

NOZEL

Jurnal Pendidikan Teknik Mesin

Jurnal Homepage: <https://jurnal.uns.ac.id/nozel>



PENGARUH VARIASI SUDUT WINGLET DAN SUDUT *PITCH* TERHADAP *CUT IN SPEED* PADA TURBIN ANGIN POROS HORIZONTAL

Dzakwan Murtadlo Mukti⁽¹⁾, Dinar Susilo Wijayanto⁽²⁾, Taufik Wisnu Saputra⁽³⁾

Jurusan Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Keguruan Ilmu dan Pendidikan, Universitas Sebelas Maret

Kampus V UNS, Kartasura, Sukoharjo

Email : mukti.dzakwan@student.uns.ac.id

Abstract

Horizontal axis wind turbine is to convert mechanical energy in the wind and next change to electrical energy from generator. In this study done using Horizontal axis wind turbine type NACA 4412 for determine winglet angle variation on the end of blade and used, with winglet angle variation 15⁰, 30⁰, 45⁰, 60⁰ with the addition of pitch angle 10⁰, 12⁰, 14⁰, 16⁰, 18⁰ and five blade. The purpose of this study is to find out how much influence the variation in winglet angle and pitch angle on the cut in speed produced by horizontal wind turbines. The method used in this study is to use the experimental method. samples used in this study using the NACA 4412 Horizontal wind turbine. The best cut in speed obtained in this study was obtained by the variation in winglet angle 15, where the cut in speed values obtained against the variation in pitch angle were 10⁰ (0.91 m/s), 12⁰ (0.77 m/s), 14⁰ (0.77 m/s), 16⁰ (0.71 m/s), and 18⁰ (0.73 m/s) and and pitch angle variation 18, where the cut in speed values obtained against winglet angle variations are 60⁰ (0.82 m/s), 45⁰ (0.84 m/s), 30⁰ (0.8 m/s), and 15⁰ (0.73 m/s).

Keyword : horizontal axis wind turbine, winglet angle, power, cut in speed

A. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik yang ada di Indonesia semakin meningkat seiring dengan pertambahan waktu dan penduduk yang ada di Indonesia yang mencapai 1,25% pada tahun 2020, menurut Badan Pusat Statistik (BPPT Indonesia, 2021). Perlunya pertambahan energi alternatif

terbarukan pengganti energi fosil seperti sumber energi minyak bumi, gas bumi, batu bara, dan sumber energi fosil lainnya.(Kholiq, 2015). Pada tahun 2019 saja konsumsi bahan bakar nasional mencapai 989,9 juta SBM (setara barel minyak) dengan presentasi jumlah bahan bakar yang digunakan 90,7% adalah bahan bakar

fosil berupa batu bara, minyak bumi, dan gas bumi (BPPT Indonesia, 2021).

Potensi energi angin di Indonesia merupakan salah satu dari energi alternatif terbarukan yang lebih ramah lingkungan dan tidak akan pernah habis. Potensi energi angin di Indonesia masih belum terealisasi secara maksimal, baik di daerah pegunungan, laut maupun daerah terpencil untuk memenuhi kebutuhan listrik nasional. Potensi energi angin di Indonesia sangatlah besar dimana perkiraan energi yang dapat dihasilkan dari energi angin sendiri mencapai 60,6 GW yang terbagi di seluruh Indonesia (Adistia et al., 2020).

Hal ini disebabkan karena Indonesia berada pada garis khatulistiwa yang merupakan daerah dengan lintasan pergerakan angin yang cukup besar, dan 70% wilayah Indonesia merupakan perairan yang bisa memiliki kecepatan angin yang cukup tinggi, dengan kisaran kecepatan minimal 4,6 m/s (P Dida et al., 2016). Potensi kecepatan angin 0 s/d 6 m/s yang dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin angin baik horizontal ataupun vertikal (Prasetyo et al., 2018).

