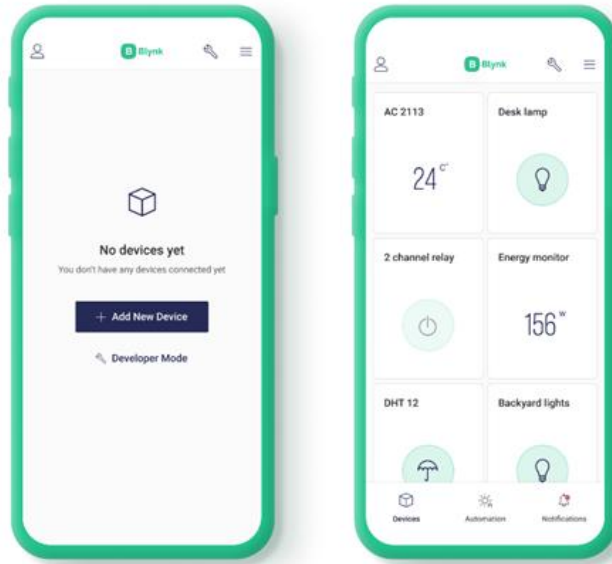
No	Nama Alat	Keterangan
		rangkaiannya penguat operasional, yang meningkatkan sensitivitas pengukuran arusnya. Hal ini memungkinkan sensor ini untuk mendeteksi perubahan arus yang kecil dengan akurasi yang tinggi.
5	Modul Sensor tegangan ZMPT101B	ZMPT101B adalah modul sensor tegangan AC yang menggunakan trafo isolasi dengan rasio tegangan 1:1. Sensor ini memiliki keunggulan, seperti transformer berukuran kecil, tingkat akurasi yang tinggi, dan konsistensi yang baik dalam pengukuran tegangan dan daya. Modul sensor ini mampu mengukur tegangan hingga 250 VAC. Terdapat trim multi-putar potensiometer pada sensor untuk menyesuaikan output ADC. Terminal VCC dan GND digunakan untuk menghubungkan terminal tegangan yang akan diukur, sementara pin g, (+), dan (-) digunakan untuk koneksi dengan terminal ADC kontroler.
6	Relay 5V	Relay 5V beroperasi pada tegangan 5-volt dan menggunakan elektromagnet untuk mengendalikan aliran listrik di sirkuit utama. Kelebihannya terletak pada konsumsi daya yang rendah, ideal untuk aplikasi mikrokontroler. Dengan pin seperti VCC, GND, dan kontrol (IN atau SIG), relay ini mudah diintegrasikan dalam proyek-proyek elektronika seperti otomatisasi rumah atau sistem keamanan. Relay 5V memainkan peran penting dalam menyediakan kontrol andal dan efisien di berbagai aplikasi elektronika modern.
7	LM2596	LM2596 adalah regulator tegangan linear yang sering digunakan untuk menurunkan tegangan DC (Tegangan Kontinu) dari sumber yang lebih tinggi menjadi tingkat yang diinginkan. Regulator ini sangat populer dalam aplikasi elektronika dan proyek DIY karena keandalan dan kemampuannya untuk menangani berbagai tingkat tegangan dan arus.

No	Nama Alat	Keterangan
8	Lcd Oled	<p>OLED adalah jenis layar yang menggunakan dioda organik untuk menghasilkan cahaya. Setiap piksel pada layar OLED memiliki sumber cahaya sendiri, yang berarti tidak diperlukan latar belakang pencahayaan tambahan seperti pada LCD. Dalam layar OLED, setiap piksel mengandung bahan organik yang bisa menghasilkan cahaya ketika diberi daya listrik. Ini membuat OLED memiliki kontras yang lebih tinggi dan respons yang lebih cepat dibandingkan dengan LCD.</p>
9	EGS002	<p>Chip EGS002 merupakan generator inverter gelombang sinus murni digital yang dilengkapi dengan kontrol zona mati. Chip ini memiliki fungsi penuh dan sering digunakan dalam sistem konversi daya dua tahap DC-DC-AC atau konversi peningkatan frekuensi daya satu tahap DC-AC. Dengan menggunakan osilator kristal eksternal berfrekuensi 12MHz, chip ini mampu menghasilkan gelombang sinus murni dengan frekuensi 50Hz atau 60Hz dengan tingkat presisi yang tinggi. Hasilnya adalah gelombang sinus murni dengan distorsi yang kecil dan harmonisa yang rendah.</p>
10	Mosfet IRF3205	<p>IRF3205 adalah transistor daya MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) tipe N-channel. Ini adalah komponen elektronik yang umumnya digunakan dalam berbagai aplikasi daya, seperti dalam inverter, sirkuit daya DC-DC, motor drive, dan perangkat elektronika daya tinggi lainnya.</p>
11	IC 7805DT	<p>Regulator tegangan seperti IC 7805DT dapat dianggap sebagai jenis step-down converter. Proses step-down (turun) ini terjadi karena regulator tersebut mengambil tegangan input yang lebih tinggi dan menurunkannya menjadi tegangan keluaran yang tetap. Dengan kata lain, regulator ini menghasilkan tegangan keluaran yang lebih rendah daripada tegangan inputnya.</p>

No	Nama Alat	Keterangan
12	Fan DC 12V	kipas (fan) yang dirancang untuk beroperasi dengan tegangan sebesar 12-volt DC (Direct Current). Ini adalah komponen umum dalam elektronika yang digunakan untuk memberikan pendinginan pada perangkat atau sistem elektronik dengan mengalirkan udara.
13	Heatsink	Heatsink adalah komponen yang dirancang untuk membantu mengeluarkan panas dari suatu perangkat elektronik dengan cara menyebarkan panas dari komponen yang menghasilkan panas ke udara sekitarnya. Tujuan utama dari penggunaan heatsink adalah mendinginkan suhu suatu komponen elektronik, terutama semikonduktor seperti transistor atau MOSFET, yang dapat menghasilkan panas saat beroperasi
14	PCB Inverter	Substrat yang biasanya terbuat dari bahan dielektrik yang memiliki jalur konduktif dan area pelapisan tembaga yang digunakan untuk merakit dan menghubungkan komponen elektronik dalam suatu perangkat atau sistem.
15	Transformator UPS 600 VA	transformator adalah perangkat elektrikal yang digunakan untuk mentransfer energi listrik antara dua atau lebih sirkuit melalui induksi elektromagnetik. Fungsi utama transformator adalah mengubah tegangan listrik dari tingkat yang satu ke tingkat yang lain, tanpa mengubah frekuensi sumber daya. Transformator sering digunakan dalam distribusi daya dan berbagai aplikasi elektronik untuk mengatur tegangan dan arus listrik.

Pada alat yang kami rancang menggunakan *software* yang di hubungkan dengan *hardware*, maka dalam perancangan ini kami mengusulkan sistem aplikasi platform *IoT* yang digunakan. Aplikasi monitoring dan kontroling *Blynk* ini ialah platform *IoT* yang dapat digunakan pada sistem android. Menggunakan platform *Blynk* menyediakan antarmuka yang ramah dan mudah digunakan, *Blynk* dapat mendukung mikrokontroler yang digunakan pada alat ini yaitu ESP23, dan

blynk terdapat *widget* yang beragam, termasuk *toggle*, grafik, nilai tampilan. Desain tampilan pada *blynk* seperti gambar 3.6 berikut.



Gambar 3.6 Usulan antarmuka pengguna *platform Blynk*

3.1.2. Rencana Anggaran Desain Sistem 1

Dalam merancang alat pada desain sistem 1 ini, dibutuhkan anggaran biaya agar proyek dapat direalisasikan. Rencana anggaran tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.2. di bawah.

Tabel 3.2. Rencana anggaran Inverter Daya Rendah Berbasis IoT

No.	Item/Pengeluaran	Satuan	Harga satuan	Jumlah	Harga Total
1	Biaya jasa 3D printing	Pcs	Rp. 200.000, -	1	Rp. 200.000, -
2	Modul sensor ACS712	Pcs	Rp. 17.500, -	1	Rp. 17.500, -
3	ESP32 DEVKIT 1	Pcs	Rp. 75.000, -	1	Rp. 75.000, -

4	Modul sensor ZMPT101B	pcs	Rp. 30.000, -	1	Rp. 30.000, -
5	Relay 5 V 1 channel	Pcs	Rp. 6.000, -	1	Rp. 6.000, -
6	Baterai pack 12 V 50Ah Life Po 4	Pcs	Rp. 850.000, -	1	Rp. 850.000, -
7	Kabel, peralatan solder Dan komponen perintilan	Paket	Rp. 150.000, -	1	Rp. 150.000, -
8	LM2596	Pcs	Rp. 21.000, -	1	Rp. 21.000, -
9	EGS002	Pcs	Rp. 100.000, -	1	Rp. 100.000, -
10	LCD OLED	Pcs	Rp. 32.000, -	1	Rp. 32.000, -
11	PCB inverter	Pcs	Rp. 140.000, -	1	Rp. 140.000, -
12	Fan DC 12 V	Pcs	Rp. 20.000, -	1	Rp. 20.000, -
13	Heatsink	Pcs	Rp. 1.000, -	4	Rp. 4.000, -
14	Transformator UPS 600 VA	Pcs	Rp. 60.000, -	1	Rp. 60.000, -
15	IC 7805DT	Pcs	Rp. 3.000, -	2	Rp. 6.000, -
16	Mosfet IRF3205	Pcs	Rp. 15.000, -	4	Rp. 60.000, -
17	Relay 30A	Pcs	Rp. 50.000, -	1	Rp. 50.000, -

18	Sensor tegangan DC 12V	Pcs	Rp. 5.000, -	1	Rp. 5.000, -
19	Charger aki 12 V	Pcs	Rp. 150.000, -	1	Rp. 150.000, -
Total Belanja					Rp. 1.976.500, -

3.1.3 Analisis Risiko Desain 1

Pada desain pertama alat ini menggunakan mikrokontroler ESP32, walaupun ESP32 tersebut serbaguna dan fleksibel tetapi terdapat kekurangan pada mikrokontroler ini. Beberapa potensi kekurangan atau risiko menggunakan mikrokontroler ini seperti saat konsumsi daya tinggi, jika tidak dioptimalkan dengan baik, ESP32 mempunyai kemampuan analog yang terbatas untuk membaca sensor yang memiliki presisi tinggi. Selain risiko dari mikrokontroler terdapat pada desain 3D yang dimana penyusunan dan pengelolaan komponen masih belum bagus yang menyebabkan *casing* dari alat memiliki dimensi yang besar dan juga masih belum memiliki IP *waterproof*. Pada *software* untuk antarmuka pengguna yang digunakan pada desain pertama memiliki kekurangan yang dimana pengguna tidak dapat melihat *history record* dari hasil hasil sensor yang digunakan. Aluminium memiliki konduktivitas panas yang tinggi. Meskipun ini dapat menjadi kelebihan dalam beberapa aplikasi, seperti pendinginan cepat, namun dalam kasus inverter atau peralatan listrik lainnya, konduktivitas panas tinggi dapat menyebabkan masalah dalam mempertahankan suhu yang stabil. Ini bisa memerlukan desain tambahan untuk mengatasi masalah pendinginan.

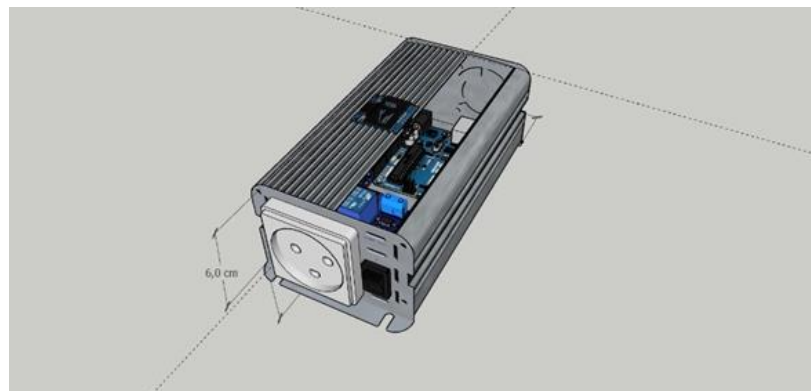
3.1.4 Pengukuran Performa

Pada usulan solusi pertama kami mengukur performa dari desain alat yang digunakan mikrokontroler. Mikrokontroler ESP32 ini memiliki kemampuan koneksi nirkabel langsung, tanpa menambahkan modul *wifi*, mempunyai kapasitas memori yang banyak dan performa lebih tinggi, ESP32 memiliki banyak pin GPIO yang dapat menghubungkan berbagai komponen komponen yang lain. Pada desain pertama yang kami pilih untuk dirancang dilihat dari penggunaan fitur *software* yang dimana pada platform *Blynk* yang digunakan dapat melakukan kontroling dan monitoring berbeda dengan pada desain kedua yang menggunakan *thingspeak* tidak dapat mengontrol alat dari jarak jauh. Penggunaan bahan *casing* yaitu aluminium memiliki berat yang lebih ringan dibandingkan dengan logam seperti baja, yang membuatnya ideal untuk aplikasi di mana berat menjadi faktor penting. Berat yang lebih ringan dapat mempermudah instalasi, pengangkutan, dan penanganan inverter, aluminium adalah bahan ringan dan tahan karat yang

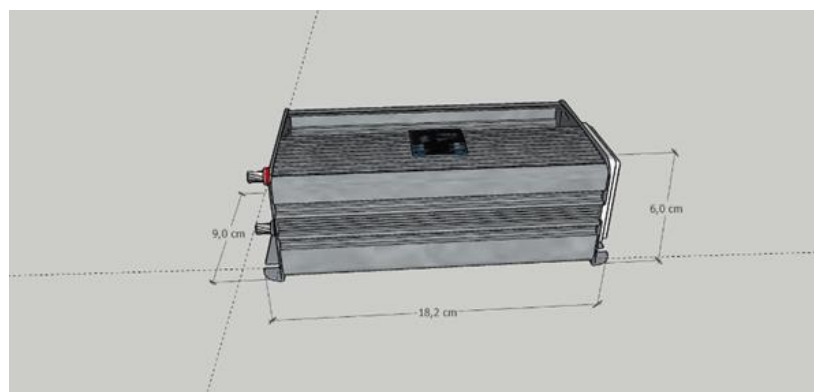
sering digunakan dalam pembuatan *casing* inverter. Ini memberikan kekuatan struktural yang baik dan membantu dalam dispersi panas.

3.2 Usulan Solusi 2

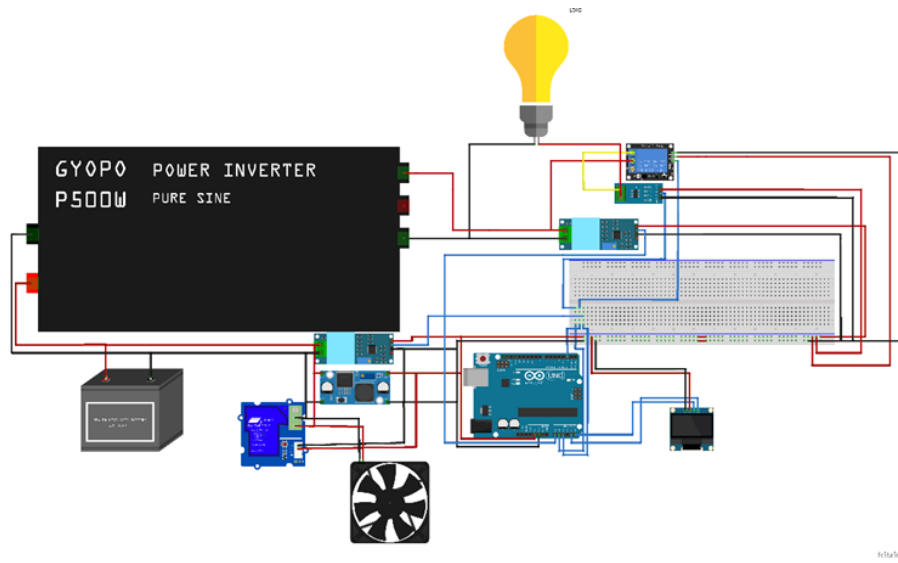
Usulan kedua, saya merekomendasikan penggunaan inverter daya rendah berbasis *Internet of Things (IoT)* dengan mikrokontroler Arduino uno. Inverter ini dapat diintegrasikan dengan *IoT* untuk pemantauan dan pengendalian jarak jauh melalui koneksi internet. Mikrokontroler Arduino uno ini tidak mempunyai modul *wifi* untuk mengkoneksikannya ke internet, maka perlu untuk menambah modul *wifi* tersendiri. Oleh karena itu, pada alat yang kami rancang memilih untuk menggunakan usulan yang pertama yaitu mikrokontroler ESP32 yang dapat terhubung dengan koneksi internet secara langsung dan ukuran mikrokontroler ESP32 juga lebih ramping dibandingkan dengan Arduino uno.



