

ANALISA PROTOTIPE PEMBUATAN PLTB SKALA KECIL PADA LABORATORIUM TEKNIK LISTRIK DI POLITEKNIK NEGERI PADANG

Shindy Aliffianti Ulfiah^{1*}, Aldi Rahman², Satrio Dwi Nugroho³, Roy Bayu Negara⁴, Fanji Azhary Aarsal⁵

^{1,2,3,4,5}Politeknik Negeri Padang; Kelurahan Limau Manis, Kecamatan Pauh, Kota Padang; (0751) 72590

Received: 5 Maret 2025
Accepted: 27 Maret 2025
Published: 14 April 2025

Keywords:

Generator;
Wind Turbine;
PLTB;
Renewable Energy.

Correspondent Email:

shindyaliffiantiulfiah@pnp.ac.id

Abstrak. Saat ini Indonesia tengah menghadapi bonus demografi yaitu usia produktif lebih banyak di bandingkan usia tidak produktif. Ketika memasuki usia produktif maka seseorang akan bertambah taraf hidupnya. Beberapa penelitian menyebutkan semakin besar taraf hidup seseorang maka akan semakin besar juga kebutuhan listriknya. Kebutuhan listrik saat ini menjadi kebutuhan primer mulai dari bangun tidur sampai dengan istirahat tidur seseorang pasti banyak memakai listrik terutama di kota-kota besar. Itu sebabnya kedepan pasti akan lebih banyak pemakaian akan kebutuhan listrik. Tantangan terbesar Indonesia adalah mengembangkan dan menambah pasokan listrik yang handal dan bersih. Solusinya adalah pengembangan dan penerapan Energi Baru dan Terbarukan (EBT). Penulis mencoba membuat prototipe Pembangkit Listrik Energi Bayu (PLTB) dengan skala kecil dengan pengujian secara berbeban dan tidak berbeban. Hasil pengujian menandakan bahwa dengan kecepatan angin tetap 25m/s hasil uji secara tidak berbeban menunjukkan tegangan stabil di 12,48 Volt. Ketika diberikan beban 3W, 6W, 9W, 12W, 15W, 18W dan 21W. Nilai arus ikut berubah dengan intensitas cahaya lebih turun.

Abstract. A Currently, Indonesia is facing a demographic bonus, namely that the productive age is greater than the non-productive age. When entering a productive age, a person's standard of living will increase. Several studies have stated that the higher a person's standard of living, the greater their electricity needs will be. The need for electricity is currently a primary need; from waking up to resting, a person must use a lot of electricity, especially in big cities. If that happens in the future, there will definitely be more use of electricity needs. Indonesia's biggest challenge is to develop and increase a reliable and clean electricity supply. The solution is the development and application of New and Renewable Energy (EBT). The author tried to make a prototype of a Wind Power Plant (PLTB) on a small scale with tests with and without loads. The test results indicate that with a constant wind speed of 25 m/s, the results of the test without a load showed a stable voltage at 12.48 volts. When given a load of 3W, 6W, 9W, 12W, 15W, 18W, and 21W. The current value also changes with a lower light intensity.

1. PENDAHULUAN

Indonesia Saat ini sedang mengalami bonus demografi yaitu usia produktif lebih banyak di bandingkan usia tidak produktif. Bila jumlah orang dalam suatu populasi berubah seiring waktu, hal itu disebut pertumbuhan populasi. Pergeseran ini dapat diukur menggunakan konsep "per satuan waktu". Meskipun kata "pertumbuhan populasi" dapat diterapkan pada spesies apa pun, kata itu selalu merujuk pada manusia. Kata itu juga sering digunakan dalam percakapan sehari-hari untuk merujuk pada laju pertumbuhan populasi di dunia[1][2].

Pertumbuhan ekonomi merupakan salah satu bidang yang banyak dipengaruhi oleh jumlah penduduk. Dengan jumlah penduduk yang besar, maka harus mampu menghasilkan barang yang cukup dan menarik banyak konsumen. Agar kegiatan ekonomi dapat terus berjalan dan berkembang[1][3]. Perkembangan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) berdampak pada jumlah konsumsi listrik. PDRB secara garis besar dapat diklasifikasikan menjadi tiga sektor: sektor publik, sektor industri, dan sektor komersial (perusahaan). Bangunan dan konstruksi, perdagangan, transportasi dan komunikasi, serta produksi air bersih, gas, dan listrik semuanya dianggap sebagai bagian dari sektor komersial/bisnis. Kegiatan ekonomi seperti perbankan dan jasa, termasuk lembaga keuangan non-perbankan, termasuk dalam sektor publik. Kegiatan yang terkait dengan industri minyak dan gas serta manufaktur termasuk dalam sektor industri[4].