Angin merupakan salah satu unsur alam yang mempengaruhi kondisi dan perubahan cuaca serta iklim pada suatu daerah. Angin tercipta karena adanya perubahan tekanan udara yang menghasilkan hembusan pada daerah tersebut (Dewan Energi Nasional, 2020). energi listrik baik dalam skala kecil maupun besar (Prasetyo et al., 2018).

Energi kinetik yang dihasilkan oleh hembusan angin akan dimanfaatkan untuk diubah menjadi energi listrik menggunakan bantuan turbin angin vertikal maupun horizontal (Hendrawan Ari Fendi, 2014). Oleh karena itu berdasarkan kutipan di atas didapatkan bahwa potensi pembangkit listrik tenaga angin atau PLTB di Indonesia ini sangatlah besar (Liun & Aswad, 2011). Sebab itu, perlu adanya penelitian pemanfaatan energi angin secara terus menerus untuk meningkatkan performa kerja yang efektif dan efisien pada kecepatan angin rendah. Pada penelitian ini dilakukan analisis pengaruh variasi sudut *winglet* dan variasi sudut *pitch* turbin angin horizontal tipe NACA 4412 terhadap *cut in speed*. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui

variasi sudut *winglet* dan variasi sudut *pitch* yang memiliki performa paling efektif pada kecepatan angin di Indonesia.

B. METODE

Metode dalam melaksanakan penelitian kali ini menggunakan metode eksperimen. Sampel pada penelitian kali ini adalah turbin angin poros horizontal tipe NACA 4412 dengan variasi sudut *pitch* 10° , 12° , 14° , 16° , dan 18° serta variasi sudut *winglet* 15° , 30° , 45° , dan 60° . Metode pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini adalah metode pengukuran. Teknik analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis analisis deskriptif kuantitatif.

1. Alat Penelitian

a. *Wind Tunnel*

Wind tunnel adalah sebuah ruangan atau lorong angin yang digunakan untuk tempat pengujian turbin angin horizontal dengan spesifikasi panjang 3000 mm, lebar 2000 mm, dan tinggi 2400 mm.



Gambar 1. *Wind Tunnel*

b. Blower

Blower merupakan sebuah alat berbentuk kipas yang digunakan untuk menghembuskan angin ke arah turbin angin horizontal. Kecepatan angin yang dihasilkan oleh blower juga dapat diatur menggunakan *inverter*, sehingga blower dapat menyesuaikan kecepatan angin yang dibutuhkan untuk melakukan percobaan.



Gambar 2. Blower

c. *Tachometer*

Tachometer merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur kecepatan putar pada rotor turbin horizontal atau rotasi per menit

(rpm). Spesifikasi pada *tachometer* yang digunakan adalah diameter pada ujung alat ukur sebesar 3,2 cm dengan kecepatan putaran mencapai 2000 rpm dengan ketelitian 0,01 rpm.



Gambar 3. *Tachometer*

d. Penggaris

Penggaris merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur panjang atau lebar sudu turbin dan *pitch*. Spesifikasi penggaris menggunakan panjang 30 cm dengan ketelitian 1 mm.



Gambar 4. Penggaris

e. Jangka Sorong

Jangka sorong merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur panjang, lebar, atau dimensi suatu *pitch*,

rotorhub, dan lainnya dengan lebih teliti. Spesifikasi jangka sorong yang digunakan dengan panjang total jangka sorong 20 cm dengan ketelitian 0,1 mm.



Gambar 5. Jangka Sorong

f. Busur Derajat

Busur derajat merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur sudut *pitch* dan sudut *winglet* pada sudu. Spesifikasi busur derajat yang digunakan adalah panjang penggaris sebesar 10 cm dengan ketelitian 1 mm, dan derajat busur mencapai 180° dengan ketelitian 1° .



