

KAJI EKSPERIMENTAL VARIASI DIAMETER TURBIN ANGIN PROPLER TERHADAP PERFORMA TURBIN ANGIN *HYBRID*

Fadel Firanda¹, Iwan Kurniawan²

Laboratorium Perawatan, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau

¹fadelfiranda10@gmail.com, ²iwan.ktm@gmail.com

ABSTRACT

In this research carried out innovation in wind turbine that generate power using wind energy. Where two different wind turbines are combined into a hybrid wind turbine. There are conventional wind turbine (propeller) and wind ball energy (venturi). Both types of wind turbines are still in the same axis of the shaft. This research is done with the intention that this hybrid wind turbine can work well at low wind speeds. This study was conducted to determine the addition of wind turbine propeller performance after the merger with wind ball energy. The hybrid wind turbine performance is measured on each diameter variation of propeller wind turbine's blade. So we get the right ratio between the diameter of the propeller wind turbine and wind ball energy in this hybrid. In this study using three variations of wind turbine propeller diameter, there are 160 cm, 200 cm and 240 cm with 3 pieces of blade on each variation. Propeller's blade profile using NREL S833. Wind ball energy were later added in front of propeller turbine. Number of wind ball energy's blade is 5 pieces with a diameter of 0.5 meters. From the test results known that with the addition of a wind ball energy on a propeller wind turbine with smallest diameter has the greatest percentage increase in performance among the three variations of wind turbine propeller diameter.

Key word: wind ball energy, wind turbine, hybrid

1. Pendahuluan

Pemanfaatan angin di Indonesia untuk saat ini masih tergolong rendah. Salah satu penyebabnya adalah karena kecepatan angin rata-rata di wilayah Indonesia tergolong kecepatan angin rendah, yaitu berkisar antara 3 m/s hingga 5 m/s. Sehingga sulit untuk menghasilkan energi listrik dalam skala besar menggunakan turbin angin. Meskipun demikian, potensi angin di Indonesia tersedia hampir sepanjang tahun, sehingga memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi pembangkit listrik dengan skala kecil. Inovasi dalam memodifikasi turbin angin perlu dikembangkan agar turbin angin tetap dapat menghasilkan listrik walaupun dengan kecepatan angin yang rendah [1].

Turbin angin memiliki 2 jenis berdasarkan sumbu rotasinya yaitu turbin angin sumbu horizontal dan sumbu vertikal. Turbin angin sumbu horizontal merupakan turbin angin yang sumbu rotasinya sejajar dengan permukaan tanah. Sedangkan turbin angin sumbu vertikal merupakan turbin angin yang sumbu rotasinya tegak lurus terhadap permukaan tanah. Jika dibandingkan efisiensi turbin, turbin angin sumbu horizontal lebih efektif dalam mengekstrak energi angin dibandingkan turbin angin sumbu vertikal [2].

Pada penelitian ini menggunakan dua turbin angin berbeda yaitu turbin angin propeler dan turbin angin venturi. Turbin angin propeler mampu menghasilkan torsi yang besar pada kecepatan putaran rendah, sedangkan turbin angin venturi dapat berputar walaupun aliran anginnya turbulen ataupun pada kecepatan angin yang rendah. Kedua turbin ini merupakan turbin dengan sumbu

horizontal (memiliki sumbu rotasi yang sejajar dengan permukaan tanah) [3].

Ada beberapa parameter yang dapat mempengaruhi performa dari turbin angin itu sendiri diantaranya adalah cuaca, tinggi tiang, generator yang digunakan dan diameter dari turbin angin tersebut. Jika diameter dari turbin angin semakin besar maka *swept area* (daerah sapuan turbin angin) akan semakin luas, sehingga potensi energi angin yang dapat diekstrak juga semakin besar [4].

Pada penelitian sebelumnya sudah pernah ada yang melakukan penggabungan dua jenis turbin angin. Penelitian tersebut dilakukan oleh Gupta (2008) [5]. Pada penelitiannya dilakukan penggabungan turbin angin savonius dan turbin angin darrieus yang mana kedua turbin angin tersebut adalah turbin angin bersumbu vertikal. Sedangkan pada penelitian ini juga dilakukan penggabungan dua jenis turbin angin. Akan tetapi turbin angin yang akan digabungkan pada penelitian ini menggunakan turbin angin sumbu horizontal yaitu turbin angin propeler dan turbin angin venturi.

