

**PEMODIFIKASIAN MOTOR LISTRIK INDUKSI  
SEBAGAI GENERATOR MAGNET PERMANEN  
RPM RENDAH**

**Skripsi**

Diajukan untuk Memenuhi sebagian Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Pendidikan



Oleh:

Ely Purwanto

NIM : 15011330338

**INSTITUT AGAMA ISLAM NEGERI PALANGKA RAYA  
FAKULTAS TARBIYAH DAN ILMU KEGURUAN  
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA  
PROGRAM STUDI TADRIS FISIKA  
2020 M/1442 H**

## PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul : Pemodelasian Motor Listrik Induksi Sebagai Generator  
Magnet Permanen RPM Rendah

Nama : Ely Purwanto

NIM : 1501130338

Fakultas : Tarbiyah dan Ilmu Keguruan

Jurusan : Pendidikan MIPA

Program Studi : Tadris Fisika

Jenjang : Strata 1 (S-1)

Setelah diteliti dan diadakan perbaikan seperlunya, dapat disetujui untuk disidangkan oleh Tim Penguji Skripsi Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan IAIN Palangka Raya.

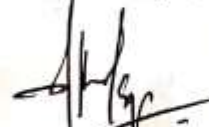
Palangka Raya, Oktober 2020

Pembimbing I,



**Hadma Yuliani, M.Pd., M.Si**  
NIP. 19900217 201503 2 009

Pembimbing II,



**Nur Inayah Syar, M.Pd**  
NIP. 19890426 201801 2 002

**Mengetahui:**

Wakil Dekan Bidang Akademik,

Ketua Jurusan Pendidikan MIPA



**Dr. Nurul Wahdah, M.Pd**  
NIP. 19800307 200604 2 004



**H. Mukhlis Rohmadi M.Pd**  
NIP. 19850606 201101 1 016

## NOTA DINAS

Hal : Mohon Diuji Skripsi  
Saudara Ely Purwanto

Palangka Raya, Oktober 2020

Kepada  
Yth. Ketua Jurusan Pendidikan  
MIPA IAIN Palangka Raya  
di-  
Palangka Raya

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Setelah membaca, memeriksa dan mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami berpendapat bahwa skripsi saudara:

Nama : Ely Purwanto  
NIM : 1501130338  
Judul : Pemodelan Motor Listrik Induksi Sebagai  
Generator Magnet Permanen RPM Rendah

Sudah dapat diujikan untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd), di Institut Agama Islam Negeri (IAIN) Palangka Raya.

Demikian atas perhatiannya diucapkan terima kasih.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Pembimbing I,



**Hadma Yulfani, M.Pd., M.Si**  
NIP. 19900217 201503 2 009

Pembimbing II,



**Nur Inayah Syar, M.Pd**  
NIP. 19890426 201801 2 002

## PENGESAHAN SKRIPSI

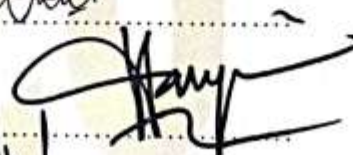
Judul : Pemodifikasian Motor Listrik Induksi Sebagai Generator Magnet Permanen RPM Rendah  
Nama : Ely Purwanto  
NIM : 1501130338  
Fakultas : Tarbiyah dan Ilmu Keguruan  
Jurusan : Pendidikan MIPA  
Program Studi : Tadris Fisika

Telah diujikan dalam Sidang/Munaqasah Tim Penguji Skripsi Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan IAIN Palangka Raya pada:

Hari : Rabu  
Tanggal : 14 Oktober 2020/ 26 Safar 1442 H

### TIM PENGUJI:

1. H.Mukhlis Rohmadi M.Pd.  
(Ketua Sidang/Penguji)
2. Hj. Nurul Septiana, M.Pd  
(Penguji Utama)
3. Hadma Yuliani M.Si, M.Pd  
(Penguji)
4. Nur Inayah Syar, M.Pd.  
(Sekretaris/Penguji)



Mengetahui:

Dekan Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan IAIN Palangka Raya



Rodhatul Jennah, M.Pd.  
19671003 199303 2 001

## PERNYATAAN ORISINALITAS

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ely Purwanto  
NIM : 1501130338  
Jurusan/Prodi : Pendidikan MIPA/Tadris Fisika  
Fakultas : Tarbiyah dan Ilmu Keguruan

Menyatakan skripsi dengan judul “Pemodifikasian Motor Listrik Induksi Sebagai Generator Magnet Permanen RPM rendah”, adalah benar karya saya sendiri. Jika kemudian hari karya ini terbukti merupakan duplikat atau plagiat, maka skripsi dan gelar yang saya peroleh dibatalkan.

Palangka Raya, Oktober 2020

Yang Membuat Pernyataan,

  
Ely Purwanto  
NIM. 1501130338

## **PEMODIFIKASIAN MOTOR LISTRIK INDUKSI SEBAGAI GENERATOR MAGNET PERMANEN RPM RENDAH**

### **ABSTRAK**

Perkembangan suatu daerah, kehidupan masyarakat dan perkembangan sektor ekonomi akan meningkatkan kebutuhan energi listrik khususnya dalam bidang industri. Generator berfungsi untuk membangkitkan energi listrik dan juga merupakan salah satu alat yang harus dipertimbangkan dalam merencanakan pembangunan sistem pembangkit listrik.

Penelitian ini bertujuan (1) Mengetahui desain generator magnet permanen rpm rendah dari motor listrik induksi. (2) Mengetahui hasil validasi desain modifikasi motor listrik induksi sebagai generator magnet permanen rpm rendah. (3) Mengetahui pengaruh teknik lilitan pada stator terhadap daya listrik yang dihasilkan generator. (4) Mengetahui efisiensi generator magnet permanen rpm rendah dari motor listrik induksi. (5) Mengetahui implikasi pemodifikasian motor listrik induksi sebagai generator magnet permanen rpm rendah dalam dunia pendidikan .

Penelitian menggunakan metode Research and Development model 4-D yang dikembangkan oleh S.Thiagarajan, Dorothy S.Semmel dan Melvyn I.Semmel. Teknik analisis data yang digunakan adalah kualitatif deskriptif dan uji efisiensi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) Desain pemodifikasian motor induksi sebagai generator magnet permanen adalah pemodifikasian bagian stator dan rotor. (2) Hasil validasi yang didapatkan dari validator pertama adalah 85% dan validator kedua adalah 77,5% yang dirata-ratakan mendapatkan persentase 81,25%, dan kriteria kualitatif yang didapatkan adalah bagus. (3) Berdasarkan data yang didapat dari tabel antara stator yang menggunakan lilitan A dan stator yang menggunakan lilitan B tegangan yang dihasilkan berbeda sebesar 1.02V dan arus 0.03A yang membuktikan bahwa teknik lilitan mempengaruhi daya yang dihasilkan generator. (4) Efisiensi stator dengan lilitan A saat tidak diberi beban adalah 6.09% dan ketika diberi beban adalah 1%. Stator dengan lilitan B efisiensinya adalah 7.1% saat tidak diberi beban dan 1.40% saat diberikan beban.

Kata Kunci: Motor Induksi, Generator, rpm

# **Modification of an Induction Electric Motor as a Low RPM Permanen Magnet Generator**

## **ABSTRACT**

The development of an area, people's lives and the development of the economic sector will increase the need for electrical energy, especially in the industrial sector. The generator serves to generate electrical energy and is also one of the tools that must be considered in planning the construction of a power generation system.

This study aims (1) Knowing the design of a permanent magnet generator from an induction electric motor. (2) Knowing the validation results of the modified design of an induction electric motor as a low rpm permanent magnet generator. (3) Knowing the effect of a winding techniques on the stator on the electrical power generated by the generator. (4) Knowing the efficiency of a low rpm permanent magnet generator from an induction electric motor. (5) Knowing the implication of induction electric motor as a low rpm permanent magnet generator in education.

The research used the Research and Development model 4-D developed by S.Thiagarajan, Dorothy S.Semmel and Melvin I.Semmel. The data analysis techniques used are descriptive qualitative and efficiency test.

The result shows that (1) The design of induction motor as a permanent magnet generator is modeling of stator and rotor parts. (2) The result of validation obtained from the first validator were 85% and the second validator were 77,5% an average get 81,25% percentage, the qualitative criteria earned are good (3) A stator made using a twist produce power of a 1.966Watt on a 1000 RPM and when given the power load produce is 0.3296Watt. The stator used a twist B technique capable of generating 2.53Watt power and when given the power load produce was 0.4579Watt at the speed of 1000 RPM. (4) The efficiency of the stator A twist when not given a load is 6.09% and when it is loaded is 1%. The efficiency of the stator B twist is 7.1% when it is not loaded and 1.40% when it is loaded.

Key words : Induction motor, generator, rpm.

## MOTTO

وَأَنْ لَّيْسَ لِلْإِنْسَانِ إِلَّا مَا سَعَى ﴿٣٩﴾ وَأَنَّ سَعْيَهُ سَوْفَ يُرَى ﴿٤٠﴾ ثُمَّ  
تُجْزَاهُ الْجَزَاءَ الْأَوْفَى ﴿٤١﴾

Artinya : “ dan bahwa manusia hanya memperoleh apa yang telah diusahakannya (39) dan sesungguhnya usahanya itu kelak akan dipelihatkan (Kepadanya) (40) kemudian akan diberikan balasan kepadanya dengan balasan yang sempurna (41)” ( Q.S An-Najm 39-41)





## LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Sujud syukurku kusembahkan kepada Allah SWT. Tuhan yang Maha Agung nan Maha tinggi nan Maha Adil nan Maha Penyayang, atas takdir-Mu telah Kau jadikan aku manusia yang senantiasa berpikir, berilmu, beriman dan bersabar dalam menjalani kehidupan ini. Semoga terselesaikannya skripsi yang sederhana ini menjadi salah satu langkah awal bagiku untuk meraih cita-cita besarku. Sholawat serta salam selalu terlimpahkan keharibaan Rasulullah Muhammad SAW.

Ku persembahkan karya sederhana ini kepada orang yang sangat kusayangi dan kukasihi.

### **Bapak dan Ibu tersayang**

Sebagai tanda bukti, hormat dan rasa terima kasih yang tiada terhingga kupersembahkan karya kecil ini kepada Ibu (Rusmanti) dan Ayah (Suaji) telah memberikan kasih sayang, ridho dan cinta kasih yang tiada terhingga. Beribu rasa terimakasih ku ucapkan atas dukungan dan kepercayaan yang telah Ibu dan Bapak berikan untuk menentukan jalan hidup yang ku mau. Terimakasih telah merawatku dari kecil hingga sekarang, terimakasih menjadi penyemangatku disaat aku lelah, terimakasih menjadi pendengar keluh kesahku, terimakasih mengajarkan ku arti hidup, terimakasih telah mengajarkanku arti hidup, terimakasih telah mengajarkanku bersyukur atas apa yang kita miliki, telah berjuang menghidupiku, telah menjadi tempat ku kembali, telah menjadi orang tua ku. Semoga Allah SWT selalu memberikan barokah, kesehatan dan panjang umur agar kelak engkau bisa melihatku sukses sebagai orang yang bermanfaat bagi siapapun.

### **Adik dan orang terdekatku**

Sebagai tanda terimakasih, aku persembahkan karya ini kepada adik ku (Fatimah) yang selalu memberikan dukungan kepadaku. Teman-teman terdekat yang telah membantu dari proposal sampai pengambilan data penelitian berakhir.

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Pertama-tama, penulis panjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT karena rahmat, nikmat dan hidayah-Nya lah penulis dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pemodifikasian Motor Listrik Induksi Sebagai Generator Magnet Permanen RPM Rendah” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pendidikan (S.Pd). Sholawat serta salam semoga tetap dilimpahkan oleh Allah SWT kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabat-sahabat beliau.

Skripsi ini tidak akan berhasil tanpa bimbingan, motivasi serta bantuan dari pihak-pihak yang benar-benar fokus dengan dunia penelitian. Oleh karena itu, penulis dengan segala kerendahan hati mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Dr. H. Khairil Anwar, M.Ag, Rektor Institut Agama Islam Negeri Palangka Raya yang telah memberi kesempatan kepada penulis dalam memperoleh ilmu.
2. Ibu Dr. Hj. Rodhatul Jennah, M.Pd, Dekan Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan Institut Agama Islam Negeri Palangka Raya yang telah memberikan izin dalam melaksanakan penelitian.

3. Ibu Dr. Nurul Wahdah, M.Pd, Wakil Dekan Bidang Akademik Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan Institut Agama Islam Negeri Palangka Raya yang telah membantu dalam proses persetujuan skripsi.
4. H. Mukhlis Rohmadi, M.Pd, Ketua Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan Institut Agama Islam Negeri Palangka Raya yang telah membantu dalam proses persetujuan skripsi.
5. Ibu Hadma Yuliani, M.Pd, M.Si, Ketua Program Studi Tadris Fisika sekaligus dosen pembimbing I dan pembimbing akademik yang selama ini memberi motivasi dan meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan.
6. Ibu Nur Inayah Syar, M.Pd, pembimbing II yang selama ini memberi motivasi dan meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan.
7. Ibu Sri Fatmawati, M.Pd, pembimbing terdahulu yang sekarang melanjutkan pendidikan S3, selalu memberikan motivasi dan meluangkan waktu dalam memberikan bimbingan proposal penelitian.
8. Bapak Suhartono, M.Pd.Si, pembimbing terdahulu yang sekarang melanjutkan pendidikan S3, selalu memberikan motivasi, meluangkan waktu dalam memberikan bimbingan proposal dan sekaligus menjadi validator dalam penelitian.
9. Bapak Rahmat Rudianto, S.Pd, pengelola Laboratorium Fisika Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan Institut Agama Islam Negeri Palangka Raya yang telah memberikan izin peminjaman alat laboratorium untuk melaksanakan penelitian.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada teman-teman yang telah ikut membantu dalam menyusun dan mengumpulkan data dalam penelitian ini. Tanpa bantuan teman-teman semua tidak mungkin penelitian ini bisa diselesaikan. Terakhir, penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh keluarga yang telah bersabar di dalam memberikan do'a dan perhatiannya.

Penulis menyadari masih banyak keterbatasan dan kekurangan dalam skripsi ini, oleh karena itu kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat diharapkan.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Palangka Raya, Oktober 2020

Penulis,



Ely Purwanto  
NIM. 1501130338

## DAFTAR ISI

PERSETUJUAN SKRIPSI .....	ii
NOTA DINAS .....	iii
PENGESAHAN SKRIPSI .....	iv
PERNYATAAN ORISINALITAS .....	v
ABSTRAK .....	vi
ABSTRACT .....	vii
MOTTO.....	viii
LEMBAR PERSEMBAHAN .....	ix
KATA PENGANTAR .....	x
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xvi
DAFTAR GRAFIK.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah.....	6
C. Batasan Masalah.....	7
D. Tujuan Penelitian .....	7
E. Manfaat Penelitian .....	8
F. Spesifikasi Produk Yang Dikembangkan.....	9
G. Definisi Operasional Variabel.....	9
H. Sistematika Penulisan.....	11
BAB II KAJIAN PUSTAKA .....	12
A. Kajian Teori .....	12
1. Motor Listrik .....	12
2. Generator .....	20
3. Motor Induksi Sebagai Generator .....	24
4. Efisiensi Generator Induksi .....	25

B. Hasil Penelitian Yang Relevan.....	25
C. Kerangka Berpikir.....	27
BAB III METODE PENELITIAN.....	29
A. Desain Penelitian.....	29
B. Prosedur Penelitian.....	30
C. Teknik Pengumpulan Data dan Objek Penelitian .....	34
D. Uji Produk .....	35
E. Teknik Analisis Data.....	35
F. Alat Dan Bahan .....	38
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	40
A. Hasil Penelitian .....	40
1.Desain Motor Listrik Sebagai Generator Magnet Permanen RPM Rendah.	40
2.Validasi Ahli	50
3.Pengaruh Teknik Lilitan Pada Stator Terhadap Daya Listrik	52
4.Efisiensi Generator	64
B. Pembahasan.....	66
1.Desain Motor Listrik Sebagai Generator Magnet Permanen RPM Rendah	66
2.Validasi Ahli	68
3.Pengaruh Teknik Lilitan Pada Stator Terhadap Daya Listrik	69
4.Efisiensi Generator	74
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	76
A. Kesimpulan .....	76
B. Saran.....	77
DAFTAR PUSTAKA .....	79

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Rentang persentase dan kriteria kualitatif kelayakan desain .....	38
Tabel 3.2 Alat yang digunakan .....	40
Tabel 3.2 Bahan Yang Digunakan .....	40
Tabel 4.1 Storyboard Desain Motorr Listrik .....	41
Tabel 4.2 Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian .....	49
Tabel 4.3 Hasil Validasi Ahli Desain .....	50
Tabel 4.4 Hasil pengukuran generator menggunakan stator A .....	56
Tabel 4.5 Hasil pengukuran generator menggunakan stator A dengan beban lampu 2.4 Watt .....	58
Tabel 4.6 Hasil pengukuran generator menggunakan stator dengan B .....	60
Tabel 4.7 Hasil pengukuran generator menggunakan stator B dengan beban lampu 2.4 Watt .....	62
Tabel 4.8 Rangkuman hasil penelitian .....	64

