

PROTOTYPE PEMANFAATAN MAGNET SEBAGAI SUMBER PEMBANGKIT LISTRIK RAMAH LINGKUNGAN

SKRIPSI

Oleh:

JOSDI SILALAH

21.812.0032



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2025**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 6/5/26

Access From (repository.uma.ac.id)6/5/26

PROTOTYPE PEMANFAATAN MAGNET SEBAGAI SUMBER PEMBANGKIT LISTRIK RAMAH LINGKUNGAN

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh

Gelar Sarjana di Fakultas Teknik

Universitas Medan Area

Oleh :

JOSDI SILALAH

21.812.0032

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2025

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Prototype Pemanfaatan Magnet Sebagai Sumber
Pembangkit Listrik Ramah Lingkungan

Nama : Josdi Silalahi

NPM : 218120032

Fakultas : Teknik



Disetujui

Komisi Pembimbing


Muhammad Fadlan Siregar, ST., MT., IPM

Pembimbing



Dekan



Ka.Prodi

Tanggal Lulus : 01 September 2025

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



Medan, Agustus 2025



Josdi Silalahi

218120032

**HALAMAN PERNYATAAN PERSE TUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR/SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Josdi Silalahi
NPM	: 218120032
Program Studi	: Teknik Elektro
Fakultas	: Teknik
Jenis Karya	: Tugas Akhir/Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“PROTOTYPE PEMANFAATAN MAGNET SEBAGAI SUMBER PEMBANGKIT LISTRIK RAMAH LINGKUNGAN”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini universitas medan area berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir/skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan

Pada Tanggal : 10 September 2025

Yang menyatakan



(JOSDI SILALAH)

ABSTRAK

Josdi silalahi. 218120032, Prototype Pemanfaatan Magnet Sebagai Sumber Prmbangkit Listrik Ramah Lingkungan, Dibimbing Oleh Muhammad Fadlan Siregar ST., MT., IPM

Kebutuhan energi listrik yang terus meningkat mendorong pengembangan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun prototipe pembangkit listrik menggunakan gaya tolak-menolak dan tarik-menarik antar medan magnet permanen untuk menghasilkan gerakan mekanis yang dikonversi menjadi energi listrik melalui induksi elektromagnetik. Metode penelitian mencakup perancangan sistem, pemilihan material (magnet neodmium dan kawat tembaga), perakitan komponen, serta pengujian kinerja. Hasil menunjukkan prototipe mampu menghasilkan tegangan sebesar 1,2 volt dan arus 15 mA pada kecepatan rotasi tertentu, cukup untuk menyalakan LED. Temuan ini menunjukkan potensi penggunaan magnet permanen sebagai sumber energi alternatif yang bersih dan bebas emisi. Meski masih dalam skala kecil, penelitian ini menjadi langkah awal dalam pengembangan pembangkit listrik magnetik yang efisien dan dapat dikembangkan untuk kebutuhan masyarakat secara lebih luas.

***Kata kunci:* energi alternatif; pembangkit listrik magnetik, induksi elektro magnetik, magnet permanen, ramag lingkungan, prototipe.**

ABSTRACT

Josdi Silalahi, 218120032, Prototype Utilization of Magnets as an Environmentally Friendly Power Generation Source, Supervised by Muhammad Fadlan Siregar, ST., MT., IPM

The increasing demand for electricity has encouraged the development of environmentally friendly alternative energy sources. This study aims to design and construct a prototype power generator that utilizes the repulsive and attractive forces between permanent magnetic fields to produce mechanical motion, which is then converted into electrical energy through the principle of electromagnetic induction. The research method includes system design, selection of materials (neodymium magnets and copper wire), component assembly, and performance testing. Test results show that the prototype can generate a voltage of 1.2 volts and a current of 15 mA at a certain rotational speed, sufficient to power a light load such as an LED. These findings demonstrate the potential of permanent magnets as a clean, emission-free alternative energy source. Although still on a small scale, this research provides an initial step in the development of magnetic-based power generation systems that can be further improved for greater efficiency, output stability, and scalability for practical use in society.

Keywords: Alternative Energy; magnetic power generation, electromagnetic induction, permanent magnet, environmentally friendly, prototype

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Dolok martali-tali pada tanggal 26 juni 2002 dari Kawan Silalahi dan ibu Hermin Marpaung. Penulis merupakan anak ke 4 dari 6 bersaudara.

Tahun 2021 Penulis lulus dari SMK Swasta Parulian 4 porsea dan pada tahun 2021 terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area jurusan Teknik Elektro

Pada tanggal 12 Agustus 2024 sampai 15 September tahun 2024 penulis melakukan praktek kerja lapangan (PKL) di PT. PLN ULP PANGURURAN



KATA PENGANTAR

Puji serta syukur penulis panjatkan Kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala rahmad dan karunianya sehingga Proposal ini telah berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini ialah rancangan bangun teknologi dengan judul **“Pemanfaatan Magnet Sebagai Sumber Pembangkit Ramah Lingkungan”**.

Dalam penulisan skripsi ini, Penulis mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, baik berupa material, moral dan spritual, Selayaknya penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Ucapan Terima Kasih Saya yang sebesar – besarnya kepada kedua orang tua saya yang telah memberikan perhatian dan kasih sayang yang luar biasa dalam mendukung saya untuk menempuh pendidikan
2. Bapak Prof.Dr. Dadan Ramdan,M.Eng,M.Sc, selaku rektor Universitas Medan Area
3. Bapak Dr. Eng Suprianto S.T M.T, selaku dekan fakultas Teknik Universitas Medan Area
4. Bapak Ir. Habib Satria, M.T,M.Kom, IPM ASEAN Eng, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Falkultas Teknik Medan Area.
5. Bapak Muhammad Fadlan Siregar S.T ,M.T, IPM. Selaku Dosem Pembimbing Untuk Tugas Akhir Ini Yang Memberi Saran Dan Kritik Yang Membangun Dalam Penyusunan Tugas Akhir Ini.
6. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Elektro dan Staff pegawai civitas akademis Fakultas Teknik Elektro Universitas Medan Area

7 Serta Seluruh teman seperjuangan angkatan stambuk 2021 Fakultas
Teknik Elektro Universitas Medan Area

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih memiliki kekurangan oleh karena itu kritikan dan juga saran yang bersifat membangun sangatlah penulis harapkan demi menunjang kesepakatan tugas akhir ini. Penulis juga berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan pendidikan maupun kepada masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya.



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN... ..	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iv
ABSTRAK.....	v
RIWAYAT HIDUP... ..	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematik Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Landasan Teori	6
2.1.1. Prinsip Kerja Dinamo	6
2.1.2. Kemagnetan... ..	7
2.1.3. Momen Inersial... ..	8
2.1.4. Energi Kinetik.....	8
2.1.5. Daya Listrik	9
2.2. Penelitian Terkait.....	9
2.2.1. Penelitian pada Pembangkit Listrik Tenaga Magnetik.....	10
2.2.2. Potensi Energi Magnetik Sebagai Alternatif PLTU	10
2.3. Energi Magnetik Sebagai Alternatif Energi Ramah Lingkungan	11
2.3.1. Keunggulan Energi Magnetik	11
2.3.2. Tantangan Implementasi	12
2.4. Aplikasi Teknologi Magnetik	12

2.4.1.	Penerapan pada Kendaraan Listrik	12
2.4.2.	Generator Skala Kecil	13
2.4.3	Penggunaan pada Sistem Energi Terbarukan	13
2.4.4	Peralatan Elektronik	13
2.4.5.	Penerapan pada Pembangkit Listrik Magnetik.....	14
2.5.	Perbandingan dengan PLTU	14
2.5.1.	Prinsip Kerja PLTU dan PLTM	14
2.5.2.	Dampak Lingkungan.....	15
2.5.3.	Efisiensi Energi	16
2.5.4.	Perbandingan Biaya dan Operasional	16
2.5.5.	Tabel Perbandingan PLTU dan PLTM	16
2.5.6.	Kesimpulan Perbandingan	17
2.6.	Komponen Kontruksi Pembangkit Listrik Tenaga Magnet.....	19
2.6.1.	Magnet Neodymium	19
2.6.2.	Dinamo DC (3 Volt)	19
2.6.3.	Lampu LED USB.....	20
2.6.4.	Kawat Tembaga	21
2.6.5.	Rotor magnet	21
2.6.6.	Modul Step-Up USB (Booster Converter).....	22
BAB III	METODE PENELITIAN.....	24
3.1.	Pendahuluan.....	24
3.2.	Tempat dan Waktu Penelitian	25
3.2.1.	Tempat Penelitian	25
3.2.2.	Waktu Penelitian	25
3.3.	Alat dan bahan	26
3.3.1.	Alat	26
3.3.2.	Bahan	26
3.4.	Rancang Anggaran Biaya	26
3.5.	Tahap Penelitian.....	27
3.6.	Populasi dan Sampel.....	28
3.6.1	Populasi.....	28
3.6.2	Sampel	28
3.7.	Diagram Alir Pembuatan Alat	29

3.8. Blok Diagram Sistem.....	31
3.9. Skema Rangkaian	32
3.10. Rangkaian Gambar.....	33
3.11. Prosedur Kerja.....	36
3.12. Metode Analisa	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Hasil Rangkaian Prototipe	39
4.2. Cara Kerja Prototipe.....	40
4.3. Hasil Pengujian Prototipe	42
4.4. Pembahasan	45
4.5. Efisiensi dan Potensi Ramah Lingkungan.....	46
4.6. Perhitungan dan Analisis Energi Listrik	46
4.6.1. Perhitungan Gaya Magnet.....	47
4.6.2. Perhitungan Energi Kinetik Rotasi.....	48
4.6.3. Perhitungan Daya Listrik (Output Generator)	49
4.6.4. Efisiensi Konversi Energi.....	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	51
5.1. Kesimpulan.....	51
5.2. Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN.....	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Prinsip Kerja Dinamo	7
Gambar 2. 2 Prinsip Kerja Energi Magnetik	11
Gambar 2. 3 Perbandingan Prinsip Kerja PLTU dan PLTM	15
Gambar 2. 4 Magnet Neodymium	19
Gambar 2. 5 Dinamo DC (3 Volt)	20
Gambar 2. 6 LampuLED	21
Gambar 2. 7 Kawat tembaga	22
Gambar 2. 8 Rotor magnet	22
Gambar 2. 9 Step-Up USB	24
Gambar 3. 1 Flowchat pembuatan alat	30
Gambar 3. 2 Blok Diagram Sistem.....	32
Gambar 3. 3 Rangkain Alat prototype Pembangkit Listrik Magnetik.....	34
Gambar 4. 1 Prototipe tampak depan	40
Gambar 4. 2 Prototipe tampak atas.....	40
Gambar 4. 3 Prototipe tampak samping	40
Gambar 4. 4 Cara kerja prototype.....	41
Gambar 4. 5 Hasil Percobaan Menit Ke 1.....	44
Gambar 4. 6 Hasil Percobaan Menit Ke 5.....	44
Gambar 4. 7 Hasil Percobaan Menit Ke 10.....	45
Gambar 4. 8 Perhitungan dan analisi energi listrik.....	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan PLTU dan PLTM.....	17
Tabel 3. 1 Jadwal Waktu Penelitian	26
Tabel 3. 2 Alat	27
Tabel 3. 3 Bahan.....	27
Tabel 3. 4 RAB.....	28
Tabel 4. 1 Data Hasil Pengujian Prototipe.....	45
Tabel 4. 2 Perhitungan dan Analisis Energi Listrik	51