Konsumsi energi listrik di Indonesia masih cukup tinggi. Selain itu, hilangnya energi listrik dapat berdampak besar pada pertumbuhan negara karena merupakan masukan yang krusial. Listrik digunakan di setiap industri dibandingkan dengan sumber energi lainnya[3][5]. Meskipun penggunaan listrik merupakan faktor kunci dalam pertumbuhan ekonomi dan dipandang sebagai tolok ukur kemajuan sosial ekonomi, langkah-langkah konservasi energi tidak akan memengaruhi perluasan ekonomi. Hal yang sebaliknya berlaku ketika ada hubungan sebab akibat antara pertumbuhan ekonomi dan konsumsi listrik; ini berarti bahwa pertumbuhan ekonomi akan dipengaruhi oleh ketergantungan ekonomi pada sumber energi independent yaitu listrik[6].

Penelitian sebelumnya memanfaatkan energi listrik yang digunakan pada malam hari

dengan energi yang tersimpan dari hasil turbin angin yang bekerja sepanjang hari, alatnya dapat memanfaatkan energi angin di dataran rendah bahkan di jalan raya secara maksimal. Alatnya juga dapat memanfaatkan angin dari kendaraan yang lewat dan angin malam[7]. Kemudian penelitian sebelumnya juga membuat turbin angin [kit] untuk sebagai alat pembelajaran di SMKN 2 PGRI Palembang[8].

Penelitian terbaru juga ada yang meneliti tentang PLTB tetapi di pasang untuk penerangan gubuk sawah dengan baling-baling tipe H sangat berpengaruh efektif di pasang di persawahandan ketika di isikan ke baterai akan mampu mengisi selama 16 jam[9].

Penelitian lain juga membuat turbin angin vertikal savonius Saat kecepatan angin 3,7 m/s dan sudut bilah 45°, kincir angin berputar 964 rpm saat kondisi tanpa beban, 392 rpm saat kondisi beban, 532 rpm saat putaran generator, 13,6 V saat tegangan, dan 0,79 A saat arus listrik. Ini adalah putaran kincir angin, putaran generator, tegangan, dan arus listrik terbesar [10].

Dikarenakan pentingnya kebutuhan listrik terhadap lingkungan dan ekonomi Indonesia, maka penulis meneliti prototipe Pembangkit Tenaga Listrik Energi Bayu (PLTB) dalam skala kecil guna meningkatkan penerapan pemakaian generator listrik pada sektor energi baru dan terbarukan khususnya energi angin di Indonesia.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Fluks magnet yang berubah terhadap waktu memotong kumparan generator, menghasilkan medan elektromagnetik yang diinduksi. Amplitudo g_l bergantung pada laju perubahan fluks per satuan waktu, yang dapat disesuaikan dengan memvariasikan putaran rotor[11]. Kumparan generator menghasilkan medan elektromagnetik (g_l) terinduksi saat dipotong oleh fluks magnet yang berubah terhadap waktu. Amplitudo gerakan listrik ditentukan oleh laju perubahan fluks per satuan waktu, yang dapat diubah dengan mengubah putaran rotor[12].

Generator merupakan alat mengubah atau mengkonversi energi mekanik atau gerak menjadi energi listrik. Prinsip kerja generator ini mengambil prinsip hukum faraday yaitu bila

besarnya gaya gerak listrik (ggl), atau tegangan, yang diinduksi (dihasilkan) dalam sebuah konduktor karena induksi elektromagnetik (perubahan medan magnet). Maka gaya listrik induksi di sebuah rangkaian penghantar sebanding dengan laju perubahan hubungan fluks magnet (Φ).

$$e = \frac{d\Phi}{dt} \tag{1}$$

Ketika dililitkan menjadi kumparan maka menjadi :

$$e = N \frac{d\Phi}{dt} \tag{2}$$

Dimana :