Pada turbin *hybrid* ini akan dilakukan pengujian eksperimental dengan memvariasikan diameter *blade* turbin propeler yaitu diameter 1,6 meter, 2 meter dan 2,4 meter. Setiap variasi panjang *blade* turbin propeler menggunakan profil *blade* jenis NREL S833 dimana jenis profil *blade* ini didesain dan digunakan untuk turbin angin berdiameter 1 meter sampai dengan 3 meter [6].

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui rasio perbandingan diameter turbin angin propeler yang ideal ketika diameter dari turbin angin venturi ditetapkan 0,5 meter. Sehingga dapat diketahui performa dari setiap variasi diameter *blade* turbin

propeler tersebut, kemudian didapatkan ukuran diameter *blade* yang ideal untuk menghasilkan tenaga maksimal dari turbin angin yang nantinya akan didistribusikan ke generator pembangkit listrik. Selain itu, pengujian ini dimaksudkan untuk melihat peningkatan performa turbin propeler setelah digabungkan dengan turbin venturi.

Berdasarkan uraian diatas, dirumuskan pokok permasalahan dari penelitian ini yaitu apakah setiap variasi diameter turbin angin propeler berpengaruh terhadap performa turbin angin hybrid. Sehingga dilakukanlah penelitian ini dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh dari variasi diameter blade turbin angin propeler terhadap performa turbin angin *hybrid*.

2. Metode

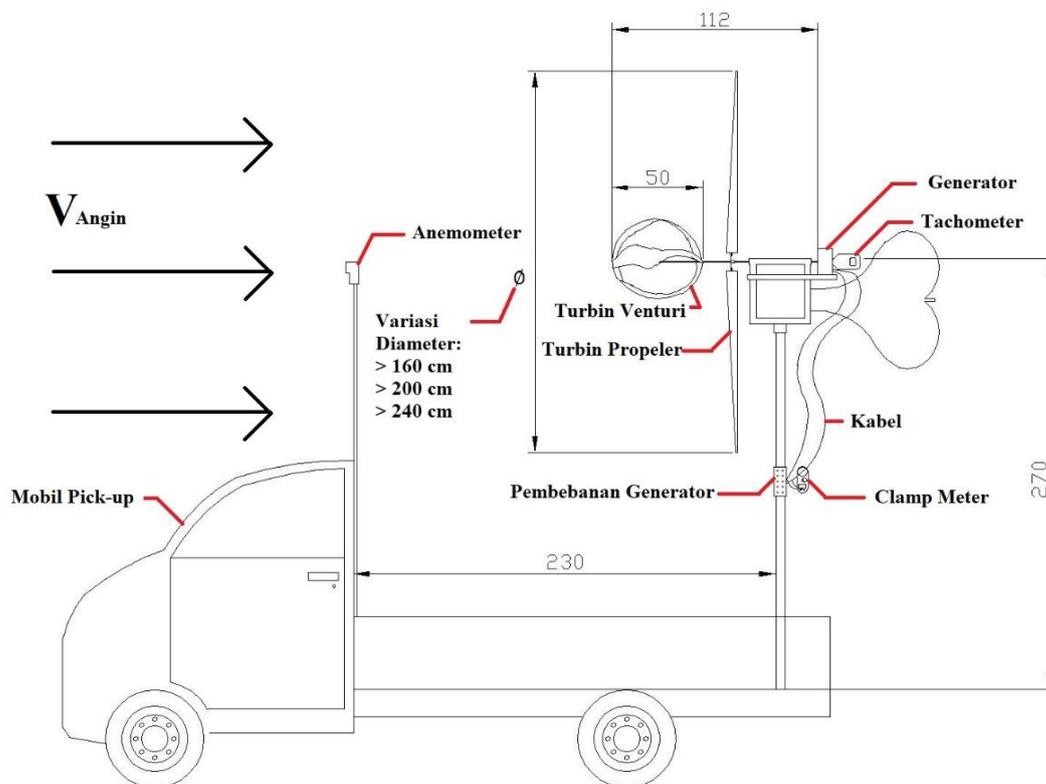
Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan diameter turbin propeler dan kecepatan angin sebagai parameter untuk meningkatkan daya turbin angin dan kecepatan putaran rotor turbin angin.