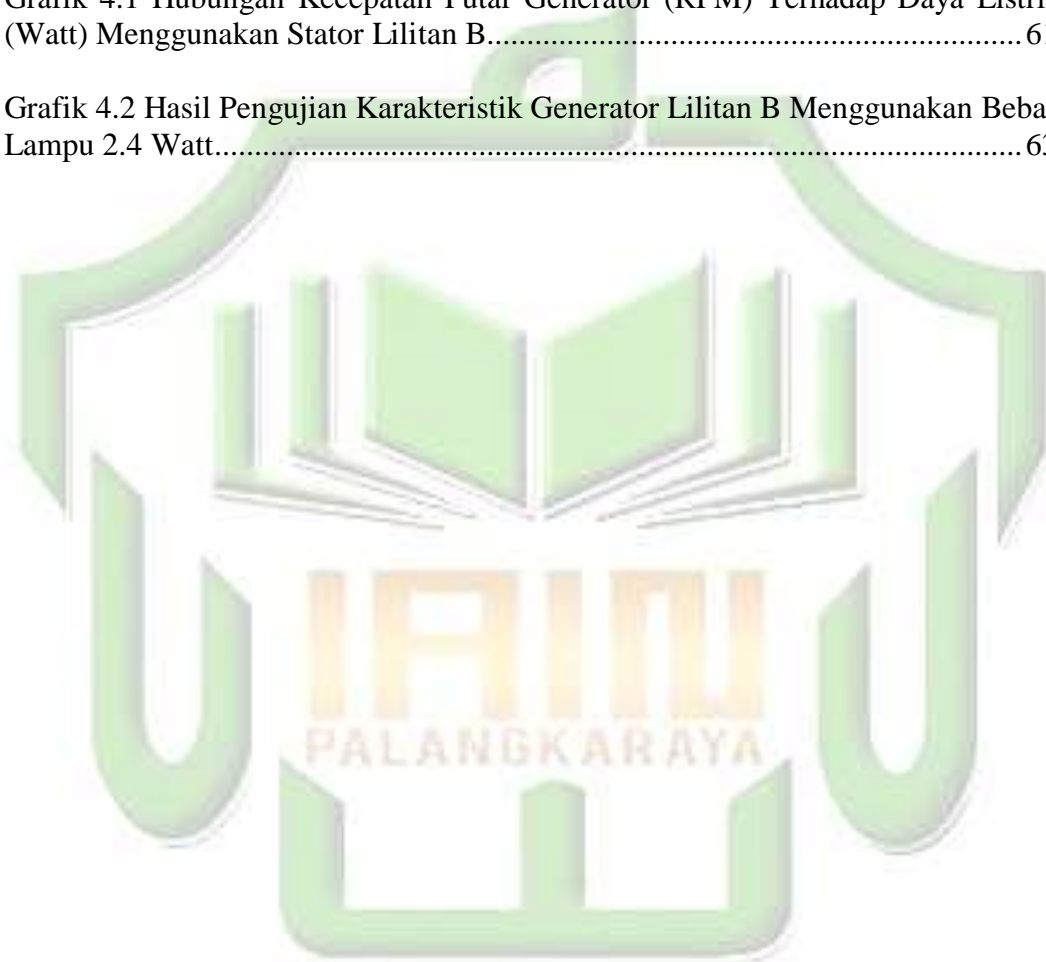
## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Prinsip Dasar Kerja Motor Listrik.....	13
Gambar 2.2 Klasifikasi Jenis Utama Motor Listrik .....	13
Gambar 2.3 Motor Sinkron .....	14
Gambar 2.4 Rotor Dengan Belitan Gelung .....	18
Gambar 2.5 Rotor Dengan Belitan Gelombang.....	19
Gambar 2.6 Kaidah Tangan Kanan Fleming.....	21
Gambar 2.7 Kerangka Berpikir .....	28
Gambar 3.1 Prosedur Pengembangan 4-D.....	30
Gambar 3.2 Rancang Awal Generator .....	32
Gambar 3.3 Bentuk Stator.....	33
Gambar 3.4 Ilustrasi Teknik Lilitan .....	33
Gambar 3.5 Bentuk Rotor .....	33
Gambar 4.1 Voltage Regulator .....	53
Gambar 4.2 Pengukuran Kecepatan Putar Generator .....	54
Gambar 4.3 Proses Pengambilan Data.....	55



## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Hubungan Kecepatan Putar Generator (RPM) Terhadap Daya Listrik (Watt) Menggunakan Stator Lilitan A .....	57
Grafik 4.2 Hasil Pengujian Karakteristik Generator Lilitan A Menggunakan Beban Lampu 2.4 Watt .....	59
Grafik 4.1 Hubungan Kecepatan Putar Generator (RPM) Terhadap Daya Listrik (Watt) Menggunakan Stator Lilitan B.....	61
Grafik 4.2 Hasil Pengujian Karakteristik Generator Lilitan B Menggunakan Beban Lampu 2.4 Watt.....	63



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Hasil Penelitian
- Lampiran 2. Dokumentasi Penelitian
- Lampiran 3. Petunjuk Penggunaan Generator
- Lampiran 4. Lembar Validasi
- Lampiran 5. Administrasi Penelitian
- Lampiran 6. Riwayat Hidup



# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Perkembangan suatu daerah, kehidupan masyarakat dan perkembangan sektor ekonomi akan meningkatkan kebutuhan energi listrik khususnya dalam bidang industri. Semakin pesat perkembangan tersebut akan berdampak pada kebutuhan energi listrik yang berakibat meningkatnya daya listrik yang harus dipenuhi oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN). PLN selalu berusaha untuk memenuhi kebutuhan listrik dengan meratakan penyebaran aliran listrik pada daerah-daerah yang belum terjangkau aliran listrik (Asy'ari *et al*, 2012 ).

Pemerintah telah berkomitmen untuk merealisasikan penyediaan listrik sebesar 35 ribu Megawatt (MW) dalam jangka waktu 5 tahun (2014-2019). Pemerintah bekerjasama dengan PLN dan swasta akan membangun 109 pembangkit, dimana 35 proyek dikerjakan oleh PLN dan 74 Proyek lainnya dikerjakan oleh swasta/Independent Power Producer (IPP)(Santoso, 2015).

Kalimantan Tengah masih memiliki sejumlah daerah yang belum teraliri listrik, contohnya adalah daerah tempat asal peneliti tinggal yaitu Desa Karuing Kecamatan Kamipang Kabupaten Katingan. Di kecamatan kamipang hanya ibu kota kecamatan dan dua desa yang teraliri listrik sedangkan daerah lain belum teraliri listrik. Belum teraliri listrik maksudnya adalah belum ada

listrik yang berasal dari PLN. Listrik didesa masih menggunakan listrik non PT PLN seperti genset, PLTS dan PLTD skala kecil. Rasio elektrifikasi di Kalimantan Tengah sendiri pada tahun 2018 mencapai 84,56% (PT PLN Persero & KESDM).

Menurut data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan tahun 2018, di Kalimantan Tengah sumber listrik masih banyak dari Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) yang berjumlah 383 buah (Dinas Pertambangan dan Energi Prov. Kalimantan Tengah). Dalam pengembangan PLTU banyak kendala-kendala yang perlu dipertimbangkan, baik kendala transportasi maupun kendala ketersediaan batubara yang cukup, maka sumber energi alternatif sangat dibutuhkan dalam mengatasi permasalahan ini. Energi alternatif segmennya dalam industri energi mencakup berbagai sumber yang memiliki cukup potensial seperti pembangkit listrik tenaga air, energi angin, energi surya dan *bio fuel* (Liun, 2011). Aliran sungai dan angin dapat diperoleh secara gratis setelah kita menggunakan metode atau suatu teknologi untuk menghasilkan listrik yang juga membutuhkan biaya modal dalam pembuatannya. Allah SWT menciptakan langit dan bumi beserta isinya dan memberikan tanda-tanda kekuasaan-Nya bagi orang yang berakal. Sebagaimana yang difirmankan-Nya dalam surah Al-Jasiyah ayat 13.

وَسَخَّرَ لَكُمْ مَّا فِي السَّمٰوٰتِ وَمَا فِي الْاَرْضِ جَمِيعًا مِّنْهُ ۗ اِنَّ فِيْ  
ذٰلِكَ لَاٰيٰتٍ لِّقَوْمٍ يَّتَفَكَّرُوْنَ

Artinya:

“Dan Dia menundukkan apa yang ada di langit dan apa yang ada di bumi untukmu semuanya (sebagai rahmat) dari-Nya. Sungguh, dalam hal yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang-orang yang berpikir” (QS Al-Jasyah Terjemahan Kemenag 2002 [45]:13).

Penundukan tersebut secara potensial terlaksana melalui hukum-hukum alam yang ditetapkan Allah dan kemampuan yang dianugerahkan-Nya kepada manusia. Al-Qur'an menjelaskan sebagian dari ciri-ciri tersebut, yaitu:

1. Segala sesuatu di alam raya ini memiliki ciri dan hukum-hukumnya, dijelaskan dalam surah Al-Rad ayat 8. Ayat ini menjelaskan bahwa matahari dan bulan beredar dan memancarkan sinar, hingga rumput yang hijau subur atau layu dan kering, semuanya telah ditetapkan oleh Allah sesuai ukuran dan hukum-hukumnya.
2. Semua yang berada di alam raya ini tunduk kepada-Nya.
3. Benda-benda alam apalagi yang tidak bernyawa tidak diberi kemampuan memilih, tetapi sepenuhnya tunduk kepada Allah melalui hukum-hukum-Nya (Shihab, 1996).

Tempat rongsoakan atau dijalan-jalan masih banyak ditemukannya peralatan-peralatan elektronik yang sudah tidak digunakan lagi dan hanya dibiarkan berkarat begitu saja, padahal banyak dari barang-barang tersebut yang masih dapat digunakan atau diperbaiki menjadi barang berguna lainnya,

contohnya adalah *motherboard* dari tv bekas yang peralatannya bisa digunakan untuk peralatan elektronik lain dan motor listrik bekas seperti motor kipas angin, motor kipas AC, motor mesin cuci dan motor pompa air bekas yang bisa dimodifikasi sebagai generator. Pengembangan-pengembangan seperti inilah juga dianjurkan dalam Al-Qur'an dan hadis yang bertujuan untuk meningkatkan taraf hidup seseorang. Hal ini diperkuat dalam Al-Qur'an surah Al-Mujadilah ayat 11 yang menjelaskan bahwa Allah meninggikan beberapa derajat (tingkatan) orang-orang yang beriman dan orang-orang yang berilmu.

Perealisasi penyediaan energi listrik diperlukan suatu sistem yang dapat membangkitkan energi listrik. Dalam pembangunan suatu sistem pembangkit tenaga listrik banyak hal yang harus diperhatikan, seperti pemilihan alat dan bahan yang akan digunakan dalam sistem pembangkit. Penelitian ini lebih berfokus pada generator, karena generator merupakan salah satu alat yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan pembangunan sistem pembangkit listrik. Generator yang ideal adalah generator yang memiliki efisiensi tinggi dalam beroperasi dan pembebanan yang berbeda-beda. Generator yang ideal biasanya dibuat oleh perusahaan-perusahaan besar dan juga mahal, sedangkan banyak masyarakat daerah terpencil memiliki pendapatan yang terbatas dan tidak mampu membelinya.

Generator pada pembangkit listrik daerah terpencil sebaiknya menggunakan generator yang sederhana, murah, mudah dibuat, mudah perawatannya serta bisa dikembangkan kemudian hari. Pada daerah terpencil

tempat tinggal penduduk desa yang berjauhan dan peralatan listrik yang sering digunakan adalah beban satu fase, jadi generator satu fase lebih tepat untuk diterapkan pada daerah tersebut (Supardi, 2016).

Salah satu solusi untuk memenuhi kebutuhan listrik yaitu pemanfaatan barang-barang yang sering ditemui untuk menghasilkan tenaga listrik, salah satunya adalah dengan motor listrik. Peralatan rumah tangga juga banyak dijumpai berbagai motor listrik seperti pompa air, kipas angin (*fan*) dan lain-lain. Motor listrik dapat dimodifikasi lilitan dan magnetnya agar dapat dijadikan generator (Hasdziselmovic *et al*, 2013; Rohani, 2019).

Beberapa penelitian terdahulu yang memanfaatkan motor listrik dijadikan sebagai generator dilakukan oleh Joni (2013), Sidik Nugroho (2016), dan Rohani (2019) yang memanfaatkan motor bekas pompa air dan motor kipas angin. Generator yang dibuat dengan memanfaatkan motor listrik induksi disebut generator induksi. Generator induksi dianggap tepat untuk daerah terpencil karena generator induksi dapat diterapkan dalam kondisi tanpa jaringan listrik (Gupta dan Wadwhani, 2012). Generator induksi juga dapat beroperasi secara optimal dalam kondisi *stand alone*, mudah dioperasikan dan dapat berkinerja secara baik dalam kondisi berbeban (Farraq dan Putrus, 2014).

Berdasarkan latar belakang di atas peneliti ingin melakukan penelitian tentang pemanfaatan motor listrik induksi menggunakan pompa air bekas sebagai generator pembangkit listrik. Peneliti tertarik menggunakan pompa air bekas dikarenakan bahan mudah ditemukan, murah dan mudah perawatannya.

Pemilihan pompa air juga dikarenakan bahan yang lebih kuat dibandingkan jenis motor induksi yang lain, serta bagian stator dan rotor lebih mudah untuk dimodifikasi. Dalam penelitian ini peneliti menggunakan pompa air bekas merk *shimizu*, pemilihan ini dikarenakan pompa air merk *shimizu* dari segi ukuran lebih besar dari merk-merk yang lain. Ukuran stator dan slot stator yang juga lebih besar memudahkan ketika proses pembuatan ulang belitan stator. Pada penelitian ini digunakan dua buah stator dan pada bagian rotor akan dipasang magnet *neodyum*. Penggunaan magnet permanen adalah salah satu upaya memperkuat medan magnet pada generator (Mulud, 2013).

Penelitian ini juga akan menganalisa perbandingan dari teknik lilitan yang berbeda pada stator. Hasil penelitian yang didapatkan dengan skala lab ini nanti dapat digunakan untuk penelitian lanjutan dengan skala yang lebih besar sehingga apabila penelitian berhasil diharapkan dapat menjadi salah satu solusi masalah kurang terpenuhinya kebutuhan manusia akan energi listrik. Oleh karena itu peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang generator yang berjudul **“Pemodifikasian Motor Listrik Induksi Sebagai Generator Magnet Permanen RPM Rendah”**.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka dapat dirumuskan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah desain modifikasi motor listrik induksi sebagai generator magnet permanen rpm rendah ?



2. Bagaimanakah hasil validasi desain modifikasi motor listrik induksi sebagai generator magnet permanen rpm rendah?
3. Bagaimana pengaruh teknik lilitan pada stator terhadap daya listrik yang dihasilkan generator?
4. Bagaimana efisiensi generator magnet permanen rpm rendah dari motor listrik induksi?

### **C. Batasan Masalah**

Untuk memfokuskan penelitian maka masalah pada penelitian adalah sebagai berikut :

1. Generator yang dirancang belum dapat digunakan untuk pemakaian secara terus menerus.
2. Generator yang akan dirancang adalah generator induksi 1 fasa.
3. Generator yang dirancang digunakan sebagai sumber listrik sementara.
4. Generator yang dirancang masih berupa prototipe.
5. Motor listrik induksi yang digunakan adalah motor listrik dari pompa air bekas.

### **D. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui desain generator magnet permanen rpm rendah dari motor listrik induksi.

2. Mengetahui hasil validasi desain modifikasi motor listrik induksi sebagai generator magnet permanen rpm rendah.
3. Mengetahui pengaruh teknik lilitan pada stator terhadap daya listrik yang dihasilkan generator.
4. Mengetahui efisiensi generator magnet permanen rpm rendah dari motor listrik induksi.

#### **E. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Manfaat teoritis
  - a. Sebagai masukan informasi bagi peneliti yang tertarik dengan desain generator magnet permanen.
  - b. Untuk menambah pengetahuan dan pemahaman terhadap ilmu fisika, terutama tentang Magnet dan Induksi Elektromagnetik.
2. Manfaat Praktis
  - a. Masyarakat mampu memanfaatkan motor listrik sebagai generator pembangkit listrik.
  - b. Desain ini diharapkan mampu menghasilkan pembangkit energi listrik yang ramah lingkungan.
  - c. Desain ini diharapkan mampu menolong masyarakat dalam memenuhi kebutuhan energi listrik dalam skala rumah tangga.

### 3. Manfaat bidang pendidikan

Penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai bahan pengayaan dalam mata pelajaran Fisika yang terkait dengan kompetensi dasar pada sekolah dalam materi Induksi Elektromagnetik, serta dapat dipergunakan sebagai alat peraga.

## F. Spesifikasi Produk Yang Dikembangkan

Produk yang dikembangkan berupa generator magnet permanen rpm rendah dengan spesifikasi sebagai berikut :

1. Generator magnet permanen terbuat dari pompa air bekas.
2. Pembuatan bagian stator dibuat beberapa buah, dengan bentuk lilitan yang berbeda.
3. Pembuatan rotor dengan cara dibubut dan magnet berjumlah 8 buah.
4. Magnet yang digunakan pada rotor adalah menggunakan magnet Neodyum.

## G. Definisi Operasional Variabel

Definisi Operasional Variabel adalah pengertian atau deskripsi dari segala faktor yang mempengaruhi atau dipengaruhi dan memiliki nilai menurut cara pengoperasian, praktik, riil dan fungsi dalam lingkup objek penelitian yang diteliti. Adapun variabel dalam penelitian ini adalah :

### 1. Kecepatan Putar Generator

Kecepatan putar generator adalah banyaknya putaran yang dilakukan oleh generator dalam waktu satu menit. Pada penelitian ini untuk mengukur kecepatan putar generator menggunakan *Timer Counter*.

### 2. Daya Listrik

Daya listrik adalah hasil perkalian dari tegangan dan arus yang dihasilkan oleh generator.

### 3. Teknik Lilitan

Teknik lilitan adalah cara yang dibuat untuk membuat sebuah kumparan pada stator. Teknik yang digunakan dalam penelitian ini ada dua buah yang peneliti sebut teknik lilitan A dan teknik lilitan B. Pada setiap teknik lilitan ada dua desain penyambungan antar lilitan pada slot stator, yaitu desain kumparan kutub utara dan desain kumparan kutub selatan.

### 4. Jumlah lilitan

Jumlah lilitan adalah berapa banyak kawat yang digunakan untuk satu kumparan pada stator. Pada penelitian ini jumlah lilitan yang digunakan adalah 70 lilitan perkumparannya.

### 5. Magnet

Magnet adalah bahan yang digunakan untuk membangkitkan medan magnet. Medan magnet terdiri atas dua kutub yaitu kutub utara dan kutub selatan.

## H. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam proposal ini adalah sebagai berikut:

1. Bab I pendahuluan berisi tentang latar belakang dilakukannya penelitian ini, identifikasi masalah, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian manfaat penelitian, spesifikasi produk yang dikembangkan, asumsi dan keterbatasan pengembangan, definisi operasional dan sistematika penulisan.
2. Bab II kajian pustaka berisi tentang kerangka teoritis, penelitian yang relevan dan kerangka berpikir.
3. Bab III metode penelitian berisi tentang desain penelitian, prosedur penelitian, sumber data dan objek penelitian, teknik dan instrumen pengumpulan data, uji produk, dan teknik analisis data.
4. Bab IV hasil penelitian, membahas tentang hasil penelitian berupa analisis data dan pembahasan yang menjawab dari rumusan masalah yang berisikan tentang data-data hasil pengujian alat.
5. Bab V penutup, memuat kesimpulan terhadap permasalahan yang dikemukakan pada penelitian, kemudian diakhiri dengan saran-saran yang sifatnya membangun dan memperbaiki isi skripsi. Setelah bab V disertai daftar pustaka sebagai rujukan penelitian ini.

