

CATU DAYA NIRKABEL DENGAN TRACKING PANEL SURYA UNTUK PENGISIAN BATERAI HANDPHONE DI AREA PARKIR

Diran Kurniawan¹, Abraham Lomi², Alfarid Hendro Yuwono³

Teknik Elektro, Institusi Teknologi Nasional, Malang, Indonesia

dirankurniawan583@gmail.com¹, abraham@lecturer.itn.ac.id², alfaridhendroyuwono@lecturer.itn.ac.id³

Abstrak—Pada teknologi telepon seluler tidak lepas dari penggunaan charger. Charger yang sering digunakan membutuhkan energi listrik dari PLN dan generator. Panel surya menjadi solusi alternatif sebagai sumber energi listrik modern. Penelitian ini menggunakan pengisian daya nirkabel yang menggunakan gaya elektromagnetik di dalam sistem sehingga menghilangkan kebutuhan akan kabel. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pengisian nirkabel yang menggunakan panel surya sebagai sumber listriknya. Alat ini menggunakan dua buah lilitan kumparan, yaitu lilitan primer yang dihubungkan dengan power bank dan lilitan sekunder yang menerima tegangan dan menyalurkannya ke beban (ponsel). Pada perencanaan alat terdapat input pada wireless charging yaitu 15 watt dan output pada load (handphone) 10-15 watt. Baterai powerbank mampu menerima daya yang diberikan oleh panel surya dengan baik, baterai powerbank dapat terisi 290 menit dengan tegangan yang dihasilkan yaitu 5,1 volt. Baterai handphone dapat menerima daya yang diberikan oleh powerbank dengan rata-rata kenaikan setiap 1% baterai memerlukan waktu selama 7 menit. System pengisian wireless pada penelitian ini menggunakan panel surya dengan system pembangkit sinyal gelombang sinus frekuensi 90 kHz dan dua buah kumparan sebagai system transmisi energi berbasis wireless charger.

I. PENDAHULUAN

Pada era sekarang ini perkembangan teknologi dari tahun ke tahun semakin menunjukkan kemajuan yang sangat pesat, semua perusahaan berlomba-lomba menciptakan teknologi yang canggih, contoh yang sering kita jumpai yaitu handphone kebutuhan dari handphone salah satu yaitu Powerbank yang merupakan sebuah teknologi untuk pengisian daya smartphone yang memungkinkan menambah daya dimana saja, selama daya yang ada didalamnya masih cukup untuk ditransfer. Namun untuk kita mengisi daya pada handphone maupun powerbank membutuhkan charger untuk mengisi baterai perangkat tersebut[1].

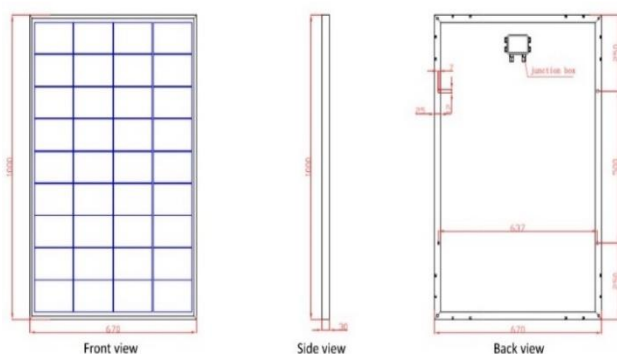
Perkembangan wireless charger menjadi salah satu inovasi dalam bidang teknologi dengan tujuan untuk

meningkatkan keefektifan karena keunggulannya yang tidak menggunakan kabel, tanpa kontak, catu daya yang andal dan berkelanjutan, serta kemudahan perawatan, Pemanfaatan teknologi wireless charger sebagai pengisi daya mulai dari daya rendah sampai daya tinggi sudah banyak dimanfaatkan. Pemanfaatan dengan daya rendah contohnya yaitu pengisian daya pada sikat gigi. Wireless charging merupakan inovasi teknologi yang lebih praktis dari charger konvensional.[2]. Hal ini biasanya dilakukan dengan menggunakan metode induktif. Energi dikirim melalui kumparan ke perangkat listrik, yang kemudian dapat menggunakan energi itu untuk mengisi baterai atau menjalankan perangkat.

Panel surya memiliki beberapa kelebihan di antaranya adalah emisi yang rendah dan perawatan yang sangat mudah. Akan tetapi, panel surya juga memiliki kekurangan atau kelemahan yaitu harganya yang masih mahal dan energi matahari yang tidak stabil serta hanya bisa dipanen saat siang hari saja[3]. Panel surya merupakan solusi alternatif sebagai sumber energi listrik terbaru yang hemat dan tidak menimbulkan dampak polusi. Panel surya adalah alat yang dapat mengubah sinar matahari menjadi listrik, Setelah panel surya menerima sinar matahari, elektron dilepaskan dari atom silikon dan mengalir, membentuk rangkaian listrik untuk menghasilkan listrik[4].

II. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Tracking Panel Surya



Gambar 1. Panel surya

Panel surya atau pembangkit listrik tenaga surya merupakan Sel surya atau disebut juga sel fotovoltaik merupakan perangkat semikonduktor yang mengubah energi matahari langsung menjadi arus searah menggunakan kristal silikon tipis. Sel silikon dipasang secara parallel atau seri pada panel yang terbuat dari aluminium atau baja tahan karat dan dilindungi oleh kaca atau plastik [5].

Penggunaan Solar panel sebagai sumber energi belum banyak diaplikasikan karena nilai investasi yang besar. Namun potensi kebermanfaatannya penggunaan solar panel sangat tinggi karena ketersediaan sinar matahari tidak terbatas dan tidak menghasilkan emisi berbahaya[3]. Salah satu bentuk penyediaan energi terbarukan adalah menggunakan sistem solar panel sebagai sumber energi listrik ramah lingkungan. Penggunaan solar panel sebagai sumber energi belum banyak diaplikasikan karena nilai investasi yang besar. Namun potensi kebermanfaatannya penggunaan solar panel sangat tinggi karena ketersediaan sinar matahari tidak terbatas dan tidak menghasilkan emisi berbahaya [4].

Penggunaan panel surya yang terpasang pada umumnya kebanyakan masih bersifat statis. Hal ini menyebabkan penerimaan matahari tidak optimal, Untuk memanfaatkan energi cahaya matahari dengan optimal maka panel surya harus mengikuti arah sinar matahari. Semakin besar intensitas cahaya matahari yang ditangkap oleh panel surya, maka semakin besar daya listrik yang dihasilkan, oleh karena itu perlu dibuat suatu sistem yang dapat membuat solar cell selalu mengikuti arah pergerakan matahari yaitu dengan solar tracking[4].

Kegunaan atau kelebihan ketika kita menggunakan panel surya adalah sebagai berikut:

- Dapat menjadikan energi cadangan ketika listrik PLN sedang mengalami pemadaman.
- Dapat mengurangi penggunaan energi listrik yang bersumber dari PLN.
- Energi matahari dirubah menjadi energi listrik, maka energi listrik dapat digunakan untuk menghidupkan peralatan listrik seperti TV, dispenser, kipas angin, dll.

Tabel 1 Spesifikasi Panel Surya

Spesifikasi	Keterangan
Peak Power (Pmax)	100 Wp
Optimum Operating Voltage (Vmp)	18.0 V
Optimum Operating Current (Imp)	5.55 A
Open Circuit Volt (Voc)	21.24 V
Short Circuit Current (Isc)	6.22 A
Module Effisiensi (EFF)	17.6%
Dimensions (MM)	1020*670*30

Berikut persamaan umum keluaran arus listrik pada panel surya :

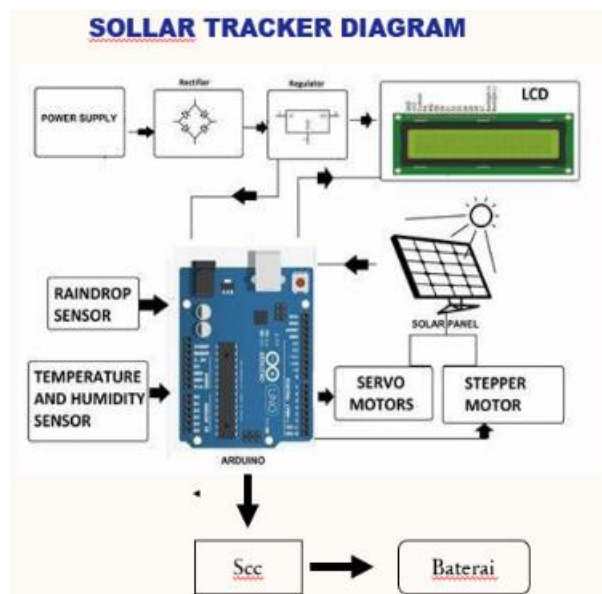
$$I = I_{pv} - I_o \left\{ \exp \left[\frac{V + IR_s}{aV_t} \right] - 1 \right\} \frac{V + IR_s}{R_p} \quad (1)$$

$$V_t = \frac{N_s k T}{q} \quad (2)$$

Keterangan :

- I_{pv} = arus fotovoltaik (A),
 I_o = arus saturasi dari dioda (A),
 Q = muatan elektron ($1,602 \times 10^{-19}$ C),
 I = arus pada terminal fotovoltaik (A),
 V = tegangan pada terminal fotovoltaik (V),
 V_t = tegangan termal array,
 K = konstanta Boltzman ($1,381 \times 10^{-23}$ J/K),
 T = suhu sambungan p-n dalam Kelvin (K),
 α = faktor idealitas dari dioda,
 R_s = resistansi seri ekuivalen array fotovoltaik (Ohm),
 R_p = resistansi paralel ekuivalen array fotovoltaik (Ohm)
 N_s = jumlah sel fotovoltaik terhubung seri.