- e = Gaya gerak listrik
- N = Jumlah lilitan
- Φ = Fluks magnetik
- t = Satuan waktu

Frekuensi yang di hasilkan akan sebanding dengan banyaknya putaran mekanik dan jumlah kutub :

$$f = \frac{P}{2} \cdot \frac{n}{60} = \frac{P \cdot n}{120} \tag{3}$$

dimana :

- f = Frekuensi (Hz)
- n = Putaran rotor (rpm)
- P = kutub generator

Keluaran daya generator yang mampu disuplai yang akan terhubung dengan beban dapat dihitung menggunakan rumus :

$$P = V \times I \tag{4}$$

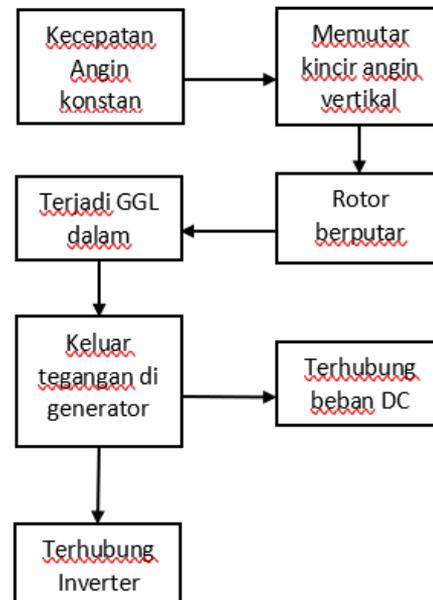
Dimana :

- P = Daya sesaat (W)
- V = Tegangan (V)
- I = Arus (I)

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan alur skema dari prinsip pembangkit energi angin skala kecil. Berikut merupakan skema prinsip kerja

generator sampai dengan terhubung beban dari penelitian ini.



Gambar 1 Skema alur prinsip kerja generator menghasilkan listrik

Prinsip kerja dari generator yang akan di uji beban dimulai dari kecepatan angin yang konstan sekitar 25 m/s kemudian memutar kincir angin dengan tipe vertikal. Kemudian ketika kincir angin berputar maka rotor di dalam turbin generator akan berputar juga mengikuti kecepatan kincir angin. Setelah itu terjadi gaya gerak listrik (GGL) pada rotor maka akan keluar tegangan di generator kemudian keluaran generator di uji dalam dengan beban DC.

Penelitian ini membuat prototipe turbin angin dengan motor AC servo sebagai generator spesifikasi sebagai berikut:

- P = 0.75 KW
- Vn = 220 V
- Tn = 2,37 N.m
- Nn = 3000 rpm
- In = 4 A

Untuk alur penelitian pembuatan prototipe PLTB skala kecil ini dimulai dari persiapan sampai dengan pengujian.

Dengan bahan komponen yang dipakai sebagai berikut:

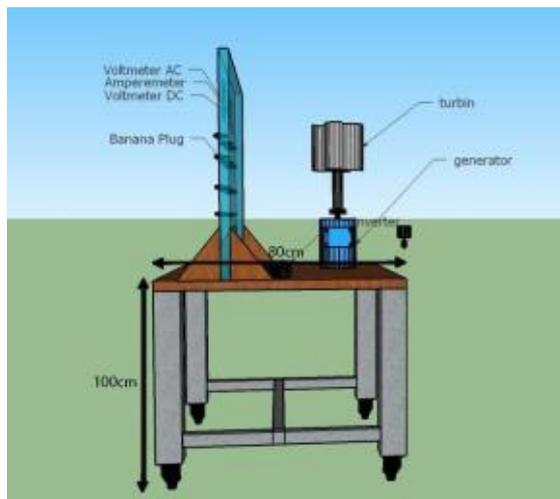
1. Generator sinkron 0.75 KW 1 pcs
2. Penyearah 1 pcs
3. Pipa PVC 1 set
4. Banana plug 1 set

Dengan peraalatan yang dipakai sebagai berikut:

1. Anemometer 1 pcs
2. DC Ampere meter 1 pcs
3. DC Voltmeter 1 pcs
4. Tachometer 1pcs
5. Obeng 1 set
6. Bor tangan 1 pcs

Generator sinkron digunakan sebagai turbin yang akan menghasilkan sumber tegangan. Penyearah dipakai untuk mensearahkan keluaran tegangan AC generator menjadi tegangan DC yang akan digunakan untuk pengujian beban. Pipa PVC digunakan untuk membentuk sudu sudu turbin yang nantinya menjadi kincir angin vertikal yang akan dipakai untuk menggerakkan rotor turbin atau generator. Banana plug digunakan untuk terminasi kabel dan menjadi soket-soket kabel.