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### A. Kajian Teori

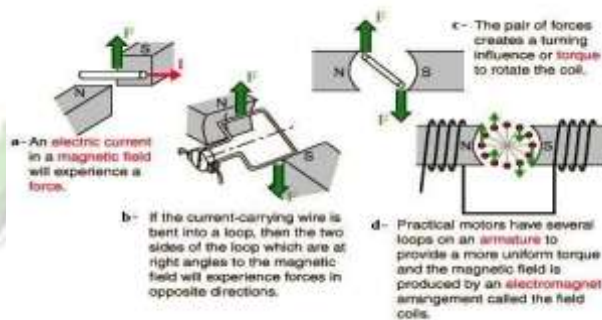
##### 1. Motor Listrik

Motor listrik merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik (Khater, Abu El-Sebah, Osama, dan Sakkoury, 2016). Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya memutar *impeller* pompa, kipas angin atau blower, menggerakkan kompresor, dan mengangkat bahan. Motor Listrik digunakan juga di rumah (*Mixer*, bor listrik, kipas angin) dan di industri. Motor listrik kadangkala disebut “kuda kerja” nya industri sebab diperkirakan bahwa motor-motor menggunakan sekitar 70% beban listrik total industri.

Mekanisme kerja untuk seluruh jenis motor secara umum sama (Daryanto, 2016) ditunjukkan pada gambar 2.1 yang artinya sebagai berikut :

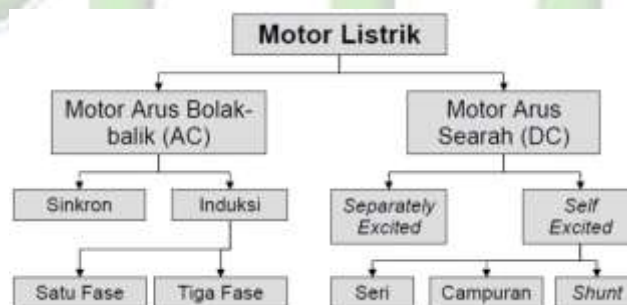
- a. Arus listrik dalam medan magnet akan memberikan gaya
- b. Jika kawat yang membawa arus dibengkokkan menjadi sebuah lingkaran/loop, maka kedua sisi loop, yaitu sudut kanan medan magnet akan mendapatkan gaya pada arah yang berlawanan
- c. Pasangan gaya menghasilkan gaya putar/torque untuk memutar kumparan

- d. Motor-motor memiliki beberapa loop pada dinamonya untuk memberikan tenaga putaran yang lebih seragam dan medan magnetnya dihasilkan oleh susunan elektromagnetik yang disebut kumparan medan.



**Gambar 2.1 Prinsip Dasar Kerja Motor Listrik**

Secara umum kita tahu dua jenis utama motor listrik yaitu AC dan DC. Gambar 2.2 mengklasifikasikan jenis motor listrik yang paling umum, motor tersebut dikategorikan berdasarkan pasokan input, konstruksi, dan mekanisme operasi dan dijelaskan lebih lanjut dibawah ini.



**Gambar 2.2 Klasifikasi Jenis Utama Motor Listrik**

Sumber : Daryanto (2016)

a. Motor AC

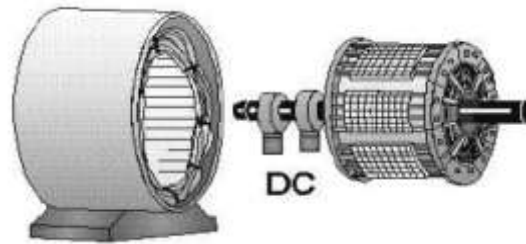
Motor arus bolak balik menggunakan arus listrik yang membalikkan arahnya secara teratur pada rentang waktu tertentu. Motor listrik memiliki dua bagian dasar yaitu stator dan rotor. Stator merupakan komponen listrik statis, dan rotor merupakan komponen listrik berputar untuk memutar as motor.

Keuntungan utama motor DC terhadap motor AC adalah bahwa kecepatan motor AC lebih sulit dikendalikan. Untuk mengatasi kerugian ini, motor AC dapat dilengkapi dengan penggerak frekuensi variabel untuk meningkatkan kendali kecepatan sekaligus menurunkan dayanya. Motor Induksi merupakan mesin yang paling populer di industri karena kehandalannya dan lebih mudah perawatannya. Motor induksi AC cukup murah harganya dan juga memberikan rasio daya terhadap berat yang cukup tinggi.

1) Motor Sinkron

Motor Sinkron adalah motor AC, bekerja pada kecepatan tetap pada sistem frekuensi tertentu. Motor ini memerlukan arus searah (DC) untuk pembangkitan daya dan memiliki torque awal yang rendah, oleh karena itu motor sinkron cocok untuk penggunaan awal dengan beban rendah, seperti kompresor udara, perubahan frekuensi dan generator motor. Motor sinkron mampu memperbaiki faktor daya sistem, sehingga sering digunakan pada sistem yang menggunakan banyak listrik (Daryanto, 2016). Gambar 2.3 menunjukkan bentuk motor sinkron.





**Gambar 2.3 Motor Sinkron**

Komponen utama motor sinkron adalah :

- (a) **Rotor**. Perbedaan utama antara motor sinkron dan motor induksi adalah bahwa rotor motor sinkron berjalan pada kecepatan yang sama dengan perputaran medan magnet. Hal ini memungkinkan medan magnet rotor tidak lagi terinduksi. Rotor memiliki magnet permanen atau arus *DC-excited*, yang dipaksa untuk mengunci pada posisi tertentu bila dihadapkan dengan medan magnet lainnya. Rotor motor sinkron pada dasarnya adalah sebuah elektromagnet yang besar, kutub magnet pada rotor berupa konstruksi yang menonjol (Stephen, 2005)
- (b) **Stator** motor sinkron terbuat dari bahan ferromagnetik yang berbentuk laminasi untuk mengurangi rugi-rugi arus pusar, dan menghasilkan medan magnet berputar yang sebanding dengan frekuensi yang dipasok (Sunarlik, 2011).

Motor ini berputar pada kecepatan sinkron, yang diberikan oleh persamaan berikut (Parekh, 2003) :

$$N_s = \frac{120f}{P} \quad 2.1$$

Dimana :

$N_s$  = Kecepatan sinkron stator medan magnet (RPM)

$f$  = frekuensi dari pasokan frekuensi (Hz)

$P$  = jumlah kutub

## 2) Motor Induksi

Mesin yang hanya dengan seperangkat lilitan tembaga yang terus menerus disebut motor induksi (Stephen, 2005). Motor Induksi merupakan motor yang paling umum digunakan pada berbagai peralatan industri. Popularitasnya karena rancangannya yang sederhana, murah, mudah didapat dan dapat langsung disambungkan ke sumber daya AC.

### (a) Komponen

(1) Rotor. Motor induksi menggunakan dua jenis rotor yaitu : a) rotor kandang tupai terdiri dari batang penghantar tebal yang diletakkan dalam petak-petak slot paralel. Batang-batang tersebut diberi hubungan pendek pada kedua ujungnya dengan alat cincin hubungan pendek; b) Lingkaran rotor yang memiliki gulungan tiga fase, lapisan ganda dan terdistribusi, dibuat melingkar sebanyak kutub stator. Tiga fase digulungi kawat pada bagian dalamnya dan ujung yang lain dihubungkan ke cincin kecil yang dipasang batang as dengan sikat yang menempel padanya (Daryanto, 2016).

(2) Stator dibuat dari sejumlah stampings dengan slots untuk membawa gulungan tiga fase. Gulungan ini dilingkarkan untuk

sejumlah kutub yang tertentu. Gulungan diberi spasi geometri sebesar  $120^\circ$ .

(b) Klasifikasi motor induksi

Motor induksi diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama (Parekh, 2003):

a. Motor induksi satu fase

Motor ini hanya memiliki satu gulungan stator, beroperasi dengan pasukan daya satu lukan sebuah alat untuk menghidupkan motornya. Sejauh ini motor ini merupakan jenis motor yang paling umum digunakan dalam peralatan rumah tangga, seperti kipas angin, mesin cuci, pengering pakaian dan untuk penggunaan 3 sampai 4 Hp.

b. Motor induksi tiga fase

Medan magnet yang berputar dihasilkan oleh pasukan tiga fase yang seimbang. Motor tersebut memiliki daya kemampuan yang tinggi, dapat memiliki kandang tupai atau gulungan, dan penyalan sendiri. Diperkirakan bahwa sekitar 70% motor industri menggunakan jenis ini, sebagai contoh pompa kompresor, belt conveyor, jaringan listrik, dan grinder. Tersedia dalam ukuran 1/3 Hp.

b. Motor DC

Mesin arus searah pada dasarnya sama dengan mesin arus bolak balik, kecuali bahwa mesin arus searah mempunyai suatu komutator, yang

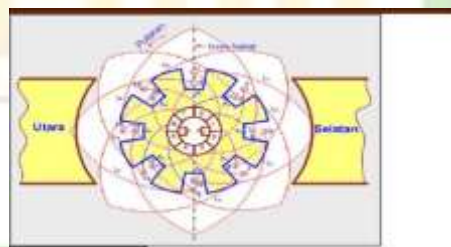
berfungsi mengubah tegangan bolak balik menjadi tegangan searah (Zuhal, 2000: 136). Motor arus searah digunakan pada penggunaan khusus dimana diperlukan penyalan torque yang tinggi atau percepatan yang tetap untuk kisaran kecepatan yang luas (Daryanto, 2014).

#### 1) Belitan mesin arus searah

Menurut Zuhal (2000) belitan mesin arus terbagi menjadi dua, yaitu :

##### (a) Belitan Gelung

Kumparan biasa terdiri dari beberapa lilitan. Kumparan yang dihubungkan satu sama lain membentuk belitan. Apabila kumparan dihubungkan dan dibentuk sedemikian rupa hingga setiap kumparan menggantung kembali kesisi kumparan berikutnya, maka hubungan ini disebut *belitan gelung*. Gambar 2.4 menunjukan rotor dengan belitan gelung.

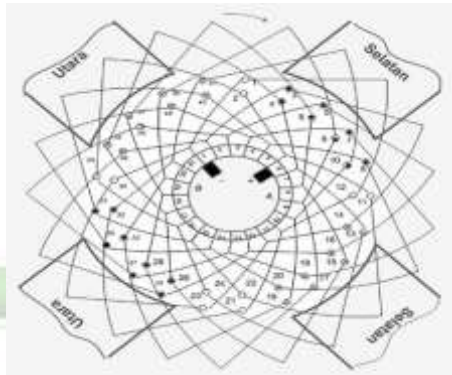


**Gambar 2.4 Rotor dengan belitan gelung, dua kutub, delapan alur dan delapan kumparan**

##### (b) Belitan Gelombang

Kumparan pada belitan gelombang dihubungkan serta dibentuk demikian rupa sehingga terbentuk gelombang. Pada gambar 2.5

menunjukkan adanya 4 kutub, 21 kumparan rotor dan terdapat 2 sisi kumparan di masing-masing alur.



**Gambar 2.5 Rotor dengan belitan gelombang**

Motor arus searah memiliki tiga komponen utama :

(1) Kutub Medan

Motor arus searah memiliki dua kutub medan : kutub utara dan kutub selatan. Garis magnetik energi membesar melintasi bukaan diantara kutub-kutub dari utara ke selatan. Untuk motor yang lebih besar atau lebih kompleks terdapat satu atau lebih elektromagnet. Elektromagnet menerima listrik dari sumber daya dari luar sebagai penyedia struktur medan (Daryanto, 2014).

(2) Dinamo

Pada motor arus searah yang kecil, dinamo berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub-kutub, sampai kutub utara

dan selatan magnet berganti lokasi. Jika hal ini terjadi, arus berbalik untuk merubah kutub-kutub utara dan selatan dinamo.

### (3) Komutator

Komponen ini ditemukan dalam motor arus searah yang berfungsi untuk membalikkan arah arus listrik dalam dinamo. Komutator juga membantu dalam transmisi arus antara dinamo dan sumber daya.

## 2. Generator

Generator adalah sebuah mesin konversi energi yang dapat mengubah energi gerak (*mekanik*) menjadi energi listrik (*elektrik*) dengan memanfaatkan prinsip induksi elektromagnetik. Sumber energi mekanik yang menggerakkan generator tersebut bermacam-macam (Stephen, 2005).

Konstruksi Generator terdiri dari dua bagian yang paling utama, yaitu:

#### a. Bagian yang diam (stator)

Stator adalah bagian generator yang diam, dan sering disebut juga kumparan medan. Stator tersusun dari beberapa belitan kawat email yang dilapisi bahan isolator. *Coil* atau sering disebut belitan adalah tempat tegangan terbentuk dan tempat mengalirnya arus. Jumlah dari kumparan akan mempengaruhi kuantitas tegangan keluaran generator

#### b. Bagian yang bergerak (rotor)

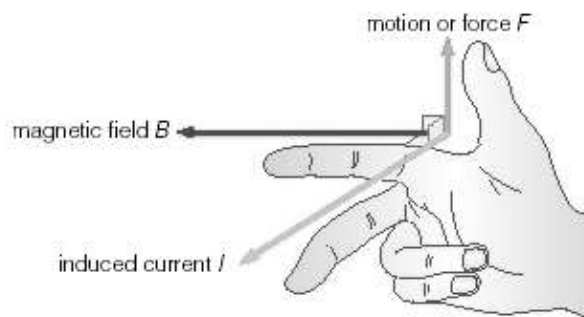
Rotor adalah bagian generator yang bergerak atau berputar. Pada bagian rotor inilah tempat tersusunnya magnet permanen sebagai

penghasil medan magnet yang diperlukan dalam pembangkitan tegangan. Pada generator kecepatan rendah dan menengah tipe rotor yang digunakan yaitu kutub menonjol (*Salient*). Rotor inilah yang akan dihubungkan dengan poros turbin untuk diputar (Charles, 1992). Pada penelitian ini pembuatan rotor memodifikasi rotor dari mesin pompa air, dengan 8 buah magnet permanen dan jarak antar magnet dihitung dengan menggunakan rumus  $Kr = (Tf \times 8) + (a \times 8)$  (Prasetijo, 2012). Angka 8 didapat dari jumlah magnet yang digunakan.

c. Celah Udara (*Air Gap*)

Antara rotor dan kumparan stator terdapat celah, inilah yang disebut dengan celah udara. Jarak antara rotor dan kumparan ini harus diperhitungkan untuk mendapatkan hasil kerja generator yang optimum.

Generator adalah suatu mesin yang menggunakan magnet untuk mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Prinsip generator secara sederhana dapat dikatakan bahwa tegangan diinduksikan pada konduktor apabila konduktor tersebut bergerak pada medan magnet sehingga memotong garis-garis gaya. Hukum tangan kanan Fleming yang berlaku pada generator di tunjukkan pada gambar 2.6 menyebutkan bahwa terdapat hubungan antara penghantar bergerak, arah medan magnet dan arah resultan dari aliran arus yang terinduksi. Apabila ibu jari menunjukkan arah gerakan penghantar, telunjuk menunjukkan arah fluks, jari tengah menunjukkan arah aliran elektron yang terinduksi.



**Gambar 2.6 Kaidah Tangan Kanan Fleming**

Hukum ini juga berlaku apabila magnet sebagai pengganti penghantar yang digerakkan. Jumlah tegangan yang diinduksikan pada penghantar saat penghantar bergerak pada medan magnet tergantung pada :

- a. Kekuatan medan magnet, makin kuat medan magnet makin besar tegangan yang diinduksikan.
- b. Kecepatan penghantar dalam memotong fluks, makin cepat maka semakin besar tegangan yang diinduksikan.
- c. Sudut perpotongan, pada sudut 90 derajat tegangan induksi maksimum dan tegangan kurang bila kurang dari 90 derajat.
- d. Panjang penghantar pada medan magnet.

Percobaan-percobaan yang dilakukan oleh Faraday, Henry, dan lain telah menunjukkan bahwa jika fluks magnetik yang melalui suatu rangkaian diubah dengan cara apapun, suatu GGL yang sama besarnya dengan laju perubahan fluks yang diinduksikan dalam rangkaianannya. GGL biasanya dideteksi dengan mengamati arus dalam rangkaianannya, tetapi GGL itu tetap ada sekalipun jika rangkaianannya tersambung (tidak tertutup) sehingga tidak



ada arus. Dalam pembahasan lain GGL dalam suatu rangkaian telah dilokalisasi dalam daerah khusus rangkaiannya, seperti antar terminal baterai. Akan tetapi, GGL yang diinduksikan oleh fluks magnetik yang berubah dapat dianggap terdistribusi di seluruh rangkainnya (Tipler, 2001).

Hukum Faraday menyatakan bahwa tegangan elektrik imbas  $\varepsilon$  di dalam sebuah rangkaian adalah sama (kecuali tanda negatifnya) dengan kecepatan *fluks* yang melalui rangkaian tersebut. Jika kecepatan perubahan *fluks* dinyatakan di dalam *weber/detik*, maka tegangan gerak elektrik  $\varepsilon$  akan dinyatakan dalam *volt*. Besarnya ggl induksi (*electromagnetic force*) merupakan perubahan *fluks* magnetik ( $\phi_B$ ) dalam selang waktu ( $t$ ) sehingga dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\varepsilon = -\frac{d\phi_B}{dt} \quad 2.2$$

Tanda negatif pada persamaan (2.2) merupakan pernyataan dari Hukum Lenz yang menjelaskan bahwa ggl induksi selalu membangkitkan arus yang medan magnetnya berlawanan dengan asal perubahan fluks (Giancoli, 2001). Jika persamaan (2.2) diberlakukan pada sebuah solenoida yang terdiri dari  $N$  lilitan, maka sebuah tegangan gerak elektrik akan muncul dalam setiap lilitan sehingga tegangan gerak elektrik totalnya merupakan penjumlahan dari setiap lilitan, sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\varepsilon = -N \frac{d\phi_B}{dt} = -\frac{d(N\phi_B)}{dt} \quad 2.3$$

Dengan  $N\phi_B$  menyatakan nilai tautan fluks (*fluks linkages*) di dalam solenoida,  $N$  menyatakan jumlah lilitan dan  $\phi_B$  menyatakan fluks magnetik (Giancoli, 2001:175).