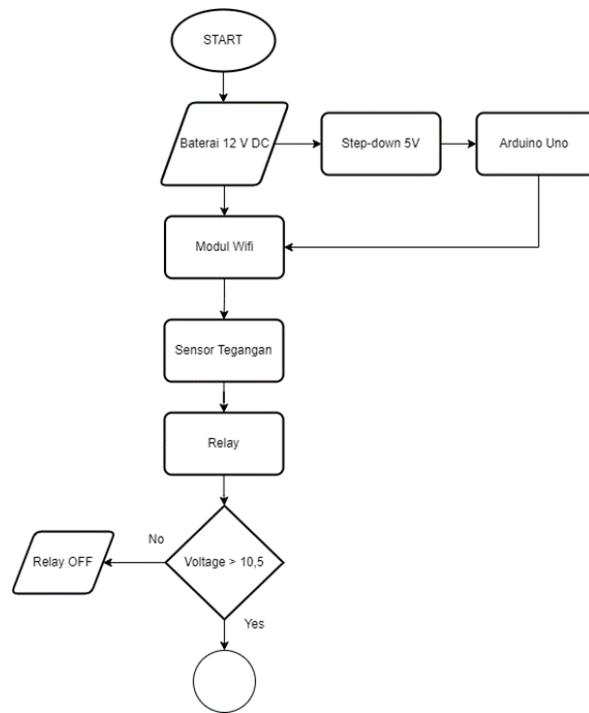
Gambar 3.7. Casing 3D alat tampak atas



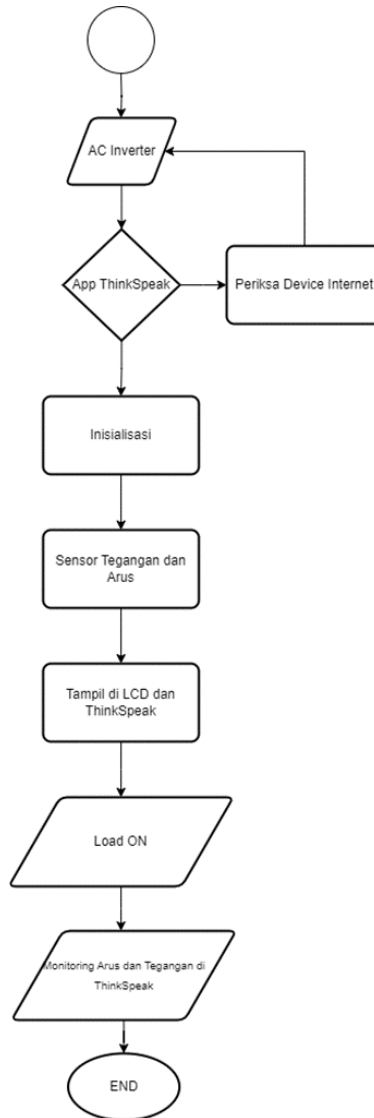
Gambar 3.8. Casing 3D alat tampak samping



Gambar 3.9. Desain elektronis Arduino Uno



Gambar 3.10. flowchart inverter DC to AC



Gambar 3.11. *Flowchart AC sistem IoT*

Untuk dapat memenuhi usulan sistem tersebut, maka diperlukan inventarisasi kebutuhan sistem perangkat keras. Tabel 3.3. memperlihatkan kebutuhan sistem sesuai usulan dan spesifikasi yang dibutuhkan

Tabel 3.3. Inventarisasi kebutuhan usulan sistem Inverter Daya Rendah Berbasis IoT

No	Nama Alat	Keterangan
1	Case alat 3D printing	Dapat memberikan penghematan besar pada biaya perakitan karena dapat mencetak produk yang sudah dirakit. Penggunaan printer 3D pada perusahaan sekarang dapat melakukan eksperimen dengan ide-ide baru dan banyak alternatif desain tanpa waktu yang lama atau beban perkakas dan dapat melindungi alat maupun pengguna dari kesetrum.
2	Mikrokontroler Arduino Uno	Arduino Uno menggunakan mikrokontroler ATmega328 sebagai otak utamanya. Mikrokontroler ini memiliki kecepatan clock 16 MHz dan menyediakan sejumlah pin input/output digital dan analog yang dapat digunakan untuk menghubungkan sensor, aktuator, dan perangkat lainnya. Arduino Uno memiliki 14 pin I/O digital yang dapat diatur sebagai input atau output. Pin ini digunakan untuk berkomunikasi dengan perangkat eksternal, seperti sensor, LED, motor, dan lainnya. Mikrokontroler ini berkisar harga Rp.100.000 sampai dengan Rp.500.000
3	Baterai pack 12 V 50Ah Life Po4	Baterai pada alat yang kami gunakan pada alat ini dapat mudah diganti dan terpisah dari modul utama. Baterai yang digunakan tipe baterai Baterai pack 12 V 50Ah Life Po4, baterai ini dapat bertahan dengan waktu yang cukup lama dengan hitungan satu hari.
4	Modul Sensor ACS712	Sensor Arus ACS712 adalah perangkat yang dirancang untuk mendeteksi arus listrik dengan memanfaatkan prinsip Hall Effect. Sensor ini mampu mengukur baik arus searah (DC) maupun arus bolak-balik (AC). Modul sensor ini telah dilengkapi dengan suatu rangkaian penguat operasional, yang meningkatkan sensitivitas pengukuran arusnya. Hal ini memungkinkan sensor ini untuk mendeteksi perubahan arus yang kecil dengan akurasi yang tinggi.

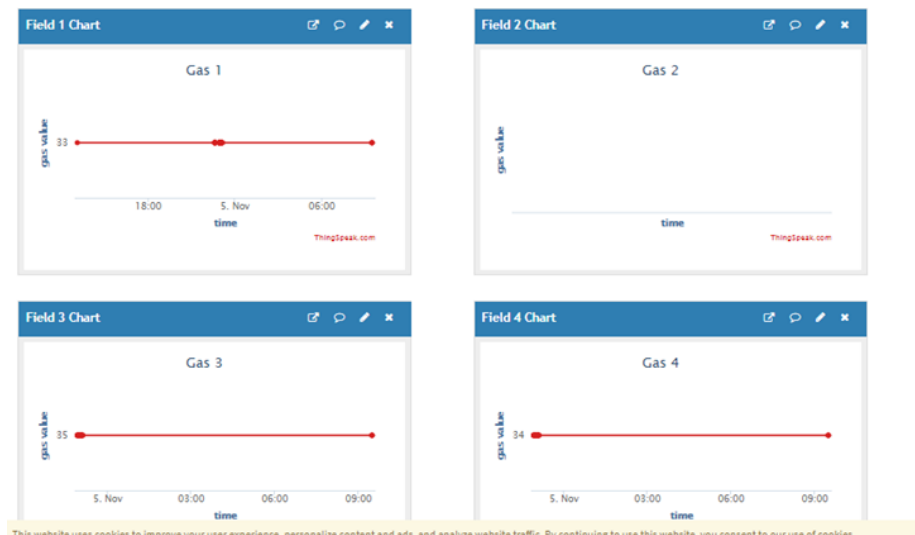
No	Nama Alat	Keterangan
5	Modul Sensor tegangan ZMPT101B	ZMPT101B adalah modul sensor tegangan AC yang menggunakan trafo isolasi dengan rasio tegangan 1:1. Sensor ini memiliki keunggulan, seperti transformer berukuran kecil, tingkat akurasi yang tinggi, dan konsistensi yang baik dalam pengukuran tegangan dan daya. Modul sensor ini mampu mengukur tegangan hingga 250 VAC. Terdapat trim multi-putar potensiometer pada sensor untuk menyesuaikan output ADC. Terminal VCC dan GND digunakan untuk menghubungkan terminal tegangan yang akan diukur, sementara pin g, (+), dan (-) digunakan untuk koneksi dengan terminal ADC kontroler.
6	Relay 5V	Relay 5V beroperasi pada tegangan 5 volt dan menggunakan elektromagnet untuk mengendalikan aliran listrik di sirkuit utama. Kelebihannya terletak pada konsumsi daya yang rendah, ideal untuk aplikasi mikrokontroler. Dengan pin seperti VCC, GND, dan kontrol (IN atau SIG), relay ini mudah diintegrasikan dalam proyek-proyek elektronika seperti otomatisasi rumah atau sistem keamanan. Relay 5V memainkan peran penting dalam menyediakan kontrol andal dan efisien di berbagai aplikasi elektronika modern.
7	LM2596	LM2596 adalah regulator tegangan linear yang sering digunakan untuk menurunkan tegangan DC (Tegangan Kontinu) dari sumber yang lebih tinggi menjadi tingkat yang diinginkan. Regulator ini sangat populer dalam aplikasi elektronika dan proyek DIY karena keandalan dan kemampuannya untuk menangani berbagai tingkat tegangan dan arus..
8	Lcd Oled	OLED adalah jenis layar yang menggunakan dioda organik untuk menghasilkan cahaya. Setiap piksel pada layar OLED memiliki sumber cahaya sendiri, yang berarti tidak diperlukan latar belakang pencahayaan tambahan seperti pada LCD. Dalam layar OLED, setiap piksel mengandung bahan organik yang bisa menghasilkan cahaya

No	Nama Alat	Keterangan
		ketika diberi daya listrik. Ini membuat OLED memiliki kontras yang lebih tinggi dan respons yang lebih cepat dibandingkan dengan LCD.
9	EGS002	Chip EGS002 merupakan generator inverter gelombang sinus murni digital yang dilengkapi dengan kontrol zona mati. Chip ini memiliki fungsi penuh dan sering digunakan dalam sistem konversi daya dua tahap DC-DC-AC atau konversi peningkatan frekuensi daya satu tahap DC-AC. Dengan menggunakan osilator kristal eksternal berfrekuensi 12MHz, chip ini mampu menghasilkan gelombang sinus murni dengan frekuensi 50Hz atau 60Hz dengan tingkat presisi yang tinggi. Hasilnya adalah gelombang sinus murni dengan distorsi yang kecil dan harmonisa yang rendah.
10	Mosfet IRF3205	IRF3205 adalah transistor daya MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) tipe N-channel. Ini adalah komponen elektronik yang umumnya digunakan dalam berbagai aplikasi daya, seperti dalam inverter, sirkuit daya DC-DC, motor drive, dan perangkat elektronika daya tinggi lainnya.
11	IC 7805DT	Regulator tegangan seperti IC 7805DT dapat dianggap sebagai jenis step-down converter. Proses step-down (turun) ini terjadi karena regulator tersebut mengambil tegangan input yang lebih tinggi dan menurunkannya menjadi tegangan keluaran yang tetap. Dengan kata lain, regulator ini menghasilkan tegangan keluaran yang lebih rendah daripada tegangan inputnya.
12	Fan DC 12V	kipas (fan) yang dirancang untuk beroperasi dengan tegangan sebesar 12 volt DC (Direct Current). Ini adalah komponen umum dalam elektronika yang digunakan untuk memberikan pendinginan pada perangkat atau sistem elektronik dengan mengalirkan udara.

No	Nama Alat	Keterangan
13	Heatsink	Heatsink adalah komponen yang dirancang untuk membantu mengeluarkan panas dari suatu perangkat elektronik dengan cara menyebarkan panas dari komponen yang menghasilkan panas ke udara sekitarnya. Tujuan utama dari penggunaan heatsink adalah mendinginkan suhu suatu komponen elektronik, terutama semikonduktor seperti transistor atau MOSFET, yang dapat menghasilkan panas saat beroperasi
14	PCB Inverter	Substrat yang biasanya terbuat dari bahan dielektrik yang memiliki jalur konduktif dan area pelapisan tembaga yang digunakan untuk merakit dan menghubungkan komponen elektronik dalam suatu perangkat atau sistem.
15	Transformator UPS 600 VA	transformator adalah perangkat elektrikal yang digunakan untuk mentransfer energi listrik antara dua atau lebih sirkuit melalui induksi elektromagnetik. Fungsi utama transformator adalah mengubah tegangan listrik dari tingkat yang satu ke tingkat yang lain, tanpa mengubah frekuensi sumber daya. Transformator sering digunakan dalam distribusi daya dan berbagai aplikasi elektronik untuk mengatur tegangan dan arus listrik.
16	Modul Wifi ESP-01	Modul WiFi ESP-01 adalah perangkat berbasis mikrokontroler ESP8266 yang sangat diminati dalam proyek Internet of Things (IoT). Ditenagai oleh mikrokontroler yang efisien, ESP-01 menyediakan kemampuan WiFi terintegrasi dengan ukuran fisik yang kompak. Modul ini berkomunikasi melalui antarmuka serial (UART) dan dapat diintegrasikan dengan mudah ke dalam proyek dengan mikrokontroler lain seperti Arduino atau Raspberry Pi. Dilengkapi dengan beberapa pin GPIO yang dapat diprogram, ESP-01 memungkinkan pengguna untuk mengatur fungsi input/output sesuai kebutuhan proyek. Menggunakan perintah AT Command melalui antarmuka serial,

No	Nama Alat	Keterangan
		konfigurasi dan pengendalian modul dapat dilakukan tanpa perlu penulisan kode pemrograman yang rumit.

Pada alat yang kami rancang menggunakan *software* yang di hubungkan dengan *hardware*, maka dalam perancangan ini kami mengusulkan sistem aplikasi platform *IoT* yang digunakan. Aplikasi monitoring dan kontroling *ThinkSpeak* ini ialah platform *IoT* yang dapat digunakan pada sistem android. Menggunakan platform *Blynk* menyediakan antarmuka yang ramah dan mudah digunakan, *ThinkSpeak* dapat mendukung mikrokontroler yang digunakan pada alat ini yaitu Arduino Uno, dan *ThinkSpeak* terdapat widget yang beragam, termasuk grafik, nilai tampilan. Desain tampilan pada *blynk* seperti gambar 3.12. berikut



Gambar 3.12. Usulan rancangan aplikasi untuk pengguna dengan *ThinkSpeak*

3.2.2 Rencana Anggaran Desain 2

Dalam merancang alat pada desain sistem 2 ini, dibutuhkan anggaran biaya agar proyek dapat direalisasikan. Rencana anggaran tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.4. di bawah

Tabel 3.4. Rencana anggaran Inverter Daya Rendah Berbasis *IoT*

No.	Item/Pengeluaran	Satuan	Harga satuan	Jumlah	Harga Total
1	Biaya jasa 3D printing	Pcs	Rp. 200.000, -	1	Rp. 200.000, -
2	Modul sensor ACS712	Pcs	Rp. 17.500, -	1	Rp. 17.500, -
3	Arduino Uno R3	Pcs	Rp. 150.000, -	1	Rp. 150.000, -
4	Modul sensor ZMPT101B	pcs	Rp. 30.000, -	1	Rp. 30.000, -
5	Relay 5 V 1 channel	Pcs	Rp. 6.000, -	1	Rp. 6.000, -
6	Baterai pack 12 V 50Ah Life Po 4	Pcs	Rp. 850.000, -	1	Rp. 850.000, -
7	Kabel, peralatan solder Dan komponen perintilan	Paket	Rp. 150.000, -	1	Rp. 150.000, -
8	LM2596	Pcs	Rp. 21.000, -	1	Rp. 21.000, -
9	EGS002	Pcs	Rp. 100.000, -	1	Rp. 100.000, -
10	LCD OLED	Pcs	Rp. 32.000, -	1	Rp. 32.000, -
11	PCB inverter	Pcs	Rp. 140.000, -	1	Rp. 140.000, -