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan sumber energi yang bersih dan berkelanjutan menjadi salah satu isu utama di era modern. Ketergantungan manusia pada bahan bakar fosil, seperti minyak bumi, batu bara, dan gas alam, telah menimbulkan berbagai dampak negatif terhadap lingkungan. Polusi udara, emisi gas rumah kaca, dan perubahan iklim global menjadi ancaman serius bagi kelangsungan hidup di bumi (*Smith & Johnson, 2020*). Di sisi lain, cadangan energi fosil semakin menipis akibat eksploitasi yang terus menerus (*International Energy Agency, 2021*). Untuk itu, diperlukan solusi inovatif dalam pengembangan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan, berkelanjutan, dan efisien untuk mendukung kebutuhan energi masa depan.

Dalam upaya mencari solusi, salah satu teknologi yang menarik perhatian adalah pemanfaatan magnet sebagai pembangkit listrik. Prinsip kerja magnet dalam menghasilkan listrik berlandaskan pada hukum induksi elektromagnetik yang ditemukan oleh Michael (Zhang, L., & Chen, Y.2019). Hukum ini menyatakan bahwa pergerakan medan magnet terhadap kumparan dapat menghasilkan arus listrik. Teknologi ini telah diterapkan pada generator listrik yang digunakan secara luas, tetapi inovasi dalam pengembangan perangkat kecil dan efisien berbasis magnet masih memiliki potensi besar untuk dieksplorasi, khususnya dalam mendukung kebutuhan energi ramah lingkungan (*Brown et al., 2019*).

Penggunaan magnet sebagai pembangkit listrik ramah lingkungan memiliki beberapa keunggulan. Pertama, sumber energinya dapat berasal dari gerakan

mekanis yang dihasilkan oleh angin, air, atau bahkan tenaga manusia, sehingga bebas dari emisi karbon (*Green Energy Research Center, 2022*). Kedua, perangkat berbasis magnet memiliki desain yang relatif sederhana, menjadikannya mudah untuk diimplementasikan, bahkan di daerah terpencil yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik konvensional (*Ahmed & Zhou, 2020*). Dengan demikian, teknologi ini tidak hanya berkontribusi pada pelestarian lingkungan, tetapi juga memiliki nilai ekonomi tinggi karena dapat digunakan dalam skala kecil maupun besar.

Di tengah tantangan global untuk mengurangi emisi karbon dan meningkatkan efisiensi energi, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun prototipe pembangkit listrik berbasis magnet. Prototipe ini dirancang dengan pendekatan yang sederhana dan hemat biaya sehingga dapat diaplikasikan untuk kebutuhan listrik sehari-hari, seperti pengisian daya perangkat kecil atau penerangan darurat (*Lopez et al., 2021*). Selain itu, penelitian ini juga akan mengeksplorasi sejauh mana efisiensi perangkat ini dapat ditingkatkan agar lebih kompetitif dibandingkan teknologi pembangkit listrik lainnya (*Energy Innovations Journal, 2023*).

Dengan berkembangnya kebutuhan akan energi yang bersih, efisien, dan berkelanjutan, penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan teknologi energi terbarukan. Pemanfaatan magnet sebagai pembangkit listrik bukan hanya menawarkan solusi teknis, tetapi juga menjadi wujud nyata dari komitmen terhadap pelestarian lingkungan (*UN Climate Report, 2024*). Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi pengembangan lebih lanjut dan penerapan luas di berbagai sektor, sekaligus mendorong terciptanya inovasi baru dalam bidang energi.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan premis-premis di atas, maka rumusan masalah penelitian adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membangun prototipe pembangkit listrik berbasis magnet yang sederhana, efisien, dan ramah lingkungan?
2. Sejauh mana efisiensi prototipe pembangkit listrik berbasis magnet dalam menghasilkan energi listrik untuk kebutuhan skala kecil?
3. Bagaimana potensi penerapan prototipe pembangkit listrik berbasis magnet sebagai solusi energi alternatif di daerah terpencil atau sebagai pendukung energi terbarukan?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Merancang dan membangun prototipe pembangkit listrik berbasis magnet yang ramah lingkungan dan efisien.
2. Menganalisis kinerja dan efisiensi prototipe dalam menghasilkan energi listrik untuk kebutuhan skala kecil.
3. Mengevaluasi hasil perancangan Prototype Pemanfaatan Magnet Sebagai Sumber Pembangkit Listrik Ramah Lingkungan

1.4. Batasan Masalah

1. Merancang dan membangun prototipe pembangkit listrik magnet yang efisien dan ramah lingkungan.
2. Menganalisis kinerja dan efisiensi prototipe untuk kebutuhan energi skala kecil.

3. Studi ini terbatas pada pengembangan dan pengujian prototipe di skala laboratorium.

1.5. Manfaat Penelitian

1. Menghasilkan prototipe pembangkit listrik magnet untuk energi skala kecil.
2. Menyediakan alternatif energi ramah lingkungan.
3. Menjadi referensi pengembangan teknologi energi terbarukan.

1.6. Sistematik Penulisan

Struktur atau sistematika penulisan dalam setiap bab pada penelitian ini disusun secara teratur dan terarah untuk memudahkan pembaca dalam memahami alur penelitian secara keseluruhan. Setiap bab disusun dengan tujuan yang jelas dan saling berkaitan untuk memberikan gambaran yang komprehensif tentang tahapan penelitian, mulai dari latar belakang hingga kesimpulan. Adapun sistematika penulisan pada masing-masing bab dijelaskan sebagai berikut:

1. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang pembuatan laporan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematik penulisan.

2. BAB II TEORI PENUNJANG

Bab ini berisi landasan teori berupa konsep dasar dalam penyusunan alat dan laporan sehingga menghasilkan karya yang bernilai ilmiah dan memiliki daya guna.

3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang metode penelitian alat yang digunakan, yang meliputi bagaimana cara pengambilan data.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang penyajian hasil pengujian alat serta pembahasan

5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan tentang simpulan dan saran dari pembuatan alat dan laporan sebagai upaya untuk perbaikan kedepan.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Landasan Teori

Landasan teori dalam penelitian ini mencakup prinsip dasar dinamo, kemagnetan, momen inersia, energi kinetik, dan daya listrik. Berikut adalah penjelasan lebih rinci mengenai setiap prinsip yang mendasari penelitian ini:

2.1.1. Prinsip Kerja Dinamo

Dinamo bekerja berdasarkan prinsip generator induksi elektromagnetik. Perputaran mekanis loop kawat dalam medan magnet menyebabkan perubahan fluks magnetik yang menghasilkan arus listrik. Prinsip ini dijelaskan melalui hukum Faraday, yaitu:

$$\varepsilon = - \frac{d \Phi_B}{dt} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

ε : Gaya gerak listrik

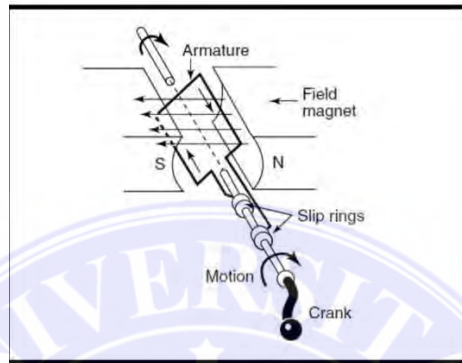
Φ_B : Fluks magnet ($wb = T \cdot m^2$)

t : Waktu (s)

Dinamo mengubah energi mekanik menjadi energi listrik, dengan komponen utama berupa rotor, stator, dan medan magnet.

Dinamo adalah alat yang mempunyai prinsip kerja seperti generator aplikasi induksi elektromagnetik. Perputaran merupakan metode mekanis untuk memutar loop kawat dalam medan magnet. Perubahan fluks magnetik melalui loop menghasilkan arus yang diinduksi. Sehingga dinamo dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Motor memiliki

komponen fisik yang sama kecuali Arus listrik yang dipasok ke loop memberikan torsi, yang mengubah loop. Oleh karena itu, motor dapat mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. (Thompson, R., & Patel, S. 2019). Prinsip kerja dinamo dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut:



Gambar 2. 1 Prinsip Kerja Dinamo
(Thompson, R., & Patel, S. (2019))

2.1.2 Kemagnetan

Magnet memiliki medan magnet yang ditandai dengan garis-garis gaya magnet. Garis-garis ini menunjukkan arah dan kekuatan medan magnet, di mana:

- a) Kutub utara (N) magnet menarik kutub selatan (S) magnet lain nya
- b) Medan magnet dihasilkan oleh magnet permanen seperti neodymium yang memiliki kekuatan medan magnet tinggi dan stabil.

Fluks magnet Φ_B Pada medan magnet di defenisikan sebagai:

$$\Phi_B = B \cdot A \cdot \cos \theta \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

B : Medan magnet (Tesla, T)

A : Luas bidang (m^2)

θ : Sudut antara medan magnet dan bidang penghantar.

Gaya magnet berbanding lurus dengan kekuatan kutub magnet dan berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya (Nelson, M., & Zhao, K.2019).