Menurut Dharma, S., Sugiyantoro, B., & Widiastuti, A. N. (2010), generator magnet permanen merupakan jenis pembangkit listrik yang menggunakan magnet permanen, sehingga tidak memerlukan tambahan eksitasi dari luar untuk membuat medan magnetnya. Generator magnet permanen merupakan alternatif menarik untuk suatu pembangkit listrik skala mikro, dimana jumlah kutub yang banyak sangatlah ideal untuk diaplikasikan pada putaran rendah, seperti alat pengangkat, mikrohidro, dan turbin angin.

### **3. Motor Induksi Sebagai Generator**

Dalam penelitiannya Hasdziselimovic *et al* (2013) mengatakan bahwa motor induksi dapat dioperasikan sebagai generator. Generator induksi dipilih karena dianggap tepat untuk diterapkan didaerah terpencil, ini disebabkan generator induksi dapat diterapkan dalam kondisi tanpa jaringan listrik ( Gupta dan Wadwhani, 2012), juga dalam penelitiannya Farraq dan Putrus (2014) mengungkapkan generator induksi dapat beroperasi secara optimal dalam kondisi *stand alone*, mudah dioperasikan dan dapat berkinerja secara baik dalam kondisi berbeban.

Generator induksi dapat dioperasikan dengan menghubungkan generator dengan mesin penggerak mula-mula. Slip pada generator induksi harus bernilai negatif, agar generator induksi dapat mengeluarkan tegangan pada kedua ujung lilitan kumparan stator (Joni, 2013).

#### 4. Efisiensi Generator Induksi

Efisiensi merupakan perbandingan yang terbaik antara input (masukkan) dengan *output* (keluaran). Jati (2015) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa perhitungan efisiensi sangat dipengaruhi oleh perbandingan dari *output* dan *input*. Jadi, efisiensi generator induksi dihitung menggunakan persamaan :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \quad 3.0$$

$\eta$  adalah efisiensi generator (%),  $P_{out}$  adalah *output* generator induksi dan  $P_{in}$  adalah daya *input* generator induksi. Besarnya daya output generator induksi dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$P_{out} = V \times I \quad 3.1$$

V adalah tegangan generator (*Volt*) dan I adalah arus yang dihasilkan generator (*Ampere*).

#### B. Hasil Penelitian Yang Relevan

Hasil penelitian yang relevan sebelumnya adalah penelitian oleh Sidik Nugroho (2016) yang berjudul “Desain Generator Magnet Permanen RPM Rendah Memanfaatkan Motor Kipas”. Pada penelitian ini menggunakan magnet permanen *neodyum* sebanyak 6 buah dan akrilik sebagai framenya. Frame stator menggunakan frame bawaan kipas angin 1 slot dengan jumlah belitan 4100. Perbedaan penelitian adalah pada bahan yang digunakan , banyaknya magnet,

jumlah stator dan jumlah lilitan pada stator. Penelitian menggunakan motor bekas pompa air, magnet sebanyak 8 buah, 2 buah stator dan 70 lilitan perslot.

Penelitian oleh Sholihin (2016) tentang generator induksi yang menggunakan magnet berjumlah 12 pasang dan frame stator berjumlah 48 slot menjadi 12 kutub dengan belitan berjumlah 4080. Perbedaan penelitian adalah banyaknya magnet, jumlah stator, jumlah frame stator, teknik lilitan dan banyaknya lilitan pada stator. Pada penelitian jumlah magnet sebanyak 8 buah, frame stator sebanyak 24 slot dan jumlah lilitan sebanyak 1680.

Dzikri, N. M., & Agus Supardi, S. T. (2016) penelitiannya berjudul “Perancangan Pembangkit Listrik Dengan Mengkonversi Motor Induksi Sebagai Generator Induksi Magnet Permanen”. Penelitian ini memodifikasi rotor dengan menggunakan magnet 10 pasang dan stator didesain menjadi 2 kutub. Jarak alur per kutub menggunakan 5 alur. Alur 1,2,3 dan 4 berjumlah 60 lilitan kemudian alur 5 berjumlah 85 lilitan. Perbedaan penelitian adalah pada banyaknya magnet, jumlah stator, teknik lilitan, dan jumlah lilitan pada stator. Penelitian menggunakan magnet sebanyak 8 buah, dan jumlah lilitan perslot adalah sebanyak 70 lilitan.

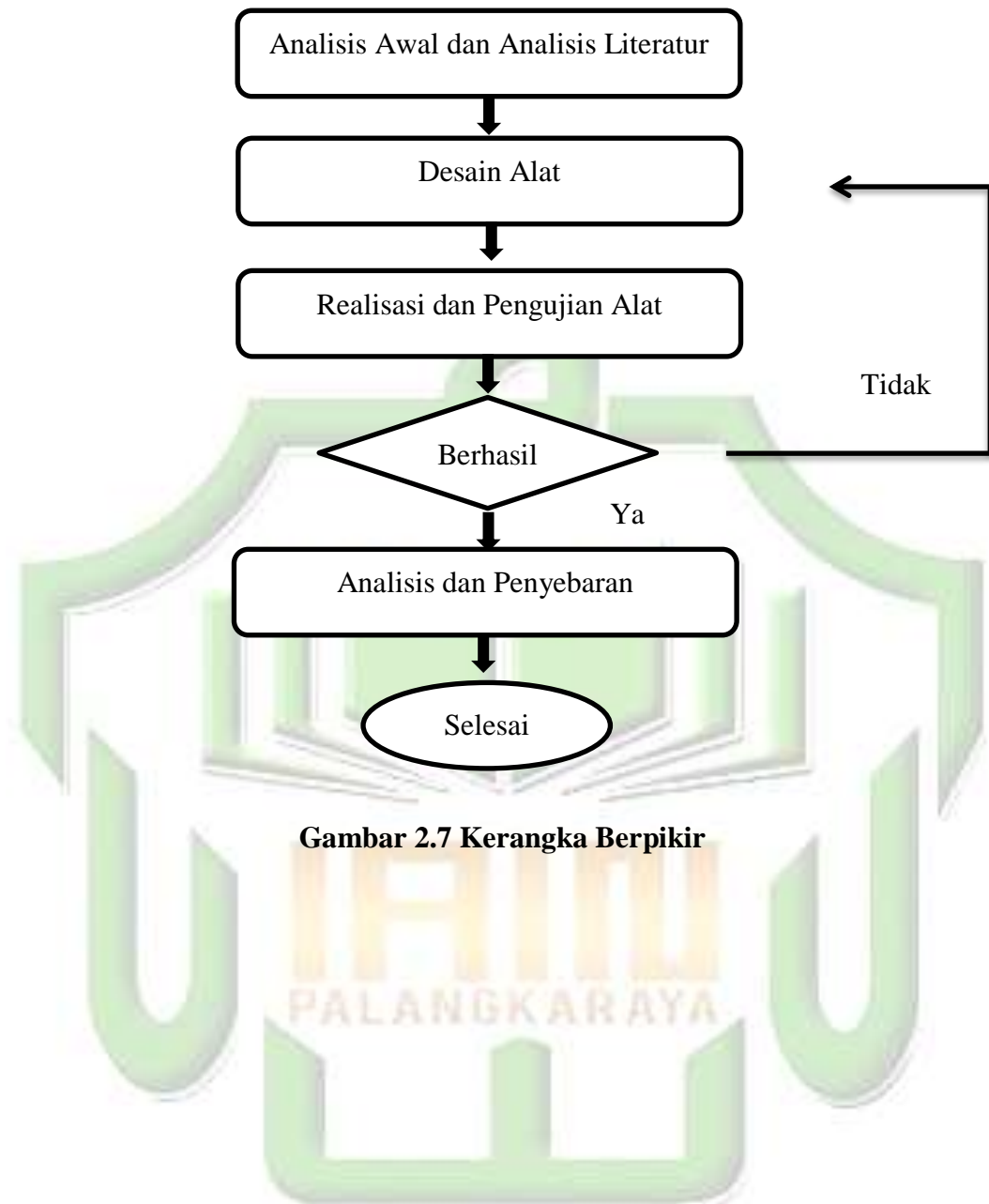
Penelitian Irasari, P., Alam, H. S., & Kasim, M. (2016) tentang generator induksi menggunakan stator dengan frame berjumlah 48 buah, kawat yang digunakan dengan diameter 0.8 mm dan 1 mm. Perbedaan penelitian adalah jumlah frame pada stator, diameter kawat jumlah magnet dan fase generator.

Penelitian menggunakan frame berjumlah 24, diameter kawat 0.4 mm dan phase generator adalah generator 1 fase.

Perbedaan mendasar penelitian dengan beberapa penelitian diatas adalah dua buah stator yang dililit menggunakan teknik berbeda.

### **C. Kerangka Berpikir**

Upaya dalam menghasilkan daya listrik yang maksimal dari generator diawali dengan analisis awal dan analisis literatur tentang generator, analisis sampel yaitu menggunakan beberapa buah stator yang dililit dengan menggunakan teknik lilitan yang berbeda, serta rotor yang menggunakan 8 buah magnet, setelah dibandingkan akan didapatkan teknik lilitan dan bentuk rotor yang efisien untuk digunakan dalam suatu konstruksi rancang bangun generator. Jenis magnet yang digunakan juga mempengaruhi daya listrik yang dihasilkan generator. Setelah menemukan teknik lilitan dan bentuk rotor yang tepat, maka tahap selanjutnya adalah mendesain dan merealisasikan alat dan menguji alat. Setelah pengujian alat selanjutnya apabila berhasil maka tahap selanjutnya adalah tahap analisis dan penyebaran, apabila tidak maka kembali ke pendesainan alat.



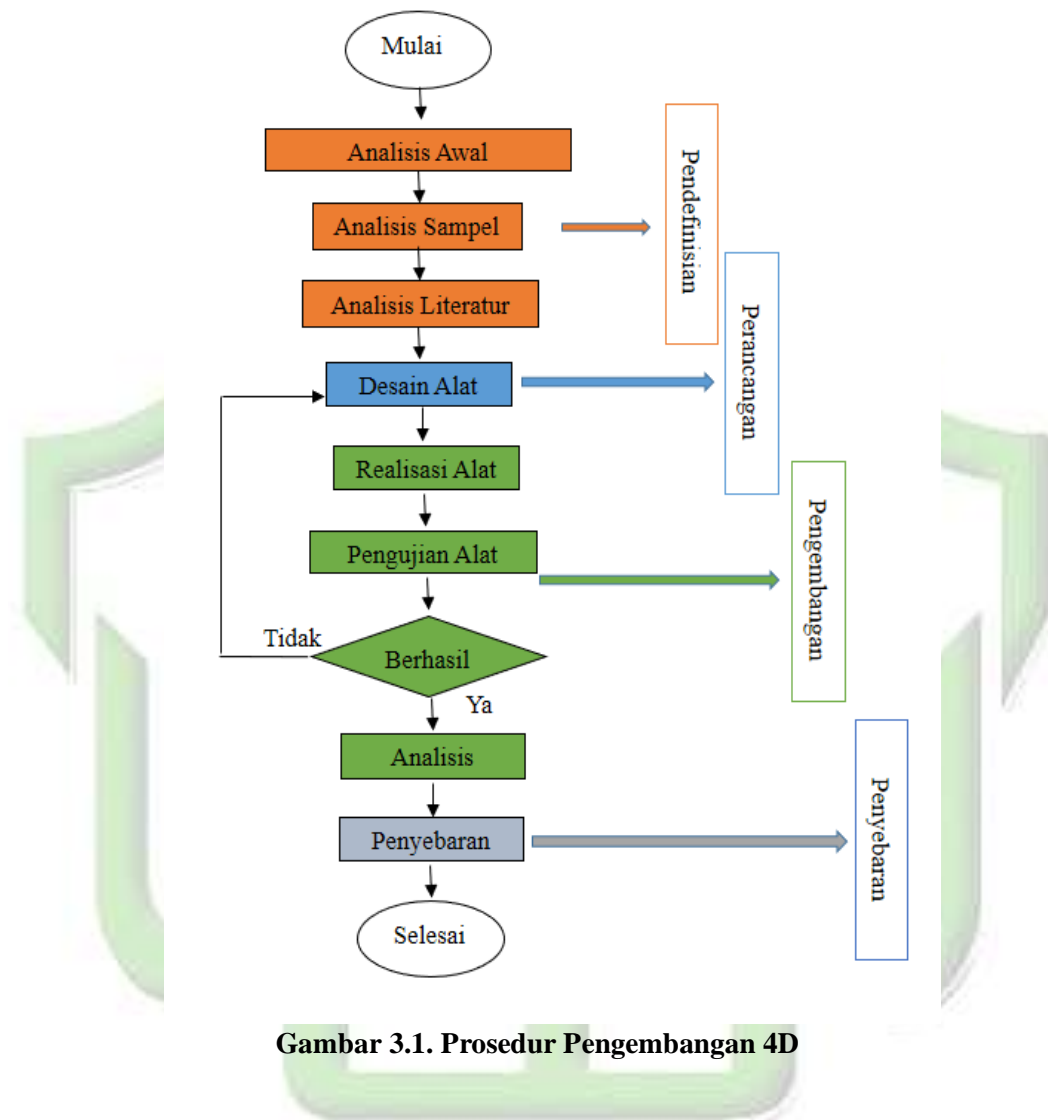
**Gambar 2.7 Kerangka Berpikir**

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### A. Desain Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Research and Development* model 4-D. Model 4-D (Four D) dikembangkan oleh S. Thiagarajan, Dorothy S. Semmel dan Melvyn I. Semmel. Model pengembangan 4-D terdiri atas 4 tahap utama, yaitu : *Define* (Pendefinisian), *Design* (Perancangan), *Develope* (Pengembangan), dan *Disseminate* (Penyebaran)(1974). Penerapan langkah utama dalam penelitian tidak hanya menurut versi asli, tetapi disesuaikan dengan karakteristik subjek dan tempat asal *Examinee*. Model akan mengikuti dan menyesuaikan dengan kebutuhan pengembangan di lapangan. Metode dan model ini dipilih karena bertujuan untuk menghasilkan produk berupa generator magnet permanen dan menguji keefektifan produk tersebut. Tahap pengembangan 4-D dijelaskan pada gambar 3.1 :



**Gambar 3.1. Prosedur Pengembangan 4D**

## B. Prosedur Penelitian

Berdasarkan langkah-langkah pengembangan model 4-D diatas maka prosedur penelitian adalah sebagai berikut:

1. Tahap Pendefinisian (*Define*)



Tahap ini berguna untuk menentukan dan mendefinisikan kebutuhan-kebutuhan dalam proses pengumpulan berbagai informasi yang berkaitan dengan produk yang dikembangkan. Dalam tahap ini dibagi menjadi beberapa langkah, yaitu:

a. Analisis Awal

Analisis awal dilakukan untuk mengetahui permasalahan dasar dalam pemodifikasian generator magnet permanen. Dalam tahap ini dimunculkan fakta-fakta dan alternatif penyelesaian sehingga memudahkan untuk menentukan langkah awal dalam pemodifikasian generator magnet permanen yang sesuai untuk dikembangkan

b. Analisis Sampel

Analisis sampel sangat penting untuk dilakukan pada awal perencanaan. Analisis sampel dilakukan dengan menganalisis rancangan penelitian terdahulu. Analisis sampel meliputi analisis daya listrik yang dihasilkan generator dengan menggunakan beberapa jenis stator, yang dililit dengan menggunakan teknik lilitan yang berbeda.

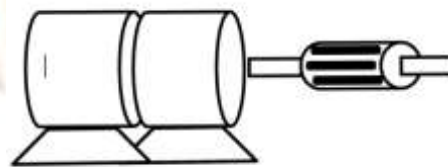
c. Analisis Literatur

Analisis literatur untuk mencari literatur terkait dengan pemodifikasian pengembangan. Literatur berkaitan dengan produk yang akan dikembangkan yaitu generator magnet permanen dari referensi jurnal penelitian dan buku-buku penelitian yang sesuai.

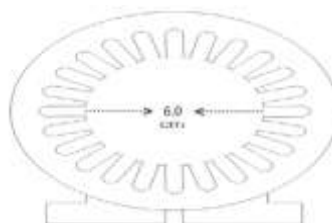
2. Tahap Perancangan (*Design*)

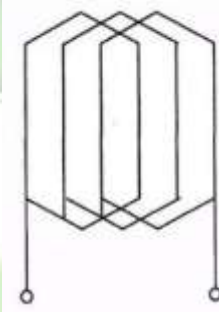
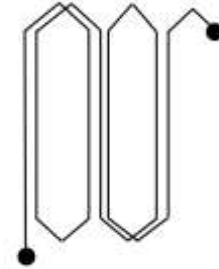
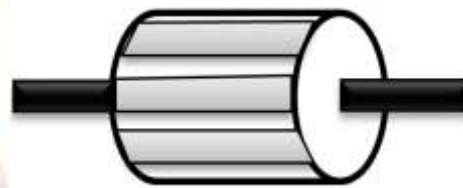
Tahap perancangan ini peneliti mulai membuat rancangan generator magnet permanen yang akan dikembangkan sesuai analisis yang telah dilakukan sebelumnya. Dalam tahap perancangan kegiatan yang dilakukan adalah:

- a. Pemilihan produk, dari hasil analisis yang telah dilakukan sebelumnya maka produk yang dipilih adalah modifikasi generator magnet permanen.
- b. Pemilihan rancangan, yaitu mendesain pemilihan produk yang dikembangkan berdasarkan analisis kebutuhan yang telah dilakukan sebelumnya.
- c. Rancangan awal berupa desain gambar rancangan generator magnet permanen sebagai rancangan produk yang akan dikembangkan. Gambar rancangan generator magnet permanen terdapat pada gambar 3.2.



**Gambar 3.2. Rancangan Awal Generator**



**Gambar 3.3. Bentuk Stator****Gambar 3.4 Ilustrasi Teknik Lilitan****Gambar 3.5 Bentuk Rotor**

### 3. Tahap Pengembangan (*Develop*)

Tahap pengembangan ini bertujuan untuk menghasilkan produk generator magnet permanen yang sudah direvisi berdasarkan masukan para ahli. Terdapat tiga langkah dalam tahapan ini, yaitu sebagai berikut:

- a. Realisasi Alat, rancangan produk yang telah direvisi berdasarkan masukan ahli dan uji coba skala terbatas kemudian mulai direalisasikan sehingga terbentuk rancangan generator magnet permanen RPM rendah.
- b. Pengujian, setelah produk terealisasi maka produk siap di uji coba dengan skala terbatas dilaboraturium fisika lanjut. Hasil uji coba produk jika berhasil maka akan ke tahap berikutnya yaitu tahap analisis, jika tidak berhasil kembali ke tahap desain alat.
- c. Analisis, tahap ini untuk menganalisis efisiensi dan efektivitas produk.

