

SEMINAR NASIONAL TEKNIK ENERGI DAN KETENAGA LISTRIKAN II (SNTEK II) 2015

ISBN : 978-602-72676-3-3



Penerbit :



Lembaga Sains, Teknologi Dan Seni
(Institute Of Sciences Technologies And Arts)

Editor :
Faizal Arya Samman

Penyelenggara :



Jurusan Teknik Elektro,
Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

Powered by : TRENSILICA



zuka

Prosiding Seminar Nasional Teknik Energi dan Ketenagalistrikan II (2015)

Editor:

Faizal Arya Samman

Penerbit:



**Lembaga Sains, Teknologi dan Seni
Institute of Sciences, Technologies and Arts – IESTA**

Bekerjasama dengan

Penyelenggara Seminar:



Universitas Hasanuddin

**Prosiding Seminar Nasional Teknik Energi dan Ketenagalistrikan II
(SNTEK 2015)**

Makassar, 8 – 10 Oktober 2015

Penulis:

Tertuang dalam halaman Daftar Kontributor

ISBN: 978-602-72676-3-3

Editor:

Faizal Arya Samman

Sampul dan Tata Letak:

TRENSILICA

(Komunitas Industri Kreatif – KOMIK)

Penerbit:

Lembaga Sains, Teknologi dan Seni

(Institute of Sciences, Technolgies and Arts – IESTA)

Alamat Penerbit:

Jl. KH. Wahid Hasyim No. 246

Sungguminasa 92111

Kab. Gowa, Sulawesi Selatan, INDONESIA

e-mail: iesta.ipteks@gmail.com

Distributor:

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10, Makassar 90245

Dicetak Oktober 2015

Di Makassar, Indonesia

Hak Cipta © 2015 pada Lembaga Sains, Teknologi dan Seni (Institute of Sciences, Technologies and Arts – IESTA)
dan Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

Hak Cipta dilindungi oleh undang-undang.

Dilarang keras mengutip, menjiplak, menfotocopy sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa mendapatkan izin tertulis
dari Penerbit Lembaga Sains, Teknologi dan Seni, dan Jurusan Teknik Elektro Universitas Hasanuddin, Makassar.

Kata Pengantar

Seminar Nasional Teknik Energi dan Ketenagalistrikan (SNTEK) adalah forum pertemuan ilmiah tahunan bagi akademisi, peneliti, dan praktisi di Indonesia dalam bidang Energi dan Ketenagalistrikan yang diselenggarakan oleh Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Seminar ini telah diselenggarakan pertama kali pada bulan Agustus 2014, dan diselenggarakan untuk kedua kalinya pada Tanggal 8 hingga 10 Oktober 2015.

Tema SNTEK 2015 adalah "Penguasaan dan Penerapan Teknologi Energi Baru dan Terbarukan Dalam Menyongsong Era 35000MW". Tema ini dilatarbelakangi oleh kebijakan pengembangan energi nasional di Indonesia yang menjadi tanggung jawab penuh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) dan PLN dalam menyongsong Era Pembangkitan Listrik 3500MW yang didukung oleh Sumber Energi Baru dan Terbarukan. Berdasarkan kebijakan energi nasional tahun 2006, porsi minyak bumi dalam total konsumsi energi ditargetkan di bawah 20% dengan meningkatkan porsi sumber energi terbarukan sebesar 17% sebelum tahun 2025. Mengacu pada target ini, Indonesia telah meratifikasi undang-undang tentang energi di mana pemerintah memberikan prioritas untuk meningkatkan efisiensi energi dan akses ke pengembangan energi terbarukan dalam konteks perbaikan sekuritas energi dan akses ke pelayanan energi yang lebih *modern*. Hasil-hasil riset di bidang Energi Baru dan Terbarukan merupakan salah satu pendorong tercapainya rasio elektrifikasi nasional sekaligus dapat menentukan kebijakan energi nasional. Sinergi antara lembaga riset termasuk universitas dan industri adalah sangat diperlukan, agar hasil-hasil riset terbaru di bidang energi dapat didiseminasikan dan diterapkan secara optimal.

Dengan demikian tujuan penyelenggaraan SNTEK 2015 tahun ini terangkum sebagai berikut:

- 1) Menyediakan forum bagi akademisi, peneliti, dan praktisi di Indonesia untuk mendiseminasikan penelitian-penelitian terbaru dalam bidang teknik energi.
- 2) Sebagai forum untuk menjalin kerjasama antar partisipan dalam rangka pengembangan pengetahuan ketenagalistrikan di Indonesia.
- 3) Mendorong peningkatan kegiatan penelitian di perguruan tinggi melalui pengakomodasian hasil-hasil riset (publikasi) utamanya untuk mahasiswa.

Sehubungan dengan tujuan dan kebijakan energi nasional tersebut, kami dari pihak penyelenggara seminar telah mengundang para akademisi, peneliti, dan praktisi dalam bidang ketenagalistrikan untuk ikut berpartisipasi pada acara seminar nasional SNTEK 2015 sebagai sebuah upaya bersama dalam mendorong pencapaian program kebijakan energi tersebut di atas

secara khusus, dan untuk kemajuan pengetahuan ketenagalistrikan secara umum melalui sharing hasil penelitian terbaru, pengalaman, ataupun ide-ide pengembangan yang ada antara peserta seminar dalam forum ilmiah ini.

Tahun ini kurang lebih lima belas paper yang telah terdaftar dan dipresentasikan dihadapan para peserta seminar. Paper-paper tersebut mengambil tema dari berbagai bidang energi listrik dan ketenagalistrikan seperti bidang elektronika daya, mesin-mesin listrik, sistem pembangkitan tenaga listrik, dsb. Kami berharap bahwa hasil pemaparan dan diskusi para peserta SNTEK 2015 kali ini dapat memberikan manfaat yang sangat berarti bagi dosen, mahasiswa dan praktisi industri dalam mempersiapkan diri menyongsong era 35000 MW.