No.	Item/Pengeluaran	Satuan	Harga satuan	Jumlah	Harga Total
12	Fan DC 12 V	Pcs	Rp. 20.000, -	1	Rp. 20.000, -
13	Heatsink	Pcs	Rp. 1.000, -	4	Rp. 4.000, -
14	Transformator UPS 600 VA	Pcs	Rp. 60.000, -	1	Rp. 60.000, -
15	IC 7805DT	Pcs	Rp. 3.000, -	2	Rp. 6.000, -
16	Mosfet IRF3205	Pcs	Rp. 15.000, -	4	Rp. 60.000, -
17	Relay 30A	Pcs	Rp. 50.000, -	1	Rp. 50.000, -
18	Sensor tegangan DC 12V	Pcs	Rp. 5.000, -	1	Rp. 5.000, -
19	Modul wifi ESP-01	Pcs	Rp. 19.000, -	1	Rp. 19.000, -
20	Charger aki 12 V	Pcs	Rp. 150.000, -	1	Rp. 150.000, -
Total Belanja					Rp. 2.070.500, -

3.2.3 Analisis Risiko Desain

Pada desain kedua kami memilih untuk menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dan memanfaatkan *platform Thingspeak*. Meskipun Arduino Uno memiliki keterbatasan dalam hal kemampuan jaringan dan pemrosesan data yang tidak sekompleks ESP32, keunggulannya terletak pada kemudahan penggunaan dan konsumsi daya yang lebih rendah. Dalam penggunaan Arduino Uno, perlu diperhatikan penggunaan daya agar tidak mengalami konsumsi daya yang tinggi. Arduino Uno R3 memiliki kemampuan komputasi yang terbatas jika dibandingkan dengan mikrokontroler yang lebih canggih seperti ESP32. Hal ini dapat menjadi kendala dalam aplikasi yang memerlukan pemrosesan data yang kompleks atau tugas yang membutuhkan kecepatan tinggi. Selain itu, perlu diingat bahwa Arduino Uno tidak dilengkapi dengan kemampuan bawaan

untuk koneksi *WiFi*, sehingga diperlukan penambahan modul *WiFi* tambahan atau pemanfaatan modul GSM jika dibutuhkan konektivitas nirkabel. Dalam hal desain 3D, perlu ditingkatkan penataan dan manajemen komponen agar casing perangkat memiliki dimensi yang lebih optimal dan alat belum memenuhi standar IP *waterproof*. Meskipun *platform Thingspeak* memungkinkan akses data sensor secara *daring*, penting untuk memastikan keamanan dan privasi data yang dikirimkan ke platform tersebut. Perihal antarmuka pengguna, *platform Thingspeak* dapat diperkaya dengan menambahkan fitur untuk melihat riwayat catatan hasil sensor tetapi *ThinkSpeak* ini tidak dapat mengontrol alat dari jarak kejauhan yang dimana *IoT* untuk alat ini sangat mementingkan kontrolling penggunaan bahan casing akrilik lebih rentan terhadap patah atau retak dibandingkan dengan kaca, terutama jika terkena benturan keras. Ini dapat membuatnya kurang cocok untuk beberapa aplikasi di mana kekuatan impak yang sangat tinggi diperlukan

3.2.4 Pengukuran Performa

Pada evaluasi performa desain alat, kami memilih untuk menggunakan mikrokontroler Arduino Uno R3 dengan modul tambahan untuk koneksi nirkabel dan *platform Thingspeak*. Meskipun Arduino Uno R3 memiliki keterbatasan dalam kapasitas memori dan koneksi nirkabel bawaan, kami memandang bahwa kelebihan yang dimiliki Arduino Uno R3 dapat mengatasi beberapa kendala tersebut. Arduino Uno R3, yang dikenal karena kemudahannya penggunaan dan dukungan komunitas yang besar, memberikan fleksibilitas dalam integrasi modul tambahan, termasuk modul *WiFi* untuk mencapai koneksi nirkabel. Meskipun kapasitas memori terbatas, hal ini biasanya memadai untuk proyek dengan skala kecil hingga menengah. Kelebihan lainnya adalah kemampuan Arduino Uno R3 untuk menghubungkan berbagai komponen melalui sejumlah pin GPIO yang tersedia. Meskipun jumlahnya terbatas, namun dapat mencukupi untuk memenuhi kebutuhan proyek dengan skala sederhana. Pada sisi *software*, kami beralih menggunakan *platform Thingspeak* sebagai alternatif untuk memonitor dan merekam data dari sensor. Meskipun *Thingspeak* tidak memberikan kemampuan kontrol jarak jauh seperti yang dimungkinkan oleh *Blynk*, platform ini menyediakan antarmuka yang memungkinkan pengguna untuk memantau histori data sensor dan mengaksesnya secara *daring*. Penggunaan bahan casing akrilik memiliki ketahanan yang baik terhadap pemutihan dan perubahan warna seiring waktu, bahkan ketika terpapar sinar UV. Hal ini membuatnya cocok untuk penggunaan dalam berbagai lingkungan dan aplikasi luar ruangan. Akrilik memiliki sifat transparan yang sangat baik, mendekati transparansi kaca. Ini memungkinkan untuk transmisi cahaya yang tinggi, yang bermanfaat dalam aplikasi di mana visibilitas atau tampilan produk penting

3.3 Analisis dan Penentuan Usulan Solusi/Desain Terbaik

Dalam rancangan untuk membuat alat Inverter daya rendah berbasis *Internet of Things (IoT)* ini untuk memenuhi kekurangan dan menjadi solusi dari latar belakang masalah yang ada maka memunculkan kreasi dan ide yang dimana diperoleh 2 buah usulan solusi yang memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing yang dapat dibandingkan pada tabel 3.5 berikut ini.

Tabel 3.5. Perbandingan Desain solusi

Faktor – faktor mempengaruhi	Desain 1	Desain 2
Total Rancangan Biaya	Rp. 1.976.500, -	Rp. 2.070.500, -
Penggunaan Mikrokontroler	ESP32 DEVKIT 1	Arduino Uno
Sifat Alat	Portable	Portable
Bahan 3D printing	Aluminium	Akrilik
Platform IoT	Blynk	ThinkSpeak
Fitur	Kontroling Monitoring	Monitoring History record

Pada latar belakang masalah yang ada untuk memberikan fitur dan efisiensi yang tinggi, maka ditentukannya bahwa solusi desain pertama merupakan solusi yang terbaik untuk dirancang. Solusi pertama memiliki banyak keunggulan dibandingkan desain kedua terlepas dari kelebihan dan kekurangan masing-masing. Seperti pada total rancangan biaya memiliki total yang relatif lebih murah dibandingkan solusi desain kedua, pada penggunaan mikrokontroler menggunakan

ESP32 yang dimana mempunyai modul wifi untuk membuat alat dapat terhubung dengan internet sedangkan untuk Arduino uno membutuhkan modul *wifi* eksternal dan harus *men-setting* modul agar dapat digunakan. Aluminium adalah bahan ringan dan tahan karat yang sering digunakan dalam pembuatan casing inverter. Ini memberikan kekuatan struktural yang baik dan membantu dalam dispersi panas. Aluminium memiliki berat yang lebih ringan dibandingkan dengan logam seperti baja, yang membuatnya ideal untuk aplikasi di mana berat menjadi faktor penting. Berat yang lebih ringan dapat mempermudah instalasi, pengangkutan, dan penanganan inverter. Di bandingkan dengan akrilik, aluminium ini lebih kuat dan tahan pecah dan juga memiliki konduktivitas panas yang lebih baik dibandingkan dengan akrilik. Penggunaan platform *IoT* yang berhubungan dengan fitur pada alat, kelebihan dari digunakannya *Blynk* yaitu dapat memonitoring dan kontroling alat dari jarak yang jauh tetapi *Blynk* tidak dapat melihat *history record* sedangkan kelebihan digunakannya *ThinkSpeak* dapat memonitoring dan melihat *history record* tetapi tidak dapat kontroling alat dari jarak yang jauh.

3.4 Gantt Chart

Tabel 3.6 *Gantt chart* pelaksanaan *Capstone Project* Inverter Daya Rendah Berbasis *IoT*

No.	Kegiatan/Capaian	Bulan ke -											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Survei dan identifikasi permasalahan	D											
2	Mencari literatur dan informasi untuk kebutuhan dan spesifikasi sistem	A	A,D										

3	Mengumpulkan seluruh ide solusi dan finalisasi usulan perancangan sistem beserta manajemen dan rancangan belanja	A,D	A,D	A								
4	Pengumpulan proposal Tugas Akhir 1/ <i>Capstone Project</i> dan seminar				A,D							
5	Pembelian alat dan bahan				A,D	A,D						
6	Perancangan sistem sesuai proposal					A,D	A,D	A,D	A,D			
7	Testing dan Validasi								A,D	A,D		
8	Expo dan pengumpulan laporan akhir										A,D	

Ket.: PIC – *Person in Charge* (Pihak yang bertanggung untuk kegiatan tersebut) A : Khairul Imam S, D : M.Dolly H

3.5 Realisasi Pelaksanaan Tugas Akhir 1

Tabel 3.7 Realisasi aktivitas pelaksanaan tugas akhir 1

No	Hari, Tanggal, Durasi (jam atau hari)	Aktivitas	Pelaksana
1	Sabtu, 23 September 2023, 2 jam	Survei literatur terkait latar masalah yang ada bersama bimbingan dengan dosen pembimbing	Dolly
2	Minggu, 24 september 2023, 2 jam	Survei literatur terkait latar masalah yang ada	Arul Dolly
3	Selasa, 26 September 2023, 2 jam	Survey litetarur dan mengerjakan Proposal	Arul Dolly
4	Rabu, 27 September 2023, 2 jam	Mengerjakan laporan untuk bab 1 dan bimbingan untuk penentuan urgensi alat	Arul Dolly
5	Kamis, 28 September 2023, 6 jam	Mengerjakan BAB 1	Dolly
6	Sabtu, 30 September 2023, 12 jam	Mengerjakan BAB 1	Arul Dolly
7	Minggu, 1 Oktober 2023, 4 Jam	Mengerjakan BAB 1 dan menentukan spesifikasi sistem.	Arul

8	Selasa, 3 oktober 2023, 3 jam	Bimbingan dengan dosen pembimbing dan melanjutkan BAB 1	Arul Dolly
9	Rabu, 4 Oktober 2023, 4 Jam	Menyelesaikan BAB 1	Arul Dolly
10	Minggu, 8 Oktober 2023, 5 Jam	Mencari literatur dengan banyak untuk memenuhi spesifikasi sistem alat yang akan dibuat	Arul Dolly
11	Selasa, 13 Oktober 2023, 3 jam	Bimbingan dengan dosen pembimbing lalu lanjut mencari literatur unntuk kebutuhan spesifikasi	Arul Dolly
12	Rabu, 14 Oktober 2023, 4 jam	Mulai mengerjakan sedikit untuk BAB 2	Arul
13	Selasa, 17 Oktober 2023, 3 jam	Bimbingan dengan dosen pembimbing	Arul Dolly
14	Rabu, 18 Oktober 2023, 2 jam	Melanjutkan BAB 2 dan mencari literatur	Arul
15	Sabtu, 21 Oktober 2023, 4 jam	Melanjutkan BAB2	Arul Dolly

16	Selasa, 23 Oktober 2023, 3 jam	Bimbingan dengan dosen pembimbing	Arul Dolly
17	Sabtu, 28 Oktober 2023, 3 jam	Melanjutkan BAB 2	Arul
18	Rabu, 1 November 2023, 5 Jam	Menyelesaikan BAB 2	Arul Dolly
19	Sabtu, 11 November 2023, 3 jam	Bimbingan dan memulai memasuki BAB 3	Arul Dolly
20	Selasa, 14 November 2023, 4,5 jam	Melanjutkan BAB 3	Arul
21	Rabu, 15 November 2023, 3 jam	Melanjutkan BAB 3	Arul Dolly
22	Sabtu, 18 November 2023, 5 jam	Melanjutkan BAB 3 dan memikirkan ide untuk desain pertama dan membuat desain elektronik	Arul
23	Minggu, 19 November 2023, 3 Jam	Membuat desain elektronik	Arul

24	Selasa, 21 November 2023, 4 jam	Bimbingan dengan dosen pembimbing lalu melanjutkan desain elektronik	Arul Dolly
25	Rabu, 22 November 2023, 3 jam	Melanjutkan BAB 3 membuat flowchart, dan 3D	Arul
26	Kamis, 23 November 2023, 4 jam	Membuat 3D alat dan flowchart	Arul
27	Jumat, 24 November 2023, 3 jam	Membuat 3D alat dan flowchart	Arul
28	Sabtu, 25 November 2023, 2 jam	Melanjutkan BAB 3 desain kedua	Arul Dolly
29	Minggu, 26 November 2023, 4 jam	Membuat desain elektronik dan 3D desain 2	Arul
30	Senin, 27 November 2023, 2 jam	Membuat 3D desain 2 dan membuat flowchart	Arul
31	Jumat, 1 Desember 2023, 2 jam	Bimbingan online dengan dosen pembimbing	Arul Dolly
32	Sabtu, 2 Desember 2023, 5 jam	Merapikan kembali kalimat BAB 1 dan BAB 2	Dolly

33	Selasa, 5 Desember 2023, 2 jam	Merapikan kembali kalimat pada BAB 3	Arul
34	Sabtu, 9 Desember 2023, 2 jam	Bimbingan Dengan dosen pembimbing	Arul Dolly
35	Senin, 11 Desember 2023, 3 jam	Mengerjakan Daftar Pustaka menggunakan mendeley	Arul
36	Kamis. 14 Desember 2023, 2 jam	Merapikan BAB dan SUB BAB dan membuat daftar isi	Arul
37	Minggu, 17 Desember 2023, 1 jam	Merapikan kata miring	Arul
38	Senin, 18 Desember 2023, 4,5 jam	Crosscek dari BAB 1 sampai BAB 3	Dolly

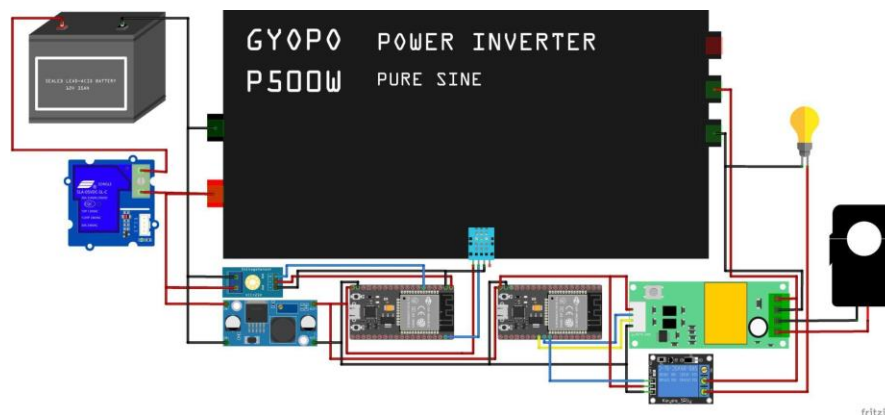
BAB 4. HASIL RANCANGAN DAN METODE PENGUKURAN

4.1 Hasil Rancangan Sistem

Hasil rancangan sistem untuk alat *SMALLER* (*Smart and Low Power Inverter*) ini menggunakan 2 jenis yaitu perangkat keras dan juga perangkat lunak terdapat berbasis *IoT* yang melalui platform *Blynk* agar dapat diakses dengan mudah untuk pengguna mengendalikan dan monitoring alat.

4.1.1. Rangkaian Elektronik

Rangkaian elektronis dari alat yang kami rancang memuat beberapa komponen yang digunakan seperti mikrokontroler ESP32, PZEM-400T, Sensor Tegangan DC, Relay 5V, DHT11, dan lebih lengkapnya yang terlihat seperti pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Rangkaian Elektronis *SMALLER*

4.1.1.1 Inverter *DC-to-AC*

Inverter merupakan komponen kritis dan kompleks dalam konteks sistem tenaga listrik independen. Sistem tenaga listrik independen, yang beroperasi tanpa ketergantungan pada jaringan utilitas listrik, menyediakan solusi untuk berbagai kebutuhan, mulai dari penerangan lampu halaman hingga memenuhi daya listrik rumah-rumah di lokasi terpencil, desa, taman nasional, fasilitas medis, dan bahkan kebutuhan militer. Pada dasarnya, komponen utama dalam inverter adalah baterai penyimpanan yang menyimpan dan melepaskan daya dalam bentuk arus searah (DC), sedangkan jaringan utilitas menyediakan daya dalam bentuk arus bolak-balik (AC). Adanya inverter menjadi kunci dalam transformasi daya ini, mengubah DC menjadi AC dan menyelaraskannya dengan kebutuhan peralatan konvensional. Dengan kata lain, inverter berperan

sebagai adaptor daya yang memungkinkan sistem daya independen berbasis baterai untuk mengoperasikan peralatan konvensional melalui kabel rumah konvensional.