2.1 Skema pengujian

Pengujian turbin angin *hybrid* ini dilakukan dengan menggunakan sebuah mobil *pick-up*. Turbin angin *hybrid* ditempatkan di atas bak mobil *pick-up*. Mobil dijalankan dengan kecepatan tertentu untuk

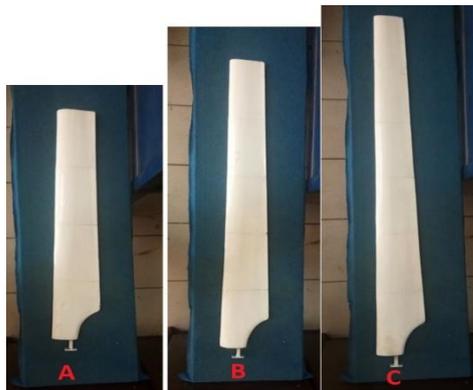
mendapatkan variasi kecepatan angin yang diinginkan. Pada bagian atas kabin mobil dipasang *anemometer* sejajar dengan poros turbin angin. Sketsa pengujian turbin angin *hybrid* dapat dilihat pada Gambar 1.

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa ketika mobil *pick-up* dijalankan, maka akan terjadi aliran angin melewati turbin angin yang berada diatas mobil *pick-up*. Energi dari aliran angin tersebut akan menggerakkan *blade* turbin yang tersambung dengan poros dan memutar generator di belakangnya. Kecepatan putaran poros generator dapat diukur dengan menggunakan *tachometer*. Generator yang berputar akan menghasilkan energi listrik. Energi listrik tersebut dialirkan ke pembebanan (lampu pijar). Kuat arus dan tegangan listrik yang dihasilkan oleh generator diukur dengan menggunakan *clampmeter*. Pengujian dilakukan pada setiap variasi kecepatan angin yaitu 2.5 m/s sampai dengan 5 m/s. dengan penambahan 0.5 m/s setiap pengujian. Untuk mengetahui kecepatan aliran angin, digunakan alat *anemometer* yang dapat mengukur kecepatan aliran angin secara *real-time*. Ketika kecepatan angin yang diinginkan tercapai, kecepatan mobil distabilkan dan disaat yang bersamaan kuat arus, tegangan listrik serta kecepatan putaran poros generator diukur dan dilakukan pencatatan data pengujian.



Gambar 1 Sketsa Pengujian

Pengujian dilakukan pada setiap variasi diameter turbin propeler. Variasi panjang blade turbin propeler dapat dilihat pada Gambar 2.

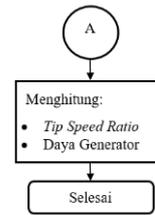
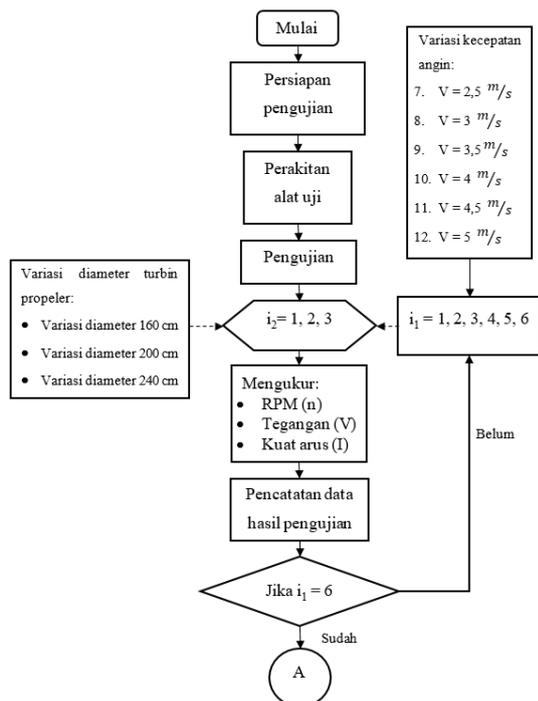