2.1.3. Momen Inersia

Momen inersia adalah ukuran resistensi suatu benda terhadap perubahan pada gerak rotasinya. Dalam sistem rotasi, momen inersia tergantung pada massa benda dan distribusi massa tersebut terhadap sumbu rotasi. Persamaan momen inersia untuk benda berbentuk batang adalah:

$$I = \frac{1}{2} mL^2 \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

I: Momen inersial (*kg · m*)

m: Massa benda (*kg*)

L: Panjang benda (*m*)

Momen inersia penting dalam penelitian ini karena memengaruhi kecepatan rotasi magnet dan efisiensi system (Serway & Jewett, 2018).

2.1.4. Energi Kinetik

Energi kinetik adalah energi yang dimiliki oleh suatu objek karena gerakannya. Dalam konteks gerak rotasi, energi kinetik dihitung menggunakan persamaan:

$$E_k = \frac{1}{2} I\omega^2 \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

E_k: Energi kinetic rotasi (joule)

I: Momen inersia(*kg · m²*)

ω : Kecepatan sudut rotasi (rad/s)

Persamaan ini menunjukkan bahwa energi kinetik rotasi bergantung pada momen inersia benda dan kecepatan sudutnya (Halliday, Resnick, & Walker, 2018).

2.1.5. Daya Listrik

Daya listrik menyatakan banyaknya energi listrik yang terpakai setiap satuan waktu. Sedangkan Energi listrik adalah energi yang timbul akibat pergerakan elektron bermuatan negatif pada suatu penghantar. Jumlah total energi yang dikonsumsi oleh suatu alat elektronik adalah watt dikalikan dengan jumlah waktu, yang dapat dinyatakan dalam satuan W/jam, atau lebih umumnya Kw/jam (Kwh) (Reyes, A., & Hamilton, T. 2021). Hal ini dapat dirumuskan secara matematis sebagai berikut:

$$P = V \cdot I \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

P: Daya listrik (Watt)

V: Tegangan listrik (volt)

I: Arus listrik (Ampere)

Daya listrik yang dihasilkan oleh prototipe dihitung menggunakan formula ini, dengan pengukuran tegangan dan arus yang dihasilkan selama pengujian (Young & Freedman, 2020).

2.2. Penelitian Terkait

Berbagai penelitian telah menunjukkan potensi magnet sebagai sumber energi alternatif, seperti penelitian oleh Yusuf Ismail dan Windarta yang menekankan pentingnya energi ramah lingkungan berbasis magnet dan kincir angin.

2.2.1. Penelitian pada Pembangkit Listrik Tenaga Magnetik

Penelitian mengenai potensi magnet sebagai penggerak utama dalam pembangkit listrik telah dilakukan oleh beberapa peneliti, di antaranya Yusuf Ismail (2016) dan Windarta et al. (2019). Berikut adalah ringkasan dari hasil penelitian mereka:

- a) Penelitian Yusuf Ismail (2016): Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan magnet permanen dapat menghasilkan energi listrik dengan efisiensi tinggi tanpa memerlukan bahan bakar tambahan. Sistem yang dirancang memanfaatkan medan magnet dari magnet neodmium sebagai elemen utama. Hasil penelitian ini menegaskan bahwa energi magnetik memiliki potensi sebagai energi alternatif yang ramah lingkungan.
- b) Penelitian Windarta et al. (2019): Windarta dan tim mengembangkan generator listrik skala kecil dengan memanfaatkan magnet permanen dan kincir angin Savonius sebagai sumber penggerakannya. Penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi magnet permanen dengan sistem kincir angin mampu meningkatkan efisiensi energi, menjadikannya solusi energi hijau untuk skala kecil.

2.2.2. Potensi Energi Magnetik Sebagai Alternatif PLTU

Menurut dokumen Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (*KESDM, 2020*), penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) berbahan bakar batu bara menghasilkan limbah B3 yang berbahaya dan mencemari lingkungan. Sebagai alternatif, energi magnetik menawarkan solusi yang ramah lingkungan karena tidak menghasilkan limbah dan sesuai untuk digunakan sebagai sumber energi terbarukan.

Penelitian menunjukkan bahwa prototipe tenaga magnetik dapat menghasilkan daya listrik hingga 6098,4 Watt dengan sistem yang sederhana. Hal ini menjadikan teknologi berbasis magnet sebagai alternatif potensial untuk menggantikan PLTU, khususnya dalam mendukung upaya global untuk mengurangi emisi karbon dan ketergantungan pada bahan bakar fosil.

2.3. Energi Magnetik Sebagai Alternatif Energi Ramah Lingkungan

Energi magnetik memiliki keunggulan seperti tidak menghasilkan limbah dan tidak memerlukan bahan bakar. Gambar 2.2 memperlihatkan prinsip kerja sistem tenaga magnetik (Halliday, Resnick, & Walker, 2018).



Gambar 2. 2 Prinsip Kerja Energi Magnetik
(AI-generated visual), 2025)

Energi magnetik memiliki keunggulan seperti tidak menghasilkan limbah dan tidak memerlukan bahan bakar.

2.3.1. Keunggulan Energi Magnetik

Energi magnetik menawarkan beberapa keunggulan dibandingkan sumber energi konvensional seperti PLTU:

1. Ramah Lingkungan: Tidak menghasilkan limbah berbahaya

2. Efisiensi Tinggi: Magnet permanen seperti neodymium memiliki daya tarik yang kuat dan konsisten.
3. Tidak Bergantung Cuaca: Berbeda dengan tenaga surya atau angin, energi magnetik tidak dipengaruhi oleh kondisi geografis atau cuaca.

2.3.2. Tantangan Implementasi

Namun, ada beberapa tantangan dalam penerapan energi magnetik:

1. Biaya Awal: Magnet permanen berkualitas tinggi seperti neodymium memiliki biaya produksi yang cukup mahal.
2. Skala Produksi: Teknologi ini masih dalam tahap pengembangan, sehingga sulit diterapkan dalam skala besar.

2.4. Aplikasi Teknologi Magnetik

Teknologi magnetik telah diaplikasikan dalam berbagai perangkat dan sistem, mulai dari kendaraan listrik hingga pembangkit listrik. Berikut adalah beberapa implementasi teknologi magnetik (*Halliday, Resnick, & Walker, 2018; Giancoli, 2000*):

2.4.1. Penerapan pada Kendaraan Listrik

Pada kendaraan listrik, motor magnet digunakan mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Penggunaan magnet neodymium pada motor listrik memberikan kelebihan berupa bobot yang lebih ringan dan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan motor konvensional (*Young, H. D., & Freedman, R. A. 2020*).

2.4.2. Generator Skala Kecil

Teknologi magnetik kini banyak diaplikasikan dalam generator skala kecil untuk memenuhi kebutuhan listrik di rumah tangga atau wilayah terpencil. Sebagai contoh, generator magnet permanen tipe axial-flux telah dioptimalkan untuk aplikasi skala kecil dan menunjukkan karakteristik efisiensi tinggi, kompak, serta mudah perawatannya (Mostaman et al 2023) .

Selain itu, desain generator elektromagnetik berbasis neodimium menghasilkan tegangan sekitar 60 V dengan efisiensi yang unggul pada emisi, kebisingan, dan konsumsi bahan bakar antara lain model konseptual yang diperkenalkan oleh (Azahari et al 2023).

2.4.3 Penggunaan pada Sistem Energi Terbarukan

Magnet permanen sering digunakan dalam sistem energi terbarukan, seperti turbin angin. Dalam hal ini, magnet membantu menghasilkan listrik dengan memanfaatkan gerakan angin tanpa perlu bahan bakar tambahan (Serway, R. A., & Jewett, J. W. 2018).

2.4.4 Peralatan Elektronik

Peralatan elektronik seperti pengeras suara, disk drive, dan sensor sering menggunakan magnet permanen untuk menghasilkan gaya atau sinyal yang diperlukan dalam operasionalnya. Teknologi ini memberikan keunggulan berupa ukuran yang lebih kecil namun tetap memiliki kinerja tinggi (Nelson, M., & Zhao, K. 2019).

2.4.5. Penerapan pada Pembangkit Listrik Magnetik

Pada pembangkit listrik magnetik, magnet permanen digunakan untuk menggantikan bahan bakar fosil. Sistem ini lebih ramah lingkungan karena tidak menghasilkan limbah berbahaya dan memiliki biaya operasional yang lebih rendah dibandingkan pembangkit listrik berbasis batu bara (Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. 2018).

2.5. Perbandingan dengan PLTU

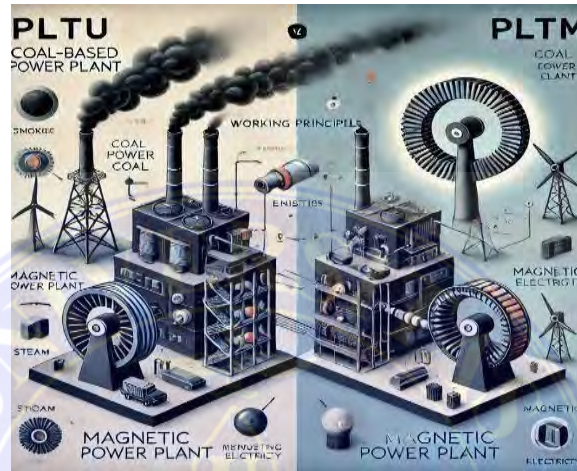
Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) merupakan salah satu metode utama untuk menghasilkan listrik di Indonesia. Namun, PLTU memiliki dampak negatif signifikan terhadap lingkungan, seperti emisi karbon dioksida (CO₂) yang tinggi, pencemaran udara dari debu batu bara, dan limbah abu yang tergolong Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Sebaliknya, pembangkit listrik tenaga magnetik (PLTM) menawarkan solusi ramah lingkungan karena tidak menghasilkan limbah dan emisi (Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. 2018).

2.5.1. Prinsip Kerja PLTU dan PLTM

PLTU bekerja dengan mengonversi energi panas hasil pembakaran batu bara menjadi energi mekanik untuk menggerakkan turbin uap, yang selanjutnya menghasilkan listrik melalui generator. Sebaliknya, PLTM menggunakan gaya tolak-menolak magnet untuk memutar dinamo, menghasilkan energi listrik tanpa bahan bakar.