4.1.1.2 Baterai 12V

Baterai 12V pada inverter digunakan sebagai sumber daya untuk mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC). Ini adalah komponen penting dalam sistem inverter, terutama dalam aplikasi yang membutuhkan sumber daya cadangan atau di tempat-tempat yang tidak memiliki akses ke jaringan listrik. Baterai 12V menyediakan energi listrik dalam bentuk arus searah (DC), yang kemudian diubah oleh inverter menjadi arus bolak-balik (AC) yang dapat digunakan oleh perangkat listrik rumah tangga atau peralatan lainnya. Selain itu, baterai berfungsi sebagai penyimpan energi listrik yang sangat berguna selama pemadaman listrik atau di lokasi-lokasi yang tidak memiliki akses ke listrik dari jaringan utama. Baterai juga membantu menjaga stabilitas tegangan dan memberikan daya terus-menerus selama ada beban yang membutuhkan daya, meskipun ada fluktuasi daya dari sumber lainnya.

4.1.1.3 Relay

Penggunaan modul relay dalam sistem IoT memungkinkan kontrol yang efisien dan otomatis terhadap arus dari baterai serta output inverter. Relay berfungsi sebagai saklar elektronik yang dikendalikan oleh microcontroller seperti Arduino atau ESP32. Dalam aplikasi ini, relay dihubungkan antara baterai dan inverter, sehingga microcontroller dapat mengatur kapan arus dari baterai mengalir ke inverter. Dengan memanfaatkan platform IoT, relay dapat dikendalikan dari jarak jauh melalui aplikasi smartphone atau komputer, memungkinkan pemantauan dan pengelolaan daya yang lebih baik. Selain itu, penggunaan sensor tegangan sebagai tambahan memungkinkan sistem untuk memantau tegangan dan mengambil tindakan yang diperlukan untuk mengoptimalkan efisiensi dan keamanan. Implementasi modul relay ini tidak hanya membantu dalam penghematan energi, tetapi juga meningkatkan keamanan dengan mencegah aliran tegangan yang tidak diinginkan.

4.1.1.4 Sensor Tegangan DC

Sensor tegangan DC yang dihubungkan dengan IoT dan relay merupakan sebuah sistem cerdas yang memungkinkan pemantauan dan pengendalian tegangan listrik secara real-time

melalui internet. Sensor tegangan DC berfungsi untuk mendeteksi dan mengukur tegangan listrik pada suatu rangkaian. Data yang diperoleh dari sensor ini kemudian dikirimkan ke platform IoT, yang memproses dan menyimpan informasi tersebut. Melalui platform ini, pengguna dapat memantau tegangan secara jarak jauh dan relay yang terhubung dalam sistem ini berperan sebagai saklar elektronik yang dapat dikendalikan dari jarak jauh untuk mengaktifkan atau mematikan aliran listrik berdasarkan instruksi yang diterima dari platform IoT. Dengan integrasi ini, sistem tidak hanya memberikan pemantauan yang akurat, tetapi juga memungkinkan intervensi otomatis untuk menjaga stabilitas dan keamanan sistem kelistrikan. Dengan di padukan dengan relay, maka jika sensor tegangan DC ini mencapai 10.5V maka otomatis relay akan memutus arus dari baterai agar baterai dan komponen tetap terjaga sebagai bentuk proteksi.

4.1.1.5 Buck Converter (Step Down 12V to 5V)

Untuk menyediakan sumber daya yang stabil sebesar 5V bagi mikrokontroler ESP32 dan komponen lain yang memerlukan tegangan serupa dalam sebuah inverter IoT, diperlukan proses penurunan tegangan dari 12V ke 5V. Hal ini dapat dicapai menggunakan sebuah modul step-down atau buck converter. Buck converter ini berfungsi mengubah tegangan input 12V dari sumber daya utama inverter menjadi tegangan output 5V yang dibutuhkan. Modul ini bekerja dengan efisiensi tinggi, mengurangi kehilangan daya yang biasanya terjadi pada metode penurunan tegangan lain seperti resistor atau regulator linier. Dengan menggunakan buck converter, mikrokontroler ESP32 dan komponen lainnya akan menerima pasokan listrik yang stabil dan efisien, memastikan kinerja optimal dari seluruh sistem IoT tersebut.

4.1.1.6 Mikrokontroler ESP32

Mikrokontroler ESP32 adalah mikrokontroler SoC (System on Chip) yang memiliki WiFi 802.11 b/g/n, Bluetooth versi 4.2, dan berbagai peripheral lainnya. Chip ESP32 merupakan solusi lengkap dengan prosesor, penyimpanan, dan akses ke GPIO (General Purpose Input Output). ESP32 dapat digunakan sebagai pengganti Arduino, dengan kemampuan untuk terhubung ke WiFi secara langsung. [19]

Pada proyek inverter IoT Anda, mikrokontroler ESP32 dapat digunakan untuk menghubungkan sistem ke internet, memungkinkan kontrol dan pemantauan melalui platform

Blynk. Dengan kemampuan WiFi dan berbagai fitur yang dimilikinya, ESP32 akan mempermudah pengelolaan dan monitoring perangkat inverter dari jarak jauh melalui aplikasi Blynk.

4.1.1.7 PZEM-400T

PZEM-004T adalah modul elektronik yang dirancang untuk mengukur tegangan, arus, daya, frekuensi, energi, dan faktor daya. Dengan berbagai fungsi tersebut, modul PZEM-004T sangat ideal untuk digunakan dalam proyek atau eksperimen alat pengukur daya pada jaringan listrik seperti rumah atau gedung. Modul ini diproduksi oleh perusahaan bernama Peacefair dan tersedia dalam model 10 ampere dan 100 ampere. Modul ini dapat mengukur tegangan, arus, dan daya aktif serta dapat dihubungkan melalui nodemcu atau platform open source lainnya. Dimensi fisik dari papan PZEM-004T adalah 3,1 x 7,4 cm. Modul ini dilengkapi dengan kumparan trafo arus berdiameter 3 mm yang dapat digunakan untuk mengukur arus maksimal sebesar 100A. Untuk beroperasi, modul sensor PZEM-004T dihubungkan dengan sumber tegangan AC sehingga nilai daya dan energi listrik dapat diketahui oleh modul ini. Sesuai dengan datasheet, modul sensor PZEM-004T beroperasi pada tegangan 80-260VAC, daya 100A/22.000W, dan frekuensi 45~65Hz. Pada PZEM-400T ini dihubungkan dengan mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan serial 2 dengan GPIO PIN RX dan TX pada mikrokontroler ESP32[20]

4.1.1.8 DHT11

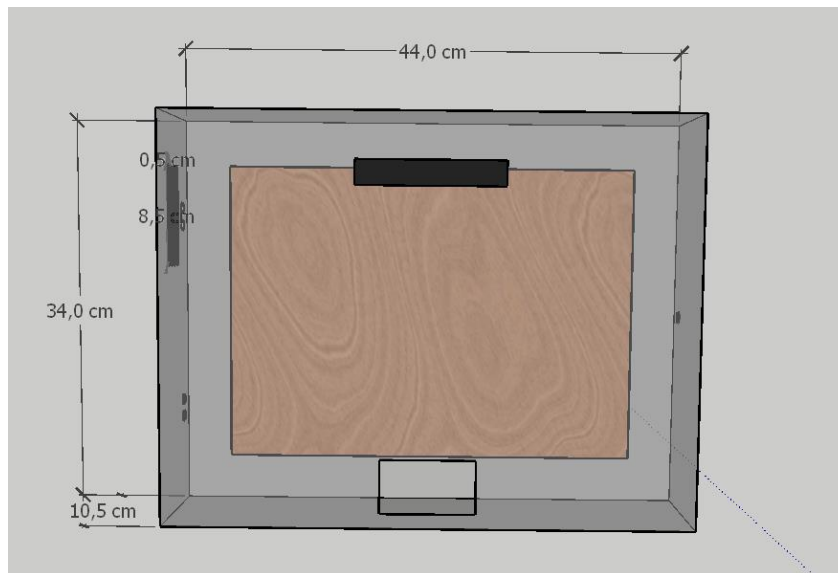
Modul ini dilengkapi dengan sensor gabungan kelembaban dan suhu DHT11 yang memberikan output sinyal digital yang terkalibrasi. DHT11 memberikan nilai kelembaban dan suhu yang sangat akurat serta memastikan keandalan tinggi dan stabilitas jangka panjang. Sensor ini memiliki komponen pengukur kelembaban tipe resistif dan komponen pengukur suhu tipe NTC, serta dilengkapi dengan mikrokontroler 8-bit yang memiliki respons cepat, biaya efektif, dan tersedia dalam paket tunggal dengan 4 pin berbaris. [21]

Dalam penerapan IoT, DHT11 dapat digunakan untuk mengukur suhu di dalam casing tertutup dari inverter Anda. Data suhu yang dikumpulkan oleh sensor DHT11 kemudian dapat dikirimkan melalui platform Blynk untuk pemantauan secara real-time. Hal ini memungkinkan Anda untuk memastikan bahwa suhu di dalam casing tetap dalam batas yang aman untuk operasi

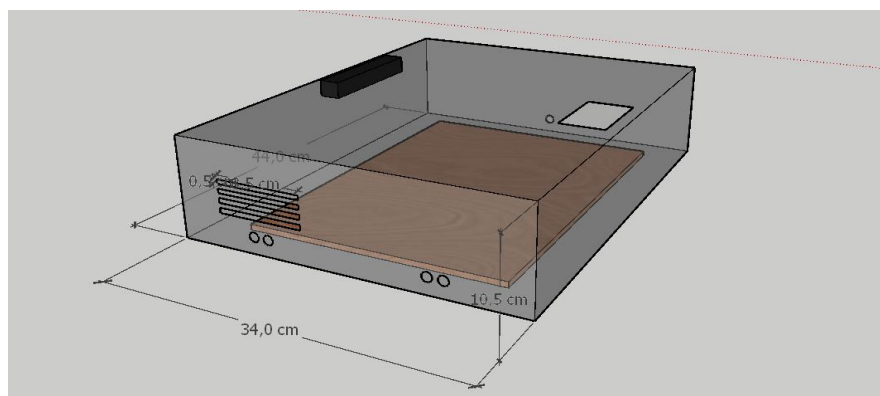
inverter. Pada DHT11 yang digunakan dikombinasikan dengan relay yang dimana saat suhu mencapai 38 derajat maka relay akan memutuskan arus dari baterai.

4.1.2 Gambar Desain 3D

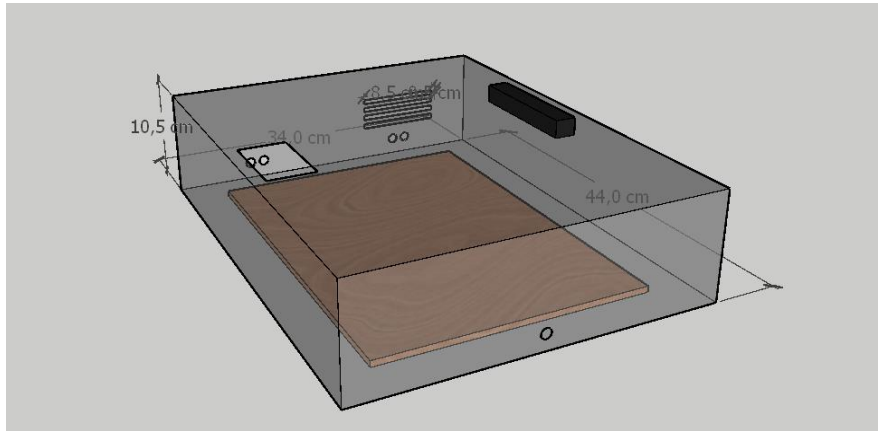
Untuk proyek inverter IoT saya, saya menggunakan casing akrilik yang elegan dan fungsional. Casing ini memberikan perlindungan yang optimal sekaligus memungkinkan tampilan yang rapi dan modern. Pada bagian atas casing, terdapat lubang yang dirancang khusus untuk menampilkan LCD, sehingga memudahkan pemantauan data dan status inverter secara real-time. Desain ini tidak hanya meningkatkan estetika keseluruhan perangkat tetapi juga memastikan bahwa komponen elektronik di dalamnya terlindungi dari debu dan kerusakan fisik. Dari desain 3D yang sudah dibuat dapat dilihat pada Gambar 4.2, Gambar 4.3 dan Gambar 4.4



Gambar 4.2 Design 3D Tampak Atas



Gambar 4.3 Design 3D Tampak Samping Belakang



Gambar 4.4 Design 3D Tampak Samping Belakang

Casing ini dilengkapi dengan garis-garis lubang memanjang yang sejajar dengan kipas inverter, berfungsi sebagai sirkulasi udara yang optimal untuk menjaga suhu komponen tetap stabil. Di bawah area sirkulasi, terdapat lubang untuk input daya ke baterai, memastikan pengisian daya yang efisien dan aman. Pada sisi kanan casing, terdapat lubang yang dirancang untuk sensor tegangan DC, memungkinkan pemantauan tegangan yang akurat dan real-time.

4.1.3 Software atau Interface

Perangkat lunak yang *SMALLER* gunakan untuk inverter IoT berbasis platform *Blynk* memungkinkan monitoring dan kontrol yang efektif dari input dan output inverter. Dengan modul *PZEM-004T* untuk pengukuran, data yang dihasilkan dikirimkan melalui *Blynk*, memungkinkan pemantauan real-time dan pengendalian jarak jauh. Platform *Blynk* menyediakan antarmuka pengguna yang intuitif, memungkinkan visualisasi data dengan grafis yang mudah dibaca serta pengaturan parameter sistem secara dinamis melalui aplikasi mobile atau web. Ini memberikan solusi yang komprehensif dan praktis untuk manajemen energi yang efisien. Tampilan untuk interface pada platform *Blynk* tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6



Gambar 4.5 *Interface Blynk Input Inverter*

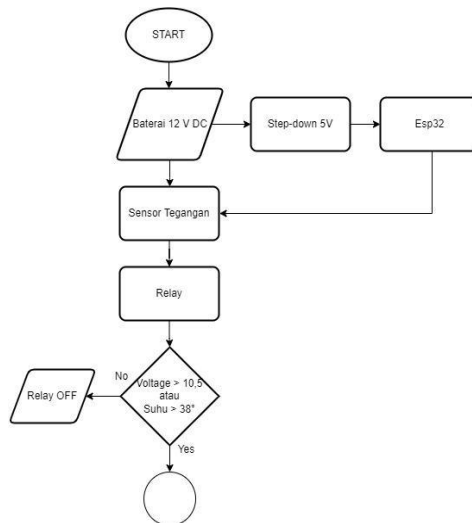


Gambar 4.6 *Interface Blynk Output Inverter*

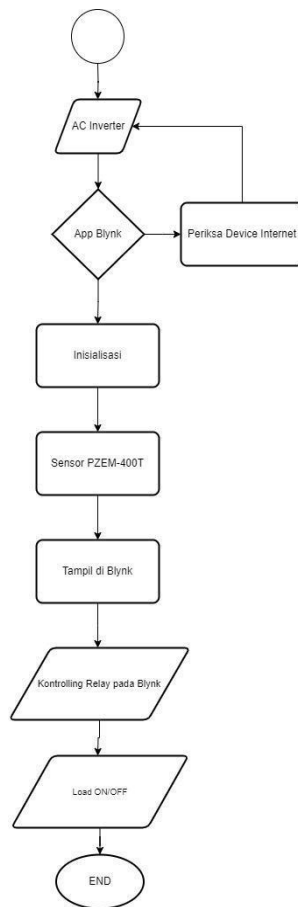
Perangkat lunak pada inverter *IoT* yang saya kembangkan menggunakan platform *Blynk* memiliki dua bagian utama, yaitu input dan output yang dapat dimonitoring dan dikendalikan secara *real-time*. Pada bagian input, terdapat kontrol relay yang mengatur arus dari baterai untuk menghidupkan dan mematikan sistem. Selain itu, terdapat sensor tegangan yang memungkinkan monitoring tegangan baterai. Jika tegangan turun hingga 10,5V, relay secara otomatis akan memutus arus untuk melindungi sistem. Juga, terdapat sensor DHT11 yang memonitor suhu lingkungan. Jika suhu mencapai 38 derajat Celsius, relay akan mematikan arus dari baterai ke inverter untuk mencegah overheating dan kerusakan pada perangkat. Dengan integrasi *Blynk*, semua parameter ini dapat dipantau dan dikendalikan dengan mudah melalui aplikasi mobile atau web. Desain interface pada bagian input dapat dilihat gambar 4.5