Peralatan yang yang dipakai adalah peralatan penunjang dalam pembuatan prototipe turbin. Anemometer dipakai untuk mengukur kecepatan angin ketika pengujian tanpa bebena dan bebena, sebelum itu juga dilakukan uji pemutaran kincir angin. Multimeter digunakan untuk mengukur arus dan tegangan pada keluaran generator ketika pengujian. Tachometer digunakan untuk mengukur kecepatan putaran rotor berputar. Obeng digunakan untuk pemasangan dan pengaturan pembuatan prototipe turbin. Berikut merupakan gambar visual desain yang akan di buat.



Gambar 2 Desain visual gambar yang akan dibuat



Gambar 3 Alur pembuatan prototipe PLTB skala kecil

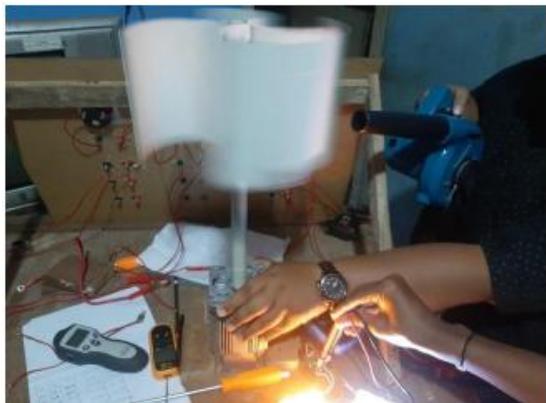
Penelitian ini dimulai dari studi literatur dimulai dari studi latarbelakang pentingnya penelitian ini dan studi literatur tentang penelitian-penelitian sebelumnya. Kemudian mempersiapkan alat dan bahan untuk penunjang dalam pembuatan dan pemasangan. Setelah itu diperiksa secara fungsi apakah sudah berfungsi sesuai dengan kerjanya. Jika tidak berfungsi maka akan dilakukan perbaikan dan jika sudah sesuai maka akan di uji tanpa pembebanan hal ini bertujuan guna mengukur tegangan generator apakah ada atau tidak ada. Setelah semua sudah sesuai maka akan

langsung di uji dalam keadaan berbeban dengan beban secara berurutan 3 W; 6 W; 9 W; 12 W; 15 W; 18 W; 21 W. Selanjutnya akan di Analisa dari kecepatan konstan dan akan di lihat arus yang mengalir di rangkaian

4. HASIL DAN DISKUSI

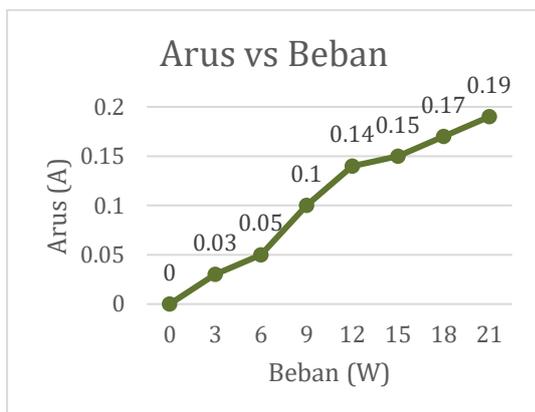
4.1 Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini melakukan perakitan dan pemasangan komponen-komponen menjadi bentuk turbin dengan kincir angin vertikal. Berikut merupakan hasil dari pembuatan perakitan turbin angin di Laboratorium Teknik Listrik:



Gambar 4 Pengujian turbin angin

Ketika diujikan oleh angin buatan kincir angin dapat berputar pada poros rotornya dan menghasilkan tegangan keluaran. Kemudian diujikan dalam berbeban.