Gambar 6. Busur Derajat

g. Multimeter

Multimeter merupakan alat ukur yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengukur tegangan dan arus listrik pada generator yang

terhubung oleh turbin angin. Spesifikasi multimeter yang digunakan adalah batas maksimal volt sebesar 600 V dengan ketelitian 0,01 mV dan batas maksimal ampere sebesar 400 A dengan ketelitian 0,01mA.



Gambar 7. Multimeter

h. Anemometer

Anemometer merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur kecepatan angin yang dihasilkan oleh blower. Spesifikasi anemometer yang digunakan adalah pada kecepatan angin 8 m/s dengan ketelitian 0,01 m/s.



Gambar 8. Anemometer

i. Kapasitor

Kapasitor merupakan sebuah alat yang digunakan untuk menyimpan daya yang dihasilkan oleh generator. Daya yang dihasilkan akan disimpan sementara dan juga dapat dimanfaatkan untuk menghidupkan lampu (beban) dengan spesifikasi kapasitor sebesar 50 v dan 6500 μ f



Gambar 9. Kapasitor

2. Bahan Penelitian

a. Turbin Angin Horizontal



Gambar 10. Turbin Angin Horizontal

Turbin angin horizontal NACA 4412 dengan ketinggian 100 cm dan bentang bilah selebar 94 cm. Variasi sudut

pitch yang digunakan adalah 10° , 12° , 14° , 16° , dan 18° serta variasi sudut *winglet* 15° , 30° , 45° , dan 60° dan sudut *pitch* serta sudut *winglet* menjadi bahan penelitian untuk mengetahui *cut in speed* yang dihasilkan.

3. Sistem Konversi Energi

a. Daya Listrik (P)

Pengukuran daya listrik dilakukan dengan menggunakan perhitungan manual dengan menggunakan dua data yang telah diukur sebelumnya yaitu arus listrik dan tegangan listrik. Rumus daya yang digunakan menggunakan rumus fisika dasar menurut Dewantoro, Y dan Wahyono, D. (2019)

$$P = V \times I$$

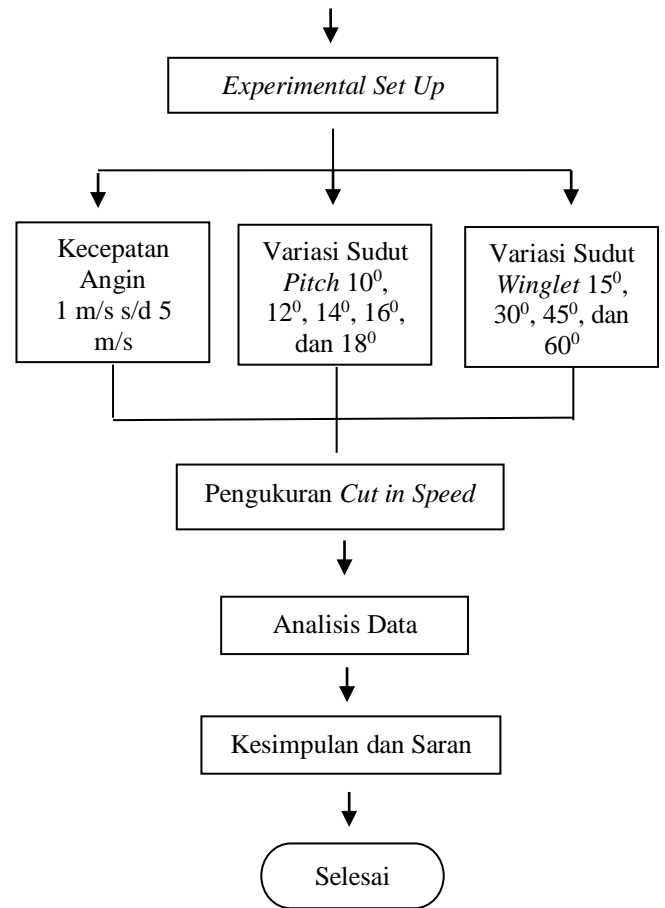
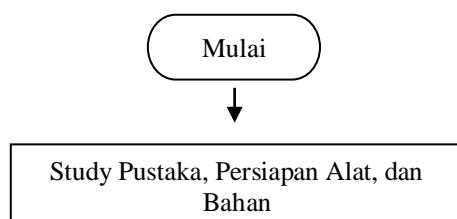
dimana:

P= daya *output* listrik (Watt)

V= tegangan listrik (Volt)

I= kuat arus listrik (Ampere)

4. Diagram Alir Penelitian

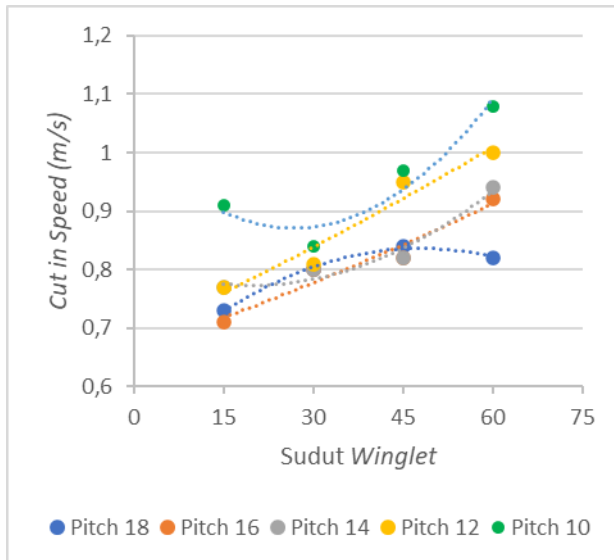


Gambar 11. Diagram Alir Penelitian

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengaruh Variasi Sudut *Winglet* terhadap *Cut in Speed* Turbin Angin Horizontal NACA 4412

Cut in speed turbin angin horizontal NACA 4412 merupakan kecepatan angin minimal yang dibutuhkan turbin untuk berputar dan menghasilkan daya listrik. *Cut in speed* yang diperoleh dalam penelitian ini, dapat dilihat dalam bentuk gambar sebagai berikut :



Gambar 12. Grafik Pengaruh Sudut Winglet terhadap *Cut in Speed*

Gambar 12 menunjukkan pengaruh variasi sudut *winglet* terhadap *cut in speed* yang dihasilkan oleh turbin angin horizontal NACA 4412 dengan menggunakan variasi sudut *pitch* 10° , 12° , 14° , 16° , dan 18° dengan jumlah sudu sebanyak 5. Pengujian ini menunjukkan bahwa *cut in speed* yang dihasilkan pada setiap variasi sudut *winglet* mempunyai hasil yang beraneka ragam. Pertambahan variasi sudut *pitch* 10° s/d 18° dengan kenaikan interval 2° pada setiap pengurangan variasi sudut *winglet* 60° s/d 15° menghasilkan nilai *cut in speed* yang paling rendah, Pengurangan *cut in speed* yang terjadi pada

setiap variasi sudut *winglet* bersifat fluktuatif. Pada penelitian yang dilakukan oleh Wijayanto, D., et al. (2021) menjelaskan bahwa penambahan sudut *winglet* dapat mempengaruhi pengurangan pada induksi *drag* dan peningkatan gaya angkat pada sudu turbin.