Kami mengucapkan terima kasih yang sebenarnya kepada semua pihak yang banyak membantu kelancaraan pelaksanaan acara seminar ini. Kepada para sponsor, kami haturkan banyak terima kasih atas dukungan finansialnya, juga kepada seluruh tim dalam Gugus Kerja Mahasiswa (GKM) Trensilica, seluruh dosen dan staf karyawan Jurusan Teknik Elektro Universitas Hasanuddin atas dukungan tenaga dan pikirannya. Juga kepada para kontributor yang telah meluangkan waktunya untuk menulis dan memaparkan makalah ilmiahnya, serta para pemateri utama (*keynote speakers*) dalam acara seminar. Tanpa sumbangsih pikiran Bapak-bapak dan Ibu-ibu pemateri, seminar ini mustahil terlaksana sebagaimana mestinya. Dan yang tak kalah pentingnya, sujud Syukur dan Terima Kasih kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan nikmat hidup dengan segala rahmat-Nya, sehingga Kami memiliki kekuatan dan semangat untuk menyukkseskan acara ini.

Makassar, 8 Oktober 2015

Dr.-Ing. Faizal Arya Samman, ST., MT.
Editor-in-Chief (EIC) SNTEK 2015

Daftar Isi

Halaman Judul	i
Halaman Hak Cipta	ii
Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	v
Kepanitiaian Seminar	ix
Program Seminar/Jadwal Acara	xi
Statistik Jumlah Kontributor Berdasarkan Asal Institusi	xvii
Daftar Kontributor	xix
1. Perancangan Sistem Kontrol Frekuensi-Beban pada PLTMH Matano Kabupaten Luwu Timur	1 – 6
<i>Penulis: Christoforus Yohannes, M. Idus Hasyimi, Anil Wahyu, Faizal Arya Samman</i>	
2. Kompensasi Daya Reaktif dengan Menggunakan FACTS Device pada Saluran Transmisi Sistem Kelistrikan Sulawesi Selatan	7 – 12
<i>Penulis: Mutmainnah, Nadjamuddin Harun, Muhammad Tola</i>	
3. Rancangbangun Prototipe Generator Listrik Magnet Permanen Tipe Aksial Dengan Stator Ganda	13 – 18
<i>Penulis: Muhammad Jumnahdi</i>	
4. Miniaturisasi Sistem Kendali Otomatis Pintu Air Untuk Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro	19 – 24
<i>Penulis: Iven, Denny Pratama P.S., Faizal Arya Samman, Zahir Zainuddin</i>	
5. Perancangan Pembangkit Listrik River Hydrokinetic Sebagai Sumber Energi Alternatif	25 – 32
<i>Penulis: Zulfatri Aini</i>	

Kepanitiaan

Penasehat

Rektor UNHAS: Prof. Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu, M.A.
Dekan Fakultas Teknik UNHAS: Dr.-Ing. Ir. Wahyu H. Piarah, MSME
Ketua Jurusan Teknik Elektro FT UNHAS: Dr. Ir. Andani, MT.
Ketua Program Studi Teknik Elektro Pascasarjana UNHAS: Dr. Ir. Zahir Zainuddin, MSc.
Prof. Dr. Ir. Salama Manjang, M.T [UNHAS]
Prof. Dr. Ir. Muhammad Arief, Dipl. Ing. [UNHAS]
Prof. Dr. Ir. Nadjamuddin Harun, M.S [UNHAS]
Prof. Dr. Ir. Muhammad Tola, M. Eng [UNHAS]
Prof. Dr. Ir. Ansar Suyuti, M.T [UNHAS]

Panitia Pelaksana (*Executive*)

Ketua : Dr.-Ing. Faizal Arya Samman, ST., MT.
Wakil Ketua : Dr. Indar Chaerah Gunadin, ST., MT.
Sekretaris : Ardiati Arief, ST., MTM., Ph.D
Seksi Pendanaan : Dr. Ir. Sri Mawar Said, M.T. [Bendahara]
: Ir. Tajuddin Waris, M.T.
Seksi Acara : Dr. Yusran, ST., MT. [Kord.]
: Yusri Syam Akil, ST., MT., Ph.D.
: Dr. Ir. Indrajaya Mansur, MT.
: Ir. Yustinus Upa Sombolayuk, MT.
: Hasnah Kadir
Seksi Perlengkapan : Ir. Gassing, MT.
: Mustakim, ST.
: Junaid, SE.
Seksi Konsumsi : Ir. Zaenab Muslimin, M.T [Kord.]
: Hasdiana, ST.
: Syamsiah
: Dra. Rosnah
Seksi Publikasi : Dr. Eng. Syafaruddin, ST., M.Eng.
: M. Bachtiar Nappu, ST., MT., M.Phil., Ph.D
Promosi dan Desain Web : Adnan, ST., MT., Ph.D.
: Ikhlis Kitta, ST., M.T.

Tim Editing

1. A Najiah Nurul Afifah
2. Fijrah Aprilla S. Asri
3. Virgiawan Rahman
4. Maharani Hasan
5. Hizkia Glorius
6. Galang Ananta Putra

Tim Pemandu Acara

1. Siti Wahyuni Artini
2. Azizah Fauziah Misbahuddin
3. Maghfira Putri Rachmat

Tim Grafis dan Animasi

1. Surya Aditama
2. Zandy Rizaldy
3. Rahmat Hardian Putra
4. Anshar Iriansyah

Tim Dokumentasi

1. Taufik Ansyari Achmad
2. Yayang Permana Achmad
3. Ruli Adi Lestari
4. Muh. Fakhri
5. Arya Surya Prayoga



Tim Sponsorship

1. Tirza Damayanti
2. Suci Samharira Said
3. Wardah Sanji
4. Adil Fatih Buana Kadir
5. Asrul Ramadhan
6. Zulkifli Sam
7. A. Maberur Abulkhaer
8. Muh. Ashabul Kahfi
9. Wardiman Hasbi
10. Ismail

Tim Konsumsi

1. Resitawati
2. Anggriani Sultan
3. Asnovita Sari

Tim Promosi dan Publikasi

1. Ahwan Azhari Tahir
2. Mohammad Muchlis Prawira
3. Suardi Hasjum
4. Syahdan Edy Murad
5. M. Takdir
6. Arisal Ahmad Saila

Tim Perlengkapan

1. Ma'arif Hasan
2. Muh. Arifai
3. Yon Yodiawan Yanwar
4. Awaluddin
5. Ismunandar
6. Fandhi Nugraha
7. Zaldy Eka Putra
8. Ahmad Ridwan
9. M. Aldian Adiputra L.
10. Zulfadli A.S.