Adapun komponen dan diagram sistem tracking panel surya yaitu:



Gambar 2 diagram blok solar tracker

Komponen antara lain:

- Arduino Uno
- Lcd 4 x 8 cm
- solar cell 100 WP
- solar charger controller
- motor servo 12 V
- sensor (sensor suhu dan LDR)
- Baterai aki 12V

1. Efisiensi Panel Surya Statis (non tracking)

Untuk menentukan besarnya efisiensi panel surya kita harus mengetahui total daya foton (Pin) modul surya dan faktor pengisian (FF), untuk perhitungan total daya foton (Pin) sebagai berikut:

Untuk menentukan luas pada panel surya sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= p \times l \\ &= 1 \text{ m} \times 0.502 \text{ m} \\ &= 0.51 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Keterangan :

p = panjang

l = lebar

Untuk perhitungan faktor pengisian (FF) untuk data 09:32 dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} FF &= \frac{V_{mp} \cdot I_{mp}}{V_{oc} \cdot I_{sc}} \times 100\% = \\ &= \frac{13,87 \times 0,15}{20,05 \times 0,38} \times 100\% = \end{aligned}$$

Keterangan :

V_{mp} = tegangan pengukuran

V_{oc} = tegangan maks

I_{sc} = arus hubung singkat

I_{mp} = arus pengukuran

Efisiensi panel surya statis dapat diketahui yaitu :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

2. Efisiensi panel surya dinamis atau tracking panel surya.

Untuk menentukan besarnya efisiensi panel surya dinamis, kita harus mengetahui total daya foton (Pin) panel surya dan faktor pengisian (FF), untuk perhitungan total daya foton (Pin)[3]. Adapun persamaan sebagai berikut :

Mencari faktor pengisian (FF) untuk data 12:00

$$\begin{aligned} FF &= \frac{V_m \cdot I_m}{V_{oc} \cdot I_{oc}} \times 100\% = \frac{16,87 \times 3,69}{20 \times 5,38} = \\ \%100 &= 55 \% \end{aligned}$$

Keterangan.

V_m = tegangan pengukuran

I_m = arus pengukuran

V_{oc} = tegangan Maks

I_{oc} = arus maks

3. Sudut optimal untuk arah sinar matahari berdasarkan pengujian yaitu 25° karena pengukuran dilakukan mulai jam 9 pagi sampai 12:00

2 Mempertahankan Integritas Spesifikasi

a) Modul transmitter



Gambar 3. Modul Transmitter

Charger transmitter (Pemancar pengisian daya nirkabel) atau juga dinamakan kumparan primer merupakan perangkat elektronik yang digunakan dalam rangka mentransfer daya listrik secara nirkabel ke penerima pengisian daya nirkabel yang dituju. *Charger transmitter* Ini menggunakan prinsip induksi elektromagnetik untuk mengirimkan daya secara nirkabel ke penerima pengisian daya nirkabel.

Tabel 2. Spesifikasi Modul Wireless

Teagangan Input	DC
Arus Input	2,5A
Tegangan Pengisian	5V
Arus Output	2000 Ma
Daya Pengisian	10-15W
Ukuran	5 x 10 cm

b) Modul Wireless Charger Type C Fast Charging



Gambar 4. Modul Wireless type C

Kumparan sekunder (Penerima pengisian daya nirkabel) merupakan perangkat elektronik yang digunakan dalam rangka menerima daya listrik secara nirkabel dari pemancar pengisian daya nirkabel. Kumparan sekunder Ini menggunakan prinsip induksi elektromagnetik untuk menerima daya secara nirkabel

dari pemancar pengisian daya nirkabel. Receiver ini akan membuat smartphone bisa wireless charger layaknya smartphone yang mempunyai fitur wireless charger. Modul ini memiliki ukuran yang sangat tipis yang dapat diselip ke casing smartphone dengan sangat mudah dan tidak merubah penampilan smartphone.

Tabel 3. Spesifikasi Modul Wireless

<i>Receiving Voltage</i>	<i>Charging Voltage</i>
DC 5V	DC 5V
2,2 A	2000 mAh

2.3. Baterai



Gambar 5. Baterai Lithium

Baterai atau akumulator adalah suatu sel listrik yang didalamnya terjadi proses elektrokimia yang bersifat reversibel dengan efisiensi yang tinggi (bersifat reversibel). Reaksi elektrokimia yang bersifat reversibel artinya proses perubahan kimia menjadi energi listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya dari energi listrik menjadi energi kimia (proses pengisian) dapat terjadi pada suatu baterai melalui proses regenerasi elektroda yang digunakan adalah dengan melewati arus listrik. Arah arus yang mengalir melaluinya berlawanan dengan polaritas baterai. Baterai menghasilkan listrik melalui proses kimia.

Baterai litium polimer (LiPo) tidak menggunakan cairan sebagai elektrolitnya, melainkan elektrolit polimer kering yang berbentuk seperti lapisan film plastik. Lapisan film tipis ini berlapis antara anoda dan katoda sehingga menyebabkan pertukaran ion. Dengan metode ini, baterai lithium polimer (LiPo) dapat dibuat menjadi berbagai bentuk dan ukuran [5]

Baterai dibuat dari banyak komponen individual yang kemudian dirakit dalam kotak karet atau plastik keras. Komponen dasar setiap baterai berupa pelat positif dan negatif. Pelat dilapisi timah negatif dan berwarna abu-abu. Sedangkan pelat positif dilapisi dengan timbal peroksida berwarna coklat. Beberapa pelat positif dan beberapa pelat negatif terhubung menjadi satu kelompok pelat.

Pada beberapa baterai, selalu terdapat satu pelat lebih banyak pada kemasan pelat negatif dibandingkan pada kemasan pelat positif. Setiap set panel dipisahkan dari panel yang berdekatan dengan pembatas atau partisi. Pemisah dirancang tidak hanya untuk memisahkan pelat, tetapi juga dibuat berpori sehingga larutan elektrolit dapat

beredar di antara pelat. Partisinya terbuat dari berbagai macam bahan, seperti plastik, karet, dan fiberglass. [7].

2.4. Saklar on/off

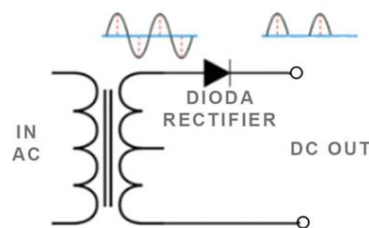


Gambar 6. Saklar

Saklar merupakan salah satu alat yang penting dalam bidang kelistrikan. Fungsi utamanya adalah untuk menghubungkan atau mematikan rangkaian listrik. Salah satu teknik listrik yang umum adalah menggabungkan listrik sumber dengan beban[8].

2.5. Rectifier

Rectifier atau penyearah adalah jenis perangkat elektronik yang dapat kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari yang dapat mengkonversi atau mengubah arus AC menjadi DC. Sumber tegangan AC yang digunakan dapat berupa sumber AC satu fasa maupun tiga fasa[9].



Gambar. 7. Rangkaian Rectifier

Penyearah juga disebut pengganda tegangan. Penyearah bekerja dengan mengubah sinyal input RF yang diterima antenna menjadi tegangan DC untuk digunakan dalam sirkuit analog front-end, modul DSP baseband, dan memori transponder RFID. Karena penyearah merupakan rangkaian pengganda tegangan, maka keluaran tegangan dapat ditentukan dengan mengalikan tegangan masukan dengan jumlah sel pada rangkaian penyearah [10].