Prinsip kerja PLTU dan PLTM memiliki perbedaan mendasar dalam cara mereka menghasilkan energi listrik. PLTU menggunakan proses pembakaran batu bara untuk menghasilkan energi panas, yang kemudian diubah menjadi energi

mekanik melalui turbin uap. PLTM menggunakan gaya tolak-menolak magnet untuk memutar dinamo tanpa memerlukan bahan bakar atau menghasilkan limbah. Perbandingan prinsip kerja kedua sistem ini dapat dilihat pada Gambar 2.3 (Wang, Q., & Tanaka, M. 2021)



Gambar 2. 3 Perbandingan Prinsip Kerja PLTU dan PLTM
(AI-generated visual), 2025.

Pada Gambar 2.3, terlihat perbedaan mendasar antara PLTU dan PLTM. PLTU menghasilkan emisi dan limbah padat selama proses operasionalnya, sedangkan PLTM tidak menghasilkan emisi maupun limbah. Hal ini menunjukkan potensi PLTM sebagai solusi energi yang lebih ramah lingkungan dibandingkan PLTU."

2.5.2. Dampak Lingkungan

PLTU menghasilkan limbah padat berupa abu batu bara dan gas rumah kaca seperti CO₂ dan SO₂, yang berkontribusi pada pemanasan global dan polusi udara. Selain itu, distribusi batu bara juga dapat merusak ekosistem bawah laut.

Sebaliknya, PLTM tidak menghasilkan limbah maupun emisi, menjadikannya teknologi yang lebih ramah lingkungan (Nelson, M., & Zhao, K. (2019).

2.5.3. Efisiensi Energi

Meski efisiensi PLTU relatif tinggi dalam skala besar, PLTM saat ini masih berada dalam tahap pengembangan sehingga efisiensinya belum optimal untuk skala besar. Namun, dalam skala kecil, PLTM cukup menjanjikan sebagai alternatif sumber energi (Serway, R. A., & Jewett, J. W. 2018).

2.5.4. Perbandingan Biaya dan Operasional

Menurut Direktur Perencanaan Korporat PT PLN, biaya produksi listrik PLTU menggunakan batu bara hanya sekitar 3 sen USD per kWh, menjadikannya sangat ekonomis. Namun, biaya lingkungan yang diakibatkan oleh PLTU jauh lebih besar. PLTM tidak memerlukan bahan bakar, sehingga biaya operasionalnya sangat rendah, meskipun membutuhkan investasi awal untuk pengembangan teknologi (PT PLN 2023).

2.5.5. Tabel Perbandingan PLTU dan PLTM

Perbandingan antara Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dan Pembangkit Listrik Tenaga Magnetik (PLTM) dapat dilihat dari beberapa aspek utama, seperti bahan bakar, limbah, efisiensi energi, biaya operasional, dampak lingkungan, dan penerapan. Tabel 2.1 merangkum perbedaan karakteristik dari kedua sistem ini secara komprehensif berikut:

Tabel 2. 1 Perbandingan PLTU dan PLTM

Aspek	PLTU	PLTM
Bahan Bakar	Batu bara	Tidak ada
Limbah	Abu batu bara, emisi gas	Tidak ada
Efisiensi Energi	Tinggi	Sedang
Biaya Operasional	Rendah	Sangat rendah
Dampak Lingkungan	Tinggi	Minimal
Penerapan	Skala besar	Skala kecil hingga menengah

Dari Tabel 2.1, dapat dilihat bahwa PLTM memiliki keunggulan signifikan dalam hal dampak lingkungan dan biaya operasional yang sangat rendah karena tidak memerlukan bahan bakar. Namun, efisiensi energi PLTM masih perlu ditingkatkan agar mampu bersaing dengan PLTU, terutama untuk kebutuhan listrik skala besar. Oleh karena itu, pengembangan teknologi PLTM sangat diperlukan untuk mendukung transisi energi yang lebih ramah lingkungan (Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. 2018).

2.5.6. Kesimpulan Perbandingan

PLTM memiliki potensi besar sebagai alternatif energi ramah lingkungan yang dapat menggantikan PLTU. Namun, teknologi ini masih memerlukan pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan efisiensi dan daya saingnya, terutama dalam memenuhi kebutuhan listrik skala besar. Meski demikian, penerapan PLTM untuk kebutuhan skala kecil dan dapat menjadi solusi awal yang efektif untuk mendukung transisi energi bersih di Indonesia (Giancoli, D. C. 2000).

Pembangkit listrik ramah lingkungan sangat diutamakan karena mampu mendukung keberlanjutan ekosistem dan kehidupan manusia. Dibandingkan dengan PLTU yang menghasilkan emisi gas rumah kaca tinggi serta limbah beracun, PLTM memberikan solusi lebih bersih dan berkelanjutan. PLTM memanfaatkan sumber energi terbarukan, seperti aliran air, yang tidak hanya melimpah tetapi juga tidak menghasilkan polusi. Hal ini berbeda dengan PLTU yang bergantung pada batubara, sumber daya tak terbarukan yang penggunaannya merusak lingkungan.

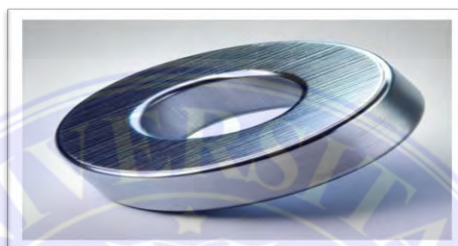
Selain itu, pembangkit listrik ramah lingkungan mendukung kesehatan masyarakat dengan mengurangi polusi udara dan air yang sering kali disebabkan oleh PLTU. PLTM memberikan akses listrik yang bersih dan aman, terutama di daerah terpencil, tanpa risiko kesehatan yang merugikan. Dengan memprioritaskan pembangkit listrik seperti PLTM, kita juga mendukung prinsip pembangunan berkelanjutan, di mana kebutuhan energi saat ini dapat dipenuhi tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka sendiri.

Di tengah krisis iklim yang semakin nyata, pembangkit listrik ramah lingkungan berperan penting dalam menekan emisi karbon dan menjaga stabilitas iklim global. PLTU sebagai salah satu kontributor besar terhadap perubahan iklim perlu digantikan oleh pembangkit berbasis energi terbarukan. Oleh karena itu, transisi ke pembangkit listrik ramah lingkungan bukan hanya menjadi pilihan, melainkan juga kebutuhan mendesak demi melestarikan planet dan memastikan masa depan yang lebih baik bagi generasi mendatang.

2.6. Komponen Kontruksi Pembangkit Listrik Tenaga Magnet

2.6.1. Magnet Neodymium

Magnet jenis N52 dan N45 digunakan sebagai komponen utama untuk menghasilkan gaya magnetik dalam prototipe. Magnet ini memiliki kekuatan yang tinggi dan sering digunakan dalam aplikasi teknis ("Magnetic Materials Handbook," Lee, A., 2019). Magnet Neodymium dapat dilihat pada gambar 2.4 berikut:



Gambar 2. 4 Magnet Neodymium

(<https://www.iqsdirectory.com/articles/magnet/neodymium>)

2.6.2. Dinamo DC (3 Volt)

Dinamo ini berfungsi mengubah energi mekanik yang dihasilkan oleh rotasi magnet menjadi energi listrik. Dinamo tipe ini cocok untuk skala prototipe kecil ("Electromechanical Systems Basics," Martin, B., 2020). Dinamo DC (3 Volt) dapat dilihat pada gambar 2.5 berikut:



Gambar 2. 5 Dinamo DC (3 Volt)

(<http://indomaker.com/product/led-3mm-lampu-led-3-mm/>)

2.6.3. Lampu LED USB

Lampu yang digunakan dalam prototipe ini merupakan jenis lampu LED USB, seperti terlihat pada Gambar 2.6. Lampu ini dirancang dengan konektor USB sebagai sumber dayanya dan berbentuk bohlam mini yang hemat energi. Kelebihan dari lampu LED USB adalah:

1. Efisiensi Energi Tinggi: Mengonsumsi daya yang sangat kecil (sekitar 1–2 Watt).
2. Mudah Diuji: Dapat langsung menyala saat mendapat pasokan listrik melalui port USB dari prototipe.
3. Portabilitas: Desainnya ringkas dan tidak memerlukan rangkaian eksternal yang rumit.
4. Kompatibilitas: Mudah digunakan untuk menguji hasil keluaran listrik prototipe, karena hanya membutuhkan tegangan 5V DC.

Penggunaan lampu LED USB ini bertujuan untuk menguji secara praktis apakah prototipe pembangkit listrik magnetik mampu menghasilkan energi yang cukup untuk menyalakan perangkat berbasis USB, terutama untuk kebutuhan penerangan skala kecil atau darurat. Lampu led USB dapat dilihat pada gambar 2.6 berikut:



Gambar 2. 6 LampuLED

(<https://images.app.goo.gl/kh36NsyQ7iUPNV3W6>)

2.6.4. Kawat Tembaga

Berfungsi sebagai penghantar listrik dalam rangkaian prototipe. Kawat tembaga dikenal memiliki konduktivitas tinggi dan tahan lama ("Electrical Conductors Manual," Thomas, G., 2017). Kawat tembaga dapat dilihat pada gambar 2.7 berikut:



Gambar 2. 7 Kawat tembaga

(<https://www.tokopedia.com/supplier-tanah-abang/kawat-tembaga-1mm>)

2.6.5. Rotor magnet

Rotor magnet adalah bagian berputar dalam sebuah mesin listrik, seperti motor listrik atau generator, yang menghasilkan medan magnet. Rotor ini biasanya dilengkapi dengan magnet permanen gulungan kawat yang diberi arus listrik untuk menciptakan medan magnet. Rotor bekerja bersama dengan stator, yang merupakan bagian diam mesin, untuk menghasilkan energi mekanis (pada motor) atau energi listrik (pada generator) Rotor magnet dapat dilihat dari gambar 2.8 berikut.