Tim Kesekretariatan

1. Siti Aisyah Adeningsih
2. Armiani Putri
3. Ahmad Rifaldi
4. Andi Ahmad Fauzy
5. Muh. Arkhan Musyabbir
6. Sri Handayani
7. Atik Cahyati

Syafaruddin@unhas.ac.id



Program Seminar

Venue: Gedung Center of Science Activities,
Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Kampus Gowa
Jadwal: 8 – 10 Oktober 2015

Kamis, 8 Oktober 2015

Pembukaan Acara (08:00 – 09:10)

Ruang : Lecture Theater 1 (LT 1)

Waktu *Kegiatan/Acara:*
08:00 – 08:40 Registrasi

PIC:
Panitia SNTEK 2015

08:40 – 09:10 Sambutan-sambutan

1. Ketua Panitia:
2. Ketua Jurusan Teknik Elektro
3. Dekan Fakultas Teknik

Dr.-Ing. Faizal Arya Samman, ST., MT
Dr. Ir. Andani Achmad, M.T.
Dr.-Ing. Ir. Wahyu H. Piarah, MSME

09:10 – 09:30 Istirahat / Coffee Break
Venue: Gedung Center of Science Activities, Show case Lt. 2, Lt. 3

Jadwal Keynote Speech (09:30 – 12:00)

Ruang : Lecture Theater 1 (LT 1)

Waktu *Kegiatan/Acara*
09:30 – 10:20 Keynote Speech I

Pemateri Keynote Speech
Prof. Dr. Ir. Syamsir Abduh
(Dewan Energi Nasional)

Dr. Eng. Syafaruddin, M.Eng.

10:20 – 11:10 Keynote Speech II

Moderator:

Ir. Rida Mulyana, M.Sc.
(Dirjen Energi Baru, Terbarukan dan
Konservasi Energi, Kementerian Energi
Sumber Daya Mineral, RI)

Ir. Tajuddin Waris, MT.

11:10 – 12:00 Keynote Speech III

Moderator:

Prof. Dr. Ir. Salama Manjang, MT.
(Universitas Hasanuddin)

Ikhlas Kitta, ST., MT.

12:00 – 13:30 Istirahat/Makan Siang

Jadwal Sesi Paralel I (13:30 – 14:50)

Sesi 1A : Pembangkitan Tenaga Listrik
Ruang : Lecture Theater 1
Moderator : Ir. Tajuddin Waris, MT.

<i>Waktu</i>	<i>Presentasi Judul Paper</i>	<i>Pemateri</i>
13:30 – 13:50	Perancangan Sistem Kontrol Frekuensi-Beban pada PLTMH Matano Kabupaten Luwu Timur	<i>Christoforus Yohannes, M. Idus Hasyimi, Anil Wahyu, Faizal Arya Samman</i>
13:50 – 14:10	Rancangbangun Prototipe Generator Listrik Magnet Permanen Tipe Aksial Dengan Stator Ganda	<i>Muhammad Jumnahdi</i>
14:10 – 14:30	Miniaturisasi Sistem Kendali Otomatis Pintu Air Untuk Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro	<i>Iven, Denny Pratama P.S., Faizal Arya Samman, Zahir Zainuddin</i>
14:30 – 14:50	Perancangan Pembangkit Listrik River Hydrokinetic Sebagai Sumber Energi Alternatif	<i>Zulfatri Aini</i>

Sesi 1B : Elektronika Daya dan Elektromagnetika
Ruang : Lecture Theater 2
Moderator : *Dr. Ir. Sri Mawar Said, MT.*

<i>Waktu</i>	<i>Presentasi Judul Paper</i>	<i>Pemateri</i>
13:30 – 13:50	Kompensasi Daya Reaktif dengan Menggunakan FACTS Device pada Saluran Transmisi Sistem Kelistrikan Sulawesi Selatan	<i>Mutmainnah, Nadjamuddin Harun, Muhammad Tola</i>
13:50 – 14:10	Studi Perbandingan Kinerja Konverter DC/DC Penaik Tegangan Jenis-jenis DC Chopper dan Charge Pump Multi-Stage	<i>Nirwan A.Noor, Faizal Arya Samman, Yusri Syam Akil</i>
14:10 – 14:30	Pembangkit Gelombang Ultrasonik Dengan Frekuensi 40 kHz dan Daya 200 Watt Berbasis Mikrokontroler	<i>Achmad Zubair, Faizal Arya Samman</i>
14:30 – 14:50	Sistem Pengisian Baterai Otomatis berbasis Mikrokontroler untuk Aplikasi Sistem Fotovoltaik	<i>Dewiani, Asma Ainuddin, Asrul, Faizal Arya Samman</i>

Sesi 1C : Energi, Lingkungan dan Kualitas Sistem Tenaga
Ruang : Lecture Theater 3
Moderator : *Ikhlas Kitta, ST., MT.*