#### 4. Tahap Penyebaran (*Diseminate*)

Setelah uji coba terbatas, analisis dan revisi tahap selanjutnya adalah tahap penyebaran. Tujuan dari tahap ini adalah menyebarkan dan mempromosikan produk akhir. Pada penelitian ini tahap penyebaran tidak dilakukan dikarenakan daya listrik dan efisiensi generator yang masih rendah.

### **C. Teknik Pengumpulan Data dan Objek Penelitian**

Pengumpulan data yang dilakukan dalam proses penelitian, antara lain meliputi:

1. Menguji kelayakan desain generator magnet permanen yang dikembangkan melalui validasi oleh dosen ahli desain.
2. Mengukur kecepatan putar generator (rpm) dan daya listrik yang dihasilkan generator melalui lembar observasi

Objek penelitian adalah rancangan generator listrik magnet permanen dari pompa air bekas.

#### **D. Uji Produk**

Uji coba produk penting dilakukan untuk mengetahui dari produk yang dihasilkan dalam penelitian. Uji produk dilakukan setelah rancangan generator magnet permanen dari pompa air bekas terealisasi. Uji coba produk dalam penelitian ini menggunakan uji coba skala kecil. Lokasi uji coba produk dalam penelitian ini dilakukan di laboratorium fisika lanjut Institut Agama Islam Negeri (IAIN) Palangka Raya .

#### **E. Teknik Analisis Data**

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah kualitatif deskriptif dan uji efisiensi. Tujuan teknik analisis data adalah untuk mendapatkan desain generator magnet permanen yang layak digunakan serta efisien berdasarkan data yang sesuai dengan jenis datanya.

##### **1. Validasi**

Validasi dilakukan dan dianalisis menggunakan menggunakan teknik deskriptif persentase (Sudijuno,2009) dengan rumus :

$$P = \frac{f}{N} \times 100\%$$

Dimana :

P = Persentase skor

f = Jumlah skor yang diperoleh

N = Jumlah skor maksimum

Validator akan memberikan skor sesuai dengan pernyataan pada rubrik validasi (Skor tertinggi = 4 dan skor terendah = 1). Penentuan kriteria validitas ditentukan dengan cara sebagai berikut (Sudjana, 2005):

- a. Tentukan persentase skor tertinggi, yaitu :

$$\frac{4}{4} \times 100\% = 100\%$$

- b. Tentukan persentase skor terendah, yaitu :

$$\frac{1}{4} \times 100\% = 25\%$$

- c. Tentukan *range*, yaitu persentase skor tertinggi dikurangi persentase skor minimum :

$$100\% - 25\% = 75\%$$

- d. Menentukan banyak kelas interval yaitu (Sangat bagus, Bagus, Kurang, Sangat Kurang)

- e. Tentukan panjang interval, yaitu *range* dibagi dengan banyak kelas interval. Banyak kelas interval yang diambil adalah 19 dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{75}{4} = 18,75\%$$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka rentang persentase dan kriteria kualitatif uji kelayakan desain dapat ditetapkan pada tabel 3.1.

**Tabel 3.1 Rentang persentase dan kriteria kualitatif kelayakan desain**

Rentang Persentase	Kriteria Kualitatif	Keterangan
$82\% \leq P < 100\%$	Sangat Bagus	Tidak Revisi
$63\% \leq P < 82\%$	Bagus	Tidak Revisi
$44\% \leq P < 63\%$	Kurang	Revisi
$25\% \leq P < 44\%$	Sangat Kurang	Revisi

Keterangan: P= Persentase

Sumber: Sudjana (2005) dengan modifikasi

## 2. Efisiensi

lembar observasi digunakan untuk mendapatkan hasil uji atau pengukuran daya listrik. Analisis observasi untuk mendapatkan efisiensi produk menggunakan persamaan regresi dengan langkah-langkah sebagai berikut.

- a. Menentukan titik pengambilan sampel daya listrik
- b. Melakukan uji atau pengukuran daya listrik yang dihasilkan dari beberapa jenis stator yang dililit dengan menggunakan beberapa macam teknik lilitan.
- c. Menentukan pengaruh daya listrik sebelum dan sesudah diberi beban terhadap variasi kecepatan putar generator (rpm) dengan persamaan umum regresi linier sederhana.

Persamaan umum regresi linear menurut Sugiyono (2014) adalah:

$$Y = a + bX$$

Keterangan:

- Y = Subyek dalam variabel dependen yang diprediksikan  
a = Harga Y ketika harga X = 0 ( harga konstan)

- b = Angka arah atau koefisien regresi  
 X = Subyek pada variabel independen yang mempunyai nilai tertentu

## F. Alat Dan Bahan

Dalam pembuatan dan pengujian generator ada beberapa alat dan bahan yang digunakan untuk menunjang kegiatan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

### 1. Alat

Alat yang digunakan dalam pembuatan generator pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.1

**Tabel 3.2. Alat yang digunakan**

No.	Nama Alat	Jumlah
1	Bor Listrik	1 buah
2	Gerinda Listrik	1 buah
3	Tang	1 buah
4	Palu	1 buah
5	Obeng	1 buah
6	Tool set	1 set
7	Mistar Baja	1 buah
8	Las Listrik	1 unit

### 2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam pembuatan kincir dapat dilihat pada tabel 3.2 :



**Tabel 3.3. Bahan yang digunakan**

No.	Nama Bahan	Jumlah
1	Pompa air bekas	2 buah
2	Bearing	8 buah
3	Baut dan mur	Secukupnya
4	Besi bekas mesin fotocopy	1 buah
5	Kawat tembaga	Secukupnya
6	Magnet	Secukupnya

### 3. Alat Pengambil Data

Peralatan yang digunakan dalam pengambilan data pada penelitian ini, antara lain:

- a. Motor listrik digunakan untuk memutar generator.
- b. *Timer counter* dan gerbang cahaya digunakan untuk mengukur kecepatan putar generator (rpm). Pada ujung generator diberikan bekas stik es krim atau triplek kemudian melewati gerbang cahaya dan dibaca di *timer counter* menggunakan *timing II*.
- c. Multimeter digunakan untuk mengukur tegangan listrik dan arus listrik berjumlah 4 buah.

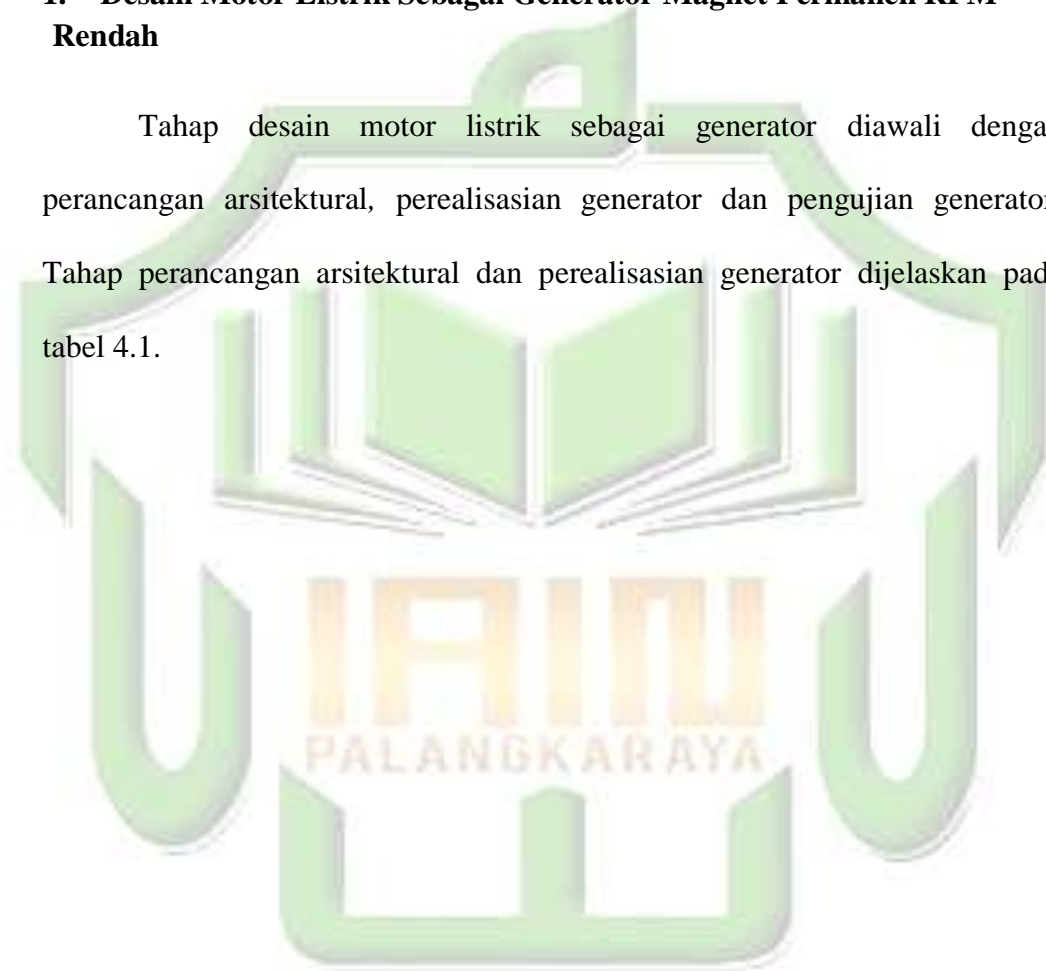
## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

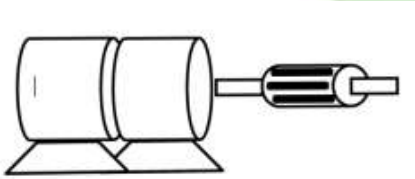
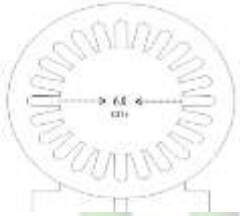
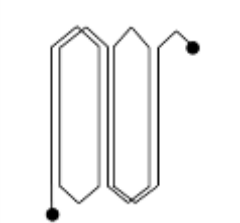
#### **A. Hasil Penelitian**

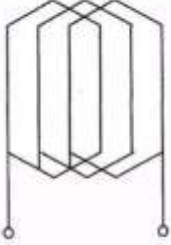
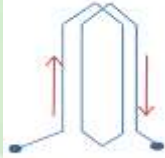
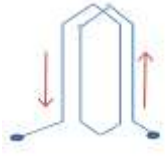
##### **1. Desain Motor Listrik Sebagai Generator Magnet Permanen RPM Rendah**

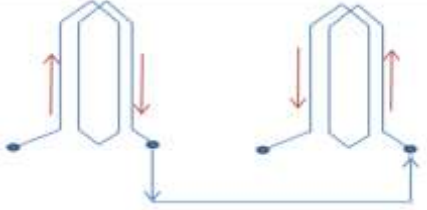
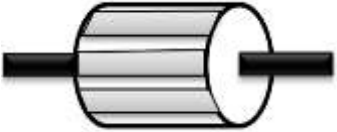
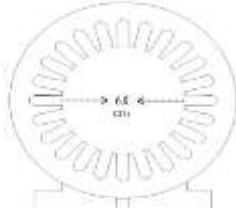


Tahap desain motor listrik sebagai generator diawali dengan perancangan arsitektural, perealisasiian generator dan pengujian generator. Tahap perancangan arsitektural dan perealisasiian generator dijelaskan pada tabel 4.1.


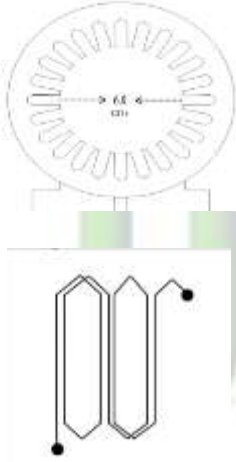






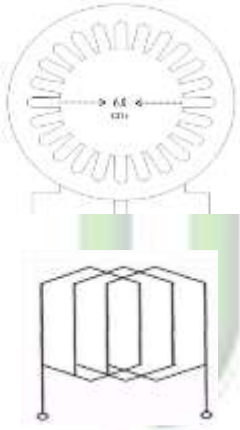

Tabel 4.1 Storyboard Desain Motor Listrik


Tahap	Gambar Desain	Realisasi	Langkah-langkah	Keterangan
1 Desain arsitektural				Desain awal generator
				Desain awal bagian stator
				Teknik Lilitan stator

				
			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tembaga dimasukkan dislot kiri dan keluaran tembaga dislot kanan stator</li> </ul>	<p>Desain kumparan kutub utara</p>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tembaga dimasukkan dislot kanan dan keluaran tembaga dislot kiri stator</li> </ul>	<p>Desain kumparan kutub selatan</p>

			<p>– Hubungkan tembaga keluaran kumparan kutub utara ke tembaga masukkan kutub selatan</p>	<p>Teknik Penyambungan antara kumparan kutub utara dan selatan</p>
				<p>Desain awal bagian stator</p>
<p>2 Pembuatan stator dengan teknik lilitan A</p>				<p>Bagian stator yang telah dibersihkan dari belitan awal</p>
				<p>Tembaga dengan diameter 0.4mm</p>


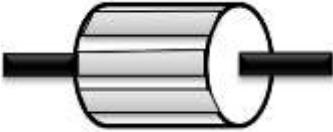


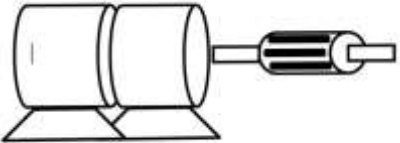

			<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gunting mika sesuai ukuran yang telah ditentukan</li> <li>2. Lengkukkan mika agar mudah saat pemasangan pada slot stator</li> <li>3. Pasang mika pada slot stator</li> </ol>	<p>Proses pemasangan mika pada stator. Fungsi pemasangan mika adalah untuk mencegah kawat tembaga menyentuh besi stator.</p>
		  	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Masukkan tembaga pada slot nomor 1(masukkan) dan slot nomor dua (keluaran)</li> <li>2. Lakukan sampai lilitan berjumlah 70 lilitan</li> <li>3. Masukkan tembaga pada slot 3(masukkan) dan slot 2(Keluaran)</li> <li>4. Lilitan berjumlah 70 lilitan</li> <li>5. Langkah ini dilakukan sampai slot terakhir pada slot stator</li> </ol>	<p>Proses realisasi stator dengan teknik lilitan A</p>

				<p>Hasil realisasi stator yang telah dililit menggunakan teknik Lilitan A</p>
<p>3 Pembuatan stator dengan teknik lilitan B</p>			<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Masukkan tembaga pada slot 1(masukkan) dan slot 4(Keluaran)</li> <li>2. Lakukan lilitan sampai berjumlah 70 lilitan</li> <li>3. Masukkan tembaga pada slot 5(masukkan) dan slot 2(keluaran)</li> <li>4. Lakukan lilitan sampai berjumlah 70lilitan</li> <li>5. Masukkan tembaga pada slot 6(masukkan) dan slot 3(keluaran)</li> <li>6. Lakukan lilitan</li> </ol>	<p>Proses Realisasi stator kedua dengan menggunakan teknik lilitan B</p>

			sampai berjumlah 70 lilitan 7. Lakukan hingga slot terakhir pada stator	
				Hasil realisasi stator yang dililit menggunakan teknik lilitan B
4 Pembuatan bagian rotor				Bentuk awal stator
			1. Mengukur terlebih dahulu jarak antar magnet yang akan dipasang 2. Magnet yang akan	Proses pembubutan rotor

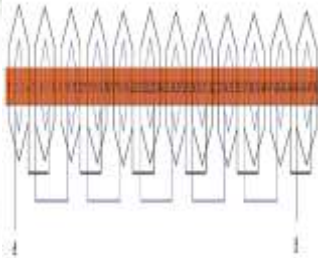
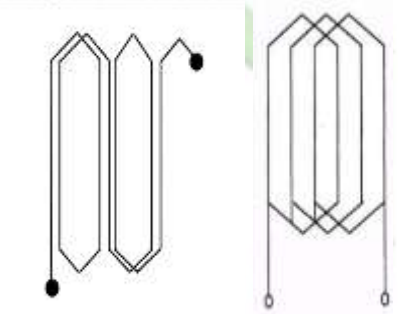
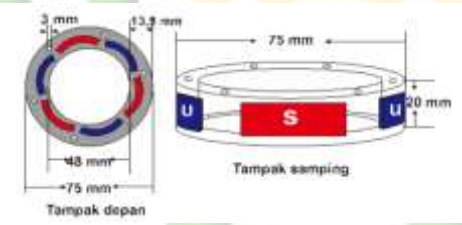

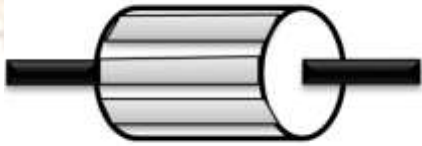



			<p>dipasang berjumlah 8 buah</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. Memberi tanda yang akan dipasang magnet pada rotor</li> <li>4. Pembuatan tempat magnet menggunakan gerinda</li> <li>5. Amplas tempat magnet yang telah digerinda</li> <li>6. Pasang magnet sesuai tempat yang telah dibuat dengan susunan kutub yang berbeda</li> </ol>	
				<p>Magnet yang digunakan pada stator dengan dimensi 60mm×10mm×15mm</p>

				
		 		<p>Hasil realisasi rotor dan telah dipasang magnet</p>
				<p>Generator magnet permanen</p>

Dalam proses mendesain dan memodifikasi bagian-bagian generator sehingga mendapat desain yang tepat, penelitian ini tidak lepas dari beberapa penelitian terdahulu, tabel 4.2 dibawah menunjukkan perbedaan desain dari bagian stator dan rotor dari beberapa penelitian terdahulu dan penelitian yang dilakukan peneliti.