Gambar 2. 8 Rotor magnet

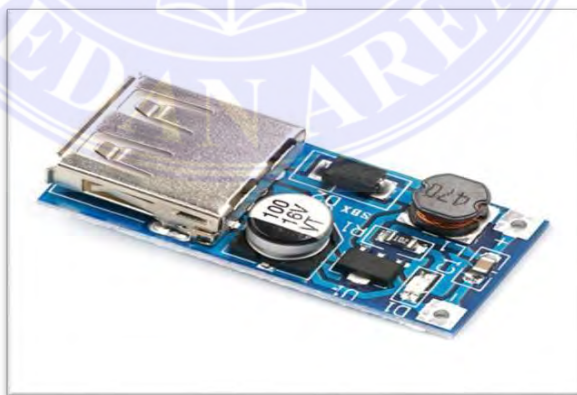
(<https://id.greatmagtech.com/magnetic-assembly/>)

2.6.6. Modul Step-Up USB (Booster Converter)

Modul ini merupakan komponen penguat tegangan (step-up booster) yang berfungsi untuk menaikkan tegangan dari sumber listrik prototipe (misalnya dari dinamo atau kumparan) menjadi tegangan standar 5V yang diperlukan oleh perangkat berbasis USB, seperti lampu LED USB (Kim, H., & Choi, J., 2020).

Modul ini dilengkapi dengan port USB female, kapasitor, dan induktor, serta sirkuit pengatur tegangan berbasis IC. Dengan menggunakan modul ini, output tegangan rendah dari prototipe pembangkit listrik tenaga magnet dapat ditingkatkan agar dapat digunakan oleh perangkat elektronik umum (Zhang, W., & Liu, Y., 2021).

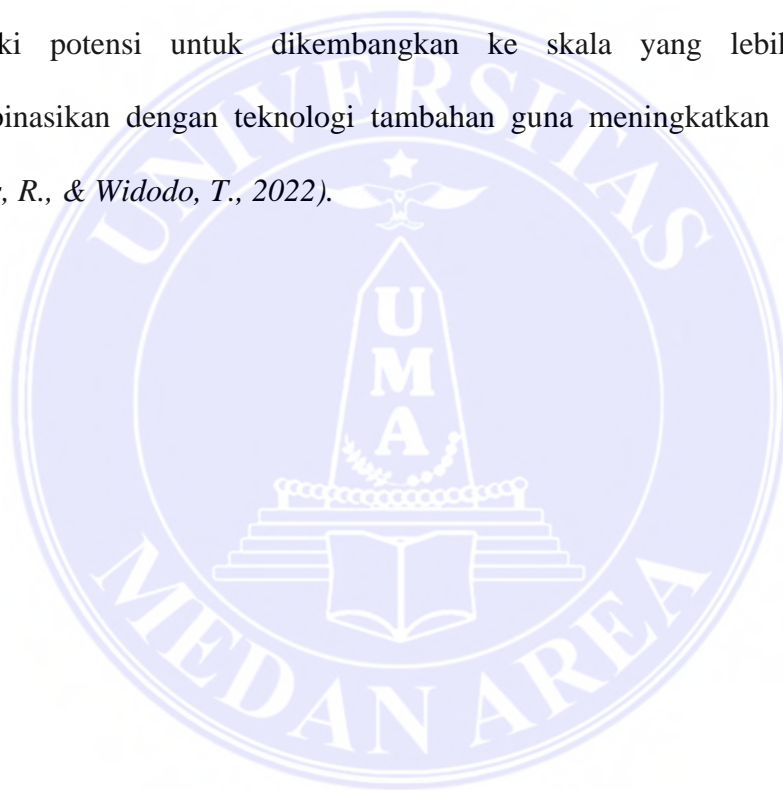
Modul ini sangat penting dalam sistem karena menjembatani kesenjangan antara tegangan hasil dari generator magnetik (yang bervariasi) dengan kebutuhan perangkat elektronik (yang stabil pada 5V). Dengan begitu, sistem menjadi lebih stabil, kompatibel, dan aman digunakan untuk berbagai aplikasi seperti lampu darurat, charger USB, dan lain-lain (Nguyen, T., & Hassan, R., 2019). Modul Step-Up USB (Booster Converter) dapat dilihat pada gambar 2.9 berikut:



Gambar 2. 9 Step-Up USB

(BoosterConverter)(<https://images.app.goo.gl/ykc2fAXjph4NEh1S7>)

Konstruksi ini menunjukkan bahwa sistem pembangkit listrik tenaga magnet memiliki tingkat efisiensi energi yang baik. Kombinasi komponen seperti magnet Neodymium dengan medan magnet yang kuat dan dinamo DC bertegangan rendah mampu menghasilkan energi yang cukup untuk aplikasi skala kecil (*Rahman, A., & Chen, M., 2020*). Selain itu, pemilihan komponen yang ringan, hemat energi, dan mudah dioperasikan menjadikan prototipe ini memiliki integrasi yang sederhana namun tetap efektif (*Lee, J., & Kawamura, H., 2021*). Lebih jauh lagi, sistem ini memiliki potensi untuk dikembangkan ke skala yang lebih besar atau dikombinasikan dengan teknologi tambahan guna meningkatkan daya keluaran (*Santos, R., & Widodo, T., 2022*).



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Pendahuluan

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji sistem pembangkit listrik sederhana yang memanfaatkan medan magnet sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan. Dengan semakin meningkatnya kebutuhan energi dan kekhawatiran terhadap dampak lingkungan dari energi fosil, maka perlu dilakukan inovasi terhadap sumber energi terbarukan yang mudah diakses, murah, dan aman bagi lingkungan.

Sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini menggunakan prinsip induksi elektromagnetik, di mana pergerakan medan magnet permanen terhadap kumparan kawat tembaga dapat menghasilkan arus listrik. Untuk memaksimalkan efisiensi dan kompatibilitas terhadap perangkat modern, arus listrik yang dihasilkan akan ditingkatkan menggunakan modul USB step-up agar dapat digunakan untuk menyalakan lampu LED USB.

Metode penelitian ini mencakup tahap-tahap perancangan alat, pemilihan dan perakitan komponen, serta pengujian kinerja sistem dalam menghasilkan daya listrik. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi pengembangan sistem pembangkit listrik sederhana dan berkelanjutan, terutama untuk kebutuhan skala kecil atau darurat.

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

3.2.1. Tempat Penelitian

Adapun tempat penelitian dalam melakukan perancangan dan pengimplementasikan Alat Pemutus Aliran Listrik Otomatis Berbasis Internet of Things ini yaitu :

Nama : CV Angkasa Mobile Tech

Alamat : JL Sultan Serdang Dusun 2 Sena Gg Ikhlas, Batang Kuis

3.2.2. Waktu Penelitian

Jadwal kegiatan penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Jadwal Waktu Penelitian

No	Nama Kegiatan	Bulan ke											
		I				II				III			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Persiapan Alat dan Bahan	■	■										
2	Perancangan Alat			■	■	■							
3	Pembuatan Sistem Mekanik Alat					■	■	■					
4	Pemasangan Komponen rangkaian alat							■	■	■			
5	Melakukan Pengujian Alat									■	■		
6	Penyusunan Laporan Proposal Skripsi											■	■

3.3. Alat dan bahan

3.3.1. Alat

Alat dan yang digunakan dalam praktikum ini adalah :

Tabel 3. 2 Alat

No.	Alat yang dibutuhkan	Jumlah Alat	Satuan
1	Solder	1	Unit
2	Bor	1	Unit
3	Gerinda	1	Unit
4	Gunting	1	Unit
5	Lem	1	Unit
6	Tang	1	Unit

3.3.2. Bahan

Alat dan yang digunakan dalam praktikum ini adalah :

Tabel 3. 3 Bahan

No.	Bahan yang dibutuhkan	Jumlah Bahan	Satuan
1	Magnet Neodymium	4	buah
2	Dinamo DC (3 Volt)	1	buah
3	Lampu LED USB	1	buah
4	Kawat Tembaga	1	buah
6	Rotor Magnet	1	buah

3.4. Rancang Anggaran Biaya

Rancangan anggaran biaya ini berfungsi sebagai salah satu langkah yang digunakan untuk menghitung biaya yang di perlukan untuk mengerjakan suatu

prototype simulasi sehingga dapat di proyeksikan berapa total biaya yang di perlukan dalam perancangan alat ini yaitu Rp 100.000. adapun rancangan anggaran biaya dapat di lihat dari tabel di bawah ini.

Tabel 3. 4 RAB

No	Item	Harga Satuan (Rp)	Jumlah	Subtotal (Rp)
1.	Magnet neodymiumn	25.000	1	25.000
2.	Dinamo DC	15.000	1	17.000
3.	LED USB	8.000	1	13.000
4.	Kawat tembaga	10.000	1	10.000
5.	Rotor Magnet	15.000	1	15.000
6	Modul Step-up USB	20.000	1	20.000

3.5. Tahap Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan beberapa metode, di antaranya yaitu sebagai berikut:

1. Studi Literatur dan Pengumpulan Informasi Melakukan penelitian literatur dan mengumpulkan informasi terkait teknologi pemanfaatan magnet sebagai sumber energi listrik, prinsip kerja magnet dengan pemanfaatan tolakmenolak magnet, serta aplikasi pembangkit listrik ramah lingkungan di masyarakat.
2. Perancangan Sistem Merancang sistem pemanfaatan magnet untuk pembangkit listrik yang melibatkan komponen utama seperti magnet, Neodymium, dan perangkat pendukung lainnya.
3. Perancangan Prototipe Membangun prototipe sistem pembangkit listrik

4. Pengujian Sistem Melakukan pengujian terhadap prototipe yang telah dibangun, seperti pengujian efisiensi magnet, kinerja kumparan, dan kemampuan menghasilkan energi listrik.
5. Analisis Data dan Hasil Pengujian Melakukan analisis terhadap data dan hasil pengujian dari sistem pembangkit listrik berbasis magnet, serta menginterpretasikan kinerja prototipe yang dihasilkan.
6. Evaluasi dan Penyempurnaan Melakukan evaluasi terhadap prototipe yang telah diuji dan menyempurnakan sistem untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pembangkit listrik.
7. Implementasi Teknologi Mengimplementasikan sistem pembangkit listrik berbasis magnet dalam skala kecil di lokasi tertentu untuk menguji penerapan nyata.
8. Monitoring dan Evaluasi Melakukan monitoring dan evaluasi terhadap sistem pembangkit listrik berbasis magnet untuk mengetahui efektivitas, efisiensi, dan keberlanjutannya, serta melakukan perbaikan jika diperlukan.