Pada bagian output dari perangkat lunak inverter *IoT* ini, arus AC yang dihasilkan dapat dikontrol dan dimonitoring melalui platform *Blynk*. Bagian output ini dilengkapi dengan relay yang berfungsi untuk mengendalikan beban yang terhubung. Monitoring dilakukan dengan menggunakan sensor *PZEM-004T*, yang menyediakan data lengkap tentang tegangan, arus, daya (watt), faktor daya (pf), frekuensi, dan energi yang digunakan (*watt hour*). Semua parameter ini dapat diakses dan diatur melalui antarmuka *Blynk*, memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengendalikan keluaran inverter dengan mudah dan efisien, memastikan operasi yang optimal dan aman. Desain interface pada bagian input dapat dilihat gambar 4.6

4.1.4 Flowchart



Gambar 4.7 *Flowchart Input Inverter*



Gambar 4.8 *Flowchart Output Inverter*

Pada bagian *input* sistem Inverter IoT ini, proses dimulai dengan sumber daya dari baterai 12V yang diturunkan tegangannya menjadi 5V melalui step down converter. Tegangan 5V ini digunakan untuk menyediakan daya kepada mikrokontroler ESP32 serta sensor tegangan dan relay. Mikrokontroler ESP32 berfungsi untuk mengontrol operasi sistem secara keseluruhan. Selain itu, terdapat mekanisme pengkondisian di mana jika tegangan baterai turun hingga 10,5V atau suhu mencapai 38 derajat Celcius, relay secara otomatis akan dimatikan. Namun, jika kondisi ini tidak terpenuhi, relay akan terus mengalirkan arus ke inverter. Alur dari flowchart pada bagian *input* dapat dilihat dari Gambar 4.7

Pada bagian *output* dari sistem Inverter IoT ini, proses dimulai dengan keluaran AC dari inverter yang digunakan untuk menghidupkan wattmeter. Ketika mikrokontroler ESP32 menyala, ia akan otomatis terhubung dengan platform Blynk, namun terlebih dahulu harus mendapatkan jaringan internet. Jika koneksi internet berhasil, maka akan dilakukan inisialisasi sensor PZEM dan Blynk. Sensor PZEM digunakan untuk membaca parameter-parameter listrik seperti tegangan, arus, daya (watt), faktor daya (pf), dan frekuensi. Data yang diperoleh dari sensor PZEM akan ditampilkan melalui Blynk, yang memungkinkan pemantauan parameter-parameter tersebut secara real-time. Selain itu, melalui Blynk, pengguna juga dapat mengontrol relay output untuk mengendalikan beban yang terhubung dengan inverter. Alur dari flowchart pada bagian *output* dapat dilihat dari Gambar 4.8

4.1.5 Foto Hasil Akhir Perancangan

Inverter IoT kami dilengkapi dengan casing akrilik berwarna hitam solid yang memberikan tampilan elegan dan kokoh. Pada bagian atas casing terdapat power meter yang berfungsi sebagai monitor tegangan, arus, watt, dan faktor daya (PF) pada keluaran inverter. Power meter ini dirancang untuk memudahkan pengguna dalam memantau dan melihat nilai-nilai beban yang digunakan secara real-time. Pengguna dapat dengan mudah memastikan bahwa beban yang digunakan sesuai dengan kapasitas inverter dan melakukan penyesuaian jika diperlukan untuk menjaga efisiensi dan keamanan sistem. Bentuk dan gambar dapat dilihat pada Gambar 4.9 dan Gambar 4.10



Gambar 4.9 Hasil Tampak Samping



Gambar 4.10 Hasil Tampak Atas

4.2 Metode Pengukuran Kinerja Hasil Perancangan

SMALLER merupakan alat yang telah dirancang untuk mengintegrasikan fitur *IoT* ke inverter yang bekerja dalam mengkonversi daya *DC-to-AC*. Oleh karena itu, pengukuran kinerja dari beberapa parameter yang digunakan pada *SMALLER* membutuhkan pengujian sebagai indikator keberhasilan dari spesifikasi yang sudah ditentukan untuk *SMALLER*. Parameter yang akan diukur pada *SMALLER* terbagi menjadi dua yaitu pengukuran akurasi fitur *IoT SMALLER* dan pengukuran efisiensi *SMALLER*.

4.2.1 Pengukuran Akurasi Fitur *IoT SMALLER*

Parameter pertama akan berfokus pada hasil pengukuran akurasi dari sensor tegangan dan sensor arus yang digunakan pada *SMALLER*, Cara pengukurannya yaitu dengan melihat hasil pembacaan dari sensor tegangan dan sensor arus yang dikirimkan ke platform *Blynk* lalu membandingkannya dengan hasil pengukuran dari alat ukur yang diakui secara internasional yaitu multimeter dan *clamp meter*. Untuk mengetahui nilai akurasi yang tepat, maka memerlukan rumus perhitungan yang sesuai untuk perhitungan akurasi seperti yang terlihat pada persamaan (4.1) (4.2) dan (4.3) berikut:

$$\text{Kesalahan Relatif}(\%) = \frac{\text{Nilai Terukur Sensor} - \text{Nilai Terukur Multimeter}}{\text{Nilai Terukur Multimeter}} \times 100\% \quad (4.1)$$

Setelah mendapatkan nilai kesalahan relatif, maka bisa mencari nilai rata-rata kesalahan relatif menggunakan persamaan (4.2) berikut:

$$\text{Rata-rata Kesalahan Relatif} (\%) = \frac{\sum \text{Kesalahan Relatif}}{\text{banyak data } (n)} \quad (4.2)$$

Kemudian, untuk mencari nilai akurasi maka digunakan persamaan (4.3) berikut:

$$\text{Akurasi} (\%) = 100\% - \text{Rata-rata Kesalahan Relatif}(\%) \quad (4.3)$$

4.2.2 Pengukuran Efisiensi yang dihasilkan *SMALLER*

Parameter kedua yang akan diukur pada *SMALLER* adalah hasil pengukuran efisiensi yang dihasilkan oleh *SMALLER*. Efektivitas dan efisiensi pada inverter didapat dari nilai daya keluaran dibagi nilai daya masukan. Perhitungan besarnya daya masukan dan daya keluaran perlu diperhatikan kembali persamaan (4.4) dan persamaan (4.5) sebagai berikut[22]:

$$P_{out} = V \times I \times \cos \varphi \quad (4.4)$$

P = daya listrik (watt)

V = tegangan (volt)

I= arus (ampere)

$\cos \varphi$ = Faktor Daya

Setelah mendapatkan daya keluaran, untuk mencari nilai dari efisiensi inverter maka digunakan persamaan (4.5) berikut:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (4.3)$$

η = efisiensi inverter

P_{in} = daya masuk pada inverter

P_{out} = daya keluaran inverter

BAB 5. HASIL PENGUKURAN DAN ANALISIS

5.1. Analisis Hasil

5.1.1 Hasil dan Analisis Pengujian Indikator

5.1.1.1 Pengukuran Akurasi Fitur IoT SMALLER

Pengukuran pertama dilakukan untuk menguji akurasi fitur *IoT* yang terhubung pada platform *Blynk*. Dalam pengujian ini digunakan dua jenis sensor, sensor tegangan DC yang dipasang pada *input* dari perangkat *SMALLER* dan sensor *PZEM-004T* yang dipasang pada *output* dari perangkat *SMALLER*. Sensor tegangan DC bertugas mengukur tegangan pada *input*, sementara sensor *PZEM-004T* mengukur berbagai parameter listrik pada *output* seperti tegangan, arus, daya, dan energi yang digunakan. Hasil pengukuran dari kedua sensor ini kemudian dikirim dan dipantau melalui platform *Blynk*. Pengukuran akurasi fitur *IoT* yang dilakukan menggunakan rumus perhitungan akurasi yang terdapat pada persamaan (4.1) (4.4) dan (4.3) . Hasil pembacaan sensor pada *interface Blynk* akan dibandingkan dengan alat ukur standar yang diakui secara internasional sebagai indikator keberhasilan akurasi dari fitur *IoT* pada *SMALLER*, alat yang digunakan berupa multimeter untuk mengukur tegangan dan *clamp meter* untuk mengukur arus. Hasil pengukuran akurasi fitur *IoT* yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 5.1, Tabel 5.2, dan Tabel 5.3.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Akurasi Sensor Tegangan DC

Beban (W)	Pengukuran	VDC (Sensor) (V)	Multimeter (V)	Error (%)	Rata-Rata Error (%)	Akurasi (%)
30	1	12,52	12,75	1,803922	1,726278	98,27372
	2	12,53	12,74	1,648352		
	3	12,52	12,75	1,803922		
	4	12,53	12,74	1,648352		
	5	12,52	12,74	1,726845		
Beban (W)	Pengukuran	VDC (Sensor) (V)	Multimeter (V)	Error (%)	Rata-Rata Error (%)	Akurasi (%)
	1	12,43	12,65	1,73913		

60	2	12,44	12,65	1,660079	1,676415	98,32359
	3	12,43	12,64	1,661392		
	4	12,43	12,64	1,661392		
	5	12,44	12,65	1,660079		
Beban (W)	Pengukuran	VDC (Sensor) (V)	Multimeter (V)	Error (%)	Rata-Rata Error (%)	Akurasi (%)
120	1	12,12	12,32	1,623377	1,623891	98,37611
	2	12,11	12,31	1,624695		
	3	12,11	12,32	1,704545		
	4	12,12	12,32	1,623377		
	5	12,12	12,31	1,543461		

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Akurasi Sensor PZEM-400T Pada Tegangan AC

Beban (W)	Pengukuran	VAC (Sensor) (V)	Multimeter (V)	Error (%)	Rata-Rata Error (%)	Akurasi (%)
30	1	219,6	221	0,633484	0,642534	99,35747
	2	219,6	221	0,633484		
	3	219,5	221	0,678733		
	4	219,6	221	0,633484		
	5	219,6	221	0,633484		
Beban (W)	Pengukuran	VAC (Sensor) (V)	Multimeter (V)	Error (%)	Rata-Rata Error (%)	Akurasi (%)
60	1	220,4	221	0,271493	0,325792	99,67421
	2	220,1	221	0,40724		
	3	220,3	221	0,316742		
	4	220,3	221	0,316742		

	5	220,3	221	0,316742		
Beban (W)	Pengukuran	VAC (Sensor) (V)	Multimeter (V)	Error (%)	Rata-Rata Error (%)	Akurasi (%)
120	1	219,6	220	0,181818	0,227273	99,77273
	2	219,5	220	0,227273		
	3	219,4	220	0,272727		
	4	219,5	220	0,227273		
	5	219,5	220	0,227273		

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Akurasi Sensor PZEM-400T Pada Arus AC

Beban (W)	Pengukuran	IAC(Sensor) (V)	Multimeter (V)	Error (%)	Rata-Rata Error (%)	Akurasi (%)
30	1	0,14	0,15	6,666667	2,666667	97,33333
	2	0,14	0,14	0		
	3	0,14	0,14	0		
	4	0,14	0,15	6,666667		
	5	0,14	0,14	0		
Beban (W)	Pengukuran	IAC (Sensor) (V)	Multimeter (V)	Error (%)	Rata-Rata Error (%)	Akurasi (%)
60	1	0,27	0,27	0	2,142857	97,85714
	2	0,28	0,28	0		
	3	0,27	0,28	3,571429		
	4	0,27	0,28	3,571429		
	5	0,27	0,28	3,571429		

Beban (W)	Pengukuran	IAC (Sensor) (V)	Multimeter (V)	Error (%)	Rata-Rata Error (%)	Akurasi (%)
120	1	0,54	0,55	1,818182	1,441558	98,55844
	2	0,55	0,56	1,785714		
	3	0,55	0,56	1,785714		
	4	0,55	0,55	0		
	5	0,54	0,55	1,818182		

Berdasarkan hasil pengukuran akurasi yang ditunjukkan pada Tabel 5.1, Tabel 5.2 dan Tabel 5.3, diperoleh bahwa sensor menunjukkan performa yang baik dalam mengukur tegangan dan arus dengan akurasi yang tinggi. Pada tabel VDC, untuk beban 30 W, 60 W, dan 120 W, error rata-rata berturut-turut adalah 1.72648%, 1.67641%, dan 1.62389% dengan akurasi masing-masing 98.273%, 98.3236%, dan 98.3761%. Hal ini menunjukkan bahwa sensor memiliki kemampuan yang sangat baik dalam mengukur tegangan DC dengan rata-rata akurasi sekitar 98.3%. Sementara itu, pada tabel VAC, sensor menunjukkan akurasi yang lebih tinggi lagi. Untuk beban 30 W, 60 W, dan 120 W, error rata-rata adalah 0.64259%, 0.32579%, dan 0.22727% dengan akurasi masing-masing 99.3575%, 99.6742%, dan 99.7727%. Dengan rata-rata akurasi sekitar 99.6%, sensor ini sangat andal dalam mengukur tegangan AC. Pada tabel IAC, yang membandingkan sensor dengan *clamp meter*, diperoleh error rata-rata sebesar 2.66667%, 2.14286%, dan 1.44156% untuk beban 30 W, 60 W, dan 120 W dengan akurasi masing-masing 97.3333%, 97.8571%, dan 98.5584%. Meskipun akurasi pengukuran arus sedikit lebih rendah dibandingkan pengukuran tegangan, sensor tetap menunjukkan performa yang baik dengan rata-rata akurasi sekitar 97.9%. Secara keseluruhan, sensor yang digunakan dalam pengukuran ini dapat diandalkan untuk mengukur tegangan dan arus dengan akurasi yang tinggi pada *SMALLER*.

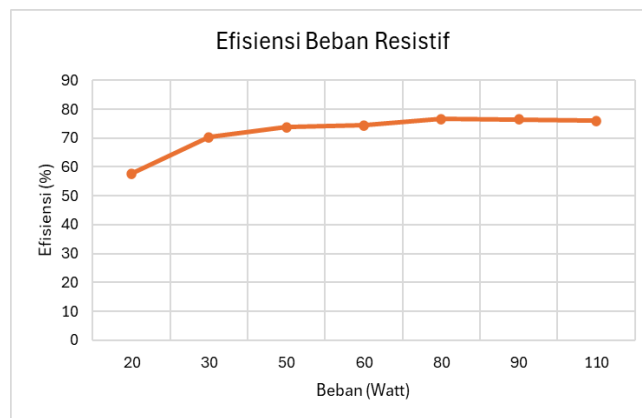
5.1.1.2 Pengukuran Efisiensi SMALLER

Pengukuran kinerja efisiensi inverter dalam mengkonversi *input* daya DC menjadi *output* daya AC dilakukan dengan memberikan pembebanan terhadap *output* dari inverter dengan dua jenis beban yang berbeda yaitu beban resistif dan induktif. Terdapat satu jenis beban lainnya yaitu beban kapasitif yang tidak dapat kami masukkan dalam pengujian pengukuran efisiensi ini karena

adanya keterbatasan jenis beban yang kami miliki. Pengukuran efisiensi *SMALLER* dilakukan dengan memvariasikan daya beban dan jenis beban yang digunakan. Variasi beban yang digunakan dalam pengujian ini berkisar pada 20-160 Watt, peralatan yang digunakan sebagai beban yaitu pada beban resistif berupa lampu bohlam 20W, Solder 30W, Bohlam 60W, dan Bohlam 90W, sedangkan pada beban induktif berupa kipas kecil 24W, 2 Kipas Besar 35W, dan *Air Purifier* 35W. Terdapat pengukuran efisiensi menggunakan beban resistif, beban induktif, dan gabungan kedua jenis beban yang hasil pengukuran efisiensi dari masing-masing penggunaan bebannya dapat dilihat pada Tabel 5.4, Tabel 5.5, dan Tabel 5.6. Kemudian, grafik hasil pengukuran efisiensi dari masing-masing penggunaan bebannya dapat dilihat pada Gambar 5.1, 5.2, dan 5.3.