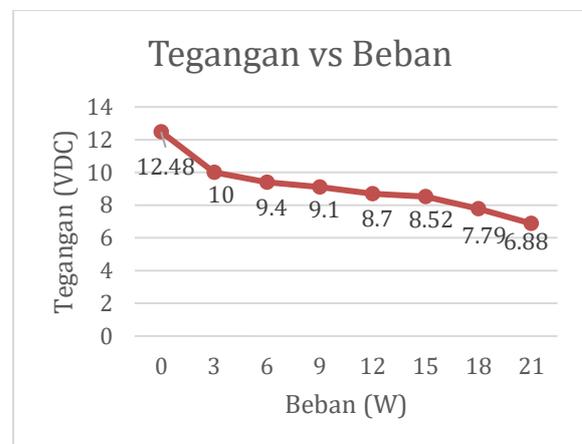


Gambar 5 Grafik perbandingan arus dengan beban

Ketika melakukan penelitian ini, pengujian keadaan tidak berbeban dengan kecepatan konstan angin mencapai di 25,2 m/s dengan pengukuran menggunakan taco meter pada

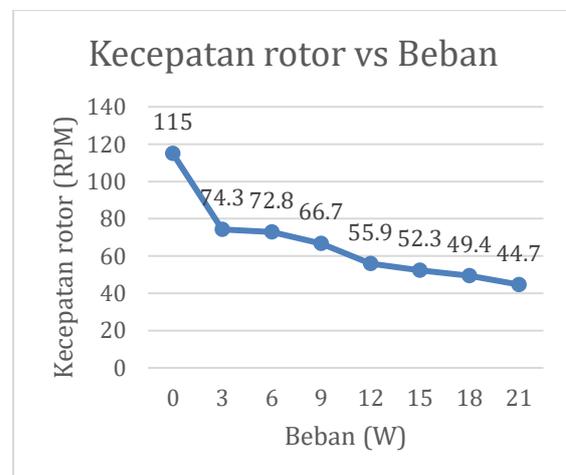
shaft rotor generator. Kemudian di uji berbeban dalam skala kecil penggunaan bebannya dari 3W sampai dengan 21W. Berikut merupakan hasil pengujiannya hubungan beban dan arus.

Dilihat dari gambar 3 Grafik arus dengan beban ketika di uji semakin beban dinaikan ke hasilnya arus semakin besar. Tetapi tidak sebanding dengan persamaan 4. Oleh karena itu di butuhkan hasil-hasil pengukuran lain. Dalam pengujian berbeban nilai arus yang sama dengan persamaan (4) hanya ada di 3W sementara pengujian lain tidak bisa memenuhi beban ketika di hubungkan.



Gambar 6 Grafik Tegangan keluaran dengan Beban

Dilihat dari gambar 3 dan gambar 4 Grafik arus dan tegangan terhadap beban ketika di uji berbeban hasilnya arus dan tegangan tidak linear seperti persamaan (4). Arusnya & tegangannya lebih kecil dibandingkan hasil rumusnya. Kemudian diukur dengan tacometer pengaruh kecepatan rotor dan beban dapat di lihat sebagai berikut.



Dilihat dari gambar 5 Grafik kecepatan rotor dan Beban ketika di uji berbeban hasilnya kecepatan pada rotor cenderung lebih turun drastis dibandingkan tidak berbeban. Semakin di bebaskan semakin tinggi maka akan berpengaruh ke putaran pada rotor akibatnya arus dan tegangan yang di hasilkan dari generator tidak cukup untuk mensuplai beban yang ada.

Hasil dari semua pengukuran menunjukkan bahwa hanya lampu dengan beban 3W yang bisa menyala dengan terang hal ini disebabkan generator tidak bekerja maksimal karena kecepatan angin yang konstan tidak terlalu cepat sehingga arus dan tegangan pada rangkaian ketika dibebaskan kekurangan suplai arus.

Dalam penelitian ini masih ada beberapa kekurangan terutama dari variasi kecepatan angin dan diujikan terhadap generator yang sama serta kurangnya analisa tentang hukum-hukum fisika yang berhubungan dengan fluks dan medan magnet putar. Kedepannya di harapkan banyak yang melakukan penelitian di bidang energi terbarukan khususnya energi yang bersumber dari angin.