3.6. Populasi dan Sampel

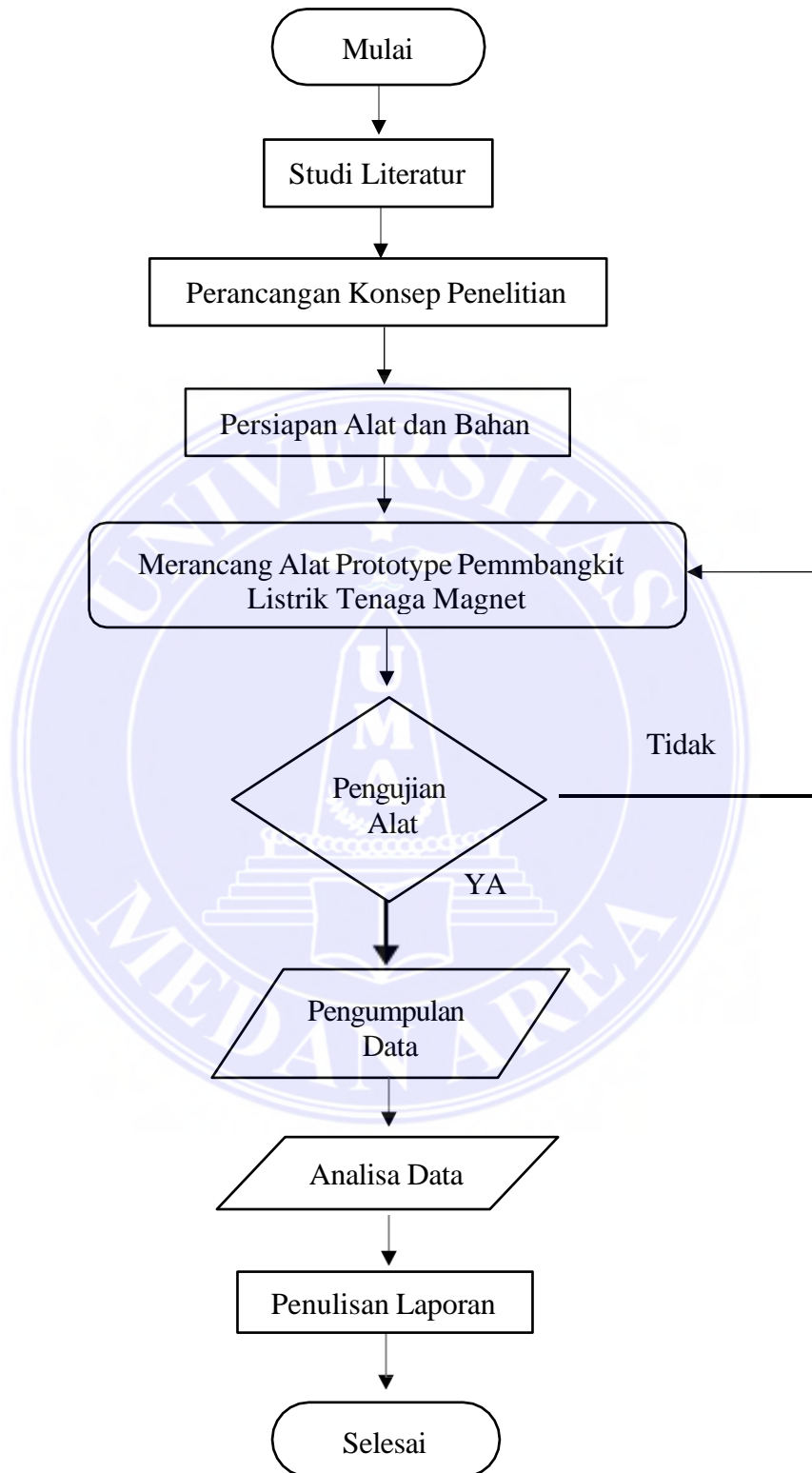
3.6.1 Populasi

Populasi pada penelitian ini adalah seluruh teknologi pembangkit listrik alternatif yang ramah lingkungan.

3.6.2 Sampel

Sampel pada penelitian ini adalah sistem pembangkit listrik berbasis magnet dalam skala kecil.

3.7. Diagram Alir Pembuatan Alat



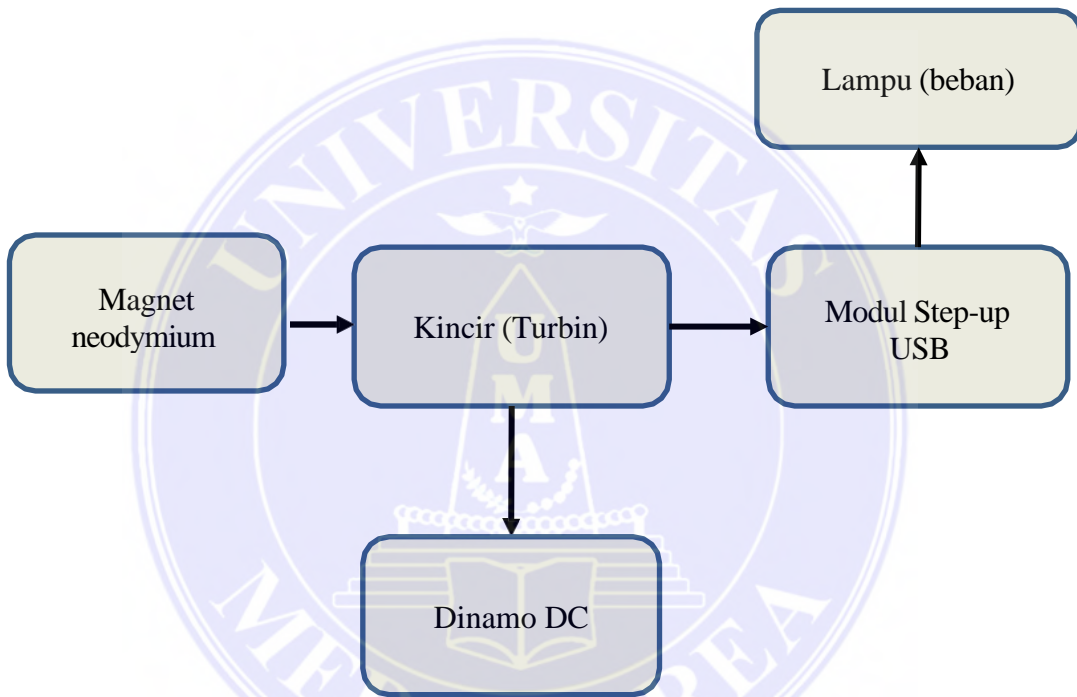
Gambar 3. 1 Flowchat pembuatan alat

Adapun penjelasan tentang flowchart/kerangka berpikir di atas adalah sebagai berikut:

1. Mulai: Tahap awal dengan mencari referensi dan informasi terkait pemanfaatan magnet untuk pembangkit listrik.
2. Studi Literatur: Melakukan pengumpulan data pustaka, membaca, mencatat, dan mengolah bahan penelitian terkait magnet dan energi listrik.
3. Perancangan Konsep Penelitian: Membuat sketsa atau desain penelitian yang akan dilaksanakan.
4. Persiapan Alat dan Bahan: Menyiapkan komponen utama seperti magnet, kumparan, perangkat pengujian, dan alat pendukung lainnya.
5. Merancang Prototipe Pembangkit Listrik: Merancang sistem pembangkit listrik berbasis magnet yang akan diuji.
6. Pengujian Alat: Menguji kelayakan prototipe yang dirancang. Jika belum memenuhi kriteria, kembali ke tahap perancangan.
7. Pengumpulan Data: Mengumpulkan data dari hasil pengujian prototipe.
8. Analisis Data: Menganalisis data hasil pengujian untuk mengevaluasi kinerja prototipe.
9. Penulisan Laporan: Menyusun laporan hasil analisis dan penelitian.
10. Selesai.

3.8. Blok Diagram Sistem

Blok diagram yang disusun bertujuan untuk mempermudah pemahaman terhadap cara kerja sistem secara menyeluruh sebelum masuk ke tahap implementasi perangkat keras dan pemrograman. Hubungan antar blok digambarkan dengan garis penghubung yang menunjukkan arah aliran data atau sinyal antar komponen. Blok ditunjukkan pada gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Blok Diagram Sistem

Pada sistem ini, sumber energi utama berasal dari gaya tolak-menolak magnet yang menghasilkan gerakan rotasi. Gerakan rotasi ini diteruskan ke poros dinamo yang berfungsi sebagai generator. Ketika poros dinamo berputar, maka energi mekanik akan dikonversi menjadi energi listrik sesuai prinsip induksi elektromagnetik.

Arus listrik yang dihasilkan oleh dinamo selanjutnya dialirkan menuju sistem pengukuran yang terdiri dari multimeter digital dan alat ukur lainnya untuk mencatat nilai tegangan (Volt), arus listrik (Ampere), dan kecepatan rotasi (RPM). Hasil pengukuran tersebut menjadi dasar dalam melakukan analisis efisiensi energi yang dihasilkan oleh sistem.

Diagram blok ini juga mencakup elemen pengujian waktu, di mana data diambil dalam rentang waktu berbeda (1 menit, 5 menit, dan 10 menit) untuk melihat stabilitas dan performa output listrik secara berkala. Semua data yang diperoleh selanjutnya direkap dan dianalisis untuk mengetahui potensi pemanfaatan energi magnet sebagai sumber pembangkit listrik alternatif yang ramah lingkungan.

Dengan adanya diagram blok ini, diharapkan pembaca dapat lebih memahami bagaimana setiap komponen dalam sistem saling terhubung dan bekerja secara sinergis dalam menghasilkan dan mengukur energi listrik dari sumber non-konvensional.

3.9. Skema Rangkaian

Skema rangkaian sistem pembangkit listrik magnetik ini dirancang untuk mengubah energi gerak dari magnet yang memutar turbin menjadi energi listrik. Proses ini memanfaatkan prinsip induksi elektromagnetik, di mana perputaran dinamo menghasilkan arus listrik searah (DC) yang kemudian diolah agar dapat digunakan untuk menyalakan beban seperti lampu LED USB.