Tabel 5.4 Hasil Pengukuran Efisiensi Beban Resistif

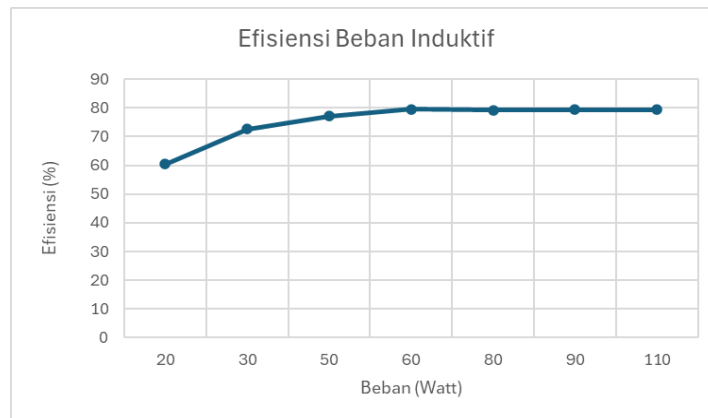
Beban (W)	Vout (V)	Iout (I)	Pf	Pout (W)	Vin (V)	Iin (I)	Pin (W)	Efisiensi (%)
20	218,9	0,09	1	19,701	12,59	2,71	34,1189	57,74219
30	219,6	0,15	1	32,94	12,59	3,72	46,8348	70,33232
50	220,4	0,24	1	52,896	12,59	5,7	71,763	73,70929
60	220,2	0,28	1	61,656	12,59	6,58	82,8422	74,42584
80	219,7	0,37	1	81,289	12,36	8,58	106,0488	76,65245
90	219,5	0,42	1	92,19	12,35	9,77	120,6595	76,40509
110	219,3	0,51	1	111,843	12,27	12	147,24	75,95966



Gambar 5.1 Efisiensi Beban Resistif

Tabel 5.5 Hasil Pengukuran Efisiensi Beban Induktif

Beban (W)	Vout (V)	Iout (I)	Pf	Pout (W)	Vin (V)	Iin (I)	Pin (W)	Efisiensi (%)
20	218,3	0,14	0,61	18,64282	12,59	2,45	30,8455	60,43935
30	219,4	0,15	1	32,91	12,46	3,64	45,3544	72,56187
50	220,4	0,28	0,89	54,92368	12,45	5,72	71,214	77,12484
60	220,1	0,33	0,85	61,73805	12,43	6,25	77,6875	79,46973
80	219,8	0,4	0,94	82,6448	12,31	8,47	104,2657	79,26365
90	219,6	0,44	0,92	88,89408	12,28	9,13	112,1164	79,28731
110	218,8	0,58	0,86	109,1374	12,26	11,22	137,5572	79,33968



Gambar 5.2 Efisiensi Beban Induktif

Berdasarkan teori umum, efisiensi cenderung lebih tinggi pada beban yang mendekati kapasitas penuh inverter karena kerugian konversi relatif lebih kecil dibandingkan dengan daya yang ditangani. Beban resistif cenderung menunjukkan efisiensi yang lebih tinggi karena daya yang diubah sepenuhnya menjadi panas, tanpa kehilangan pada reaktansi seperti yang biasanya terjadi pada beban induktif. Pada Tabel 5.4, dan Tabel 5.5, pada penggunaan beban resistif, efisiensi mencapai puncaknya pada beban 80W dan 90W, sekitar 76.6%. Sedangkan pada Tabel 5.5 beban induktif, efisiensi juga mencapai puncaknya sebesar 79.3% pada beban 60W hingga 110W. Ini sesuai dengan teori bahwa efisiensi meningkat dengan peningkatan beban. Tetapi, pada penggunaan beban resistif masih belum sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa beban resistif memiliki efisiensi lebih tinggi daripada beban induktif, hal tersebut mungkin terjadi karena

beberapa penyebab seperti karakteristik dari inverter *pure sine wave* yang didesain untuk menghasilkan gelombang sinusoidal murni, ideal untuk beban induktif seperti motor dan kipas angin. Desain dan topologi switching inverter ini mungkin lebih efektif dalam mengelola arus induktif, mengurangi kehilangan daya yang biasanya terjadi pada inverter jenis lain. Selain itu, beban induktif dan resistif memiliki karakteristik yang berbeda, beban resistif hanya menggunakan daya aktif, sedangkan beban induktif juga menggunakan daya reaktif. Jika inverter *pure sine wave* mampu mengelola faktor daya (*power factor*) dengan sangat baik, ini bisa menyebabkan efisiensi terlihat lebih tinggi pada beban induktif. Kondisi lingkungan dan kalibrasi peralatan pengujian juga mempengaruhi hasil efisiensi.

Faktor daya (Pf) adalah rasio daya nyata (P) dengan daya semu (S). Beban resistif memiliki faktor daya 1 karena tidak ada daya reaktif, sementara beban induktif memiliki faktor daya kurang dari 1 karena adanya komponen daya reaktif. Dalam Tabel 5.4, dan Tabel 5.5, beban resistif menunjukkan faktor daya (Pf) 1, sesuai dengan teori. Beban induktif menunjukkan faktor daya bervariasi dari 0.61 hingga 1, yang juga sesuai dengan teori.

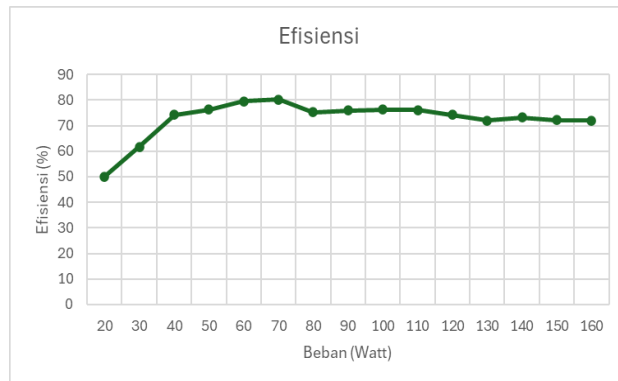
Tabel 5.6 Hasil Pengukuran Efisiensi Gabungan Beban Resistif dan Beban Induktif

Beban (W)	Vout (V)	Iout (I)	Pf	Pout (W)	Vin (V)	Iin (I)	Pin (W)	Efisiensi (%)
20	219,4	0,09	0,99	19,54854	12,58	3,1	38,998	50,12703
30	219,5	0,14	0,99	30,4227	12,5	3,94	49,25	61,77198
40	219,3	0,21	0,85	39,14505	12,51	4,22	52,7922	74,14931
50	220,5	0,24	1	52,92	12,54	5,54	69,4716	76,17501
60	220,2	0,33	0,85	61,7661	12,52	6,21	77,7492	79,44275
70	219,7	0,34	0,99	73,95102	12,55	7,35	92,2425	80,17023
80	220,1	0,37	1	81,437	12,57	8,62	108,3534	75,15869
90	219,5	0,41	1	89,995	12,55	9,44	118,472	75,9631

Beban (W)	Vout (V)	Iout (I)	Pf	Pout (W)	Vin (V)	Iin (I)	Pin (W)	Efisiensi (%)
100	219,2	0,46	1	100,832	12,48	10,59	132,1632	76,29355
110	218,8	0,54	0,94	111,0629	12,5	11,67	145,875	76,13565
120	219,3	0,55	1	120,615	12,51	12,99	162,5049	74,22238
130	218,9	0,6	0,97	127,3998	12,55	14,11	177,0805	71,94457
140	218,2	0,67	0,97	141,8082	12,49	15,5	193,595	73,24992
150	217,5	0,7	0,98	149,205	12,48	16,56	206,6688	72,19522
160	217,1	0,76	0,98	161,6961	12,47	18,01	224,5847	71,99782

Data pada Tabel 5.6 di atas, mengukur performa inverter saat terhubung dengan gabungan beban resistif dan induktif pada berbagai tingkat daya yaitu berkisar pada 20-160W. Efisiensi inverter terlihat meningkat seiring dengan penambahan beban, dengan efisiensi awal pada beban rendah (20W) sebesar 50,13% dan mencapai puncaknya pada 80,17% ketika beban 70W. Setelah mencapai beban tersebut, efisiensi cenderung stabil di kisaran 70-80%, meskipun ada sedikit penurunan pada beban yang lebih tinggi, seperti 130W ke atas seperti yang terlihat pada grafik Gambar 5.3 di bawah. Penurunan ini kemungkinan disebabkan oleh meningkatnya kerugian internal dalam inverter. Daya input meningkat signifikan pada beban yang lebih tinggi, meningkatkan panas yang dihasilkan oleh inverter dan dapat mengurangi efisiensi. Namun, daya output yang dihasilkan oleh inverter tetap stabil dan mendekati nilai nominal, menunjukkan bahwa inverter dapat mempertahankan kinerja yang konsisten meskipun terjadi peningkatan beban. Kesimpulannya, efisiensi inverter menunjukkan pola khas dengan efisiensi yang lebih rendah pada beban rendah dan peningkatan efisiensi pada beban menengah hingga tinggi. Pada beban yang sangat tinggi, hasil pengukuran efisiensi terlihat sedikit menurun, kemungkinan besar disebabkan oleh beberapa faktor seperti suhu *SMALLER* yang panas. Selain itu, beberapa penyebab juga dapat mempengaruhi hasil pengukuran efisiensi seperti variasi dari beban resistif dan induktif yang

digunakan, keterbatasan alat pengukuran dan ketidaktepatan pengukuran. Kemudian, interferensi elektromagnetik juga dapat mempengaruhi hasil pengukuran efisiensi karena komponen tambahan yang digunakan untuk fitur *IoT*, seperti modul Wi-Fi atau antena, dapat menghasilkan interferensi elektromagnetik yang dapat mempengaruhi pembacaan sensor arus dan tegangan.



Gambar 5.3 Hasil Pengukuran Efisiensi Gabungan Beban Resistif dan Beban Induktif

Keunggulan *SMALLER* dibandingkan dengan sistem lain yang sudah ada dengan cara membandingkan penggunaan kedua jenis inverter yang sama yaitu inverter *pure sine wave* 1000-Watt dengan continuous di 500 Watt. Tabel 5.7 menampilkan hasil perbandingan dari kedua alat.

Tabel 5.7 Perbandingan performa antara sistem yang dibuat dengan sistem lain

No	Fitur/Komponen	<i>SMALLER</i>	INVERTER PURE SINE WAVE PLTS
1	Fitur <i>IoT</i>	Terintegrasi <i>IoT</i> untuk monitoring dan kendali jarak jauh	Belum Terintegrasi <i>IoT</i> untuk monitoring dan kendali jarak jauh
2	Efisiensi	Menggunakan beban yang sama sekitar 30-Watt yaitu kipas angin pada level 1, <i>SMALLER</i> menghasilkan efisiensi sebesar 72,56%	Menggunakan beban yang sama sekitar 30-Watt yaitu kipas angin pada level 1, inverter menghasilkan efisiensi sebesar 61%

5.1.2 Pemenuhan Spesifikasi Sistem

SMALLER dirancang dengan spesifikasi yang telah ditetapkan selama tahap perancangan. Spesifikasi ini ditetapkan untuk memastikan bahwa alat yang dibuat bisa menjadi solusi untuk masalah dari *monitoring* dan kendali. Dalam proses perancangannya, komponen yang digunakan dipilih sesuai dengan tujuan akhir agar spesifikasi sistem yang diinginkan dapat tercapai. Namun, selama proses perancangan berlangsung, ada perubahan pada komponen atau aplikasi yang digunakan. Perubahan ini dilakukan untuk meningkatkan efisiensi waktu perancangan dan memudahkan pengguna dalam menggunakan alat beserta fiturnya. Selain itu, perubahan ini juga dilakukan untuk memastikan spesifikasi sistem yang telah ditetapkan dapat terpenuhi. Perbandingan antara usulan dan hasil perancangan sistem yang telah dibuat dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut.

Tabel 5.8 Perbandingan usulan dan hasil perancangan sistem

No	Spesifikasi	Usulan	Realisasi
1	Kapasitas Daya Inverter	500 Watt	1000 Watt
2	Sistem yang dirancang sebagai prototyping untuk memonitoring dan mengontrol inverter daya rendah	Membuat sistem prototyping untuk memonitoring dan mengontrol inverter daya Rendah menggunakan ZMPT101B	Sistem telah dapat melakukan monitoring dan mengontrol Inverter daya rendah namun menggunakan PZEM-400T
3	Alat menggunakan mikrokontroler ESP32.	Alat yang dirancang menggunakan 1 mikrokontroler ESP32	Alat telah berhasil dirancang menggunakan 2 mikrokontroler ESP32

No	Spesifikasi	Usulan	Realisasi
4	Alat menggunakan daya yang diperoleh dari sumber baterai 12V DC	Sumber daya masukkan alat yang dirancang berasal dari baterai 12V 44Ah	Alat yang dirancang telah menggunakan sumber daya masukan berupa baterai 12V 44Ah
5	Alat yang digunakan terhubung dengan internet.	Alat terhubung dengan jaringan internet agar dapat mengintegrasikan IoT yang terhubung dengan ESP32	Alat telah terhubung dengan jaringan internet dan dapat mengintegrasikan IoT yang terhubung ESP32
6	Antarmuka pengguna yang digunakan sebuah aplikasi platform IoT Blynk di smartphone	Alat untuk monitoring dan kontroling menggunakan platform Blynk di smartphone	Alat telah dirancang menggunakan Blynk yang sudah dapat monitoring dan kontroling melalui platform Blynk.
7	Dilengkapi fungsi kontrol otomatis untuk mengoptimalkan kinerja inverter berdasarkan kondisi lingkungan dan kebutuhan energi.	Alat dilengkapi fungsi kontrol otomatis jika baterai mengalami penurunan tegangan	Alat telah dilengkapi fungsi kontrol otomatis jika baterai mengalami penurunan tegangan yang dihubungkan dengan sensor tegangan DC dan relay

No	Spesifikasi	Usulan	Realisasi
8	Penggunaan casing pada SMALLER	<i>SMALLER</i> dilengkapi casing menggunakan aluminium dengan bahan ringan dan tahan karat yang sering digunakan dalam pembuatan <i>casing</i> inverter pada umumnya	<i>SMALLER</i> telah dilengkapi casing menggunakan bahan akrilik memiliki ketahanan yang baik terhadap pemutihan dan perubahan warna seiring waktu, bahkan ketika terpapar sinar UV. Hal ini membuatnya cocok untuk penggunaan dalam berbagai lingkungan dan aplikasi luar ruangan dan bahan ini menambah estetika alat.

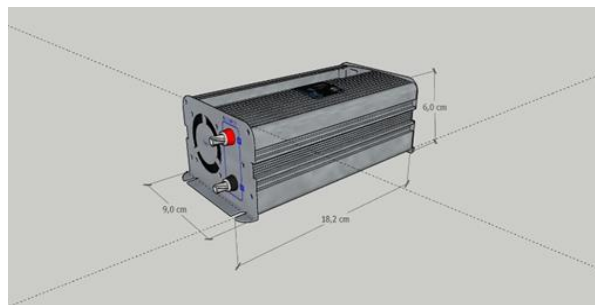
Pada spesifikasi kapasitas daya inverter, terdapat ketidaksesuaian antara usulan dan realisasi. Awalnya direncanakan menggunakan inverter dengan kapasitas 500 Watt, namun dalam realisasinya digunakan inverter dengan kapasitas 1000 Watt. Hal ini disebabkan oleh peningkatan kebutuhan daya selama pengembangan, sehingga diperlukan inverter dengan kapasitas lebih besar untuk menangani beban yang lebih tinggi. Penggunaan inverter 1000 Watt memberikan fleksibilitas lebih dalam pengujian dan aplikasi, yang beralasan untuk meningkatkan kemampuan dan keandalan sistem.