5. KESIMPULAN

- a. Arus, Tegangan sangat mempengaruhi ke intensitas cahaya yang di keluarkan dari beban lampu.
- b. Ketika dalam keadaan tanpa beban keluaran generator stabil di 12 V, beban mempengaruhi kualitas dari nilai tegangan keluarannya.
- c. Semakin besar bebannya maka putaran di rotor akan semakin berat hal ini akan mengakibatkan arus dan tegangan menjadi tidak teratur atau lebih cenderung turun.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Satrio Dwi Nugroho, S.T., M.T. dan Aldi Rahman, S.ST., M.T dan pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Wulandari, E. Zuriyani, and N. Afriansih, "Analisis Pengaruh Pertumbuhan Penduduk Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Wilayah."
- [2] A. Zulfa, D. Fakultas, and E. Dan, "Pengaruh Pertumbuhan Penduduk dan Pertumbuhan Ekonomi terhadap Tingkat Pengangguran di Kota Lhokseumawe".
- [3] Rianti Patriamurti, H. Sasana, and J. A. Prakoso, "ANALISIS PERTUMBUHAN EKONOMI, PERTUMBUHAN INDUSTRI, PERTUMBUHAN PENDUDUK, PENGELUARAN KONSUMSI, DAN INVESTASI ASING TERHADAP KONSUMSI LISTRIK DI INDONESIA TAHUN 1971-2019," *Dir. J. Econ.*, vol. 3, no. 4, pp. 852–871, 2021.
- [4] J. Sosial *et al.*, "ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN DEMOGRAFI TERHADAP PERTUMBUHAN EKONOMI DI INDONESIA," *Juni*, vol. 7, no. 1, p. 538, doi: 10.47647/jsh.v7i1.2404.
- [5] S. Suryanto, E. Gravitiani, D. Diswandi, and A. Arintoko, "The Impact of Electricity Consumption to Human Development Index in Asian Countries: Analysis Panel Vector Error Correction Model," *Int. J. Energy Econ. Policy*, vol. 13, no. 2, pp. 240–246, Mar. 2023, doi: 10.32479/ijeep.13947.
- [6] Ulkya Maisarah, Puti Andiny, and Safuridar Safuridar, "Pengaruh Tingkat Penggunaan Energi Listrik terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Indonesia," *J. Ekon. dan Pembang. Indones.*, vol. 2, no. 4, pp. 59–68, Oct. 2024, doi: 10.61132/jepi.v2i4.943.
- [7] M. Aditya Setiawan Aziz, P. Energi Angin Sebagai Sumber Energi Penerangan Jalan, J. D. Teknik Mesin, and J. Teknik Mesin, "PEMANFAATAN ENERGI ANGIN SEBAGAI SUMBER ENERGI PENERANGAN JALAN Hendri Sukma 2) 2)," 2020. [Online]. Available: <http://ejournal.unismabekasi.ac.id>
- [8] A. Zamheri, F. Arifin, R. D. Kusumanto, Y. Bow, and I. Astanto, "PENERAPAN TEKNOLOGI ANGIN (TEACHING KIT) TURBIN HORIZONTAL DI SMK 2 PGRI PALEMBANG."
- [9] Y. Mahendra, Y. Subarwanti, and W. A. Rikarda, "RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU UNTUK PENERANGAN GUBUK DI SAWAH," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 3, Aug. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4919.
- [10] H. Kusnadi, M. R. Ramdhan, and O. Supriadi, "Pembuatan Turbin Angin Vertikal Savonius Skala Rumah Tangga," *Epic J. Electr. Power Instrum. Control*, vol. 4, no. 1, p. 90, 2021, doi: 10.32493/epic.v4i1.11387.
- [11] M. K. A. Rosa, J. Jonrinaldi, and H. F. Sianipar, "Rancang Bangun Generator Fluks

Aksial Magnet Permanen Satu Fasa 12 Kutub Dengan Stator Ganda,” *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 11, no. 3s1, pp. 869–876, 2023, doi: 10.23960/jitet.v11i3s1.3377.

- [12] A. Kiswantono, “Pengembangan Sistem Energi Terbarukan: Pendekatan Multigenerator Dan Simulasi Etap,” *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 2, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i2.4147.