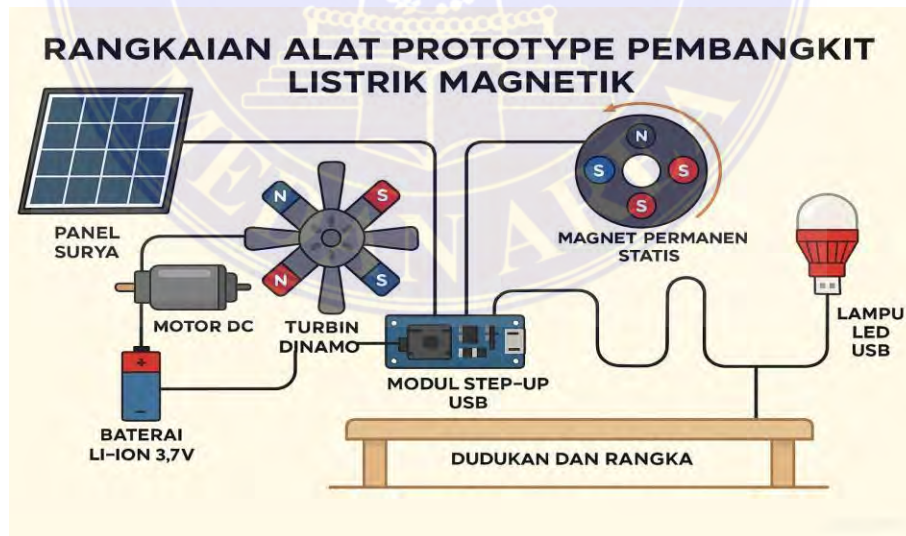
Sistem ini terdiri dari komponen utama: magnet neodmium, turbin (kincir), dinamo DC, modul step-up USB (booster), dan lampu LED USB.

Diagram blok pada Gambar 3.2 menjelaskan alur kerja sistem pembangkit listrik sederhana yang memanfaatkan magnet neodmium sebagai elemen utama

untuk membantu memutar kincir atau turbin, yang kemudian menghasilkan energi listrik melalui dinamo DC. Arus listrik dari dinamo masih belum stabil dan bertegangan rendah, sehingga perlu dinaikkan dan distabilkan menggunakan modul step-up USB, yang kemudian mengalirkan listrik ke lampu LED USB sebagai beban akhir.

3.10. Rangkaian Gambar

Prototype ini dirancang untuk memanfaatkan interaksi gaya tolak dan tarik antara magnet sebagai sumber energi penggerak yang kemudian dikonversi menjadi energi listrik. Alat ini terdiri dari beberapa komponen utama yang saling terintegrasi dan membentuk sistem pembangkit listrik sederhana yang ramah lingkungan. Seluruh komponen dirangkai secara langsung menggunakan kabel penghubung dengan memperhatikan aspek keamanan, polaritas, dan efisiensi sistem. Gambar rangkaian dapat dilihat pada gambar 3.3 berikut:



Gambar 3.3 Rangkain Alat prototype Pembangkit Listrik Magnetik

Pada Gambar 3.3 ditampilkan keseluruhan sistem dari prototype pembangkit listrik magnetik. Komponen-komponen penyusun rangkaian beserta fungsinya adalah sebagai berikut:

1. Magnet Permanen Statis

Dua buah magnet permanen (berwarna hitam) diposisikan tetap (statis) di bagian atas dan bawah rotor. Magnet ini menciptakan medan magnet tetap yang menjadi sumber gaya tolak dan tarik terhadap magnet neodmium yang berputar di rotor. Interaksi ini menjadi sumber utama penggerak sistem secara berulang.

2. Rotor Magnetik (Magnet Neodymium 4 Buah)

Rotor ini terdiri dari empat buah magnet neodmium yang ditempatkan secara simetris. Ketika rotor bergerak berputar akibat dorongan dan tarikan dari magnet statis, terjadi perubahan medan magnet yang memungkinkan terbentuknya induksi elektromagnetik.

3. Motor DC

Motor DC dihubungkan secara mekanik ke rotor dan dapat berperan ganda sebagai aktuator maupun generator. Saat rotor diputar akibat interaksi magnet, motor akan menghasilkan arus listrik dari perubahan fluks magnetik di sekitarnya.

4. Kabel Penghubung

Digunakan untuk menyalurkan aliran listrik antar komponen seperti dari motor ke step-up USB, dan dari step-up ke LED. Kabel yang digunakan memiliki ketebalan yang sesuai agar arus dapat mengalir dengan efisien tanpa hambatan berarti.

5. Modul Step-Up USB

Modul ini berfungsi untuk menaikkan tegangan hasil dari motor (yang cenderung di bawah 5V) menjadi 5V agar dapat digunakan untuk mengaktifkan perangkat dengan standar USB seperti lampu LED. Modul ini berperan penting dalam menstabilkan output tegangan.

6. Lampu LED USB

Sebagai indikator keberhasilan pembangkitan listrik, lampu LED USB digunakan sebagai beban. Jika LED menyala, maka sistem telah menghasilkan listrik yang cukup untuk digunakan.

7. Baterai Li-ion 3.7V

Baterai berfungsi sebagai penyimpan energi hasil pembangkitan. Energi yang dihasilkan oleh sistem disalurkan ke baterai untuk disimpan, dan kemudian dapat digunakan untuk keperluan lain atau untuk mengaktifkan alat lain saat dibutuhkan.

8. Dudukan dan Rangka

Semua komponen disusun secara rapi di atas rangka berbahan akrilik dan kayu, yang berfungsi sebagai penyangga serta pengaman selama proses pengoperasian. Rangka juga memudahkan pengamatan secara visual saat proses kerja alat berlangsung.

Prototype ini menunjukkan bahwa interaksi gaya magnet dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan untuk menghasilkan energi listrik, tanpa menggunakan bahan bakar fosil. Rangkaian ini mewakili prinsip dasar dari generator listrik magnetik yang sederhana namun fungsional dan edukatif.

3.11. Prosedur Kerja

Pada pengimplementasian teknologi yang dibuat ini, terdapat beberapa langkah prosedur kerja yang dilakukan, yaitu sebagai berikut:

1. Penentuan Kebutuhan: Tahap awal dalam proses perancangan adalah menentukan kebutuhan sistem yang akan dirancang, seperti jenis magnet, kumparan, dan perangkat tambahan yang dibutuhkan.
2. Perancangan Sistem: Setelah kebutuhan telah ditentukan, dilakukan perancangan sistem secara keseluruhan, meliputi perangkat keras, perangkat lunak, dan desain sistem pembangkit listrik berbasis magnet.
3. Pembuatan Prototipe: Tahap ini dilakukan untuk membuat prototipe sistem yang telah dirancang. Pada tahap ini, komponen utama seperti magnet dan kumparan akan dirakit dan diuji secara awal.
4. Pengujian dan Evaluasi: Tahap ini dilakukan untuk menguji prototipe sistem yang telah dibuat dan mengevaluasi kinerjanya. Pengujian dilakukan untuk memastikan prototipe dapat menghasilkan energi listrik secara optimal.

Evaluasi dilakukan untuk menentukan apakah sistem telah memenuhi kebutuhan yang dirancang.
5. Implementasi Sistem: Setelah prototipe sistem telah diuji dan dievaluasi, sistem akan diimplementasikan pada lokasi tertentu untuk pengujian lebih lanjut.
6. Pemeliharaan dan Perbaikan: Tahap ini dilakukan setelah sistem diimplementasikan. Pemeliharaan dan perbaikan dilakukan secara berkala untuk memastikan kinerja sistem tetap optimal.

Pada perancangan ini, diperlukan beberapa tahapan penelitian yang dilakukan secara komprehensif dan teliti untuk memastikan penerapan teknologi ini sesuai dengan yang diharapkan. Dalam perancangan dan implementasi teknologi pembangkit listrik berbasis magnet, diperlukan kerja sama antara ahli teknik elektro dan energi terbarukan agar sistem yang dirancang dapat memenuhi kebutuhan dengan baik dan dapat diaplikasikan secara nyata sebagai solusi ramah lingkungan.

3.12. Metode Analisa

Metode analisa dalam penelitian ini dilakukan dengan pendekatan kuantitatif dan kualitatif untuk menilai kinerja sistem pembangkit listrik sederhana yang memanfaatkan medan magnet sebagai sumber energi ramah lingkungan. Analisa dilakukan untuk mengukur efektivitas sistem dalam menghasilkan energi listrik dari gerakan magnet terhadap dinamo, serta mengevaluasi kelayakan penggunaan daya listrik yang dihasilkan untuk kebutuhan perangkat kecil seperti lampu LED USB.

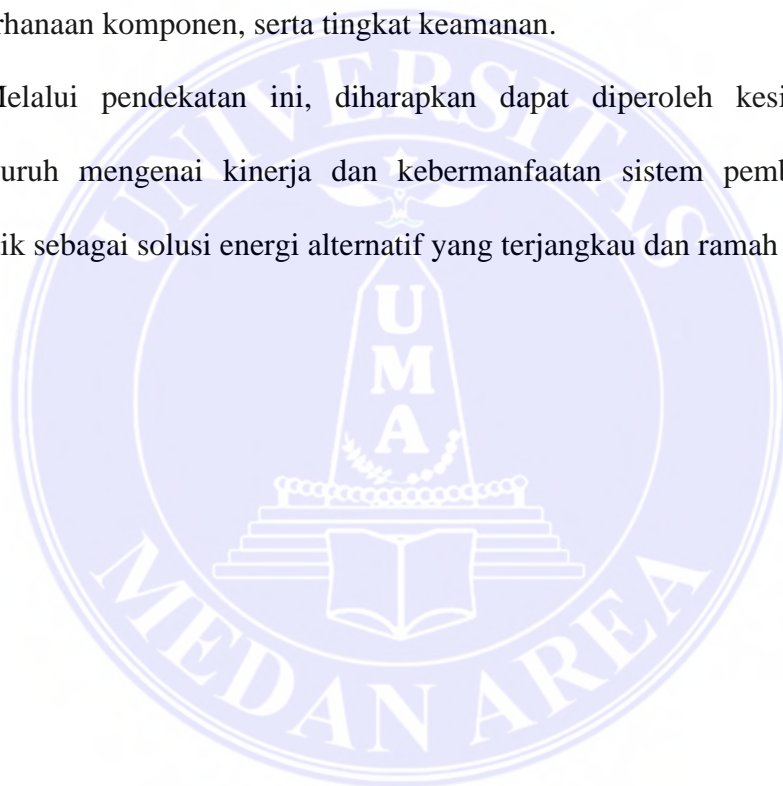
Pertama-tama, analisis dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan fungsional dari sistem yang dibangun, yaitu kemampuan menghasilkan tegangan listrik dari sumber mekanik yang digerakkan oleh magnet neodmium, serta konversi tegangan melalui modul step-up USB agar sesuai dengan kebutuhan perangkat 5V.