Untuk sistem *prototyping monitoring* dan kontrol inverter daya rendah, awalnya direncanakan menggunakan sensor ZMPT101B, namun realisasinya menggunakan sensor PZEM-400T. Penggantian sensor ini disebabkan oleh performa yang lebih baik atau kemudahan integrasi

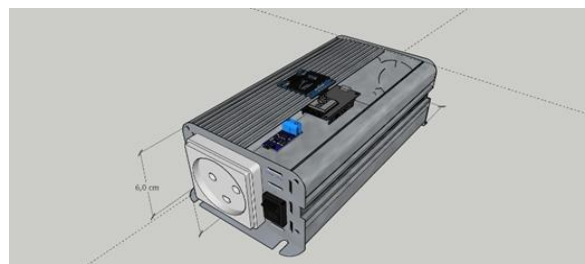
PZEM-400T dalam sistem yang dirancang. Sensor PZEM-400T menyediakan data metering yang lebih akurat, sehingga dapat meningkatkan kualitas *monitoring* dan kontrol dalam *prototyping* yang lebih baik.

Pada spesifikasi penggunaan mikrokontroler ESP32, usulan awal adalah menggunakan satu mikrokontroler ESP32, namun dalam realisasinya digunakan dua mikrokontroler ESP32. Penggunaan dua mikrokontroler ini diperlukan untuk memisahkan fungsi *monitoring* dan kontrol agar sistem lebih stabil dan responsif. Dua mikrokontroler dapat menangani lebih banyak tugas secara paralel, yang meningkatkan kinerja keseluruhan sistem, sehingga rasional untuk memastikan keandalan dan efisiensi dalam implementasi proyek.

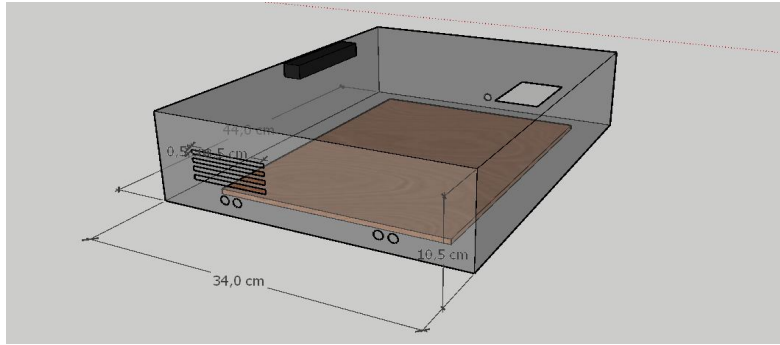
Selain itu, terdapat perubahan pada bahan casing yang digunakan. Usulan awal adalah menggunakan aluminium karena bahan ini ringan, tahan karat, dan umum digunakan dalam pembuatan casing inverter. Namun, realisasinya menggunakan bahan akrilik. Bahan akrilik dipilih karena memiliki ketahanan yang baik terhadap pemutihan dan perubahan warna akibat paparan sinar UV, cocok untuk berbagai lingkungan dan aplikasi luar ruangan. Penggunaan bahan akrilik juga menambah estetika alat, memberikan nilai tambah dari segi penampilan dan daya tahan. Casing yang digunakan pada *SMALLER* sebelum terjadi perubahan dapat dilihat pada Gambar 5.4, Gambar 5.5 dan sesudah terjadi perubahan dapat dilihat pada Gambar 5.6 dan Gambar 5.7.



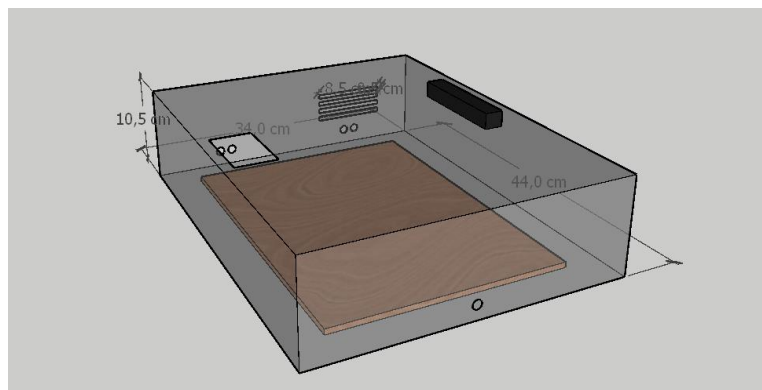
Gambar 5.4. *Casing SMALLER* Sebelum Perubahan



Gambar 5.5. *Casing SMALLER* Sebelum Perubahan



Gambar 5.6 Casing *SMALLER* Sesudah Perubahan



Gambar 5.7 Casing *SMALLER* Sesudah Perubahan

5.1.3 Pengalaman Pengguna

Tabel 5.9 menunjukkan pengalaman pengguna terhadap perangkat inverter *IoT*. Pada poin pertama fungsi *SMALLER* sebagai sistem *monitoring* dan kontrol alat inverter dalam mengonversi daya DC-to-AC dinilai sudah memadai, sehingga dipertahankan tanpa perubahan. Pada poin kedua, kemudahan dalam mengoperasikan platform Blynk untuk pengguna juga dinilai sudah baik dan tetap dipertahankan. Pada poin ketiga, keamanan data sudah cukup baik karena terdapat sistem proteksi. Sistem ini otomatis memutus arus dari baterai ketika tegangan baterai menurun atau suhu meningkat pada nilai tertentu. Karena sudah cukup memadai, fitur ini juga dipertahankan. Pada poin keempat, interface dari perangkat dinilai mudah dimengerti oleh pengguna karena penggunaan ikon-ikon yang jelas, sehingga tidak memerlukan perubahan. Terakhir, pada poin kelima, fleksibilitas perangkat yang dapat menyesuaikan kebutuhan pengguna baik dalam kondisi sistem online maupun offline juga dipertahankan karena sudah memadai.

Tabel 5.9 Pengalaman Pengguna

No	Fitur/Komponen	Capaian	Aksi/Perbaikan
1	Fungsi	Fungsi sebagai sistem monitoring dan kontroling alat inverter dalam mengonversi daya DC-to-AC	Dipertahankan
2	Kemudahan	Kemudahan dalam mengoperasikan platform <i>Blynk</i> untuk pengguna	Dipertahankan
3	Keamanan	Keamanan data sudah cukup baik karena terdapat sistem proteksi dimana ketika tegangan baterai menurun atau suhu meningkat pada nilai tertentu maka sistem akan otomatis memutus arus dari baterai	Dipertahankan
4	Interface	Interface dapat mudah dimengerti karena icon-icon fiturnya terdapat penamaan masing-masing	Dipertahankan
5	Fleksibilitas	Alat dapat menyesuaikan kebutuhan pengguna ketika sistem <i>online</i> maupun <i>offline</i>	Dipertahankan

5.1.4 Kesesuaian Perencanaan dalam Manajemen Tim dan Realisasinya.

Dalam memastikan kelancaran dan efisiensi proyek, maka penting untuk menyusun rencana waktu yang realistis dan fleksibel. Dalam situasi ini, telah terjadi perubahan dalam jadwal pelaksanaan. Perubahan ini didorong oleh beberapa faktor, termasuk penyesuaian sumber daya, kondisi cuaca yang tidak terduga, dan kebutuhan untuk memastikan kualitas hasil kerja. Oleh karena itu terdapat perubahan saat realisasi pelaksanaan yang tertera pada Tabel 5.10. Dan juga komponen yang menjadi usulan sebelumnya terdapat sedikit perubahan karena beberapa faktor seperti kurangnya fungsi fitur dan lain sebagainya yang dapat dilihat tabel 5.11.

Tabel 5.10 Kesesuaian antara usulan dan realisasi *timeline* pengerjaan Tugas Akhir 2

No	Kegiatan	Usulan waktu	Realisasi Pelaksanaan
1	Pembelian alat dan bahan	Desember-Januari	Februari-Maret
2	Perancangan sistem dengan usulan	Januari-April	Maret-Juni
3	Testing dan Validasi	April-Mei	Juni
4	Expo dan pengumpulan laporan akhir	Juni	Juli

Tabel 5.11 Kesesuaian RAB Tugas Akhir antara usulan dan realisasi

No	Jenis Pengeluaran	Usulan Biaya		Realisasi Biaya	
		Kuantitas	Total Harga	Kuantitas	Total Harga
1	Inverter PSW Taffware DC 12V to AC 220v 1000 Watt	1 Pcs	Rp 471.800	1 Pcs	Rp 471.800
2	Charger aki 12 V	1 Pcs	Rp. 150.000	1 Pcs	Rp. 150.000
3	Biaya jasa 3D printing	1 Pcs	Rp 200.000	1 Pcs	Rp 250.000
4	Modul sensor ACS712	1 Pcs	Rp. 17.500	-	-

No	Jenis Pengeluaran	Usulan Biaya		Realisasi Biaya	
		Kuantitas	Total Harga	Kuantitas	Total Harga
5	ESP32 DEVKIT 1	2 Pcs	Rp. 150.000	1 Pcs	Rp. 150.000
6	Modul sensor ZMPT101B	1 Pcs	Rp. 30.000	-	-
7	Relay 5 V 1 channel	1 Pcs	Rp. 6.000	1 Pcs	Rp. 8.000
8	Baterai pack 12 V 44Ah Life Po 4	1 Pcs	Rp. 850.000	1 Pcs	Rp. 850.000
9	LM2596 (Step Down 12V to 5V)	1 Pcs	Rp. 21.000	-	-
10	EGS002	1 Pcs	Rp. 100.000	-	-
11	LCD OLED 1,3" inch	1 Pcs	Rp. 32.000	-	-
12	PCB inverter	1 Pcs	Rp. 140.000	-	-
13	Fan DC 12 V	1 Pcs	Rp. 20.000	-	-
14	Heatsink	1 Pcs	Rp. 1.000,	-	-

No	Jenis Pengeluaran	Usulan Biaya		Realisasi Biaya	
		Kuantitas	Total Harga	Kuantitas	Total Harga
15	Transformator UPS 600 VA	1 Pcs	Rp. 60.000	-	-
16	IC 7805DT	1 Pcs	Rp. 3.000	-	-
17	Mosfet IRF3205	1 Pcs	Rp. 15.000	-	-
18	Relay 30A 5V	1 Pcs	Rp. 50.000	1 Pcs	Rp. 50.000
19	Sensor tegangan DC 12V	1 Pcs	Rp. 5.000	1 Pcs	Rp. 5.000
20	XL 4016 Step Down 12V to 5V 8A	-	-	1 Pcs	Rp. 47.000
21	PZEM-004T Open CT AC	-	-	1 Pcs	Rp.150.000
22	DHT11	-	-	1 Pcs	Rp.17.000
23	Papan alas	-	-	1 Pcs	Rp.19.000
24	Stop Kontak 2 lubang	-	-	1 Pcs	Rp.12.500
25	Power Meter AC KWS	-	-	1 Pcs	Rp.132.000
26	Terminal Block	-	-	1 Pcs	Rp.7.000

No	Jenis Pengeluaran	Usulan Biaya		Realisasi Biaya	
		Kuantitas	Total Harga	Kuantitas	Total Harga
27	Kabel Jumper	-	-	1 Pcs	Rp.23.000
Total Harga					Rp 1.620.500

Tabel 5.12 menunjukkan realisasi aktivitas pelaksanaan tugas akhir 2 dalam proyek *SMALLER* dari proses perancangan hingga penulisan laporan. Selama periode tersebut, terdapat beberapa kendala yang dihadapi seperti rusaknya komponen yang digunakan, keterbatasan jumlah beban dan alat pengukuran untuk pengambilan data, tersetrum pada saat *testing*, dan bahkan *human error* dari vendor akrilik pembuatan casing *SMALLER*.

Tabel 5.12 Realisasi aktivitas pelaksanaan tugas akhir 2

No	Hari, Tanggal, Durasi (jam atau hari)	Aktivitas	Pelaksana
1	Jumat, 22 Maret 2024	Merancang Alat	Arul Dolly
2	Senin, 29 April 2024	Merancang Alat dan Menyusun Laporan BAB IV	Arul Dolly
3	Selasa, 30 April 2024	Merancang Alat dan Menyusun Laporan BAB IV	Arul Dolly
4	Kamis, 16 Mei 2024	Melakukan Pembelian Komponen Tambahan Baru (Saran Dari Dosen Pembimbing)	Arul Dolly
5	Kamis, 30 Mei 2024	Merancang Alat Dengan Komponen Tambahan Baru	Arul

No	Hari, Tanggal, Durasi (jam atau hari)	Aktivitas	Pelaksana
6	Rabu, 12 Juni 2024	Merancang Alat Ketahap 70%	Dolly
7	Jumat, 21 Juni 2024	Merancang Alat Ketahap 90%	Arul Dolly
8	Minggu, 23 Juni 2024 (2 jam)	Testing Dan Validasi Alat	Arul Dolly
9	Senin, 24 Juni 2024 (6 Jam)	Pengambilan Data Alat	Arul Dolly
10	Selasa, 25 Juni 2024 (4 Jam)	Pengambilan Data Alat	Arul Dolly
11	Jumat, 28 Juli 2024 (3 Jam)	Menambah Data Yang Kurang	Arul Dolly
12	Rabu, 3 Juli 2024	Menyusun Laporan BAB V	Arul Dolly
13	Kamis, 4 Juli 2024	Menyusun Laporan BAB V	Arul Dolly
14	Minggu, 7 Juli 2024	Menyusun Laporan BAB VI	Arul Dolly

5.2 Dampak Implementasi Sistem

5.2.1 Dampak Keamanan

Penggunaan inverter IoT meningkatkan keamanan pengguna dengan fitur proteksi terhadap tegangan baterai rendah dan suhu tinggi. Sistem otomatis memutus arus saat kondisi berbahaya terdeteksi, mencegah kerusakan dan bahaya. Selain itu, pengguna dapat memantau keluaran inverter secara real-time, memungkinkan deteksi dini terhadap masalah. Dengan proteksi

ini, risiko kebakaran atau kerusakan peralatan berkurang, memberikan keamanan lebih bagi pengguna.

5.2.2 Dampak Sosial

Penggunaan inverter berbasis IoT memiliki dampak sosial yang signifikan dengan memudahkan pengguna dalam mengelola dan memantau sistem mereka. Melalui platform IoT, pengguna dapat mengakses dan mengontrol inverter dari jarak jauh, memantau kinerja secara real-time, dan menerima notifikasi otomatis tentang status sistem. Hal ini mengurangi kebutuhan untuk pemeriksaan manual dan memungkinkan respons cepat terhadap masalah, sehingga menghemat waktu dan usaha. Selain itu, pengguna dapat berbagi data kinerja dengan komunitas atau teknisi untuk mendapatkan bantuan dan saran yang lebih cepat dan efisien, memperkuat koneksi sosial dan kolaborasi dalam pemeliharaan teknologi.

5.2.3 Dampak Ekonomi

Penggunaan inverter daya rendah berbasis IoT menawarkan dampak ekonomi positif dengan menyediakan solusi hemat biaya yang tidak tersedia di pasaran. Umumnya, inverter IoT hanya tersedia dalam kapasitas daya tinggi yang mahal. Inverter daya rendah ini memungkinkan pengguna menikmati teknologi canggih dengan biaya lebih rendah, ideal untuk rumah tangga dan usaha kecil. Fitur monitoring dan kontrol jarak jauh membantu mengoptimalkan penggunaan energi, mengurangi biaya operasional, dan mempercepat pengembalian investasi, menjadikannya alternatif ekonomis yang menguntungkan.

BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Tujuan *SMALLER* adalah untuk inverter terintegrasi IoT yang dirancang mempunyai kinerja efisiensi sekitar 70-90% dalam mengkonversi daya DC menjadi daya AC, tujuan tersebut telah tercapai karena *SMALLER* telah menghasilkan efisiensi yang berkisar pada 75-80% pada beban yang digunakan sebesar 20-160W yang kemungkinan efisiensi masih dapat meningkat jika digunakan dengan beban yang lebih tinggi. Selain itu, sensor menunjukkan performa yang baik dalam pengukuran tegangan dan arus, serta efisiensi inverter. Sensor mampu mengukur tegangan DC dengan rata-rata akurasi 98.3%, tegangan AC dengan rata-rata akurasi 99.6%, dan arus AC dengan rata-rata akurasi 97.9%. Kemudian, tujuan dalam mengintegrasikan fitur *IoT* pada inverter untuk memberikan akses kepada pengguna inverter daya rendah dalam menggunakan perangkat mereka dengan teknologi *IoT*, sehingga mereka dapat memanfaatkan fitur-fitur canggih seperti pemantauan jarak jauh dan pengendalian otomatis juga telah tercapai dengan baik.