<i>Waktu</i>	<i>Presentasi Judul Paper</i>	<i>Pemateri</i>
13:30 – 13:50	Potensi Mitigasi Emisi CO ₂ Sistem Hibrida PV/Baterai/Genset: Studi Kasus di TPA Bontang Lestari Kota Bontang	<i>Sitti Hamnah Ahsan, Syafaruddin, Salama Manjang, Wihardi Tjaronge</i>
13:50 – 14:10	Prediksi Besaran Emisi Akibat Pengoperasian PLTU di Sulawesi Selatan	<i>Ansar Suyuti, Ikhlas Kitta</i>
14:10 – 14:30	Hybrid Solid Fuel Kalori Tinggi Berbasis Kulit Kakao dan Liquid Volatile Matter	<i>M. Jahiding, Mashuni, Zulkaidah</i>
14:30 – 14:50	Penanganan Harmonisa Terhadap Peningkatan Kualitas Daya Listrik Berbasis Software ETAP	<i>Syafaruddin, Sartika,</i>

Statistik Jumlah Kontributor Berdasarkan Asal Institusi

No.	Institusi	Jumlah Kontributor
1.	Universitas Hasanuddin	31
2.	Universitas Islam Negeri, Suska, Riau	1
3.	Universitas Bangka Belitung, Pangkalpinang	1
4.	Universitas Halu Oleo, Kendari	5
5.	Politeknik Negeri Ujung Pandang	6
6.	Politeknik Bosowa, Makassar	1
7.	STMIK Handayani, Makassar	1
8.	Universitas Muhammadiyah, Parepare	1
9.	Hewlett Packard Indonesia	1
10.	Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM)	2
11.	Dewan Energi Nasional (DEN)	1
12.	PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN), Tbk	1

Rancang Bangun Prototipe Generator Listrik Magnet Permanen Tipe Aksial dengan Stator Ganda

Muhammad Jumnahdi

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung, Pangkalpinang
e-mail : muhd.jumnahdi@gmail.com.

Abstrak – Penelitian ini merupakan penelitian awal yang bertujuan untuk mendapatkan generator listrik yang dapat digunakan untuk lampu penerangan jalan. Sehingga dapat mengurangi beban energi listrik pada PLN. Bahan dasar dari generator adalah magnet permanen jenis Neodymium, generator dibangun dengan menggunakan 12 kutub magnet dan memiliki 9x2 kumparan masing-masing 400 lilit tersusun secara aksial dengan dua sisi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada 500 rpm tegangan yang dihasilkan 17,5 Volt tanpa beban. Dengan menggunakan beban 18 Watt tegangan yang dihasilkan 11,8 Volt pada rpm 500. Untuk arus hubung singkat maksimum sebesar 5 Aampere pada rpm 1000.

Kata Kunci: Generator, Aksial, Magnet Permanen, Neodymium.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang pesat mendorong penggunaan energi dalam jumlah yang besar. Seiring berjalannya waktu, dunia pada umumnya dan Indonesia pada khususnya mengalami krisis energi, terutama energi yang berasal dari fosil. Hal ini karena menipisnya cadangan minyak bumi dan bahan bakar fosil lainnya akibat pemakaian terus-menerus. Penggunaan bahan bakar fosil tersebut juga mengakibatkan pencemaran lingkungan, dimana dewasa ini kecenderungan kebijakan energi global menuntut penggunaan energi yang lebih ramah lingkungan[1]. Sumber energi terbarukan selain matahari adalah angin dan air, untuk mengkonversi energi angin dan air dibutuhkan generator agar dapat menjadi energi listrik. Agar pemanfaatan kedua energi ini secara optimal dibutuhkan generator listrik yang memiliki putaran rendah mengingat ketersediaan energi angin bersifat fluktuatif sesuai dengan kondisi geografis suatu daerah. Generator listrik yang paling cocok untuk pembangkit listrik tenaga angin adalah generator dari jenis magnet permanen atau PMG (*Permanen Magnet Generator*) [2].

Magnet merupakan salah satu komponen yang sangat penting dalam suatu generator. Fungsinya adalah untuk menghasilkan fluks magnetik yang akan dipakai untuk membangkitkan ggl induksi pada kumparan yang telah dipasang sehingga bila pergerakan kumparan memotong garis gaya magnet pada saat melalui kutub yang berbeda akan menimbulkan perbedaan tegangan pada ujung kumparan yang dilaluinya. Untuk membangkitkan ggl induksi maka diperlukan perubahan jumlah fluks magnet yang mengenai kumparan. Perubahan fluks magnetik tersebut dilakukan dengan proses gerakan berputar. Generator yang ada dipasaran umumnya memerlukan kecepatan *rotations per menit* (rpm) yang tinggi lebih dari 1000 rpm untuk menghasilkan tegangan. [3]. Pada kebanyakan generator

yang ada memiliki inti besi sebagai inti dari lilitannya, hal ini tentunya akan memperbesar momen torka yang dibutuhkannya untuk mulai berputar, mengingat pada saat diam inti besi pada lilitan tersebut akan ditarik oleh magnet permanen sehingga untuk membuat generator berputar diperlukan gaya yang melebihi daya tarik inti besi dengan magnet yang ada.

Magnet Neodymium (NdFeB) adalah jenis magnet langka-bumi, magnet permanen terbuat dari paduan neodymium, besi, dan boron. Bahan ini merupakan jenis magnet permanen yang paling kuat. Magnet Neodymium memiliki beberapa kelebihan dibandingkan magnet jenis lain: kekuatan medan magnet, resistensi terhadap kehilangan daya magnetik, kepadatan energi magnetik, ketahanan terhadap suhu tinggi.[4]

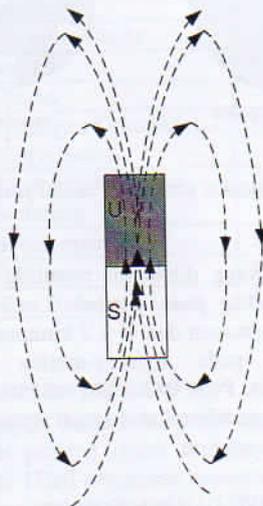
Putaran generator yang tinggi hanya dapat dihasilkan oleh angin yang kencang atau aliran air yang deras. Menurut Koordinator Unit Analisis Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Kota Pangkalpinang, Slamet Supriyadi, di Pangkalpinang diprediksi bahwa cuaca di daratan Kota Pangkalpinang memiliki kecepatan angin dari timur hingga selatan berkisar 8 kilometer hingga 27 km per jam, suhu udara 24-33 derajat Celsius dan kelembapan udara mencapai 53 hingga 92 persen dapat terjadi pada kisaran bulan November hingga Maret [5] Mengingat kecepatan angin terutama di Bangka Belitung cenderung fluktuatif, maka diperlukan generator listrik yang memiliki putaran rendah agar potensi angin yang ada dapat dimanfaatkan semaksimal mungkin[12] [14] [15].