Gambar 2 Blade Turbin Angin Propeler (A) Panjang 80 cm, (B) Panjang 100 cm (C) Panjang 120 cm

Setelah dilakukan pengujian turbin angin propeler, kemudian dilakukan penambahan turbin angin venturi didepan turbin angin propeler. Turbin angin *hybrid* diuji pada setiap variasi diameter turbin angin propeler dengan rentang kecepatan angin 2.5 sampai dengan 5 m/s dengan penambahan 0.5 m/s setiap pengujian. Sehingga dapat diketahui penambahan daya turbin angin propeler setelah dilakukan penggabungan dengan turbin venturi pada setiap variasi diameternya.

2.2 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini menggunakan diagram alir sebagai acuan dalam pelaksanaan penelitian. Diagram alir yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Diagram Alir Penelitian

2.3 Performa turbin angin

Dari hasil pengujian didapatkan data pengujian yang kemudian dilakukan pengolahan data untuk mengetahui performa dari turbin angin tersebut. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

1) Kecepatan Sudut

Kecepatan sudut dari *blade* turbin angin dapat diketahui dengan menggunakan persamaan [2]:

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60}$$

Dimana:

ω = Kecepatan sudut (Rad/s)

n = Kecepatan putaran rotor (Rpm)

2) Tip Speed Ratio

Tip speed ratio adalah perbandingan kecepatan ujung rotor terhadap kecepatan angin nominal tertentu, *tip speed ratio* akan berpengaruh pada kecepatan rotor. Turbin angin tipe *lift* akan memiliki *tip speed ratio* yang relatif lebih besar dibandingkan dengan turbin angin *drag*. *Tip speed ratio* dihitung dengan persamaan [2]:

$$\lambda = \frac{\omega \cdot r}{v}$$

Dimana:

λ = *Tip speed ratio*

r = Jari-jari rotor (m)

v = Kecepatan angin (m/s)

3) Daya Generator

Daya yang dihasilkan oleh generator dapat dihitung dengan menggunakan persamaan [7]:

$$P = v \cdot I \cdot \cos \phi$$

Dimana:

P = Daya Generator (watt)

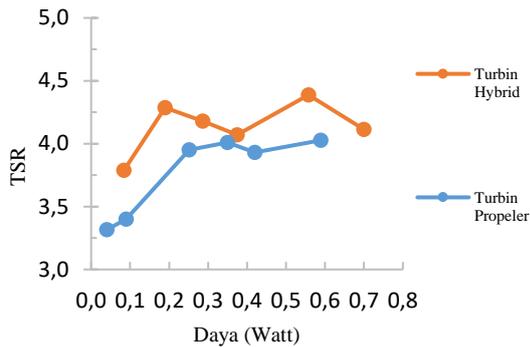
v = Tegangan (volt)

I = Arus (Ampere)

$\cos \phi$ = Faktor Daya

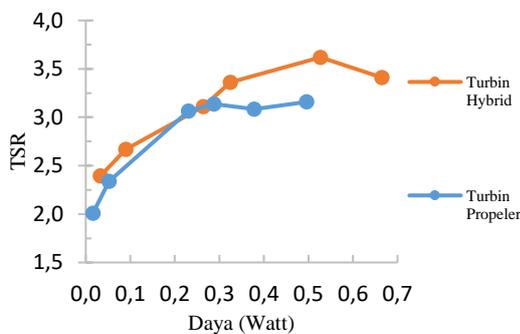
3. Hasil dan Pembahasan

Setelah dilakukan pengujian disetiap variasi kecepatan angin, diketahui *TSR blade* turbin angin dan daya yang dihasilkan oleh turbin angin pada setiap variasi diameter turbin propeler. Dari data tersebut dapat dibuat grafik perbandingan *TSR* dengan daya yang dihasilkan generator turbin angin di setiap variasi kecepatan angin pada setiap variasi diameter turbin propeler.