Berikut perhitungan untuk menentukan tegangan keluaran :

$$V_{\text{output}} = V_{\text{input}} \times N$$

Dimana :

V_{output} = Tegangan yang didapatkan

V_{input} = Tegangan yang dipakai

N = Jumlah cell yang dipakai

2.6. DC to DC Step down Voltage (Penurun tegangan)



Gambar. 8. DC step down

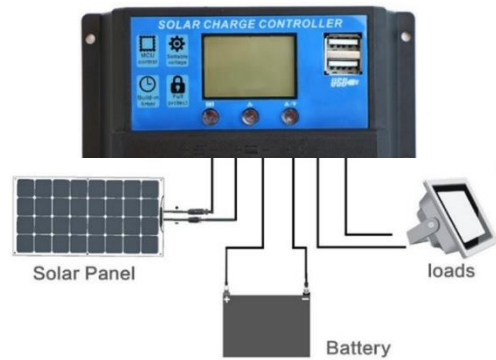
Converter DC-DC adalah modul elektronik yang berfungsi untuk mengubah tegangan dari satu tingkat DC (Direct Current) ke tingkat DC yang lain, yang bisa lebih rendah (step-down converter) atau lebih tinggi (step-up converter). Berikut adalah beberapa poin penting terkait dengan converter DC-DC, khususnya yang berfungsi sebagai step-down converter: Step-Down Converter: Juga dikenal sebagai Buck Converter, modul ini bekerja dengan cara mengubah tegangan DC yang lebih tinggi menjadi tegangan DC yang lebih rendah. Misalnya, dari 12V DC menjadi 5V DC.

Proses ini dilakukan pada alat yang dirancang bertujuan untuk menghindari terjadi over voltage pada komponen yang berkapasitas kecil seperti capacitors, transistor, IC, maupun untuk melindungi tegangan berlebih pada coilnya.

2.9 Solar Charge Controller

Suatu perangkat elektronika yang dipakai pada sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) untuk mengatur arus dan tegangan dalam system pengisian baterai, baik energi yang masuk dan keluar dari baterai diisi daya-nya oleh panel surya biasa disebut dengan *Solar charge controller* (pengendali pengisian surya).

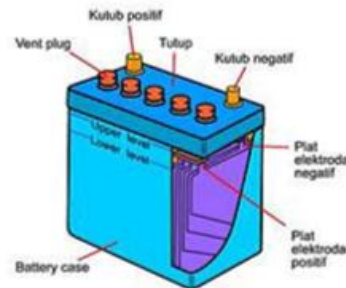
Fungsi dari adanya alat ini pada panel surya adalah untuk melindungi baterai dari resiko terjadinya *overcharging* (kelebihan pengisian daya karena baterai sudah penuh) atau kelebihan tegangan panel surya, dan *overdischarging* (pengosongan berlebihan)[18], sehingga kinerja dari baterai dapat dipastikan tetap efisien dan optimal dalam sistem pengisian daya dari panel surya. Untuk cara kerjanya bisa dilihat pada gambar 2.8 yaitu sebuah panel surya masuk pada terminal input *solar charge controller*, kemudian output dari *solar charge controller* yang sudah di stabilkan menuju ke baterai untuk sistem pengisian dan juga bisa langsung digunakan pada beban yang menggunakan listrik DC. Sedangkan untuk port USB nya bisa digunakan sebagai pengisian daya handphone atau laptop.



Gambar 9 Solar Charge Controller

2.14 Baterai 12V 45Ah

Baterai 12V 45Ah merupakan tempat penyimpanan daya yang dihasilkan oleh suatu sumber energi listrik yang memiliki tegangan nominal 12 volt dengan kapasitas 45 ampere-hour (Ah). Ini berarti baterai dapat menyediakan arus listrik sebesar 45 ampere dalam satu jam atau arus lebih rendah dalam waktu yang dapat lebih lama sebelum perlu dilakukan isi ulang agar baterai tidak cepat rusak. Baterai 12V banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti sistem penyimpanan energi rumah tangga, kendaraan listrik, sistem tenaga surya,

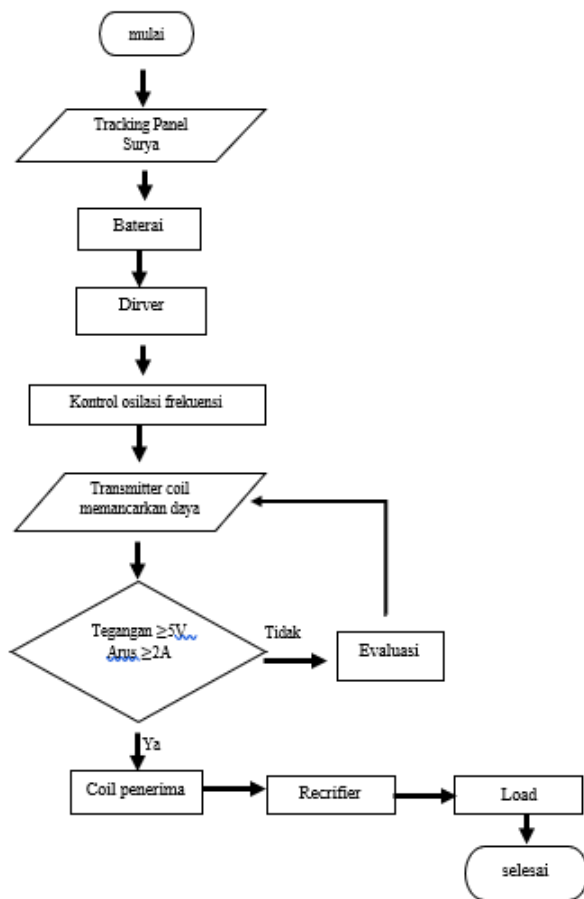


Gambar 10. Baterai 12V 45Ah

Baterai aki, terdiri dari beberapa sel. Baterai aki 12 Volt, terdiri dari 6 sel. Batas tegangan satu sel umumnya mulai dari 2.30V sampai 2.45V. Jadi baterai aki 12 Volt, tegangan sebenarnya adalah antara 13.8 V - 14.7 Volt. Kondisi baterai aki tergantung dari suhu. Suhu tinggi menyebabkan baterai cepat rusak. Pada saat pengisian baterai suhu pada elektrolit harus kurang dari 30°C. Kurva pengisian aki dapat dilihat pada gambar 2.11.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Desain penelitian adalah suatu kerangka atau sketsa yang dibuat oleh seorang peneliti sebagai suatu rencana penelitian. Dengan kata lain, desain penelitian mencakup proses pengumpulan dan analisis data. Tugas pembuatan alat dan perancangan akhir sangatlah penting. Perencanaan yang sistematis dan baik dapat membuat proses tugas akhir menjadi lebih mudah. Untuk mempermudah dan mengatur proses penelitian, diperlukan suatu konsep dan rencana penelitian agar penelitian dapat berjalan dengan lancar.



Gambar 11. Flowchart

Untuk penjelasan algoritma flowchart sistem pada gambar 3.1 adalah sebagai berikut:

1. Mulai sistem,
2. Tracking panel surya yaitu sensor menginisiasi intensitas cahaya, selanjutnya diproses dimikrokontroler dan mengontrol arah sudut panel dengan motor servo
3. Setelah proses tracking daya akan disimpan dalam baterai
4. Pada driver wireless charger ditambahkan stepdown voltage untuk melindungi komponen berkapasitas kecil pada driver seperti baterai litium polimer.
5. Selanjutnya pada kontrol osilasi yaitu untuk membangkitkan gelombang frekuensi untuk bisa menghasilkan induksi elektromagnetik, komponen komponennya adalah sebagai berikut:
 - IC sebagai pembangkit gelombang
 - Kapasitor untuk menstabilkan tegangan
 - Amplifier transistor atau mosfet untuk memperkuat gelombang frekuensi
 - Resistor sebagai hambatan
6. Selanjutnya tegangan dan arus sudah menjadi AC yang akan dipancarkan menuju coil penerima.
7. Pada transmitter dilakukan pengujian apakah daya yang dipancarkan optimal untuk ditangkap

oleh secondary coil, dengan ketentuan tegangan tidak kurang dari 5V dan arus tidak kurang dari 2A, dikarenakan standar daya untuk bisa dilakukan pengisian Handphone adalah 10 watt.