6.2 Saran

- Pemilihan komponen *hardware* yang lebih efisien dengan spesifikasi lebih tinggi untuk meningkatkan kinerja IoT
- Penggunaan PCB untuk komponen-komponen yang digunakan
- Mengembangkan skalabilitas sistem agar dapat lebih mudah untuk diakomodasikan lebih banyak perangkat atau data tanpa mengurangi kinerja
- *Future-works* pada *SMALLER* yaitu dapat integrasi dengan Teknologi Energi Terbarukan Meneliti cara integrasi inverter IoT dengan teknologi energi terbarukan seperti panel surya atau turbin angin untuk efisiensi energi yang lebih baik.
- *Future-works* yaitu meningkatkan efisiensi inverter yang lebih baik dari *SMALLER*

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Marketiva, “Rekomendasi Inverter Yang Bagus Untuk Rumah,” 2020. <https://www.ruparupa.com/blog/rekomendasi-inverter-yang-bagus-untuk-rumah/> (accessed Sep. 20, 2023).
- [2] N. Desiwantiyani, “Rancang Bangun Inverter SPWM,” *Ranc. Bangun Invert. SPWM*, pp. 1–45, 2018.
- [3] Merdeka.com, “Fungsi Inverter Beserta Pengertian, Manfaat, dan Jenisnya yang Perlu Diketahui,” 2020. <https://www.merdeka.com/sumut/fungsi-inverter-pengertian-manfaat-dan-jenisnya-yang-perlu-diketahui-klm.html> (accessed Sep. 21, 2023).
- [4] K. K. Gupta and S. Jain, “Comprehensive review of a recently proposed multilevel inverter,” *IET Power Electron.*, vol. 7, no. 3, pp. 467–479, 2014, doi: 10.1049/iet-pel.2012.0438.
- [5] F. H. J. Pamungkas, B. Sujanarko, and M. Gozali, “Rancang Bangun Inverter 1 Fasa Dengan Teknik Modulasi Third Harmonic Injection Pulse Width Modulation Untuk Panel Surya 1 Kw,” *J. Arus Elektro Indones.*, vol. 6, no. 1, p. 1, 2020, doi: 10.19184/jaei.v6i1.15624.
- [6] R. Bangun, D. A. N. Simulasi, I. Vdc, and K. E. Vac, “Universitas indonesia rancang bangun dan simulasi inverter 12 vdc ke 220 vac 50 hz menggunakan pembangkit sinyal ic-555 skripsi,” 2011.
- [7] N. H. Motlagh, M. Mohammadrezaei, J. Hunt, and B. Zakeri, “Internet of things (IoT) and the energy sector,” *Energies*, vol. 13, no. 2, pp. 1–27, 2020, doi: 10.3390/en13020494.
- [8] M. Butarbutar and M. Riyanto, “Manajemen Sisi Beban dan Optimalisasi Tingkat Konsumsi Energi Di SMK Negeri 2 Pontianak,” *Elkha*, vol. 10, no. 1, p. 41, 2019, doi: 10.26418/elkha.v10i1.25331.
- [9] F. Adani and S. Salsabil, “Internet of Things: Sejarah Teknologi Dan Penerapannya,” *J. Isu Teknol.*, vol. 14, no. 2, pp. 92–99, 2019.
- [10] Y. Apriani and T. Barlian, “Inverter Berbasis Accumulator Sebagai Alternatif Penghemat Daya Listrik Rumah Tangga,” *J. Surya Energy*, vol. 3, no. 1, p. 203, 2018, doi: 10.32502/jse.v3i1.1233.
- [11] H. Attia, “Evaluation of selective harmonic elimination pulse width modulation technique

- for unipolar single-phase H-bridge inverter: Comparative study,” *Int. J. Power Electron. Drive Syst.*, vol. 9, no. 3, pp. 1157–1165, 2018, doi: 10.11591/ijpeds.v9.i3.pp1157-1165.
- [12] S. Suhaeb, Y. Abd Djawad, H. Jaya, Ridwansyah, Sabran, and A. Risal, “Mikrokontroler dan Interface,” *Buku Ajar Jur. Pendidik. Tek. Elektron. UNM*, pp. 2–3, 2017, [Online]. Available: https://scholar.google.co.id/scholar?hl=id&as_sdt=0,5&q=jurnal+artikel+ilmiah&btnG=
- [13] L. Prihasworo, D. W. Fittrin, U. Y. Oktiawati, H. N. Isnianto, and Y. W. Setyono, “Rancang Bangun Smart DC Current and Voltage Monitoring Berbasis Internet Of Things dengan Database Cloud Thingspeak Pada Simulator PLN Laboratorium Teknik Tenaga Listrik UGM,” *J. List. Instrumentasi dan Elektron. Terap.*, vol. 1, no. 2, pp. 39–48, 2021, doi: 10.22146/juliet.v1i2.60803.
- [14] H. N. Isnianto and E. Puspitaningrum, “Monitoring Tegangan, Arus, Dan Daya Secara Real Time untuk Perbaikan Faktor Daya Secara Otomatis pada Jaringan Listrik Satu Fase Berbasis Arduino,” *J. Nas. Teknol. Terap.*, vol. 2, no. 1, p. 129, 2018, doi: 10.22146/jntt.39205.
- [15] F. Nazawi, “ACS712 20A Current Sensor Module,” 2022. <https://www.circuits-diy.com/acs712-20a-current-sensor-module/> (accessed Sep. 28, 2023).
- [16] B. A. Emar, “PENGUNAAN APLIKASI BLYNK UNTUK MENAMPILKAN DATA PEMBACAAN SENSOR DARI PRODUK KE SMARTPHONE UNTUK MENAMPILKAN DATA SECARA REALTIME PADA SMART HYDROPONIC INDOOR GARDEN,” vol. 3, 2021.
- [17] B. Umar, B. K. Nuhu, and O. M. Alao, “DEVELOPMENT OF IoT BASED SMART INVERTER FOR ENERGY METERING AND CONTROL,” *J. Eng. Sci.*, vol. XXVIII, no. 4, pp. 8–26, 2021, doi: 10.52326/jes.utm.2021.28(4).01.
- [18] S. Kumar, P. Tiwari, and M. Zymbler, “Internet of Things is a revolutionary approach for future technology enhancement: a review,” *J. Big Data*, vol. 6, no. 1, 2019, doi: 10.1186/s40537-019-0268-2.
- [19] M. N. Nizam, Haris Yuana, and Zunita Wulansari, “Mikrokontroler Esp 32 Sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis Web,” *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 6, no. 2, pp. 767–772, 2022, doi: 10.36040/jati.v6i2.5713.
- [20] S. M. Ibrahim, Ridyandhika Riza, Bakti Yulianti, “RANCANG BANGUN

MONITORING PEMAKAIAN ARUS LISTRIK PLN BERBASIS IoT,” *J. Teknol. Ind.*, vol. 11, no. 1, pp. 43–51, 2022.

- [21] D. Srivastava, A. Kesarwani, and S. Dubey, “Measurement of Temperature and Humidity by using Arduino Tool and DHT11,” *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 5, no. 12, pp. 876–878, 2018, [Online]. Available: www.irjet.net
- [22] R. L. Rajagukguk, D. D. Bangun, D. A. Manurung, D. Kurniawan, and J. A. Purba, “Kajian Inverter Pure Sine Wave Terhadap Beban Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 100 Wp,” *SINERGI POLMED J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 4, no. 2, pp. 70–78, 2023, doi: 10.51510/sinergipolmed.v4i2.1065.

LAMPIRAN

- Lembar saran/komentar

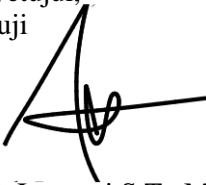
TABEL PERBAIKAN LAPORAN AKHIR CAPSTONE

MAHASISWA 1 : 20524135 Khairul Imam Su'aidy
MAHASISWA 2 : 20524136 Muhammad Dolly Harahap
JUDUL/TOPIK : Smart and Low Power Inverter (SMALLER)

No	Saran penguji	Perbaikan oleh mahasiswa	Halaman	Status
1	Menambahkan penjelasan mengenai segitiga daya pada bagian dasar teori	Telah menambahkan penjelasan mengenai segitiga daya pada bagian dasar teori	18	In progress
2	Merevisi stakeholder konsumen menjadi calon pengguna	Telah merevisi stakeholder konsumen menjadi calon pengguna	26	In progress
3				Not started
4				Not started
5				Not started
6				Not started
7				Not started
8				Not started
9				Not started
10				Not started

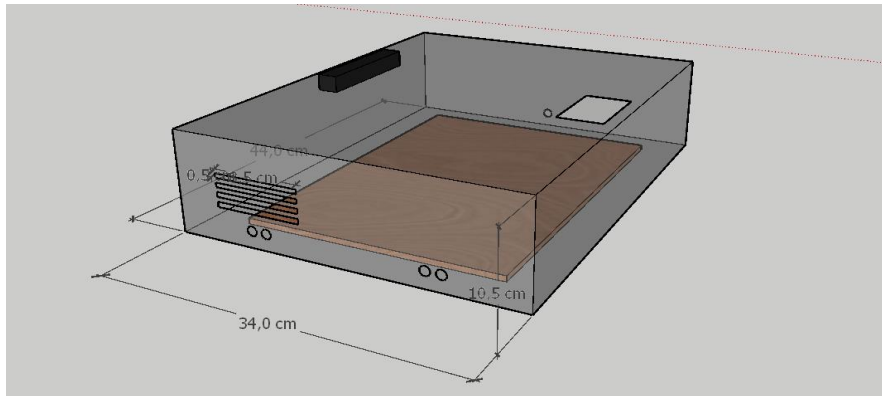
Yogyakarta, 3 Agustus 2024

Menyetujui,
Penguji



Iftitah Imawati S.T., M.Eng.

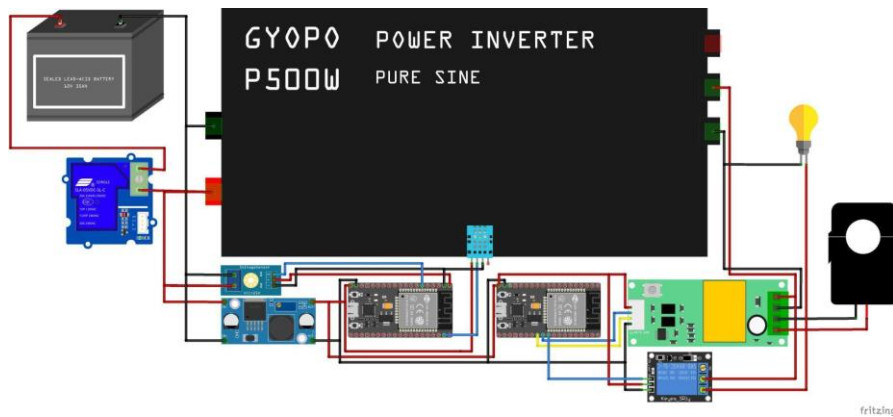
- Desain model



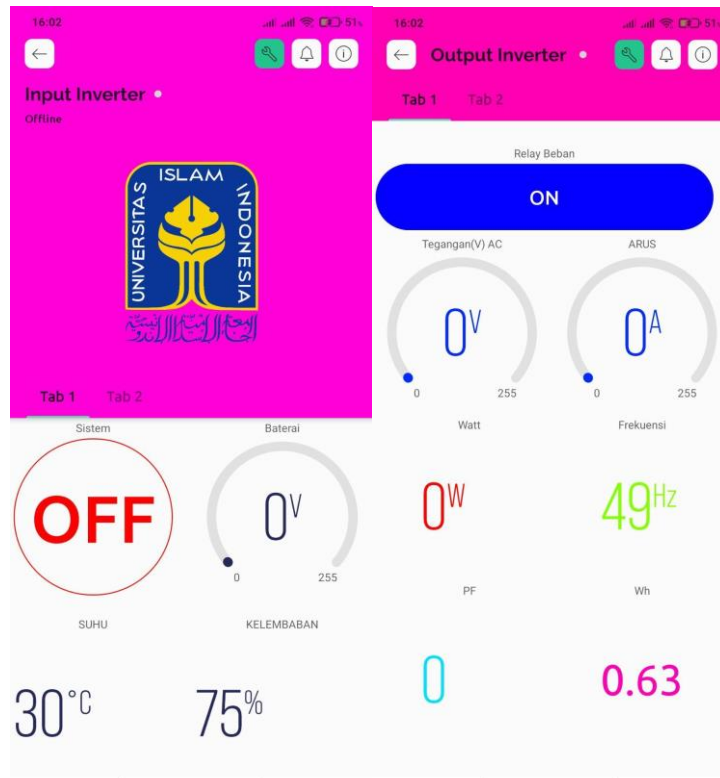
- Hasil alat



- Skematik elektronik keseluruhan



- Platform *Blynk*



- Dokumentasi proses pengerjaan



- Dokumentasi keuangan

No	Jenis Pengeluaran	Usulan Biaya		Realisasi Biaya	
		Kuantitas	Total Harga	Kuantitas	Total Harga
1	Inverter PSW Taffware DC 12V to AC 220v 1000 Watt	1 Pcs	Rp 471.800	1 Pcs	Rp 471.800
2	Charger aki 12 V	1 Pcs	Rp. 150.000	1 Pcs	Rp. 150.000
3	Biaya jasa 3D printing	1 Pcs	Rp 200.000	1 Pcs	Rp 250.000
4	Modul sensor ACS712	1 Pcs	Rp. 17.500	-	-
5	ESP32 DEVKIT 1	2 Pcs	Rp. 150.000	1 Pcs	Rp. 150.000
6	Modul sensor ZMPT101B	1 Pcs	Rp. 30.000	-	-
7	Relay 5 V 1 channel	1 Pcs	Rp. 6.000	1 Pcs	Rp. 8.000
8	Baterai pack 12 V 44Ah Life Po 4	1 Pcs	Rp. 850.000	1 Pcs	Rp. 850.000
9	LM2596 (Step Down 12V to 5V)	1 Pcs	Rp. 21.000	-	-
10	EGS002	1 Pcs	Rp. 100.000	-	-

No	Jenis Pengeluaran	Usulan Biaya		Realisasi Biaya	
		Kuantitas	Total Harga	Kuantitas	Total Harga
11	LCD OLED 1,3" inch	1 Pcs	Rp. 32.000	-	-
12	PCB inverter	1 Pcs	Rp. 140.000	-	-
13	Fan DC 12 V	1 Pcs	Rp. 20.000	-	-
14	Heatsink	1 Pcs	Rp. 1.000,	-	-
15	Transformator UPS 600 VA	1 Pcs	Rp. 60.000	-	-
16	IC 7805DT	1 Pcs	Rp. 3.000	-	-
17	Mosfet IRF3205	1 Pcs	Rp. 15.000	-	-
18	Relay 30A 5V	1 Pcs	Rp. 50.000	1 Pcs	Rp. 50.000
19	Sensor tegangan DC 12V	1 Pcs	Rp. 5.000	1 Pcs	Rp. 5.000
20	XL 4016 Step Down 12V to 5V 8A	-	-	1 Pcs	Rp. 47.000
21	PZEM-004T Open CT AC	-	-	1 Pcs	Rp.150.000
22	DHT11	-	-	1 Pcs	Rp.17.000
23	Papan alas	-	-	1 Pcs	Rp.19.000
24	Stop Kontak 2 lubang	-	-	1 Pcs	Rp.12.500

No	Jenis Pengeluaran	Usulan Biaya		Realisasi Biaya	
		Kuantitas	Total Harga	Kuantitas	Total Harga
25	Power Meter AC KWS	-	-	1 Pcs	Rp.132.000
26	Terminal Block	-	-	1 Pcs	Rp.7.000
27	Kabel Jumper	-	-	1 Pcs	Rp.23.000
Total Harga					Rp 1.620.500