Keunggulan generator magnet permanen tidak membutuhkan energi listrik untuk pembangkitan magnet yang ada pada generator tersebut, berbeda dengan Alternator yang mana pembangkitan magnetnya memerlukan energi listrik DC, generator magnet permanen hanya membutuhkan putaran atau energi mekanik untuk menghasilkan listrik. Generator listrik umumnya membutuhkan putaran 1500 rpm untuk menghasilkan listrik. Sekarang ini berbagai cara dilakukan untuk dapat menghasilkan generator listrik yang memiliki putaran rendah kurang dari 1000 rpm, seperti halnya yang dilakukan oleh Asy'ary mendisain generator dengan menggunakan magnet permanen metode aksial. Hasil penelitiannya generator dapat menghasilkan tegangan keluaran 38 Volt dengan arus 114,1mA pada 1000 rpm antar phase. Sedangkan untuk pengukuran antara phase ke netral menghasilkan tegangan 20Volt dengan arus 83,1 mA.[6]. Hasil keluaran generator disearahkan untuk dapat digunakan mengisi akumulator 12 volt. Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Nurhadi, mengenai generator magnet permanen putaran rendah 3 fasa tipe aksial dengan menggunakan magnet permanen jenis Fe pada putaran

100 rpm sampai 700 rpm dihasilkan tegangan AC 2.7 V sampai 33.33 V. Semakin cepat putaran, semakin besar tegangan yang dihasilkan [7]., Perancang sebuah generator magnet permanen, dengan desain generator berupa generator 3 fasa tipe aksial fluks dengan menggunakan magnet permanen jenis NdFeB 8 pasang dan akan dilakukan perbandingan hasil dan performa generator. Hasilnya pada pengisian akumulator, untuk putaran 300 rpm generator sistem 3 fasa hubung bintang menghasilkan tegangan 12.91 Vdc dan arus 0.16 A. Pada putaran 500 rpm, sistem 3 fasa hubung bintang menghasilkan tegangan 13.73 Vdc, dan arus 2.9 A, dan sistem tiga fasa hubung delta menghasilkan tegangan 12.9 Vdc, dan arus 1.1 A.[8]

Penelitian [6] [7] [8] memiliki kesamaan yaitu menggunakan metode Aksial dengan jenis magnet Fe sedangkan penelitian [8] menggunakan magnet Neodymium dengan metode aksial memiliki daya keluaran lebih besar. Perancangan dilakukan dengan simulasi menggunakan bantuan *Finite Element Methode Magnetics* (FEMM) software untuk mengetahui sebaran fluks magnetnya. Perancangan dilakukan untuk dua model generator yaitu tipe *Axial Fluks Magnetik* (AFM) dan *Radial Fluks Magnetik* (RFM) Berdasarkan hasil pendesainan dan hasil simulasi, disimpulkan bahwa desain yang sesuai dengan keadaan dan kemampuan angin di Indonesia yang memiliki kemampuan memutar turbin rata-rata pada 200-300 rpm adalah dengan menggunakan jumlah kutub 12 dan dipasang pada frekwensi tegangan 50 Hz. Untuk keadaan tersebut dihasilkan kisaran besaran tegangan keluaran yang berbeda untuk masing-masing desain, untuk tipe *Axial Fluks Magnetic* (AFM) tegangan keluaran yang dihasilkan berkisar 1,466 volt sedangkan untuk tipe *Radial Fluks Magnetic* (RFM) akan tegangan keluaran berkisar 9,327 volt.[9]

Penelitian ini menggunakan magnet jenis Neodymium dengan cara memperbanyak jumlah kumparan, yang diletakan pada ke dua kutub magnet, berbeda dari penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya yang hanya menggunakan salah satu dari sisi magnet saja.



Gambar 1. Arah garis gaya medan magnet.[10]

$$\Phi_B = BA \cos \omega t \quad (1)$$

Fluks magnetik adalah banyaknya garis medan magnetik yang dilingkupi oleh suatu luas daerah. Dalam sistem SI fluks magnet sama dengan satuan medan magnetik (1 Tesla) dikali satuan meter luas (1 m²) yang disebut Weber (Wb) yang juga sama dengan satu Newton kali meter perluas (1 Wb = 1 T m² = 1 Wb = N m/A) Luasan tertentu (A) dalam arah tegak lurus. Teori dasar dari Prinsip dasar generator listrik yang menggunakan magnet permanen merupakan penerapan dari teori Faraday. Misalkan sebuah lilitan berada pada lingkup medan magnet yang sama besar. Lilitan berotasi dengan kecepatan sudut ω yang konstan terhadap sumbu yang berada di dalam medan magnet yang memiliki kerapatan B homogen dan konstan. Maka fluks magnetik yang dibangkitkan sebesar :