8. Secondary coil atau coil penerima menerima daya berupa tegangan DC.
9. Selanjutnya pada rectifier akan mengubah tegangan dan arus AC menjadi arus dan tegangan DC
10. Handphone sebagai load

A. Alat dan Bahan

Untuk alat dan bahan yang diperlukan dalam perakitan alat pada penelitian ini terdiri dari beberapa komponen yaitu:

Tabel 4. Alat dan Bahan

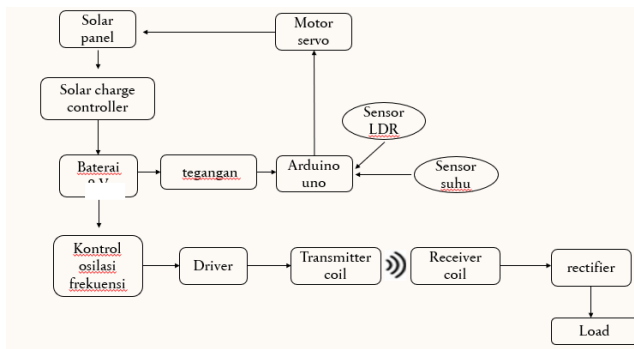
Nama Perangkat	Jenis	Jumlah
Panel Surya 100 Wp	Poly-Crystalline	1
Modul Coil transmitter	Multi coil 10-15 watt	1
<i>Solar Charge Controller</i>	Max 10 Ampere	1
Coil penerima + rectifier	Max 2 A fast charging	1
Modul Penurun Tegangan	Max 5 Ampere	1
Mikrokontroler ESP32	Dev-Module	2
Sensor Tegangan	DC 12V	2
Sensor LDR		2
Baterai	TAG 12V 45Ah	1
<i>Baterai Litium pilimer</i>	20000 mAh	1
Saklar	On / Off	2

B. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di dua tempat yaitu Laboratorium Energi Baru Terbarukan (EBT) Teknik Elektro untuk pengukuran dan pengambilan data di halaman Lab Itn malang

C. Perancangan Sistem Rangkaian

Berdasarkan penelitian yang dilakukan maka dibuatlah rancangan sistem rantai alat yang dimaksud dan akan diuji sesuai prosedur penelitian. Perancangan sistem mencakup alat atau komponen antarmuka sistem untuk memudahkan implementasi alat yang akan digunakan dan sistem secara keseluruhan. Dengan adanya perancangan sistem ini diharapkan alat bekerja maksimal sesuai prosedur perancangan yang telah ditetapkan.

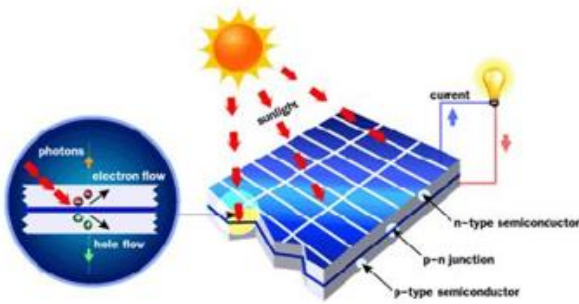


Gambar 12. Diagram Blok Sistem

Panel surya memberikan suplai tegangan ke baterai sehingga nantinya ketika tegangan pada baterai turun, panel yang terhubung akan menyuplai tegangan. Baterai diuji dengan mengukur tegangan dan arus. Perancangan system anatar komponen :

1) Tracking panel surya

Perancangan charging menggunakan panel surya yang memiliki daya sebesar 100 Wp. Dibawah gambar 9 adalah Panel surya yang digunakan pada penelitian ini.

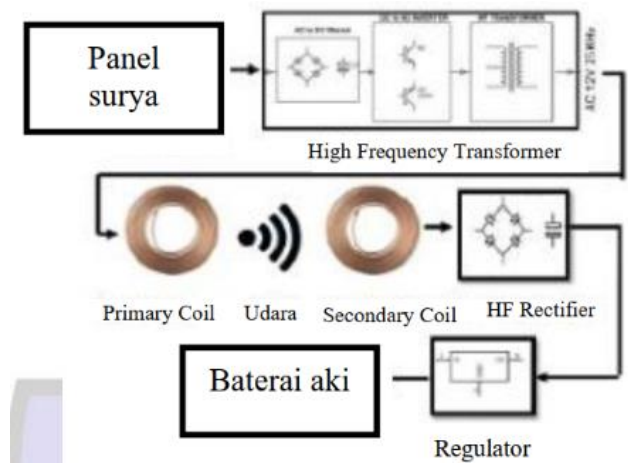


Gambar 13. Struktur Panel Surya

Panel surya yang terhubung ke baterai, akan memberikan tegangan dan arus ke baterai. Ketika arus dan tegangan baterai habis, panel surya akan mengatur arus dan tegangan tersebut. Sistem . Tracking akan meningkatkan intensitas cahaya yang diterima dan sama halnya daya akan semakin besar, dengan mengikuti arah sudut yang optimal dengan radiasi matahari.

2) Kontrol frekuensi osilasi dengan wireless

System pengisian daya nirkabel ini membutuhkan tegangan AC dengan frekuensi 90 kHz agar dapat menghasilkan nilai osilasi saat melewati kumparan primer. Pada kumparan primer akan menghasilkan nilai gaya gerak listrik (fluks) yang akan ditangkap oleh kumparan sekunder. Fluks yang ditangkap oleh kumparan sekunder kemudian dilewati ke rectifier (penyearah) untuk dijadikan tegangan DC yang akan digunakan sebagai sumber charging pada baterai [5].



Gambar. 3.5. Diagram Sistem Transfer Daya Nirkabel

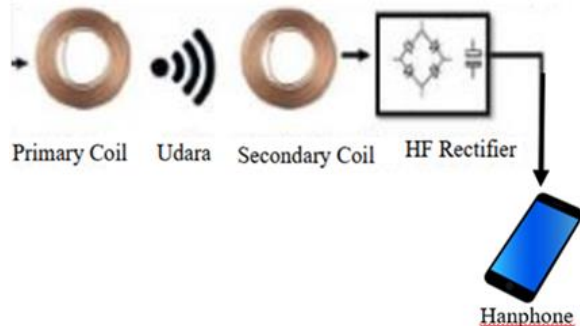
Wireless charger atau pengisi daya nirkabel bekerja menggunakan prinsip elektromagnetik untuk mengisi daya perangkat elektronik tanpa memerlukan kabel fisik. Berikut adalah penjelasan cara kerjanya:

1. Prinsip Elektromagnetik: Wireless charger menggunakan prinsip dasar elektromagnetik, yaitu induksi elektromagnetik. Ini melibatkan dua kumparan (coil) yang biasanya terbuat dari tembaga.
2. Kumparan Pengirim (Transmitter Coil): Pada pengisi daya nirkabel, terdapat kumparan pengirim yang berada di dalam pad pengisi daya. Kumparan ini terhubung ke sumber daya listrik dan menghasilkan medan magnet ketika arus listrik mengalir melaluinya.
3. Kumparan Penerima (Receiver Coil): Perangkat yang ingin diisi daya, seperti ponsel, memiliki kumparan penerima di dalamnya. Kumparan ini diletakkan di dekat kumparan pengirim saat perangkat ditempatkan pada pad pengisi daya.
4. Medan Magnet: Ketika kumparan pengirim menghasilkan medan magnet, medan ini memotong kumparan penerima. Fenomena ini dikenal sebagai induksi elektromagnetik, di mana medan magnet yang berubah-ubah menghasilkan arus listrik di dalam kumparan penerima.
5. Pengubahan Energi: Arus listrik yang dihasilkan di kumparan penerima kemudian dikonversi menjadi bentuk energi yang dapat digunakan untuk mengisi daya baterai perangkat. Proses ini biasanya melibatkan penyesuaian voltase dan pengaturan arus untuk memastikan pengisian daya yang aman dan efisien.
6. Komunikasi dan Kontrol: Sebagian besar sistem pengisian nirkabel juga menggunakan komunikasi nirkabel untuk mengontrol proses pengisian. Ini termasuk memastikan bahwa perangkat terhubung dengan benar, memantau status pengisian, dan menghindari pengisian daya yang berlebihan.

3) Lilitan primer dengan lilitan sekunder
Sistem transfer daya nirkabel mempunyai 2 kumparan, yang pertama adalah kumparan sekunder dan yang kedua adalah kumparan primer. Energi listrik akan

dialirkan dari kumparan primer kemudian akan diterima oleh kumparan sekunder. Energi yang dihasilkan oleh kumparan primer dalam bentuk garis gaya magnet (fluks) akan ditangkap oleh kumparan sekunder yang kemudian akan diubah menjadi tegangan DC untuk digunakan sebagai pengisian baterai [5].