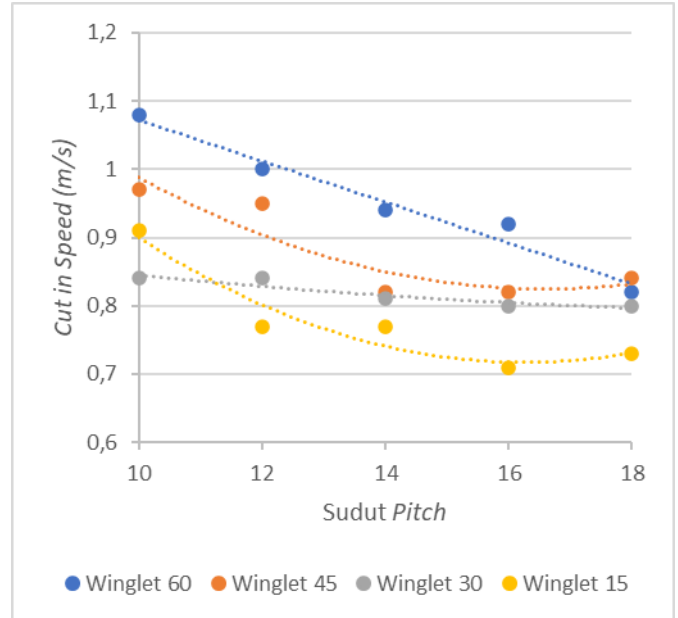
Pada penelitian ini menunjukkan bahwa pengaruh variasi sudut *winglet* dapat berpengaruh terhadap *cut in speed* yang dihasilkan oleh turbin angin. Penurunan variasi sudut *winglet* mengakibatkan semakin kecilnya hembusan angin atau nilai *cut in speed* yang terjadi pada turbin angin horizontal. Turbin angin menghasilkan nilai *cut in speed* terendah pada variasi sudut *winglet* 15° , dimana nilai *cut in speed* yang diperoleh terhadap sudut *pitch* adalah 10° (0,91 m/s), 12° (0,77 m/s), 14° (0,77 m/s), 16° (0,71 m/s), dan 18° (0,73 m/s). Pada penelitian yang dilakukan oleh Sangidzun et al. (2021) menunjukkan bahwa hasil *cut in speed* yang diperoleh pada variasi sudut *winglet* 45° dengan masing masing sudut *pitch* 0° (2,5 m/s), 2°

(2,3 m/s), 4° (2,2 m/s), 6° (2 m/s), 8° (1,9 m/s) dan 10° (1,8 m/s).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Sangidzun et al., (2021) bahwa nilai *cut in speed* terbaik dihasilkan oleh variasi sudut *pitch* 10° dengan sudut *winglet* yang digunakan 45° dengan *cut in speed* yang dihasilkan sebesar 1,8 m/s.

2. Pengaruh Variasi Sudut *Winglet* terhadap *Cut in Speed* Turbin Angin Horizontal NACA 4412

Cut in speed turbin angin horizontal NACA 4412 merupakan kecepatan angin minimal yang dibutuhkan turbin untuk berputar dan menghasilkan daya listrik. *Cut in speed* yang diperoleh dalam penelitian ini, dapat dilihat dalam bentuk gambar sebagai berikut :



Gambar 13. Grafik Pengaruh Sudut *Pitch* terhadap *Cut in Speed*

Gambar 13 menunjukkan pengaruh variasi sudut *pitch* terhadap *cut in speed* yang dihasilkan oleh turbin angin horizontal NACA 4412 dengan menggunakan variasi sudut *winglet* 15°, 30°, 45°, dan 60° dengan jumlah sudu sebanyak 5. Pengujian ini menunjukkan bahwa *cut in speed* yang dihasilkan pada setiap variasi sudut *pitch* mempunyai hasil yang beraneka ragam. Pengurangan variasi sudut *winglet* 60° s/d 15° dengan penurunan interval 15° pada setiap kenaikan variasi sudut *pitch* 10° s/d 18° dengan kenaikan interval 2° menghasilkan nilai *cut in speed*

yang paling rendah, Pengurangan *cut in speed* yang terjadi pada setiap variasi sudut *pitch* bersifat fluktuatif. Pada penelitian yang dilakukan (Nogur et al., 2014) pengaruh sudut *pitch* terhadap *cut in speed* disebabkan oleh peningkatan gaya *lift* pada sudu sehingga sudu dapat berputar pada kecepatan angin rendah.