**Tabel 4.2 Perbedaan penelitian terdahulu dan penelitian**

Penelitian Terdahulu	Penelitian
<p>Bagian stator</p>  <p>( Sholihin, 2016)</p>	
<p>Bagian Rotor</p>  <p>( Sidik Nugroho, 2016)</p>  <p>( Arief Goeritno <i>et al</i>, 2016)</p>	 

## 2. Validasi Ahli

Sebelum dilakukan uji coba generator, desain generator divalidasi terlebih dahulu oleh dosen ahli desain. Validasi desain dilakukan oleh dosen Tadris Fisika, Jurusan Pendidikan MIPA, Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan, Institut Agama Islam Negeri Palangka Raya yang mempunyai latar belakang sesuai dengan penelitian yang dikembangkan. Validasi ahli desain bertujuan untuk mendapatkan informasi, kritik, dan saran agar desain generator magnet permanen yang dikembangkan menjadi produk yang berkualitas. Hasil validasi dapat dilihat pada tabel 4.3. Indikator penilaian dari masing-masing item pernyataan adalah SB (4), B (3), K (2), SK (1).

**Tabel 4.3 Hasil Validasi Ahli Desain**

No	Aspek	Kriteria	Nilai		$\bar{X}$
			Validator 1	Validator 2	
1	Desain <i>Prototype</i>	1. <i>Prototype</i> mudah dibuat (Komponen tidak menggunakan banyak jenis bahan material)	3	4	3,5
		2. Ukuran tidak terlalu besar (Panjang : 12,3 cm; diameter : 38,5 cm)	3	3	3
		3. Bahan <i>Prototype</i> mudah didapat (dapat dibeli ditoko-toko terdekat)	4	4	4
		4. <i>Prototype</i> mudah dibawa dan dipasang	4	3	3,5
2	Ketahanan <i>prototype</i>	1. Ketahanan terhadap guncangan atau benturan ( <i>Prototype</i> diberi kaki yang kokoh)	4	3	3,5

		2. Ketahanan <i>prototype</i> terhadap tekanan	4	3	3,5
		3. Ketahanan bahan <i>prototype</i> ( bahan tidak mudah berkarat )	3	2	2,5
3	Penggunaan <i>prototype</i>	1. <i>Prototype</i> mudah digunakan	3	3	3
		2. <i>Prototype</i> menghasilkan daya listrik	3	3	3
4	Perawatan <i>prototype</i>	1. Tidak membutuhkan biaya besar untuk pembuatan dan perawatan <i>prototype</i>	3	3	3
Jumlah			34	31	32,5

(Sumber : Fauziyah, 2016)

Hasil validasi ahli desain diatas dihitung menggunakan rumus:

$$P = \frac{f}{N} \times 100\%$$

Untuk validator pertama yaitu:

$$P = \frac{34}{40} \times 100\%$$

$$P = 85\%$$

Untuk validator ke dua yaitu:

$$P = \frac{31}{40} \times 100\%$$

$$P = 77,5\%$$

Rentang Persentase	Kriteria Kualitatif	Keterangan
$82\% \leq P < 100\%$	Sangat Bagus	Tidak Revisi
$63\% \leq P < 82\%$	Bagus	Tidak Revisi
$44\% \leq P < 63\%$	Kurang	Revisi
$25\% \leq P < 44\%$	Sangat Kurang	Revisi

Berdasarkan data diatas didapatkan hasil dari validator pertama yaitu 85% dan validator kedua yaitu 77,5%. Hasil validasi dari kedua validator dirata-ratakan yaitu mendapatkan persentase 81,25%. Hasil nilai

persentase dari kedua validator berdasarkan tabel mendapatkan nilai kriteria kualitatif bagus.

### **3. Pengaruh Teknik Lilitan Pada Stator Terhadap Daya Listrik**

Pengujian generator terdiri dari pengukuran kecepatan putar generator, pengukuran tegangan dan arus listrik. Pengukuran kecepatan putar generator, tegangan dan arus listrik menggunakan motor listrik (bor listrik). Pengambilan data dilakukan dengan mengambil nilai yang sering muncul pada multimeter dalam waktu 30 sekon untuk nilai data tegangan dan arus listrik.

Pengukuran tegangan dan arus listrik saat tidak ada beban dilakukan dengan mengukur tegangan terlebih dahulu lalu dilanjutkan dengan mengukur arus listrik dan tidak dapat dilakukan secara bersamaan. Untuk pengukuran tegangan dan arus listrik secara bersamaan pada keluaran generator harus terlebih dahulu diberikan beban yang dapat berupa lampu, motor listrik (bor listrik, gerinda, pompa air dll).

Tahap pengujian alat yang pertama dilakukan adalah pengukuran kecepatan putar generator. Pada pengambilan data ini terlebih dahulu bagian magnet yang dipasang pada rotor diberi lem untuk mencegah terlepasnya magnet ketika rotor diputar serta mengukur celah udara antara rotor dan stator agar mendapat hasil kerja generator yang maksimum dan tidak terjadi gesekan antar stator dan rotor ketika celah udara terlalu kecil. Adapun jarak rotor dengan stator adalah 0.3cm, jarak ini didapat dari

jarak awal ketika motor induksi belum dimodifikasi menjadi generator induksi dan juga dengan mempertimbangkan daya yang dihasilkan maksimal dan konstruksi mekanik dari generator.

Untuk menentukan kecepatan putar generator pada 400 sampai 1000 rpm digunakan konversi selama satu putaran generator berapa waktu yang diperlukan dan kita tahu 1 menit adalah 60 sekon, untuk menentukan kecepatan putar 400 rpm:

$$1p = \dots s$$

$$400 \text{ rpm} = 60 \text{ s}$$

$$\frac{60}{400} = 0.15s$$

Jadi untuk kecepatan putar 400 rpm data yang terbaca pada timer counter menggunakan *timing II* adalah 0.15s atau 150 ms. Langkah ini selanjutnya dilakukan sampai 1000 rpm. Putaran motor induksi yang digunakan untuk memutar generator diatur menggunakan Voltage Regulator, sehingga diperoleh data yang bervariasi. *Voltage regulator* berfungsi sebagai pengatur tegangan yang digunakan untuk memutar motor induksi (bor listrik) yang dihubungkan dengan generator. Bentuk *Voltage Regulator* dapat dilihat pada gambar 4.1. Pengukuran kecepatan generator dilakukan dengan kenaikan 25 rpm untuk memperoleh data yang akurat.



**Gambar 4.1 Voltage Regulator**

Variasi kecepatan putar generator adalah bertujuan untuk mengetahui seberapa jauh pengaruhnya terhadap tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh generator. Pengambilan data kecepatan putar generator adalah dengan menggunakan *timer counter* yang dihubungkan dengan gerbang cahaya. Gerbang cahaya adalah tempat yang dilalui oleh ujung generator yang diberikan bekas stick es krim atau potongan triplek seperti terlihat pada gambar 4.2.



**Gambar 4.2 Pengukuran Kecepatan Putar Generator (RPM)**



Pada gambar 4.2 ujung dari stik akan melewati gerbang cahaya yang nanti akan terbaca pada *timer counter*. Pada *timer counter* menggunakan *timming II* untuk mengukur berapa waktu yang digunakan oleh generator melakukan satu kali putaran.

Selanjutnya adalah pengukuran tegangan dan arus listrik. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan 4 buah multimeter digital 2 buah multimeter pertama adalah untuk mengukur tegangan dan arus listrik pada motor listrik (bor listrik) yang digunakan untuk memutar generator dan 2 buah multimeter yang lain adalah untuk mengukur tegangan dan arus listrik yang dihasilkan generator seperti yang terlihat pada gambar 4.3. Generator sendiri terdiri dari 2 bagian yaitu stator dan rotor, dan pada penelitian ini menggunakan 2 buah stator yang di lilit dengan menggunakan teknik berbeda.



**Gambar 4.3 Proses Pengambilan Data**

Tahap selanjutnya setelah pengukuran kecepatan putar generator adalah pengukuran keluar generator dari dua stator yang telah dibuat.

a. Pengukuran generator menggunakan stator lilitan A

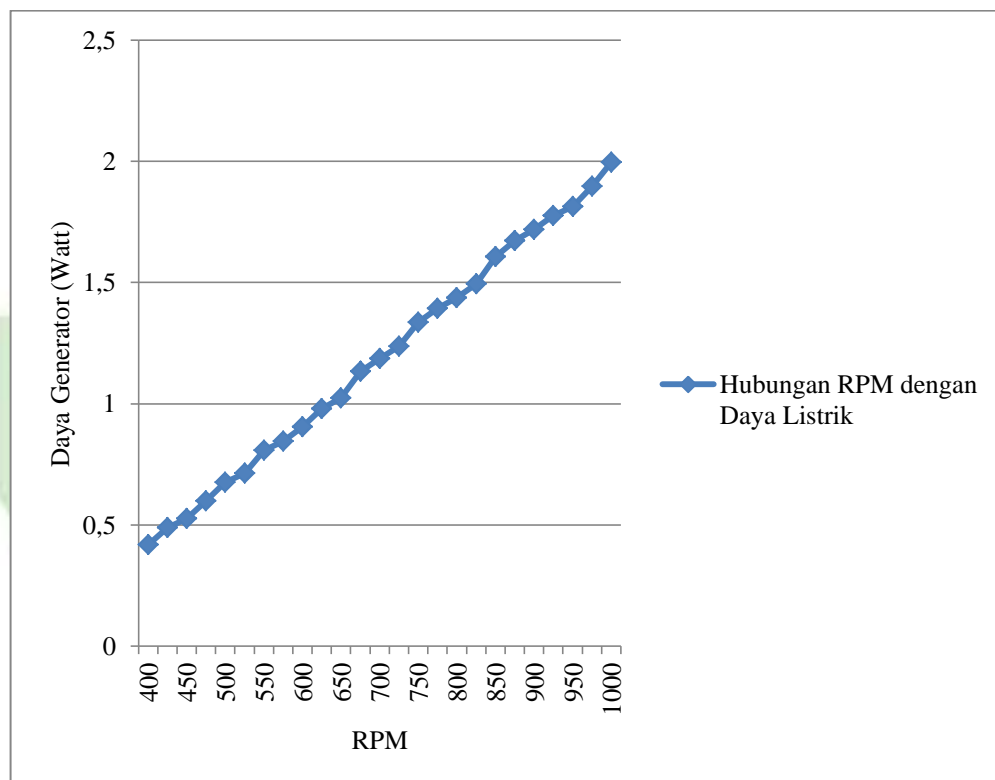
**Tabel 4.4 Hasil pengukuran generator menggunakan stator lilitan A**

No	Daya Masukkan (watt)	RPM	Keluaran Generator		Daya Generator (watt)
			Tegangan (V)	Arus (A)	
1	17,45	400	3,8	0,11	0,418
2	18,29	425	4,08	0,12	0,4896
3	19,32	450	4,32	0,122	0,52704
4	20,10	475	4,6	0,13	0,598
5	21,33	500	4,82	0,14	0,6748
6	22,15	525	5,1	0,14	0,714
7	22,85	550	5,38	0,15	0,807
8	23,45	575	5,64	0,15	0,846
9	24,11	600	5,88	0,154	0,90552
10	24,58	625	6,12	0,16	0,9792
11	25,04	650	6,4	0,16	1,024
12	25,49	675	6,74	0,168	1,13232
13	25,75	700	6,98	0,17	1,1866
14	26,46	725	7,28	0,17	1,2376
15	26,85	750	7,5	0,178	1,335
16	27,30	775	7,74	0,18	1,3932
17	27,69	800	7,98	0,18	1,4364
18	28,24	825	8,3	0,18	1,494
19	28,78	850	8,54	0,188	1,60552
20	29,24	875	8,8	0,19	1,672
21	29,69	900	9,04	0,19	1,7176
22	30,15	925	9,34	0,19	1,7746
23	30,60	950	9,54	0,19	1,8126
24	31,88	975	9,78	0,194	1,89732
25	32,80	1000	9,98	0,2	1,996

Berdasarkan tabel 4.4 menunjukkan hasil bahwa ketika kecepatan putar generator semakin dipercepat maka daya yang dihasilkan juga akan semakin

besar. Daya keluaran generator minimal adalah pada 400 rpm dan maksimal pada 1000 rpm.

**Grafik 4.1 Hubungan Kecepatan Putar Generator (RPM) Terhadap Daya listrik (Watt) Menggunakan Lilitan A**



Grafik 4.1 memperlihatkan hubungan antara kecepatan putar generator (rpm) dan daya listrik yang dihasilkan. Berdasarkan grafik menunjukkan bahwa rpm dan daya listrik berbanding lurus, yaitu semakin cepat rpm maka daya yang dihasilkan generator juga semakin besar.

**Tabel 4.5 Hasil pengukuran generator menggunakan stator lilitan A dengan beban lampu 2,4 Watt**

No	Daya Masukkan (watt)	RPM	Keluaran Generator		Daya Generator (watt)
			Tegangan (V)	Arus (A)	
1	17,45	400	0,766	0,08	0,06128
2	18,29	425	0,846	0,09	0,07614
3	19,32	450	0,918	0,098	0,089964
4	20,10	475	0,986	0,1	0,0986
5	21,33	500	1,05	0,1	0,105
6	22,15	525	1,12	0,11	0,1232
7	22,85	550	1,17	0,11	0,1287
8	23,45	575	1,24	0,116	0,14384
9	24,11	600	1,3	0,12	0,156
10	24,58	625	1,36	0,12	0,1632
11	25,04	650	1,41	0,13	0,1833
12	25,49	675	1,48	0,13	0,1924
13	25,75	700	1,54	0,134	0,20636
14	26,46	725	1,59	0,14	0,2226
15	26,85	750	1,62	0,14	0,2268
16	27,30	775	1,68	0,14	0,2352
17	27,69	800	1,72	0,142	0,24424
18	28,24	825	1,78	0,15	0,267
19	28,78	850	1,83	0,15	0,2745
20	29,24	875	1,87	0,15	0,2805
21	29,69	900	1,91	0,15	0,2865
22	30,15	925	1,96	0,16	0,3136
23	30,60	950	1,98	0,16	0,3168
24	31,88	975	2,03	0,16	0,3248
24	32,80	1000	2,06	0,16	0,3296

Berdasarkan tabel 4.5 menunjukkan hasil daya yang dihasilkan generator ketika generator diberi beban. Pada tabel terlihat daya yang dihasilkan jauh lebih kecil dari daya yang dihasilkan saat generator tanpa diberi beban. Pada pengujian generator yang menggunakan beban biasanya akan terjadi jatuhnya

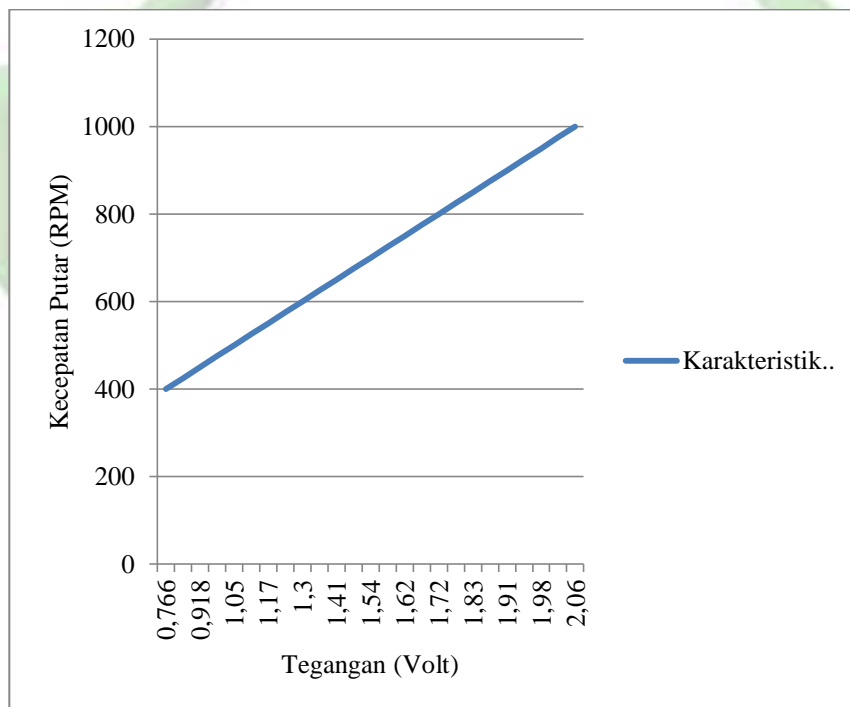
tegangan. Besarnya tegangan jatuh saat terjadi pengujian generator menggunakan beban 2.4 watt pada stator A dapat dihitung sebagai berikut.

$$\text{Tegangan jatuh} = \frac{\text{tegangan maksimal} - \text{tegangan minimal}}{\text{tegangan minimal}} \times 100\%$$

$$\text{Tegangan jatuh} = \frac{9.8 - 2.06}{9.8} \times 100\%$$

$$\text{Tegangan jatuh} = 78.98\%$$

**Grafik 4.2 Hasil Pengujian Karakteristik Generator Lilitan A Menggunakan Beban Lampu 2,4 Watt**



Grafik 4.2 menunjukkan karakteristik dari generator yang menggunakan stator lilitan A. Karakteristik generator adalah sebuah gambaran grafik yang menyatakan hubungan antara dua nilai yang menentukan sifat dari sebuah generator, dalam penelitian ini nilai yang digunakan untuk menentukan sifat

sebuah generator adalah nilai kecepatan putaran permenitnya (rpm) dan juga nilai tegangan dimana nilai arus sendiri menyesuaikan terhadap nilai beban yang digunakan dalam pengujian.