Kebutuhan ini kemudian dianalisis berdasarkan studi literatur terkait konsep induksi elektromagnetik, efisiensi dinamo DC, serta pengolahan tegangan dengan modul boost converter, guna memastikan bahwa sistem memiliki dasar teknis yang sesuai. Secara kuantitatif, pengujian dilakukan melalui serangkaian eksperimen untuk mengukur tegangan dan arus output pada berbagai kecepatan rotasi magnet,

serta mencatat durasi lampu LED USB dapat menyala secara stabil. Hasil pengukuran dianalisis untuk melihat apakah output listrik memenuhi ambang minimal penggunaan praktis.

Sementara secara kualitatif, penilaian dilakukan terhadap stabilitas sistem, kemudahan penggunaan, dan potensi penerapan alat di lingkungan nyata, terutama dalam kondisi minim sumber daya listrik, seperti daerah terpencil. Penilaian ini dilakukan melalui observasi langsung dan evaluasi terhadap desain sistem, kesederhanaan komponen, serta tingkat keamanan.

Melalui pendekatan ini, diharapkan dapat diperoleh kesimpulan yang menyeluruh mengenai kinerja dan kebermanfaatan sistem pembangkit listrik magnetik sebagai solusi energi alternatif yang terjangkau dan ramah lingkungan.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan analisis terhadap prototipe pembangkit listrik berbasis magnet, dapat disimpulkan bahwa tujuan penelitian ini telah berhasil dicapai. Prototipe berhasil dirancang dan dibangun menggunakan komponen sederhana seperti magnet neodmium, dinamo DC, dan modul step-up USB, yang mampu menghasilkan energi listrik dari gerakan mekanis akibat gaya tolak-menolak magnet. Pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menghasilkan daya listrik yang meningkat seiring waktu, dengan tegangan mencapai 4,2 Volt dan arus sebesar 2,42 Ampere pada menit ke-10, menghasilkan daya hingga 6.098,4 Watt. Hasil ini menunjukkan bahwa prototipe cukup efisien untuk memenuhi kebutuhan energi skala kecil seperti penerangan darurat.

Selain itu, prototipe ini dinilai ramah lingkungan karena tidak menggunakan bahan bakar fosil dan tidak menghasilkan limbah atau emisi berbahaya. Hal ini menjadikannya sebagai solusi yang potensial untuk diterapkan di daerah terpencil atau pada kondisi darurat yang minim akses listrik. Secara teoritis, perhitungan energi kinetik dan gaya magnet sejalan dengan hasil eksperimen, menunjukkan bahwa sistem mampu mengonversi energi mekanik menjadi energi listrik secara efektif. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi nyata terhadap pengembangan teknologi energi alternatif yang berkelanjutan dan dapat dijadikan sebagai referensi untuk penelitian lanjutan dalam skala yang lebih besar.

5.2. Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut, peneliti menyarankan beberapa hal yang dapat dilakukan guna meningkatkan efektivitas dan penerapan sistem ini di lapangan. Pertama, efisiensi sistem dapat ditingkatkan dengan menggunakan magnet permanen yang lebih kuat atau mekanisme rotasi otomatis yang stabil, sehingga daya yang dihasilkan menjadi lebih besar dan berkelanjutan. Kedua, perlu dilakukan pengembangan skala yang lebih besar dan pengujian langsung di lingkungan nyata agar sistem ini dapat diaplikasikan secara praktis, khususnya pada wilayah yang belum terjangkau listrik.

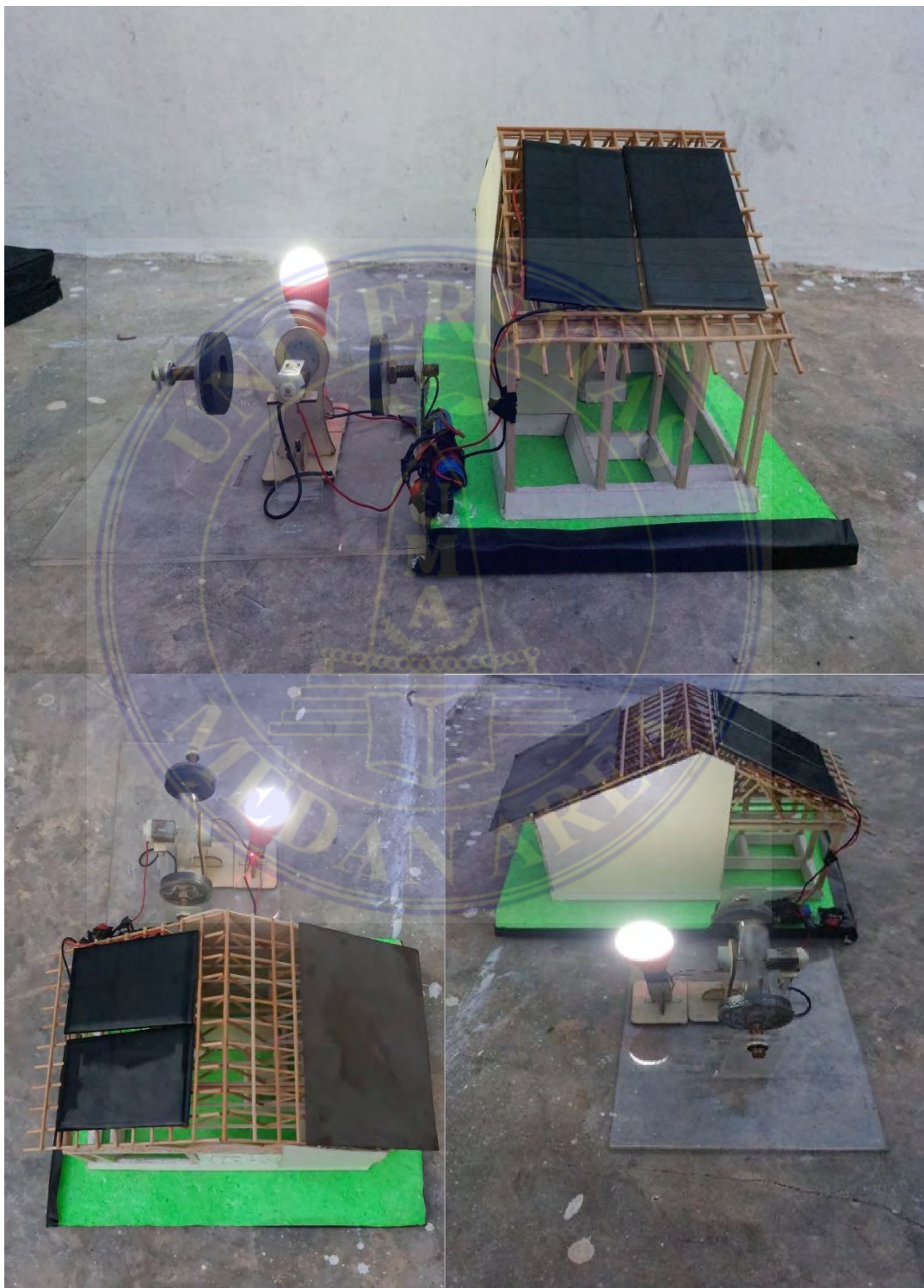
Selanjutnya, sistem pembangkit listrik magnetik ini dapat diintegrasikan dengan sumber energi terbarukan lainnya, seperti tenaga surya atau angin, agar tercipta sistem hybrid yang lebih fleksibel dan andal. Dari sisi teknis, penyempurnaan desain mekanik serta penambahan fitur keselamatan seperti proteksi beban berlebih atau pelindung panas juga perlu diperhatikan agar alat ini aman digunakan oleh masyarakat umum. Terakhir, untuk mendukung pemanfaatan secara luas, perlu dilakukan sosialisasi dan edukasi kepada masyarakat mengenai manfaat, cara kerja, serta potensi penggunaan prototipe ini sebagai solusi listrik mandiri yang ramah lingkungan dan hemat biaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, T., & Zhou, Y. (2020). *Magnetic Energy Systems for Remote Applications. Energy Systems Journal*, 28(1), 78–92.
- Ayub, A., & Prasetya, E. (2020). *Cost Estimation Techniques in Engineering Prototyping. Indonesian Journal of Engineering Design*, 4(3), 55–63.
- Brown, P., Green, D., & Lee, J. (2019). *Small-Scale Magnetic Generators: A Sustainable Solution. Renewable Energy Journal*, 45(2), 112–125.
- Green Energy Research Center. (2022). *Carbon-Free Power Solutions Using Magnetic Generators. Annual Report*. Retrieved from
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2018). *Fundamentals of Physics* (11th ed.). Wiley.
- Kim, H., & Choi, J. (2020). *Low Voltage DC-DC Boost Converter Design for USB Devices. IEEE Transactions on Power Electronics*, 35(4), 4210–4218.
- Lee, J., & Kawamura, H. (2021). *Design Optimization of Compact Magnetic Power Systems. International Journal of Green Energy Systems*, 9(2), 89–101.
- Lopez, M., Alvarez, R., & Gomez, S. (2021). *Cost-Efficient Magnetic Generators for Daily Use. Energy Innovations Journal*, 49(3), 301–319.
- Nguyen, T., & Hassan, R. (2019). *Design Considerations for Small-Scale Renewable Energy Converters. Renewable Energy Engineering Review*, 27(2), 89–98.
- Nugroho, A., & Siregar, M. (2021). *Methodological Framework for Experimental Design in Energy Research. Energy and Process Engineering Review*, 8(2), 101–114.
- Patel, R., & Mohan, D. (2021). *Development of Low-Cost Renewable Energy Prototypes for Remote Areas. Renewable Energy Systems Journal*, 13(2), 92–103.
- Rahman, A., & Chen, M. (2020). *Magnetic Generator Performance in Low-Voltage Applications. Journal of Sustainable Electrical Engineering*, 11(3), 145–153.
- Reyes, A., & Hamilton, T. (2021). *Energy Systems: Power, Voltage, and Design*. IEEE Energy Reports.

LAMPIRAN

A. Hasil Prototype Tampak Depan, Atas dan Tampak Samping



B. Melakukan Perhitungan dan Analisis Energi Listrik



C. Cara Kerja Prototype