2.1 Generator

GGL induksi. Demikian pula sebaliknya bila sepotong kawat penghantar listrik digerakkan Generator adalah suatu perangkat mesin yang menghasilkan energi listrik dari sumber energi mekanik atau gerak melalui proses induksi elektromagnetik. Generator memperoleh energi mekanis dari *prime mover* atau penggerak mula. Energi mekanis dapat berasal dari tenaga panas, tenaga potensial air, motor diesel, motor bensin bahkan ada yang berasal dari motor listrik. Prinsip kerja generator berdasarkan hukum Faraday yang mengandung pengertian bahwa apabila sepotong kawat penghantar listrik berada dalam medan magnet berubah-ubah, maka di dalam kawat tersebut akan terbentuk dalam medan magnet, maka kawat penghantar tersebut juga terbentuk GGL induksi. Hukum Faraday dapat dinyatakan dengan :

$$e = N \frac{d\Phi}{dt} \quad (2)$$

Untuk perubahan fluks magnetik (e = GGL induksi yang dibangkitkan (Volt) , N = banyaknya jumlah lilitan, dΦ Webber), dt = perubahan waktu (detik). Atau dengan persamaan lain nilai dari GGL induksi dapat ditentukan dengan :

$$e = B \times l \times v \quad (3)$$

Untuk, e = GGL induksi yang dibangkitkan (Volt), B = kerapatan medan magnet (Tesla), l = panjang kawat penghantar (m), dan v = kecepatan konduktor memotong medan (m/s). Bila ditinjau dari kecepatan medan putar stator maka akan berbanding terbalik dengan jumlah kutubnya hal ini dapat di tunjukkan melalui persamaan :

$$n_p = 120 \frac{f}{p} \quad (4)$$

Penjelasan untuk , n_p = Kecepatan putar (rpm), f = Frekuensi (Hz), dan p = Jumlah Kutub. Tegangan GGL induksi yang dibangkitkan berdasarkan persamaan (4) bergantung pada :

1. Jumlah dari lilitan dalam kumparan
2. Kuat medan magnetik, makin kuat medan makin besar tegangan yang diinduksikan
3. Kecepatan putar (rpm) dari generator itu sendiri

Generator AC adalah generator yang menghasilkan listrik arus bolak balik. Generator arus bolak balik sering disebut generator sinkron atau alternator. Pada generator AC, kumparan jangkar disebut juga kumparan stator karena berbeda pada tempat yang tetap, sedangkan kumparan rotor bersama-sama dengan kutub magnet diputar oleh tenaga mekanik. Sesuai dengan hukum Faraday, tegangan akan diinduksikan pada konduktor apabila konduktor tersebut berada dalam medan magnet berubah-ubah sehingga memotong garis-garis gaya, maka di dalam konduktor tersebut akan terbentuk GGL induksi. GGL induksi pada generator AC dapat diperbesar dengan cara memperbanyak lilitan kumparan, menggunakan magnet permanen yang lebih kuat, mempercepat putaran rotor, dan menyisipkan inti besi lunak ke dalam kumparan.[13]

Untuk prinsip kerja generator arus bolak-balik tiga fasa (alternator) pada dasarnya sama dengan generator arus bolak-balik satu fasa, akan tetapi pada generator tiga fasa memiliki tiga lilitan yang sama dan tiga tegangan keluaran berbeda fasa 120° pada masing-masing fasa. Untuk besar tegangan generator bergantung pada :

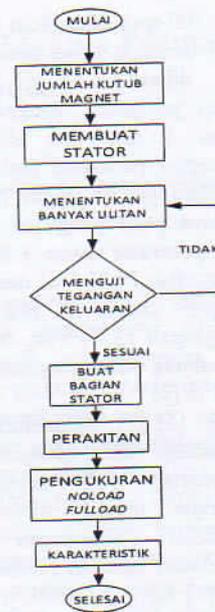
1. Kecepatan putaran (n_p)
2. Jumlah kawat pada kumparan yang memotong fluks (N)
3. Banyaknya fluks magnet yang dibangkitkan oleh medan magnet (B)
4. Jumlah Kutub (p),

ini sering disebut juga sebagai alternator, generator AC (*alternating current*), atau generator sinkron. Dikatakan generator sinkron karena Generator AC berfungsi untuk merubah tenaga mekanis menjadi tenaga listrik arus bolak-balik. Generator jumlah putaran rotornya sama dengan jumlah putaran medan magnet pada stator. Kecepatan sinkron ini dihasilkan dari kecepatan putaran rotor dengan kutub-kutub magnet yang berputar dengan kecepatan sama dengan medan putar pada stator. Mesin tidak dapat dijalankan sendiri karena kutub-kutub rotor tidak dapat tiba-tiba mengikuti kecepatan medan putar pada saat diberi tegangan. Generator arus bolak-balik dibagi menjadi dua jenis, yaitu: Generator arus bolak-balik 1 fasa dan Generator arus bolak-balik 3 fasa.

II. METODE/ALUR PENELITIAN

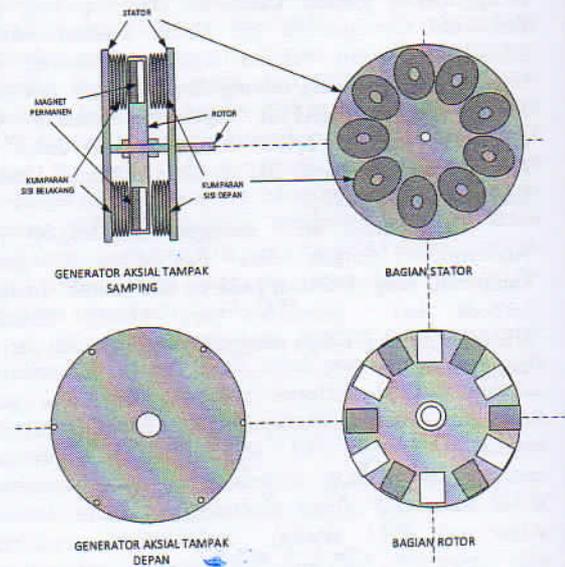
1. Alur penelitian

Secara garis besar metode penelitian dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Alur penelitian

3.2 Konstruksi Generator

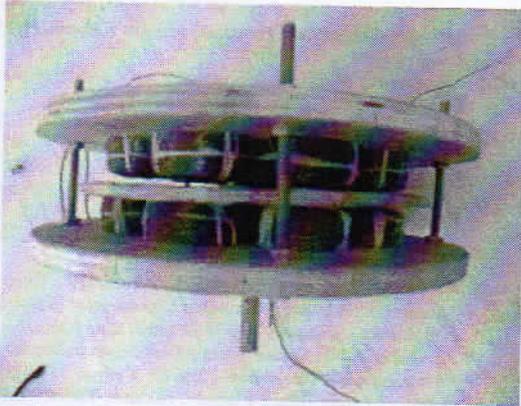


Gambar 3. Konstruksi generator aksial yang dibangun.