4) Rectifier dengan Beban (Handphone)

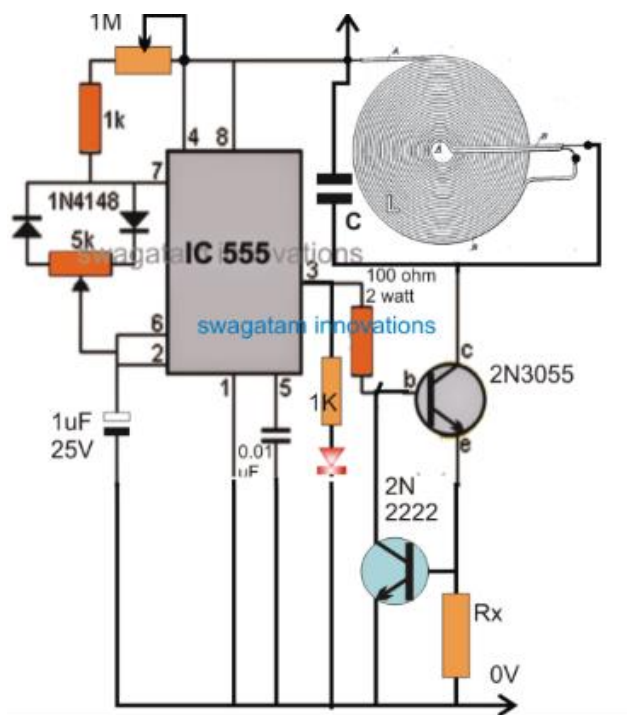


Gambar 16. Diagram Blok Sistem Rectifier

Pada kumparan primermenghasilkan gaya listrik fluks yang akan ditangkap oleh kumparan sekunder menghasilkan tegangan AC kemudian dilewati ke rectifier (penyearah) untuk dijadikan tegangan DC yang akan digunakan sebagai sumber charging pada baterai. System rectifier ini mengubah tegangan AC ke DC agar nantinya dapat mengisi baterai pada handphone.

A. D. Perancangan Sistem Alat

Perancangan ini akan memudahkan penulis dalam menghasilkan alat tugas akhir dengan baik dan sesuai rencana. Dengan rancangan ini penulis mulai membuat gambaran alat yang digunakan.



Gambar 17. Rangkaian Powerbank wireless

Pada gambar terjadi induksi elektromagnetik dimana Menurut teori kopling induktif, daya dapat ditransmisikan secara nirkabel ke penerima melalui medan elektromagnetik yang dihasilkan menggunakan induktansi timbal balik.

Pada rangkaian Diatas IC 555 adalah sebagai pembangkit gelombang frekuensi adapun beberapa pin atau kaki seperti : pin 1 adalah ground, kaki 2 berfungsi sebagai pemicu output menjadi tinggi, kaki 3 merupakan output tunggal dari IC yang disambungkan dengan transistor, kaki 4 untuk reset jika tegangan dibawah standar, kaki sebagai sebagai pengatur ambang perbandingan internal yang dihubungkan ke ground dan kapasitor, kaki 6 kaki ini akan mengukur tegangan yang akan dibandingkan dengan 2/3 dari Vcc, jika kaki ini melebihi 2/3 dari Vcc maka output akan rendah, kaki 7 akan mengosongkan kapasitor timing ke ground ketika output menjadi rendah, dan yang terakhir kaki 8 adalah Vcc atau power suplay dari IC555.

Sedangkan Fungsi dari transistor tersebut untuk memperkuat sinyal atau gelombang elektro magnetik untuk pemencaran pada coil transmitterr.

Untuk rangkaian rectifier digunakan digunakan 4 diode penyearah untuk mengubah arus ac menjadi dc dan juga kapasitor untuk menstabilkan tegangan agar bisa digunakan untuk pengecasan baterai

Adapun fitur utama pada powerbank ini sebagai berikut :

- Pengisian Energi Matahari: Tiga cell photovoltaic monocrystal akan menghasilkan energi listrik dari sinar matahari. Konsep ini memungkinkan pengisian baterai power bank secara ekologis dengan menggunakan sumber energi terbarukan.
- Produk ini dilengkapi dengan teknologi wireless charging, sehingga pengguna dapat mengisi perangkat elektronik mereka tanpa kabel. Modul charger wireless pada produk ini dapat mengirimkan daya ke perangkat yang kompatibel.
- Terdapat 2 Coil untuk penegecasan untuk bisa dilakukan pengecasan 2 handphone secara sekaligus
- Daya dari panel yang cukup besar dapat dilakukan pengisian lebih cepat
- Kapasitas dari powerbank yaitu 20000 mAh yang memungkinkan powerbank bisa bertahan lama.
- Terdapat 2 coil untuk pengecasan wireless



Gambar 18. Keseluruhan Alat

Sistem tracking pada panel surya terdiri dari panel surya, rangka panel, motor DC dan sensor LDR. Sistem ini dapat mengikuti arah datangnya sinar matahari dari ufuk timur hingga ufuk barat dengan bantuan sensor LDR. Pergerakan motor akan berhenti ketika jumlah intensitas yang diterima kedua sensor LDR hampir sama (memiliki tegangan yang hampir sama). Ketika malam hari dan tidak ada intensitas cahaya matahari yang masuk, motor akan berhenti bergerak hingga ada cahaya yang mengenai sensor LDR dan mengakibatkan perbedaan intensitas cahaya pada kedua buah sensor. Sistematis pergerakan sistem tracking ini dapat dilihat pada flowchart di gambar.

Pada flowchart sistem pergerakan tracking panel surya, dapat dilihat bahwa sistem akan mendeteksi secara terus menerus terhadap intensitas cahaya yang mengenai 2 buah sensor LDR. Sistem mikrokontroler akan membandingkan selisih nilai dari 2 buah sensor LDR yang terkena intensitas cahaya. Ketika nilai tegangan sensor yang terbaca melebihi nilai threshold maka motor akan menggerakkan panel surya, begitu juga sebaliknya ketika selisih dari nilai 2 buah sensor LDR tersebut kurang dari nilai threshold maka motor akan berhenti bergerak. Hal ini bertujuan agar motor tidak selalu bekerja terjadi perbedaan intensitas yang sedikit, sehingga energi untuk motor dapat lebih hemat.

IV. SIMULASI DAN ANALISA

Pada Bab ini dilakukan pengujian alat yang telah rangkai secara keseluruhan oleh penguji untuk mengetahui kinerja dari alat tersebut. Disini akan dilakukan pengujian secara antar muka atau pada setiap komponen agar mengetahui apakah sudah bekerja dengan hasil yang diinginkan atau yang sudah direncanakan.

A. Pengujian pada Tracking Panel Surya

a) Tujuan pengujian

Pada tahap pengujian adalah untuk memastikan panel surya bisa menghasilkan daya listrik sebagai

pasokan untuk pengisian baterai dan powerbank wireless, pengujian ini untuk memastikan tracking yang dilakukan dapat meningkatkan daya yang dihasilkan lebih baik dari pada standing panel biasa.

b) Langkah Pengujian



Gambar 19. Pengukuran tracking panel surya

Pada gambar diatas dilakukan pengujian arus dan tegangan yang dihasilkan oleh panel dengan cara menghubungkan kabel panel surya dan charger controller yang disambungkan dengan baterai.

c) Hasil dan analisa

Tabel 5 hasil pengujian tracking panel surya

Menit	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)	Kodisi Cuaca
09:01	13,84	0.18	2,491	C
09:10	13,74	0.17	2,33	C
09:20	13,87	0.37	5,13	SB
09:15	13,6	0.46	6,25	SB
09:35	13,6	0.66	8,97	SB
09:50	14,6	1.17	17,25	C
10:00	13,72	1.0	13,05	SB
11:00	14,62	1.7	24,85	SB
11:30	15,6	2.18	34,0	C
12:00	16,69	3,69	61,58	C

Keterangan :