Gambar 4 Grafik Perbandingan TSR Vs Daya yang Dihasilkan Generator Turbin Angin dengan Diameter Turbin Propeler 240 cm

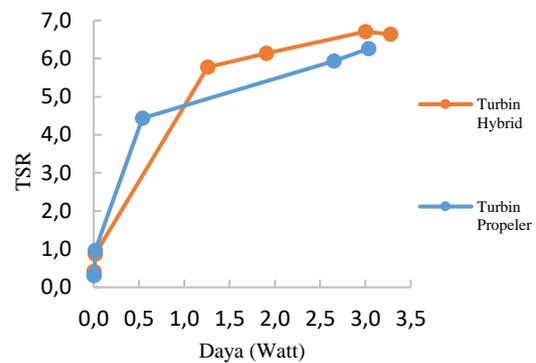
Dari Gambar 4 dapat dilihat hasil pengujian turbin propeler diameter 240 cm tanpa pengujian turbin venturi di kecepatan angin 2,5 m/s berputar pada kecepatan 66 rpm dan menghasilkan daya sebesar 0,04 watt. Di kecepatan angin 5 m/s, turbin angin ini berputar pada kecepatan 160,3 rpm dan menghasilkan daya sebesar 0,589 watt. Setelah dilakukan penggabungan dengan turbin venturi menjadi turbin angin *hybrid* dan diuji pada kecepatan angin 2,5 m/s, turbin angin *hybrid* memiliki peningkatan kecepatan putaran poros menjadi 75,4 dan menghasilkan daya sebesar 0,084 watt. Pada kecepatan angin 5 m/s, turbin angin *hybrid* memiliki kecepatan putaran poros sebesar 163,8 rpm dan menghasilkan daya 0,7 watt.



Gambar 5 Grafik Perbandingan TSR Vs Daya yang Dihasilkan Generator Turbin Angin dengan Diameter Turbin Propeler 200 cm

Pada Gambar 5 dapat dilihat hasil pengujian turbin angin propeler berdiameter 200 cm tanpa turbin venturi di kecepatan angin 2,5 m/s, turbin angin ini memiliki kecepatan putaran poros sebesar 48 rpm dan menghasilkan daya sebesar 0,016 watt. Pada kecepatan angin 5 m/s, turbin angin ini memiliki kecepatan putaran poros sebesar 150,9 rpm dan menghasilkan daya sebesar 0,496 watt. Setelah digabungkan dengan turbin venturi menjadi turbin angin *hybrid*, turbin angin propeler berdiameter 200 cm memiliki kenaikan performa. Kecepatan putaran

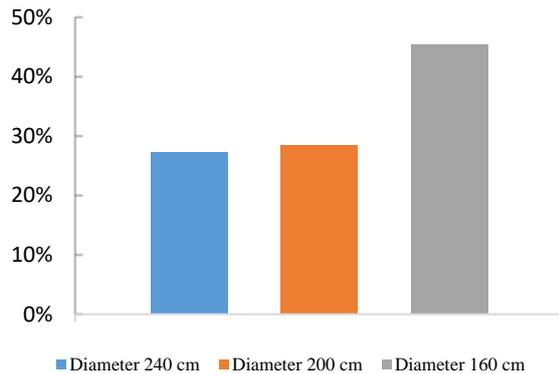
poros meningkat menjadi 57,2 rpm dan menghasilkan daya sebesar 0,033 watt pada kecepatan angin 2,5 m/s. pada kecepatan angin 5 m/s, turbin angin hybrid berdiameter 200 cm ini memiliki kecepatan putaran poros sebesar 163 rpm dan menghasilkan daya sebesar 0,665 watt. Dari hasil pengujian tersebut diketahui bahwa, turbin angin propeler berdiameter 200 cm memiliki performa yang lebih rendah dibandingkan dengan turbin angin propeler diameter 240 cm.



Gambar 6 Grafik Perbandingan TSR Vs Daya yang Dihasilkan Generator Turbin Angin dengan Diameter Turbin Propeler 160 cm