Generator yang dibangun memiliki konstruksi seperti diperlihatkan pada gambar 3. Terdapat 12 kutub magnet permanen dan 9×2 kumparan, dengan jumlah lilitan pada masing-masing kumparan sebanyak 400 lilit. Pada kedua sisi magnet diletakkan kumparan sehingga dikatakan sebagai stator ganda.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan prototipe generator listrik magnet permanen yang merupakan rancangan awal sebagai generator pembangkit listrik untuk lampu jalan. Prototipe yang dihasilkan diperlihatkan pada gambar 4.



Gambar 4. Prototipe generator aksial yang dibangun

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa posisi magnet berada pada (diapit) oleh kumparan stator dimana magnet permanen berada ditengah-tengah kumparan (memiliki stator ganda). Jumlah kumparan pada masing sisi terdapat 9 kumparan sehingga pada generator yang dibangun ini memiliki 18 kumparan dengan 400 lilitan. Untuk spesifikasi generator dapat dilihat pada tabel 1.

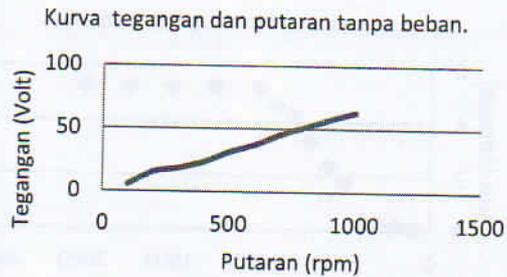
Tabel 1. Spesifikasi teknis generator aksial yang dibangun.

No.	Komponen Generator	Keterangan
1.	Rotor :	
	Magnet	NdFeB
	Jumlah Magnet	12 Kutub
	Diameter Rotor	29 cm
2.	Stator :	
	Jenis Kawat	Email 0.8 mm
	Jumlah lilitan	400 lilit
	Jumlah Kumparan (tanpa inti)	2 x 9 kumparan
	Diameter Stator	30 cm
	Bahan	Kayu
3	Luaran :	
	Tegangan Keluaran Tanpa Beban	17 V
	Tegangan Keluaran Berbeban	12 V
	Beban operasi	18 – 20W
	Putaran	500 rpm
	Arus Hubung singkat	5 Amper

A. Pengujian Tanpa Beban

Pengujian tanpa beban bertujuan untuk mengetahui perubahan putaran (rpm) terhadap tegangan AC yang dihasilkan. Hasil pengujian menggunakan kumparan satu sisi (stator tunggal) pada 1000 rpm menghasilkan tegangan 32 Volt sedangkan hasil pengujian dengan

menggunakan stator ganda (kedua sisi kumparanya) didapatkan tegangan keluaran sebesar 63 Volt pada 1000 rpm, seperti diperlihatkan pada gambar 5 terlihat bahwa perubahan putaran berbanding lurus terhadap arus yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan teori dimana apa bila jumlah lilitan tetap dan besarnya garis gaya tetap sedangkan kecepatan perpotongan lilitan melintasi garis gaya bertambah, maka tegangan yang dihasilkan akan bertambah.

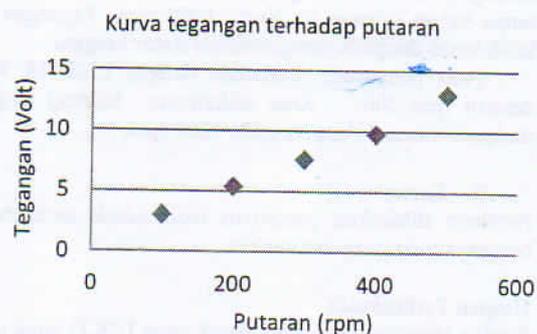


Gambar 5. Hubungan tegangan terhadap putaran tanpa Beban.

B. Pengujian Berbeban

Pengujian dilakukan dengan menggunakan Lampu LED 6x 3 Watt yang nantinya akan dipergunakan untuk lampu penerangan jalan. Lampu yang digunakan adalah lampu led 4 Volt 3 Watt. Karena lampu LED yang digunakan hanya memerlukan tegangan 4 Volt maka, lampu tersebut dihubungkan secara seri sebanyak 3 buah sehingga tegangan yang dibutuhkannya sebesar 12 Volt. Dengan daya 9 Watt. Untuk menaikan dayanya maka tiga buah LED tersebut diparalel lagi dengan 3 LED. Sehingga total daya sebesar 18 Watt.

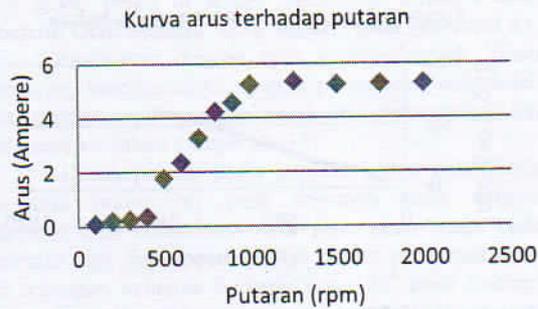
Dilakukan dengan menghubungkan lampu pada luaran generator kemudian generator diberi putaran hingga mencapai tegangan kerja yang dibutuhkan oleh lampu. Kurva hasil pengukuran tersebut diperlihatkan pada gambar 6. Data yang didapat hanya memuat rpm hingga 500. Untuk rpm lebih dari 500 tidak dilakukan mengingat pada kecepatan tersebut tegangan LED sudah pada tegangan kerjanya dan bila rpm ditambah akan mengakibatkan kerusakan pada LED.