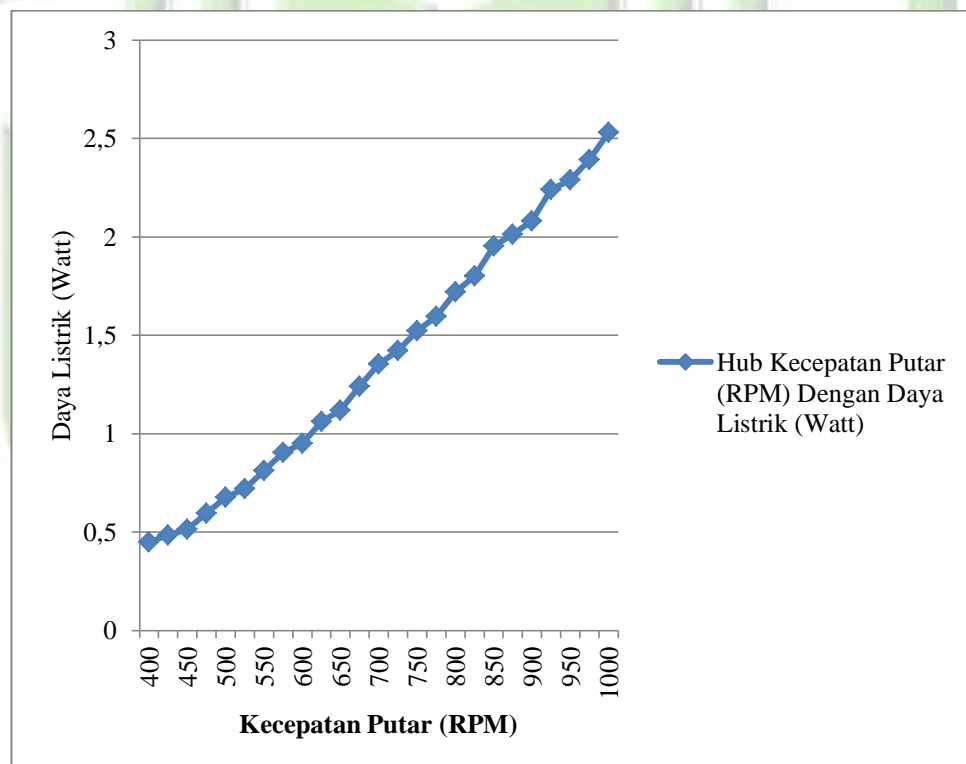
Pengukuran generator menggunakan stator lilitan B

**Tabel 4.6 Hasil pengukuran generator menggunakan stator lilitan B**

No	Daya Masukkan(watt)	RPM	Keluaran Generator		Daya Generator(watt)
			Tegangan (V)	Arus (A)	
1	17,45	400	4,08	0,11	0,4488
2	18,29	425	4,39	0,11	0,4829
3	19,32	450	4,68	0,11	0,5148
4	20,10	475	4,96	0,12	0,5952
5	21,33	500	5,2	0,13	0,676
6	22,15	525	5,54	0,13	0,7202
7	22,85	550	5,8	0,14	0,812
8	23,45	575	6,1	0,148	0,9028
9	24,11	600	6,34	0,15	0,951
10	24,58	625	6,63	0,16	1,0608
11	25,04	650	6,98	0,16	1,1168
12	25,49	675	7,3	0,17	1,241
13	25,75	700	7,6	0,178	1,3528
14	26,46	725	7,9	0,18	1,422
15	26,85	750	8,1	0,188	1,5228
16	27,30	775	8,4	0,19	1,596
17	27,69	800	8,68	0,198	1,71864
18	28,24	825	9	0,2	1,8
19	28,78	850	9,3	0,21	1,953
20	29,24	875	9,58	0,21	2,0118
21	29,69	900	9,9	0,21	2,079
22	30,15	925	10,18	0,22	2,2396
23	30,60	950	10,4	0,22	2,288
24	31,88	975	10,68	0,224	2,39232
25	32,80	1000	11	0,23	2,53

Tabel 4.6 menunjukkan bahwa generator yang dililit menggunakan teknik lilitan B ketika diputar pada kecepatan 400 rpm tegangan yang dihasilkan adalah 4,08 V dan arus 0,11 A, dan ketika diputar pada kecepatan 1000 rpm tegangan yang dihasilkan adalah 11 V dan arus 0,23 A. Berdasarkan data diatas stator yang menggunakan teknik lilitan B tegangan dan arus yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan stator yang dililit menggunakan teknik lilitan A.

**Grafik 4.3 Hubungan Kecepatan Putar Generator (RPM) Dengan Daya Listrik (Watt) Menggunakan Lilitan B**



Grafik 4.3 menunjukkan hubungan antara kecepatan putar (rpm) dan daya listrik yang dihasilkan generator. Berdasarkan grafik

menunjukkan bahwa rpm dan daya listrik berbanding lurus, yaitu semakin cepat rpm maka daya yang dihasilkan generator juga semakin besar.

**Tabel 4.7 Hasil pengukuran generator menggunakan lilitan B dengan beban lampu 2.4Watt**

No	Daya Masukkan (watt)	RPM	Keluaran Generator		Daya Generator (watt)
			Tegangan (V)	Arus (A)	
1	17,45	400	0,734	0,08	0,05872
2	18,29	425	0,812	0,082	0,066584
3	19,32	450	0,892	0,088	0,078496
4	20,10	475	0,96	0,09	0,0864
5	21,33	500	1,036	0,1	0,1036
6	22,15	525	1,116	0,106	0,118296
7	22,85	550	1,18	0,11	0,1298
8	23,45	575	1,272	0,11	0,13992
9	24,11	600	1,342	0,12	0,16104
10	24,58	625	1,414	0,12	0,16968
11	25,04	650	1,49	0,128	0,19072
12	25,49	675	1,572	0,13	0,20436
13	25,75	700	1,644	0,14	0,23016
14	26,46	725	1,718	0,14	0,24052
15	26,85	750	1,774	0,142	0,251908
16	27,30	775	1,878	0,15	0,2817
17	27,69	800	1,936	0,15	0,2904
18	28,24	825	2,026	0,156	0,316056
19	28,78	850	2,1	0,16	0,336
20	29,24	875	2,172	0,16	0,34752
21	29,69	900	2,242	0,166	0,372172
22	30,15	925	2,326	0,17	0,39542
23	30,60	950	2,392	0,17	0,40664
24	31,88	975	2,468	0,18	0,44424
25	32,80	1000	2,544	0,18	0,45792

Tabel 4.7 menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan generator ketika diberi beban terjadi penurunan. Penurunan tegangan yang dihasilkan



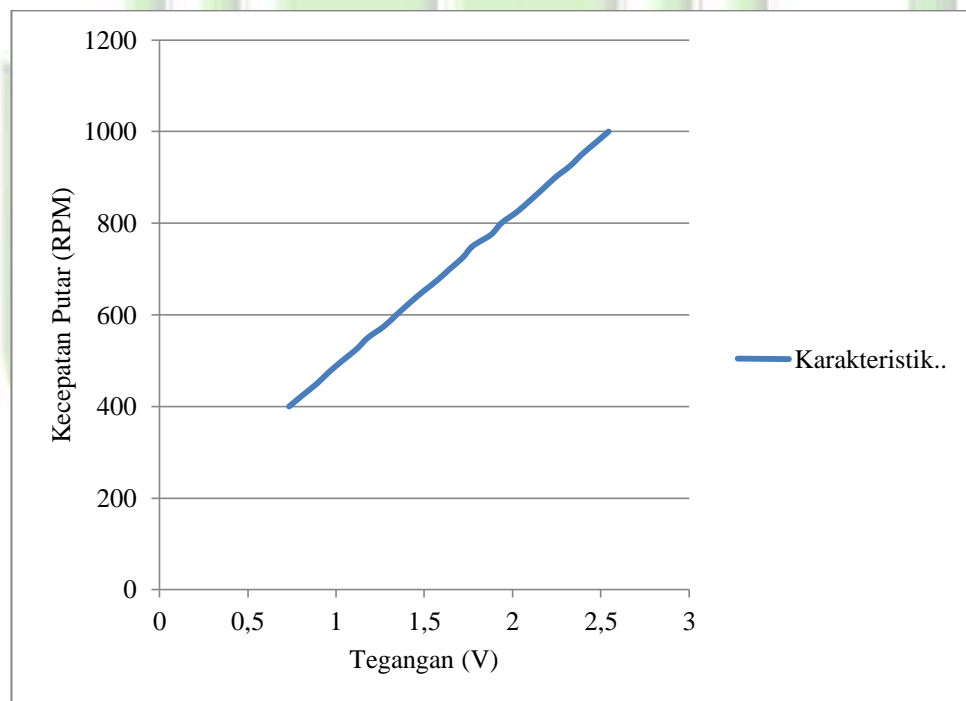
generator ini disebut tegangan jatuh. Besarnya tegangan jatuh saat pengujian beban 2.4 Watt pada stator B dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$\text{Tegangan jatuh} = \frac{\text{tegangan maksimal} - \text{tegangan minimal}}{\text{tegangan minimal}} \times 100\%$$

$$\text{Tegangan jatuh} = \frac{11 - 2.544}{11} \times 100\%$$

$$\text{Tegangan jatuh} = 76.87\%$$

**Grafik 4.4 Hasil Pengujian Karakteristik Generator Lilitan B Menggunakan Beban Lampu 2,4 Watt**



Grafik 4.4 menunjukkan karakteristik dari generator yang menggunakan stator lilitan B. Karakteristik generator adalah sebuah gambaran grafik yang menyatakan hubungan antara dua nilai yang menentukan sifat dari sebuah generator, dalam penelitian ini nilai yang digunakan untuk menentukan sifat sebuah generator adalah nilai kecepatan putaran permenitnya (rpm) dan juga nilai tegangan dimana nilai arus sendiri menyesuaikan terhadap nilai beban yang digunakan dalam pengujian.

Tabel 4.8 dibawah adalah rangkuman yang menyajikan hasil dari penelitian yang juga membuktikan hubungan antara teknik lilitan dengan daya adalah sangat berpengaruh terlihat dari besarnya tegangan dan arus yang dihasilkan.

**Tabel 4.8 Rangkuman hasil penelitian**

Variasi	RPM		Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)
Stator A	Max	1000	9,98	0,2
	Min	400	3,8	0,11
Stator A dengan beban	Max	1000	2,06	0,16
	Min	400	0,766	0,08
Stator B	Max	1000	11	0,23
	Min	400	4,08	0,11
Stator B dengan beban	Max	1000	2,566	0,18
	Min	400	0,734	0,08

#### 4. Efisiensi Generator

Setelah didapat hasil pengukuran keluaran dari generator dapat dihitung efisiensi dari generator. Berdasarkan hasil pengukuran, daya

listrik yang dikonsumsi motor yang digunakan sebagai pemutar generator pada kecepatan 1000 rpm menggunakan stator A tanpa beban adalah 32.80 watt, dan daya yang dihasilkan generator adalah 1.996 wat, sehingga efisiensi generator induksi adalah :

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

$$\eta = \frac{1.996}{32.80} \times 100\%$$

$$\eta = 6.09\%$$

Besar daya listrik yang dihasilkan ketika generator diputar dengan kecepatan 1000 rpm dengan dikaitkan beban adalah 0.3296watt, sehingga efisiensi generator adalah:

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

$$\eta = \frac{0.3926}{32.80} \times 100\%$$

$$\eta = 1 \%$$

Pada generator induksi menggunakan stator B daya yang dihasilkan ketika generator diputar pada kecepatan 1000 rpm tanpa beban adalah 2.53Watt, jadi efisiensi generator adalah:

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

$$\eta = \frac{2.53}{32.80} \times 100\%$$

$$\eta = 7.71\%$$

Besar daya listrik yang dihasilkan generator ketika diberikan beban adalah 0.4579Watt, sehingga efisiensi generator adalah :

$$\eta = \frac{0.4579}{32.80} \times 100\%$$

$$\eta = 1.40\%$$

## **B. Pembahasan**

### **1. Desain Motor Listrik Sebagai Generator Magnet Permanen RPM Rendah**

Desain generator diawali dengan perancangan arsitektural untuk menggambarkan sistem dari generator secara keseluruhan. Tahap selanjutnya adalah perealisasi generator sesuai desain yang telah ditentukan yaitu modifikasi bagian stator dan bagian rotor.

Pada tahap arsitektural proses perancangan bagian rotor terdapat dua buah rotor, tapi pada tahap perealisasi hanya terealisasi satu buah rotor. Proses perealisasi ini terkendala posisi magnet yang akan dipasang miring, yang apabila diputar didalam generator akan menyangkut pada bagian kumparan stator, serta kurang memadainya peralatan saat membuat tempat pemasangan magnet pada rotor. Bagian rotor menggunakan magnet

permanen, hal ini dikarenakan magnet permanen mampu memperkuat medan magnet pada rotor (Mulud, 2013). Magnet permanen yang digunakan adalah magnet permanen jenis *neodyum* karena magnet *neodyum* memiliki karakteristik magnet yang lebih baik dibandingkan magnet lainnya seperti *ferit*, *alnico*, dan *samarium cobalt* (Irasari dan Idayanti, 2009). Pada penelitian Sudrajat dan Kristiantoro(2013) magnet *neodyum* mampu menghasilkan potensi daya sebesar 146,4 watt untuk 10 jam. Peneliti menetapkan jumlah magnet yang digunakan sebanyak 8 buah dan perhitungan jarak antar magnet sesuai dengan penelitian yang dilakukan Prasetijo(2012).

Proses pembuatan stator dengan menggunakan dua teknik lilitan, yaitu teknik lilitan A dan teknik lilitan B. Pada proses perealisasi stator A, peneliti awal menggunakan desain kumparan kutub utara dan disambung lagi menggunakan desain kutub utara, dan hasil keluaran yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan dengan menggunakan desain kumparan kutub utara dan disambung menggunakan desain kutub selatan. Stator menggunakan kawat tembaga dengan diameter 0.4 mm seperti dengan yang dilakukan Prasetijo (2012) hanya berbeda pada generator yang dirancang. Jumlah lilitan per slot ditentukan berjumlah 70 lilitan. Pada perealisasinya dalam melilit pada stator, mungkin terjadi kesalahan penghitungan yang mempengaruhi daya yang dihasilkan generator. Dalam menentukan jumlah lilitan per slot seharusnya menggunakan persamaan tegangan induksi pada generator. Peneliti pada penelitian ini tidak menggunakan persamaan tersebut sehingga

berpengaruh pada daya yang dihasilkan generator dan juga mempengaruhi besar efisiensi generator.

## 2. Validasi Ahli

Terdapat 10 pernyataan dalam lembar validasi ahli desain. Setiap validator melakukan validasi sebanyak satu kali. Berdasarkan data dapat yaitu validator pertama mendapatkan persentase sebesar 85% dan validator kedua mendapatkan persentase 77,5%. Hasil validasi kedua validator direratakan mendapatkan persentase sebesar adalah 81,25%, dengan kriteria kualitatif yang didapatkan adalah bagus.

Dari hasil validasi saran yang diberikan oleh ahli desain adalah:

- a. Perlu lebih dikembangkan untuk bentuk dan jenis magnet *neodyum* seperti bentuk kain atau silinder. Hal ini untuk mendapatkan variasi bentuk magnet yang digunakan, apakah bentuk magnet nantinya berpengaruh pada daya listrik yang dihasilkan generator.
- b. Jumlah magnet perlu ditambah lagi dengan mempersempit jarak antar magnet. Variasi jumlah magnet dilakukan untuk mendapatkan apakah besarnya medan magnet berpengaruh pada daya listrik yang dihasilkan generator. Berdasarkan data yang berasal dari penelitian terdahulu yang menggunakan jumlah magnet lebih banyak berpengaruh pada daya listrik yang dihasilkan generator (Dzikri dan Supardi, 2016; Sholihin, 2016). Kaidah

tangan Fleming juga menyebutkan bahwa semakin kuat medan magnet maka semakin besar tegangan yang diinduksikan.

- c. Walaupun menggunakan barang sisa, tetap harus dihilangkan karatnya. Hal ini perlu dilakukan karena korosi pada bagian rangka generator mempengaruhi saat pemasangan stator. Pemasangan posisi stator yang tidak tepat dapat mempengaruhi saat rotor berputar dan akhirnya berpengaruh pada daya keluaran generator.
- d. Kemasan motor diperbaiki. Maksudnya disini adalah pada bagian stator yang telah dililit, kumparannya perlu dirapikan atau diberi lem khusus untuk bagian kawat. Hal ini perlu dilakukan untuk mengurangi resiko tersangkutnya kumparan saat rotor berputar, yang nantinya berakibat putusnya lilitan kumparan.

Berdasarkan data diatas hasil validasi kedua validator mendapatkan nilai yang bagus, hanya beberapa hal yang diperbaiki. Sehingga kesimpulan yang didapat adalah rancangan *prototype* generator layak untuk selanjutnya digunakan dengan perbaikan sesuai saran.

### **3. Pengaruh Teknik Lilitan Pada Stator Terhadap Daya Listrik**

Pengujian variasi kecepatan putar generator menggunakan motor listrik (bor listrik) yang dihubungkan langsung dengan generator lalu dibaca menggunakan gerbang cahaya dan timer counter. Pengujian daya generator yaitu pengujian tanpa beban dan dengan beban lampu 2.4 Watt.

Generator magnet permanen membutuhkan motor listrik yang digunakan untuk memutar rotor pada generator untuk menghasilkan daya listrik. Hal ini menjelaskan dimana medan magnet pada rotor yang dihasilkan magnet permanen akan berputar menginduksi lilitan pada lilitan sehingga timbul gaya gerak listrik berupa tegangan.

Stator dengan lilitan A jumlah kumparan adalah 24 buah dengan jarak 1 slot dengan tiap kumparan memiliki jumlah lilitan sebanyak 70 lilitan. Kumparan memiliki panjang 6.5cm dan lebar 1.5cm. Nilai ini didapat dengan mempertimbangkan lebarnya magnet agar tercipta gaya induksi magnetik yang maksimal. Kawat yang digunakan adalah kawat tembaga dengan diameter 0,40mm. Pada lilitan A dilihat dari tabel 4.1 dan grafik 4.1 kita dapat melihat bahwa kecepatan putar generator (rpm) sangat berpengaruh terhadap tegangan dan arus, yaitu semakin cepat kecepatan putar generator (rpm) maka tegangan dan arus juga akan semakin besar. Menggunakan lilitan A tegangan minimal yang dihasilkan generator pada kecepatan 400 rpm adalah 3.8V dan arus 0.11A dan tegangan pada 1000 rpm adalah 9.8V dan arus sebesar 0.2A dalam kondisi tanpa ditambahkan beban.

Pada percobaan menggunakan beban lampu 2.4Watt, dengan kecepatan 400 rpm dihasilkan tegangan 0.766V dan arus sebesar 0.08A dan kecepatan 1000 rpm dihasilkan tegangan 2.06V dan arus sebesar 0.16A. Pada penambahan beban kecepatan putar generator akan tertahan atau semakin lambat, hal ini dikarenakan beban yang ditambahkan akan



membangkitkan arus yang kemudian melewati belitan stator sehingga menghasilkan medan magnet dengan arah yang berlawanan dengan medan putar rotor. Akan tetapi pada penelitian ini saat pemberian beban kecepatan putar generator tetap stabil. Hal ini dikarenakan pemberian beban generator masih kecil sehingga arus yang mengalir pada belitan stator hanya menghasilkan medan magnet yang kecil dan tidak mampu menahan kecepatan putar rotor. Semakin besar beban yang diberikan, tegangan yang dihasilkan akan semakin kecil, hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Supardi dan Budiman (2016). Penyebabnya adalah karena pada sistem tidak terdapat alat pengatur tegangan. Pada generator biasanya dilengkapi dengan AVR (*Automatic Voltage Regulator*) yang berfungsi untuk menstabilkan tegangan dan mencegah terjadinya jatuh tegangan pada generator.