C = Cerah

SB = Sedikit Berawan

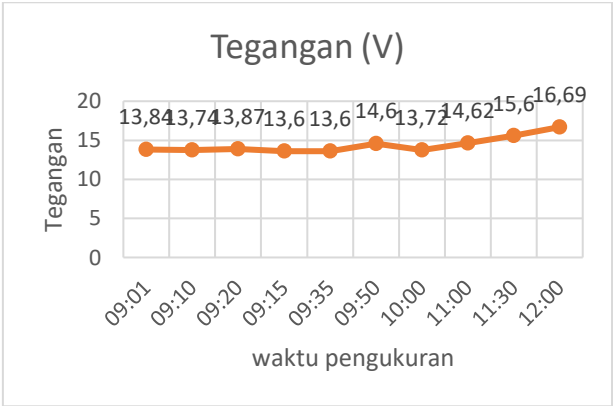
B = Berawan

Dari pengujian panel berdasarkan hasil yang di dapatkan pada tabel diatas pengukuran dimulai pada jam 09:00 sampai pada jam 12:00 dengan tegangan terendah 13,78 V dan tegangan maks 16,69 V, maka dapat dihitung tegangan rata-rata pada pengujian ini yaitu :

$$\bar{x} = \frac{\text{jumlah keseluruhan waktu}}{\text{banyak data}}$$

$$\bar{x} = \frac{143,86}{10} = 14,38V$$

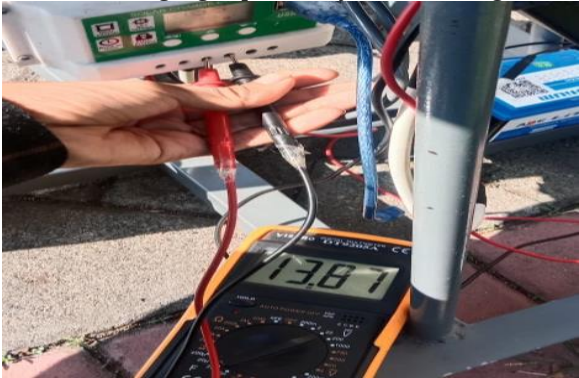
Jadi pada pengujian tegangan rata-rata yang dihasilkan oleh panel adalah 14,38V.



Gambar 20. Grafik tegangan tracking panel surya

Hasil pengujian yang diperoleh adalah yang dilakukan pada siang hari dengan intensitas cahaya matahari yang cukup tinggi , hal ini membuktikan LABahwa besarnya tegangan yang dihasilkan sel surya bergantung pada intensitas cahaya matahari pada saat pengujian . Tegangan keluaran yang dihasilkan (Placeholder1) akan menurun jika terkena sinar matahari yang tidak optimal atau mendung.

d) Hasil dan perbandingan tracking dan non tracking
Tabel tegangan panel surya non tracking



Gambar 21. Pengukuran panel non tracking dari SCC

Tabel 6. hasil pengukuran panel non tracking

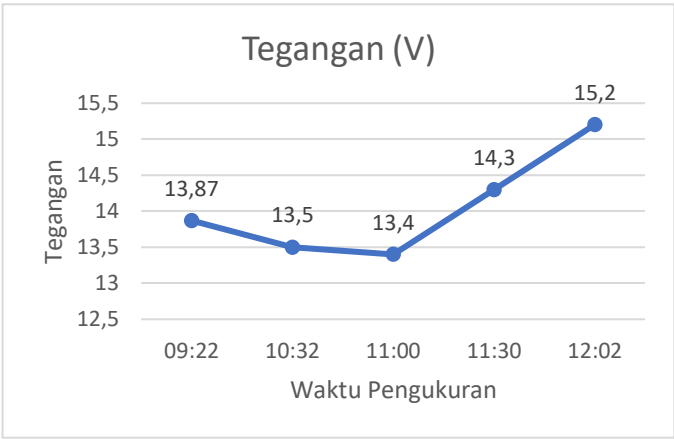
Menit	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)	Kodisi Cuaca
09:22	13,87	0.15	2,319	C
10:32	13,5	0.40	5,32	SB
11:00	13,4	1.16	15,29	SB
11:30	14,3	2.15	30,74	C
12:02	15,2	3.12	47,42	C

Keterangan :

C = Cerah

SB = Sedikit Berawan

B = Berawan



Gambar 22. Grafik tegangan pada panel non tracking

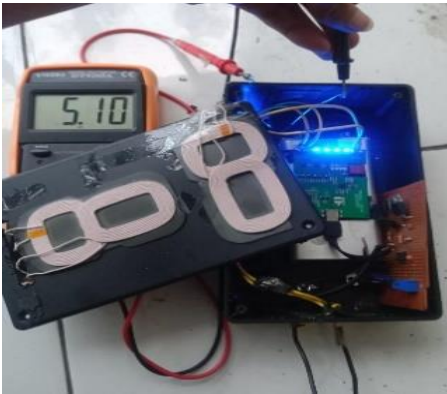
Jadi berdasarkan grafik diatas pada percobaan diatas saat kondisi tegangan dari panel yang memakai tracking lebih stabil saat cuaca sedikit mendung, karena menyesuaikan arah sinar radiasi matahari, jadi pada percobaan ini dapat disimpulkan percobaan menggunakan tracking akan sedikit menaikkan dan mengstabilkan tegangan dan arus walaupun perbedaan tidak terlalu signifikan.

B. Pengujian Pengisian Baterai Powerbank

a. Tujuan

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memastikan apakah baterai mampu menerima daya dari panel surya dengan baik dan mengetahui berapa lama pengisian baterai yang dilakukan pada siang hari.

b. Langkah Pengujian



Gambar 23. Pengujian baterai powerbank

Pada gambar 16 pengukuran tegangan pada baterai, powerbank menggunakan baterai berkapasitas maksimal 20000 mAh dengan tegangan 4,3 Volt serta tegangan output bisa dinaikan menjadi 5,10 volt seperti pada gambar. pada pengukuran ini menggunakan multimeter dimana tegangan saat powerbank berada pada angka 1% yaitu 2,1 volt, saat pengukuran baterai powerbank 100% maka tegangan maksnya yaitu 5V yang akan dialirkan ke wireless charger, pada gambar 17 menunjukan angka yang berbeda yaitu 5 volt. Hal ini terjadi karena panel surya telah terpapar sinar matahari selama 290 menit.

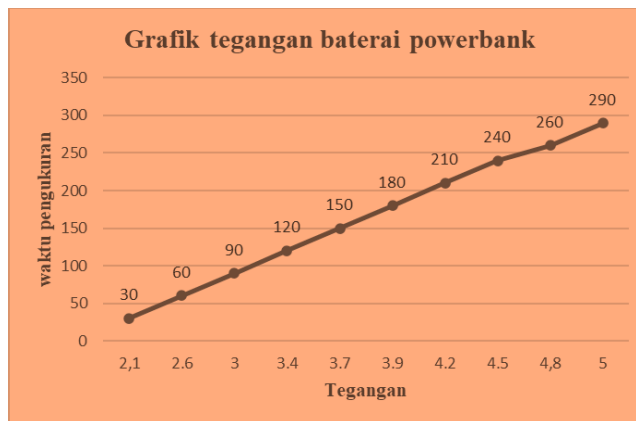
Pada modul ini dikarenakan digunakan baterai litium polimer harus menggunakan kontrol tegangan atau SCC agar terjadi overvoltage pada baterai powerbank, alasan digunakan polimer karena untuk mengurangi terjadi kerusakan pada baterai handphone saat dilakukan pengecasan wireless.

Jadi pada pengujian diatas dapat disimpulkan bahwa panel surya bisa bekerja maksimal dan mengisi baterai powerbank dengan baik. Pengujian pengisian baterai powerbank dicatat setiap terjadinya kenaikan tegangan untuk mendapatkan hasil dan akan ditulis menggunakan tabel.

c. Hasil dan Analisa

Tabel 7. Pengujian baterai powerbank

Waktu (Menit)	Tegangan (V)
30	2,1
60	2.6
90	3,0
120	3.4
150	3.7
180	3.9
210	4.2
240	4.5
260	4,8
290	5,1



Gambar 24. Grafik pengujian baterai powerbank

Pada grafik diatas percobaan dimulai dari tegangan baterai powerbank 2,1 V pada 30 menit awal, pengukuran sampai mendapat tegangan maksimal output dari baterai.

Baterai power bank diisi menggunakan sel surya dan memiliki baterai 5 volt untuk menyimpan daya yang kemudian disalurkan ke sistem . Pengujian baterai power bank yang dilakukan pada Tabel 5 menunjukkan bahwa pada tegangan 5 volt, baterai power bank dapat terisi penuh dalam waktu 290 menit.