Gambar 6. Hubungan putaran terhadap tegangan beban

C. Pengujian Hubung Singkat

Pengujian hubungan singkat dilakukan untuk memberi perlakuan pada generator terhadap kondisi arus yang berlebihan sehingga dapat diketahui kemampuan generator dalam menahan arus yang berlebihan. Pada generator pembangkit listrik tenaga angin sangat dimungkinkan terjadi kelebihan putaran sehingga menyebabkan arus naik secara drastis. Untuk mengetahui kehandalan generator pada kondisi ini dilakukan dengan cara pengukuran arus pada saat terjadi hubung singkat.



Gambar 7. Hubungan kenaikan arus terhadap putaran pada kondisi terhubung singkat.

Pengujian ini menunjukkan bahwa pada rpm 500 arus mulai naik secara perlahan hingga mencapai 5 Ampere. Pada rpm 1000 kondisi arus tidak mengalami kenaikan lagi hingga pada rpm 2000. Ini artinya apa bila terjadi hubung singkat pada putaran yang sangat tinggi maka arus telah mencapai titik jenuh sehingga bertahan pada posisi tersebut. Dalam kondisi ini suhu kumparan stator mengalami sedikit kenaikan namun berada pada kondisi normal. Selain itu pengujian ini bertujuan untuk mengantisipasi kondisi angin di Bangka pada khususnya yang bersifat fluktuatif [1],[12],[15].

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Generator yang dibangun merupakan generator aksial stator ganda yang memiliki 2x9 kumparan masing-masing memiliki lilitan 400, jumlah kutub magnet sebanyak 12 kutub. Tegangan keluaran yang dihasilkan tanpa beban sebesar 63 Volt 1000 rpm. Tegangan ini lebih besar daripada menggunakan stator tunggal.

Pada pengujian berbeban dengan LED 18 Watt dengan rpm 500. Arus maksimum hubung singkat dicapai sebesar 5 Ampere pada 1000 rpm.

B. Saran

Perlu dilakukan pengujian torsi untuk mengetahui besarnya torsi yang dibutuhkan.

Ucapan Terimakasih :

Penulis mengucapkan terimakasih pada DIKTI yang telah membiayai penelitian ini melalui kegiatan Hibah Bersaing, dan kepada tim monev yang telah memberikan arahan dan masukannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sugianto.,(2012), Dampak kenaikan harga BBM , Harian Bangka Pos,25 September 2012.
- [2] Suandi, Ahmad. , 2001, Menggali Potensi Alam Indonesia, Perdana Press, Bandung.
- [3] Rivai, Haryati., 2005, *Pemodelan Generator Magnet Permanen Menggunakan Metode Gaussian Markov Random Field*, Citra Buana, Surabaya.
- [4] Callister Jr., W. D. 1985.,*Material Science and Engineering. An Introduction*, John Wiley & Sons, Inc., Singapore.
- [5]2014, Kecepatan angin di Bangka <http://www.bangka.go.id> (on line).
- [6] Asy'ari, Hasyim.,Jatmiko., dan Aziz Ardiatmoko., 2012, *Desain Generator Listrik Magnet Permanen Kecepatan Rendah untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin atau Bayu(PLTB)*, Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2012 (SNATI 2012) 15-16 Juni 2012, Yogyakarta.
- [7] Nurhadi, Arif., Tejo Sukmadi.,Kartono.,2013 Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro, Semarang.
- [8] Jati, Dimas Waluyo, Tejo Sukmadi, dan Karnoto, (2010), *Perancangan Generator Fluks Aksial Putaran Rendah Magnet Permanenjenis Neodymium (Ndfeb) Dengan Variasi Celah Udara*, Jurusan Teknik Elektro , Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
- [9] Kristyanto, Rudyana., *Perancangan Generator DC Magnet Permanen Barium Ferit Putaran Rendah Untuk Aplikasi Listrik Tenaga Angin Menggunakan Finite Element Methode Magnetics (FEMM) Software*, digilib.its.ac.id/ITS-Undergraduate.../13788, diakses 10 April 2013
- [10] Young, DH and Roger A. Rfeedman., 1999, *Fisika Universitas Jilid 2*, Edisi kesepuluh alih bahasa Patursilaban, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [11] Kingsley, Fitzgerald.,1990, *Mesin-mesin Listrik*, Edisi keempat Alihbahasa Umans Achyanto, Penerbit Erlangga, Jakarta
- [12] Mukhtar, Omar., 2014. *Prediksi kecepatan angin di Pangkalpinang masyarakat harus waspada*. Harian Radar Bangka , Jum'at 15 Agustus 2014.
- [13] Rockis, Gary and Glen Mazur., 2001, *Basic Permanent Magnet Generator*, Second Edition American Technical Publishers. Inc., New York.
- [14] Mukhtar, Omar,2014, *Dampak Kecepatan Angin Di Pulau Bangka*, Radar Bangka Online.
- [15] <http://www.radar/bangka.go.id> [Jum'at (15/8/2014)]



LEMBAGA SAINS, TEKNOLOGI DAN SENI
(INSTITUTE OF SCIENCES
TECHNOLOGIES AND ARTS - IESTA)



UNIVERSITAS HASANUDDIN

Penguasaan Dan Penerapan Teknologi Energi
Baru & Terbarukan Dalam Menyongsong Era 35000mw

Sekretariat SNTEK II 2015
Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10, Makassar 90245
Telp./Fax: +62 411 580352
Website : <http://eng.unhas.ac.id/conferences/SNTEK-II/>
Email : ristek@unhas.ac.id



iNews^{TV}
inspiring & informative

FAJAR
Makassar

ISBN 978-602-72676-3-3



9 786027 267633