Pada lilitan B jumlah kumparan yang digunakan adalah 24 buah, 1 lilitan melalui 4 slot pada stator dengan jumlah 70 lilitan perkumparannya. Kumparan ini memiliki panjang 7cm dan lebar 3 cm. Hal ini dilakukan mempertimbangkan dimensi magnet yang digunakan juga untuk mengetahui apakah ada perbedaan tegangan dan arus yang didapatkan dengan mengubah ukuran dari kumparannya dan teknik lilitan yang digunakan pada stator lilitan B. Nilai tegangan pada kecepatan 400 rpm adalah 4.08V dan arus sebesar 0.11A dan pada kecepatan 1000 rpm tegangan yang dihasilkan adalah 11V dan arus sebesar 0.23A. Beban lampu sebesar 2.4Watt dihubungkan pada generator membuat penurunan

tegangan yang terlihat pada tabel 4.4 dan grafik 4.4. Dari tabel terlihat pada kecepatan putar 400 rpm tegangan yang dihasilkan adalah 0.734V yang ketika tanpa beban adalah 4.08V sedangkan arus yang dihasilkan adalah 0.08A dan ketika tanpa beban adalah 0.11A. Pada kecepatan putar 1000 rpm tegangannya adalah 2.544V dari tegangan awal 11V sedangkan arus adalah 0.18A dari arus awal 0.23A.

Berdasarkan data diatas yang didapat dari tabel antar stat or yang menggunakan lilitan A dan stator yang menggunakan lilitan B tegangan yang dihasilkan berbeda sebesar 1.02 V dan arus 0.03 A. Hal ini sesuai dengan apa yang dijelaskan oleh Faraday dalam hukumnya yang menyatakan :

$$\varepsilon = - \frac{d\phi B}{dt}$$

Tanda negatif merupakan pernyataan hukum Lenz yang menjelaskan bahwa ggl induksi selalu membangkitkan arus yang medan magnetnya berlawanan dengan asal perubahan fluks (Giancoli, 2001). Jika tanda negatif pada persamaan diberlakukan pada sebuah solenoida yang terdiri dari N lilitan, sehingga diperoleh:

$$\varepsilon = -N \frac{d\phi B}{dt} \qquad \varepsilon = - \frac{d(N\phi B)}{dt}$$

Dengan N menyatakan jumlah lilitan. Pada stator A dan B jumlah lilitan ditetapkan sama yaitu 70 lilitan perkumparan, tetapi pada lilitan A 70 lilitan hanya untuk satu slot, sedangkan pada lilitan B 70 lilitan

dililitkan pada jarak 4 slot yang berdampak pada panjang kawat yang digunakan untuk melilit stator berbeda pada kumparan stator A dan stator B. Perbedaan panjang kawat inilah yang menyebabkan perbedaan besar tegangan yang dihasilkan stator A dan B. Hal ini juga sesuai apa yang dijelaskan pada kaidah tangan kanan Fleming yang menyatakan bahwa tegangan yang diinduksikan pada penghantar saat penghantar bergerak pada medan magnet tergantung pada :

- a. Kekuatan medan magnet, makin kuat medan magnet makin besar tegangan yang diinduksikan
- b. Kecepatan penghantar dalam memotong fluks, makin cepat maka semakin besar tegangan yang diinduksikan
- c. Sudut perpotongan, pada sudut  $90^\circ$  tegangan induksi maksimum dan tegangan kurang bila kurang dari  $90^\circ$
- d. Panjang penghantar pada medan magnet

Selanjutnya yang mempengaruhi besar dan kecilnya tegangan yang dihasilkan generator adalah teknik yang digunakan untuk melilit kawat pada stator. Hal ini dapat dilihat ketika pertama kali melilit menggunakan teknik lilitan yang ada, tegangan maksimal yang dihasilkan pada stator A adalah 7.9V sedangkan untuk stator B adalah 2.0V. Pada penelitian Asyari dkk (2016) yang juga membandingkan teknik lilitan serta desain dari stator didapatkan bahwa teknik lilitan juga berpengaruh pada tegangan

dan arus yang dihasilkan generator. Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Hartono dkk (2014) juga membandingkan daya yang dihasilkan generator dengan beberapa bentuk stator, hanya saja stator yang digunakan adalah stator tunggal dan stator ganda tapi tidak pada teknik lilitannya.

#### **4. Efisiensi Generator**

Semakin besar efisiensi generator terhadap tegangan masukan, semakin baik kinerja dari sistem generator. Pada sistem pemanfaatan motor induksi satu fasa ini, didapat efisiensi berdasarkan perhitungan yang memperlihatkan efisiensinya sangat kecil. Penelitian Joni (2013) pada generator induksi satu fasa juga mendapatkan efisiensi yang juga tergolong kecil yaitu 8,64% sedangkan pada penelitian Toto (2014) mendapatkan hasil yang besar yaitu 70,2%. Hal ini membuktikan bahwa generator induksi pada belum menemukan konstruksi yang tepat sehingga dapat meningkatkan efisiensi dari generator. Konstruksi yang dimaksud diantaranya jumlah magnet pada rotor, teknik lilitan pada stator dan jumlah lilitan per slotnya. Dalam merancang sebuah generator memerlukan perhitungan yang tepat dalam menentukan jumlah magnet pada rotor, jumlah lilitan pada stator serta teknik melilit lilitan pada stator.

Hal yang membuat efisiensi kecil pada penelitian ini adalah peneliti langsung menentukan jumlah magnet dan jumlah lilitan pada stator tidak melalui perhitungan terlebih dahulu dalam menentukannya. Hal lainnya

yaitu teknik lilitan yang digunakan dalam melilit stator karena beda jenis generator beda juga teknik lilitan yang digunakan.

Dalam suatu penelitian pasti ada kelemahan, penelitian ini terdapat beberapa kelemahan diantaranya :

- a. Proses pemilihan pompa air merk *shimizu* yang tidak sering digunakan ditempat yang ingin peneliti aplikasikan.
- b. Pada proses pembuatan stator penentuan jumlah lilitan perslot nya tidak dihitung terlebih dahulu, dan langsung ditetapkan berjumlah 70 lilitan.
- c. Penentuan jumlah magnet yang digunakan langsung berjumlah 8 buah, serta kurang variasi untuk rotor dengan jumlah magnet berbeda.
- d. Masih rendahnya efisiensi generator.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang telah dilakukan, kesimpulannya adalah :

1. Motor listrik yang digunakan adalah mesin pompa air bekas. Desain generator diawali dengan desain arsitektural dan selanjutnya adalah realisasi generator. Bagian yang dimodifikasi adalah bagian stator dan rotor, pada bagian stator kumparan awal yang dibuang dan dibuat kumparan baru. Bagian stator dibuat dua buah dengan menggunakan teknik lilitan berbeda dan berjumlah 70 lilitan perkumparannya. Bagian rotor dibubut untuk membuat tempat magnet permanen. Jarak antar magnet sebesar 1.125cm dan magnet berjumlah 8 buah. Magnet yang digunakan adalah magnet Neodyum.
2. Berdasarkan lembar validasi desain yang dinilai oleh kedua validator aspek desain *prototype*, penggunaan *prototype* dan perawatan *prototype* mendapatkan hasil yang baik, hanya pada bagian ketahanan *prototype* yaitu pada bagian pernyataan bahan tidak mudah berkarat mendapatkan nilai rendah dari validator kedua dikarenakan bahan yang digunakan masih tersisa sedikit karat dikarenakan bahan yang telah terlalu lama. Hasil validasi yang didapatkan dari validator pertama adalah 85% dan validator

kedua adalah 77,5% yang direratakan mendapatkan persentase 81,25%, dan kriteria kualitatif yang didapatkan adalah bagus.

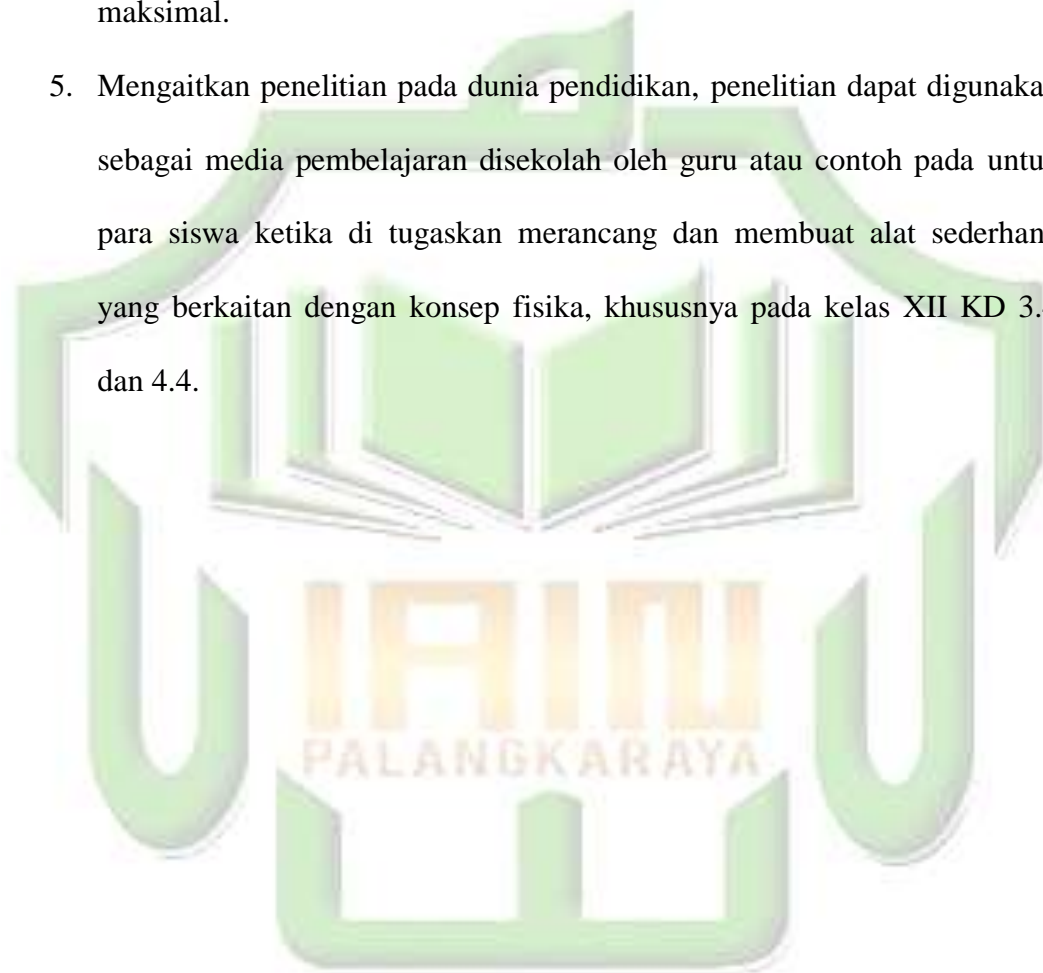
3. Stator dalam penelitian ini dibuat dua buah dengan teknik lilitan yang berbeda. Berdasarkan data diatas yang didapat dari tabel antar stator menggunakan lilitan A dan stator yang menggunakan lilitan B tegangan yang dihasilkan berbeda sebesar 1.02 V dan arus 0.03 A, dari data yang dihasilkan terlihat bahwa teknik lilitan pada stator mempengaruhi daya listrik yang dihasilkan oleh generator. Peneliti lebih merekomendasikan untuk menggunakan teknik lilitan yang digunakan pada stator B.
4. Efisiensi stator dengan lilitan A saat tidak diberi beban adalah 6.09% dan ketika diberi beban adalah 1%. Stator dengan lilitan B efisiensi yang dihasilkan saat tidak diberi beban adalah 7.1% dan saat diberikan beban adalah 1.40%.

## **B. Saran**

Adapun beberapa saran untuk perbaikan penelitian selanjutnya adalah :

1. Penggunaan motor induksi yang akan dimodifikasi diganti dengan ukuran yang lebih besar atau motor induksi yang berkapasitas besar, misalnya motor induksi 3 fasa.
2. Pemilihan motor induksi harus lebih memperhatikan tempat yang ingin diaplikasikan dari penelitian, serta mempertimbangkan dari segi efisiensi ekonomi saat perancangan dan pembuatan generator.

3. Pemodelifikasian bagian stator lebih banyak teknik yang digunakan untuk mendapatkan kumparan yang optimal dan daya yang dihasilkan lebih besar.
4. Penambahan magnet pada rotor, misalnya menjadi 12 buah untuk menambah medan magnet pada rotor agar mendapatkan daya yang maksimal.
5. Mengaitkan penelitian pada dunia pendidikan, penelitian dapat digunakan sebagai media pembelajaran disekolah oleh guru atau contoh pada untuk para siswa ketika di tugaskan merancang dan membuat alat sederhana yang berkaitan dengan konsep fisika, khususnya pada kelas XII KD 3.4 dan 4.4.





## DAFTAR PUSTAKA

- Asy'ari, H. (2012). Desain Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Angin Dengan Turbin Angin Horisontal dan Generator Magnet Permanen Tipe Axial Kecepatan Rendah. In *Seminar Nasional Aplikasi Sains&Teknologi (SNAST) Periode III Yogyakarta*.
- Chapman, dan J. Stephen, 2005 . *Electric Machinery Fundamentals*, Amerika: *McGraw Hill Companies*.
- Charles, Jr, Kingsley, 1992. *Electric Machinery*, Singapura: *McGraw Hill Book*
- Daryanto. 2016. *Konsep Dasar Teknik Elektronika Kelistrikan*, Bandung : Alfabeta.
- Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2018. *Statistik Ketenagalistrikan 2017*.
- Dharma, S., Sugiyantoro, B., & Widiastuti, A. N. (2010). Perancangan dan Pengujian Generator Magnet Permanen 1 Fase Berbasis Motor Induksi. *Jurnal Penelitian Teknik Elektro*, 3(2010).
- Dzikri, N. M., & Agus Supardi, S. T. (2016). *Perancangan Pembangkit Listrik Dengan Mengkonversi Motor Induksi Sebagai Generator Induksi Magnet Permanen* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Farrag, M., & Putrus, G. (2014). Analysis of the Dynamic Performance of Self-Excited Induction Generators Employed in Renewable Energy Generation. *Energies*, 7(1), 278-294.
- Giancoli, D. C. (2001). Fisika jilid 2. *Jakarta: Erlangga*.
- Grover, M., Kumar, B. L., & Ramalla, I. (2014). The free energy generator. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4(12), 4-7.
- Gupta, A. S. H. I. S. H., & Wadhvani, S. (2012). Analysis of Self-Excited Induction Generator for Isolated System. *International Journal of Computational Engineering Research (IJCER)*, 2(2), 353-358.

- Hadžiselimović, M., Zagradišnik, I., & Štumberger, B. (2013). Induction Machine: Comparison of Motor and Generator Characteristics. *Acta Technica Jaurinensis*, 6(1), 39-47.
- Hartono, H., Sugito, S., & Wihantoro, W. (2014). Prototype Generator Magnet Permanen Menggunakan Kumparan Stator Ganda. *BERKALA FISIKA*, 17(4), 115-120.
- Irasari, P., dan N. Idayanti. 2009. Aplikasi Magnet Permanen BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> dan NdFeB pada Generator Magnet Permanen Kecepatan Rendah Skala Kecil. *Jurnal Sains Materi Inonesia* 11(1):38-41.
- Irasari, P., Alam, H. S., & Kasim, M. (2016). Analytical Design Method of 3 Kw, 200 RPM Permanent Magnet Generator for Renewable Energy Power Plant Applications. *Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan*, 12(1), 55-66.
- Joni, Alpensus (2013). Pemanfaatan Motor Induksi Satu Fasa Sebagai Generator
- Khater, F. M. H., Abu El-Sebah, M. I., Osama, M., & Sakkoury, K. S. (2016). Proposed fault diagnostics of a broken rotor bar induction motor fed from PWM inverter. *Journal of Electrical Systems and Information Technology*.
- Mulud, T. H. (2013). Pengaruh Magnet Permanen Sebagai Penguat Medan Magnet Pada Pembangkit Tenaga Listrik. *Prosiding SNST Fakultas Teknik*, 1(1).
- Nakhoda, Y., & Saleh, C. (2016). Rancang Bangun Generator Magnet Permanen Untuk Pembangkit Tenaga Listrik Skala Kecil Menggunakan Kincir Angin Savonius Portabel. *Setrum: Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*, 5(2), 71-76.
- Nugroho, S. (2016). *Desain Generator Magnet Permanen RPM Rendah Dengan Memanfaatkan Motor Kipas* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Parekh, R. (2003). AC Induction Motor Fundamentals. *Microchip Technology Inc*, (DS00887A), 1-24.
- Prasetijo, H., Ropiudin, R., & Dharmawan, B. (2012). Generator Magnet Permanen Sebagai Pembangkit Listrik Putaran Rendah. *Dinamika Rekayasa*, 8(2), 70-77.

- Santoso, B. (2015). *Proyek Infrastruktur & Senketa Konstruksi*. Kencana.
- Sekeroney, Ferdinand (2009). Penggunaan Motor Induksi Sebagai Generator Arus Bolak-Balik. Vo;6 No.2.
- Shihab, M. Quraish.1996. *Wawasan Al-Qur'an*. Bandung:Mizan
- Sudjana. (2005). *Metode Statistika*. Bandung: Tarsito
- Sudijono, A. (2009). *Pengantar Statistika Pendidikan*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada
- Sugiyono. (2014). *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: alfabeta
- Sunarlik, W. (2011). Prinsip Kerja Generator Sinkron. *Jurnal November*.
- Thiagarajan, S., Semmel, D. S., & Semmel, M. I. (1974). Instructional development for training teachers of exceptional children.
- Tipler, Paul. A. 2001. *Fisika untuk Sains dan Teknik Jilid 2*, alih bahasa Bambang Soegiono; Jakarta : Erlangga.
- Tohir, T., & Yahya, S. (2014). Perancangan dan Pengujian Motor Induksi Tiga Fasa Menjadi Generator Magnet Permanen Satu Fasa Kecepatan Rendah. Seminar Nasional Teknik Industri BKSTI.