Pengukuran tegangan pada baterai powerbank menggunakan amper meter dimana tegangan awal yang diukur adalah 2,1 volt dan pengukuran selanjutnya berbeda yaitu 5 volt. Hal ini terjadi karena panel surya telah terpapar sinar matahari selama 290 menit sehingga adanya penambahan tegangan. Jadi pada pengujian pada gambar grafik 18 dapat disimpulkan bahwa panel surya

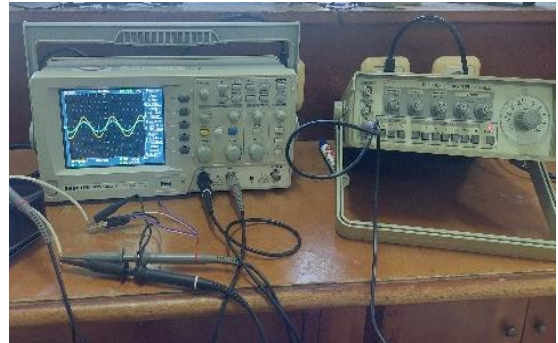
bisa bekerja maksimal dan mengisi baterai powerbank dengan baik.

C. Pengujian Transfer Daya

a. Tujuan

Tujuan dari pengujian ini yaitu untuk memastikan apakah lilitan primer mampu mentransfer daya pada lilitan sekunder dengan frekuensi yang telah ditentukan.

b. Langkah



Gambar 25. Function generator dan osiloskop

Pengujian menggunakan function generator dan osiloskop seperti gambar 19 pada beberapa frekuensi menghasilkan gelombang sinyal input dan output yang berbeda. Pengujian dilakukan beberapa kali agar mendapatkan nilai frekuensi yang maksimal. Uji coba dilakukan dari frekuensi 50 kHz sampai 160 KHz.

Alat yang sudah dirangkai akan diuji cobakan kembali untuk memastikan apakah alat bisa bekerja dengan normal atau tidak. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan system wireless pada pengisian baterai handphone.

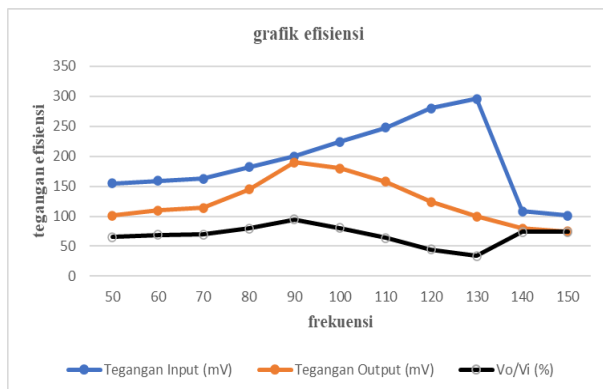
c. Hasil dan Analisa

Tabel 8. Pengujian wireless

Frekuensi (KHz)	Tegangan Input (mV)	Tegangan Output (mV)	Vo/Vi (%)
50	155	101	65,16
60	159	110	69,18
70	163	114	69.94
80	182	145	79.67
90	200	190	95
100	224	180	80.36
110	248	158	63.71
120	280	124	44.29
130	296	100	33.78
140	108	80	74.07
150	101	75	74,25

Dari data pengujian tabel 6 menunjukkan bahwa nilai maksimal diperoleh pada frekuensi 90 kHz dengan efisiensi 95%, berarti sistem wireless bekerja optimal

pada frekuensi 90 kHz, berikut ini merupakan grafik dari percobaan tersebut adalah sebagai berikut.



Gambar 26. Grafik efisiensi transfer daya terhadap frekuensi

Keterangan :

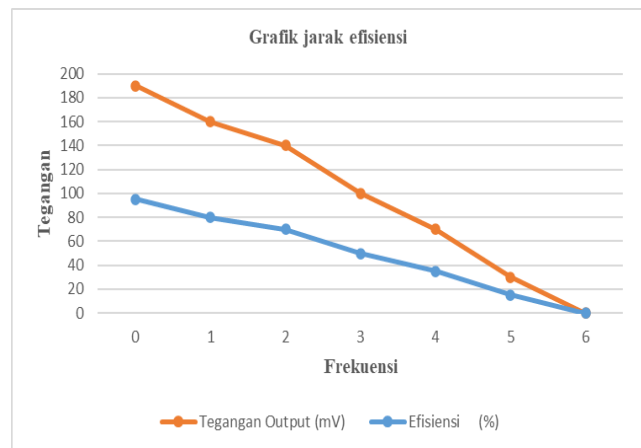
Warna Biru = Tegangan Input
Warna Oren = Tegangan Output
Warna hitam = V_o/V_i (%)

Dari hasil pengamatan yang ditunjukkan pada gambar grafik 20 yaitu efisiensi daya terhadap frekuensi yang disalurkan diperoleh nilai maksimal frekuensi osilasi yang digunakan yaitu sebesar 90 kHz. Frekuensi osilasi ini digunakan untuk menyalurkan daya dari lilitan primer menuju lilitan sekunder, sehingga daya yang disalurkan lebih maksimal dibandingkan dengan menggunakan frekuensi lainnya.

Pengujian selanjutnya bertujuan untuk melihat efisiensi daya terhadap jarak antar lilitan. Pengukuran nilai daya output dilakukan dengan jarak antar lilitan yaitu 0 cm sampai 5 cm. hasil yang diperoleh dari pengukuran tersebut ditampilkan pada tabel dan grafik sebagai berikut.

Tabel 9. Efisiensi transfer daya terhadap jarak antar lilitan

Jarak (Cm)	Tegangan Input (mV)	Tegangan Output (mV)	Arus (mA)	Daya (W)	Efisiensi (%)
0	200	190	200	38000	95
1	200	180	150	27000	90
2	200	160	100	16000	80
3	200	145	50	7250	72
4	200	110	20	2200	55
5	200	60	0	0	30
6	200	10	0	0	0



Gambar 27. Grafik efisensi jarak coil

Keterangan :

Warna Oren = Tegangan Output
Warna Biru = Efisiensi

Dari gambar grafik 21 menunjukkan bahwa jarak antar lilitan berbanding lurus dengan efisiensi daya. Semakin panjang jarak antar lilitan maka akan semakin rendah efisiensi daya yang dihasilkan. Apabila semakin dekat jarak antar lilitan maka akan semakin besar pula nilai efisiensi daya yang diperoleh. Sehingga pada system pengisian wireless ini efisiensi daya yang maksimal ditunjukkan pada lilitan yang tidak memiliki jarak atau 0 cm.

D. , Pengujian Keseluruhan

Alat yang sudah dirangkai akan diuji cobakan kembali untuk memastikan apakah alat bisa bekerja dengan normal atau tidak. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan system wireless pada pengisian baterai handphone.

a) Tujuan

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memastikan apakah baterai handphone mampu menerima daya dari powerbank dengan baik dan mengetahui berapa lama pengisian baterai handphone.

b) Langkah Pengujian

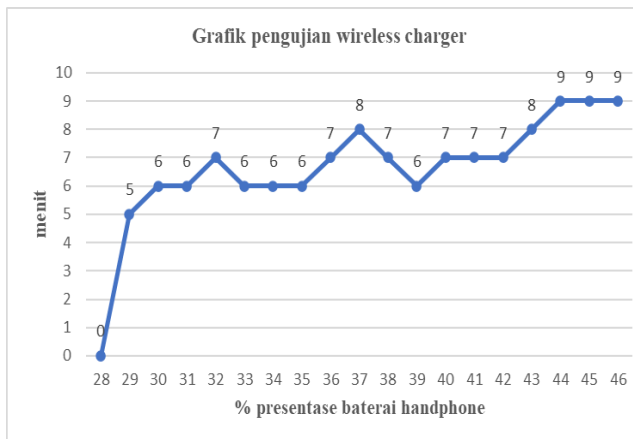
Kondisi awal sebelum mengisi baterai handphone yaitu 28% sampai dengan 46%. Pengujian pengisian baterai handphone dicatat setiap terjadinya kenaikan 1% untuk mendapatkan hasil yang akan ditulis menggunakan tabel dan grafik.

c) Hasil dan Analisa

Tabel 10. Pengujian baterai handphone

% Baterai Handphone	Waktu (menit)	Waktu Kumulatif
28	0	0
29	5	5
30	6	11
31	6	17
32	7	24

33	6	30
34	6	36
35	6	42
36	7	49
37	8	57
38	7	64
39	6	70
40	7	77
41	7	84
42	7	91
43	8	99
44	9	108
45	9	117
46	9	126



Gambar 28. Grafik pengujian baterai handphone

Pengujian pengisian baterai handphone dilakukan dengan memperhatikan kenaikan baterai handphone setiap 1%. Dapat dilihat pada gambar grafik 22 bahwa rata-rata kenaikan setiap 1% baterai handphone memerlukan waktu menit. Rata-rata tersebut diperoleh dari perhitungan:

$$\bar{x} = \frac{\text{jumlah keseluruhan waktu}}{\text{banyak data}}$$

$$\bar{x} = \frac{126}{18} = 7$$

Keterangan :

$\bar{x}$ = Rata-rata

Pada pengisian baterai hanphone dengan melihat persen (%) dimana baterai hanphone 36% dan pada percobaan selanjutnya menunjukkan angka yang berbea yaitu 39%. Hal ini terjadi karena powerbank mampu mengirimkan daya kepada henphone yang ditempelkan selama 126 menit. Jadi pada pengujian tabel 8 dapat disimpulkan bahwa powerbank mampu bekerja maksimal dan baik, dibuktikan dengan perbedaan angka yang dihasilkan pada percobaan tersebut.