Pada Gambar 6 diketahui bahwa, turbin angin propeler dan turbin angin *hybrid* berdiameter 160 cm memiliki peningkatan nilai TSR yang konstan disetiap variasi kecepatan angin. Hal ini menandakan bahwa turbin angin berdiameter 160 cm memiliki putaran yang stabil di setiap kenaikan kecepatan angin. Dari hasil pengujian di kecepatan angin 2,5 m/s, turbin angin propeler berdiameter 160 cm menghasilkan kecepatan putaran poros yang sangat rendah yaitu 10 rpm dan menghasilkan daya sebesar 0,003 watt. Dengan melakukan penambahan turbin angin venturi menjadi turbin angin *hybrid*, turbin angin ini memiliki kenaikan kecepatan putaran poros menjadi 12,5 rpm dan menghasilkan daya sebesar 0,0032 watt. Setelah kecepatan angin dinaikan, turbin angin diameter 160 cm mengalami kenaikan performa secara drastis. Pada kecepatan angin 5 m/s, turbin angin propeler berputar pada kecepatan 373,7 rpm dan menghasilkan daya sebesar 3,034 watt. Sedangkan turbin angin *hybrid* di kecepatan angin 5 m/s mampu berputar di kecepatan 396,5 rpm dan menghasilkan daya sebesar 3,276 watt.

Dari data hasil pengujian dapat diketahui rata-rata persentase kenaikan performa setiap variasi diameter turbin propeler jika digabungkan dengan turbin angin venturi. Perbandingan persentase kenaikan performa setiap variasi diameter turbin propeler tersebut dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Grafik Persentase Penambahan Daya Turbin Angin Hybrid

Dari gambar 7 dapat diketahui bahwa, turbin angin propeler dengan diameter 160 cm memiliki peningkatan performa rata-rata sebesar 45,39% jika digabungkan dengan turbin angin venturi menjadi turbin angin *hybrid*. Dari hasil tersebut maka dapat disimpulkan bahwa rasio diameter turbin propeler yang paling ideal untuk turbin venturi berdiameter 50 cm dari ketiga variasi diameter turbin angin propeler adalah 160 cm.

4. Simpulan

Dari hasil pengujian dan pengolahan data, didapatkan kesimpulan dari hasil penelitian ini bahwa turbin angin propeler diameter 160 cm memiliki performa yang paling bagus diantara ketiga variasi diameter turbin pada kecepatan angin 3,5-5 m/s. Jika setiap variasi diameter turbin angin propeler digabungkan dengan turbin angin venturi, turbin angin propeler diameter 160 cm juga memiliki persentase kenaikan performa paling tinggi sedangkan turbin angin diameter 240 cm memiliki persentase kenaikan performa paling rendah. Maka, semakin rendah nilai rasio diameter turbin propeler dan turbin venturi, semakin tinggi nilai kenaikan performa turbin angin *hybrid* tersebut.

Daftar Pustaka

- [1] Nakhoda, Y. I., & Saleh, C. (2015). Rancang Bangun Kincir Angin Pembangkit Tenaga Listrik Sumbu Vertikal Savonius Portabel Menggunakan Generator Magnet Permanen. *Jurnal Inovatif*, 5, 19–24.
- [2] Mathew, S. (2007). *Wind energy: Fundamentals, resource analysis and economics*. In *Wind Energy: Fundamentals, Resource Analysis and Economics*. <https://doi.org/10.1007/3-540-30906-3>
- [3] Paulides, J. J. H., Encica, L., Jansen, J. W., Lomonova, E. A., & Van Wijck, D. (2009). *Small-scale urban venturi wind turbine: Direct-drive generator*. 2009 IEEE

International Electric Machines and Drives Conference, IEMDC '09, (May 2014), 1368–1373.

- [4] Salih, Salih Mohammed. 2012. *Performance Analysis of Wind Turbine Systems Under Different Parameters Effect*. Iraq: *International Journal of Energy and Environment*, Volume 3, No. 6 <https://doi.org/10.1109/IEMDC.2009.5075381>
- [5] Gupta, R., Biswas, A., & Sharma, K. K. (2008). *Comparative study of a three-bucket Savonius rotor with a combined three-bucket Savonius-three-bladed Darrieus rotor*. *Renewable Energy*, 33(9), 1974–1981. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2007.12.008>
- [6] Buhl, M. 2012. *Wind Turbine Airfoil*. *National Renewable Energy Laboratory*. <https://wind.nrel.gov/airfoils/>
- [7] Tambunan, J. M., Harmonik, D., & Daya, P. (2015). Analisis pengaruh jenis beban listrik terhadap kinerja pemutus daya listrik di gedung cyber jakarta. *Jurnal Energi & Kelistrikan*, 7(2), 108–117.