Pengujian selanjutnya bertujuan mengukur tegangan, arus, dan daya yang akan dikeluarkan oleh powerbank dan akan diterima oleh Load (beban). Dalam pengujian ini menggunakan resistor 4 oHm sebagai

beban. Hasil dari pengujian ditunjukkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 11. Pengujian tegangan powerbank

Tegangan	Arus	Daya
5,1	2	10

Tegangan powerbank diuji dengan cara menggunakan alat ukur yaitu aparameter. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan + amperemeter dengan + pada baterai powerbank begitu juga dengan – pada amperemeter dihubungkan juga dengan – pada powerbank sehingga didapatkan hasil seperti pada tabel 9. Pada tabel 9 pengujian tegangan powerbank menunjukan bahwa Ketika tegangan 5V arus yang dihasilkan yaitu sebesar 2A dan nilai daya yaitu 10W.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan percobaan yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa pembangkit panel surya bekerja sesuai intensitas sinar matahari. Apabila terkena cahaya matahari yang tidak maksimal atau berawan, tegangan Output yang dihasilkan menurun. Kebutuhan tegangan yang bisa diterima oleh load (handphone) yaitu rata-rata 5 volt, karena baterai litium polymer yang ada pada suatu handphone berkapasitas 3,7 sampai 5 V.

Baterai powerbank mampu menerima daya yang diberikan oleh panel surya dengan baik, baterai powerbank 20,000 mAh dapat terisi 290 menit dengan tegangan yang dihasilkan yaitu 5 volt. Baterai handphone dapat menerima daya yang diberikan oleh powerbank dengan rata-rata kenaikan setiap 1% baterai memerlukan waktu selama 7 menit. System pengisian nirkabel pada penelitian ini menggunakan panel surya 100 WP dengan transmisi daya menggunakan 2 buah kumparan yang bekerja pada frekuensi 90 kHz.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. K. Aminardi and A. Z. Falani, "Sistem Pendukung Keputusan Untuk Pemilihan Powerbank Sesuai Budget Menggunakan Metode Simple Additive Weighting (SAW)". Vol. 26, No. 2, 2017
- [2] Y. A. Rezeki, A. Zahra, A. A. Kamilla, F. Ramadhani., "Mini Review: Wireless Charging Sebagai Inovasi Pengembangan Teknologi Elektromagnetik Dalam Menuju Era Society 5.0." Jurnal Pendidikan Fisika, vol.7, no.2, 2022.
- [3] Kodrat Wirawan Fauzi¹, Teguh Arfianto², Nandang Taryana³ "Perancangan dan Realisasi Solar Tracking System Untuk Peningkatan Efisiensi Panel Surya Menggunakan Arduino Uno" Vol.4, No.1, Mei 2018, pp. 64~75
- [4] Khusnul Hidayat, Mohammad Chasrun Hasani, Nur Alif Mardiyah, dan Machmud Effendy "Strategi Pengisian Baterai pada Sistem Panel Surya Standalone Berbasis Kontrol PI Multi-Loop" Jurnal Teknik Elektro Vol. 13 No. 1
- [5] Alfarid, H. Y., "Sistem Pengisian Baterai Nirkabel Dengan Panel Surya Menggunakan Mikrokontroler Teensy" 2018
- [6] S. Yuwono, D. Diharjo, dan N. W. Pratama, "Manfaat Pengadaan Panel Surya dengan Menggunakan Metode On Grid," Jurnal Energi & Kelistrikan, vol. 13, no. 2, hlm. 161–171, Des 2021, doi: 10.33322/energi.v13i2.1537.
- [7] M. Nasution, "Karakteristik Baterai Sebagai Penyimpan Energi Listrik Secara Spesifik," Jurnal Teknologi Elektro, VO. 6, No. 1, 2021
- [8] Supriyati, S. Pengajar Jurusan Teknik Elektro, P. H. Negeri Semarang Jl Soedarto, and S. Tembalang Semarang, "Rancang Bangun Sensor Gesture Sebagai Pengganti Saklar Pengontrol Lampu Tanpa Sentuhan." Vol. 17, no. 1, 1 Maret 2021 : 12-22
- [9] Atman, "Penggunaan Filter Kapasitif Pada Rectrifier Satu Phasa dan Tiga Phasa Menggunakan Power Simulator (PSIM)", Jurnal Sain, Energi, Teknologi dan Industri, Vol. 2 no.1, 2017, pp 18-26
- [10] G. Febriyani Pratiwi and B. Ayuningtyas, "Desain Rectifier pada Teknologi CMOS AMS 0,35 untuk mendukung Tag Radio Frequency Identification (RFID) Pasif 13,56 MHz", Jurnal Tera, Vol. 1, 2021
- [11] A. H. Yuwono, I. S. Faradisa, R. Cahyo, and M. Putra, "Smart Farming Dengan Pembangkit Hybrid Berbasis Iot Sebagai Kontrol Dan Monitoring Di Area Pertanian," J. Mhs. Tek. Inform., vol. 8, no. 1, pp. 16–23, 2024.
- [12] A. H. Yuwono, R. Diharja, and M. Wahyu Solihin, "Sistem Pengisian Daya Secara Wireless Menggunakan IoT Berbasis Tracking Panel Surya," Pros. SENIATI, vol. 7, no. 2, pp. 252–258, 2023, doi: 10.36040/seniati.v7i2.8045.
- [13] A. H. Yuwono, M. Rivai, and T. A. Sardjono, "Solar Panel-based Wireless Battery Charging System using Fuzzy Control Method," IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., vol. 847, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/847/1/012088.
- [14] S. Hadi, P. Diptya Widayaka, R. Putra, and R. Diharja, "Pengukuran Jarak Pada Mobile Robot Menggunakan Xbee Berdasarkan Nilai Receive Signal Strength Indicator (RSSI)," Jurnal, vol. 2, no. 1, pp. 66–70, 2020, doi: 10.30812/bite.v2i1.813.
- [15] C. Empowerment, "Automated steam engine technology for eco-printing batik: Empowering community economies," vol. 9, no. 5, pp. 797–803, 2024.
- [16] A. H. Yuwono, D. Pembimbing, P. Magister, B. K. Elektronika, D. T. Elektro, and F. T. Elektro, "SISTEM PENGISIAN BATERAI NIRKABEL DENGAN," 2020.
- [17] M. Ardita, A. H. Yuwono, G. Kusrahardjo, R. P. M. D. Labib, and K. A. Widodo, "Preliminary assessment on the performance of long distance wireless data transmission for disaster early warning system," AIP Conf. Proc., vol. 3077, no. 1, p. 50067, Jul. 2024, doi: 10.1063/5.0216537.
- [18] R. C. M. Putra, I. S. Faradisa, J. T. Elektro, and F. T. Industri, "BERBASIS IOT PADA IRIGASI PERTANIAN BAWANG HYBRID," vol. 8, pp. 374–383, 2024.
- [19] D. Christanto, R. Diharja, M. Mardiono, P. D. Widayaka, and A. H. Yuwono, "Mirroring Display KWH Meter untuk Memantau Penggunaan Daya Listrik Menggunakan Mikrokontroler ESP32-CAM," J. Bumigora Inf. Technol., vol. 3, no. 2, pp. 161–174, 2022, doi: 10.30812/bite.v3i2.1613.

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Bima Desa Sari Tanggal 27 Agustus 2001 dengan latar belakang pendidikan SLTA di SMA Negeri 1 Sape pada tahun 2016 dengan memilih jurusan Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) hingga lulus pada tahun 2019. Selanjutnya melanjutkan Pendidikan di perguruan tinggi Strata 1 di Institut Teknologi Nasional Malang dengan konsentrasi Energi Listrik berfokus dalam bidang energi terbarukan, berikut Alamat Email penulis yaitu: dirankurniawan583@gmail.com