Pada penelitian ini menunjukkan bahwa pengaruh variasi sudut *pitch* dapat berpengaruh terhadap *cut in speed* yang dihasilkan oleh turbin angin. kenaikan variasi sudut *pitch* mengakibatkan semakin kecilnya hembusan angin atau nilai *cut in speed* yang terjadi pada turbin angin horizontal. Turbin angin menghasilkan nilai *cut in speed* terendah pada variasi sudut *pitch* 18⁰, dimana nilai *cut in speed* yang diperoleh terhadap sudut *winglet* adalah 60° (0,82 m/s), 45° (0,84 m/s), 30° (0,8 m/s), dan 15° (0,73 m/s). Pada penelitian yang dilakukan oleh Sangidzun et al., (2021) menunjukkan bahwa hasil *cut in speed* yang diperoleh pada variasi sudut *winglet* 45⁰ dengan masing masing sudut *pitch* 0° (2,5

m/s), 2° (2,3 m/s), 4° (2,2 m/s), 6° (2 m/s), 8° (1,9 m/s) dan 10° (1,8 m/s).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Sangidzun et al., (2021) bahwa nilai *cut in speed* terbaik dihasilkan oleh variasi sudut *pitch* 10⁰ dengan sudut *winglet* yang digunakan 45⁰ dengan *cut in speed* yang dihasilkan sebesar 1,8 m/s.

D. PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian yang telah dipaparkan diatas, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa variasi sudut *winglet* dan variasi sudut *pitch* dapat berpengaruh terhadap *cut in speed* yang diperoleh turbin angin. Penurunan variasi sudut *winglet* berpengaruh terhadap semakin kecilnya nilai *cut in speed* yang diperoleh turbin angin horizontal. Turbin angin menghasilkan nilai *cut in speed* terendah pada variasi sudut *pitch* terbaik dihasilkan oleh variasi sudut *pitch* 18⁰, dimana nilai *cut in speed* yang diperoleh terhadap variasi sudut *winglet* adalah 60° (0,82 m/s), 45° (0,84 m/s), 30° (0,8 m/s), dan 15°

(0,73 m/s). Variasi sudut *pitch* terbaik dihasilkan oleh variasi sudut *pitch* 16⁰ dan sudut *winglet* 15⁰ dengan nilai *cut in speed* yang dihasilkan sebesar 0,71 m/s

Penambahan variasi sudut *pitch* berdampak positif terhadap turbin angin yang dapat dimanfaatkan di berbagai wilayah yang memiliki kecepatan angin yang cukup rendah.

Saran

Penelitian selanjutnya terkait turbin angin horizontal dapat diuji menggunakan variasi sudut *winglet*, sudut *pitch*, jumlah sudu, variasi bentuk *winglet*, dan berbagai variasi lainnya. Hal tersebut perlu diteliti lebih lanjut untuk mencari konfigurasi terbaik yang dapat digunakan terhadap alat konversi energi *renewable energy* turbin angin horizontal di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

Adistia, N. A., Nurdiansyah, R. A., Fariko, J., Vincent, V., & Simatupang, J. W. (2020). Potensi Energi Panas Bumi, Angin, dan Biomassa menjadi Energi Listrik di Indonesia. *Jurnal Teknik Elektro*, 22(2), 105-116, <https://doi.org/10.24912/tesla.v22i2.9>

[107](#)

Fendi, H.A. & Djamari, FX. (2014). Karakteristik Aerodinamik Rotor Helikopter Synergy N9. *Jurnal Indept*, 4(3), 63–71.

Hilmawan, E., Fitriana, I., Sugiyono, A., & Adiarso. (2021). *Outlook Energi Indonesia Perspektif Teknologi Energi Indonesi Tenaga Surya untuk Penyediaan Energi Charging Station*. Jakarta: PPIPE BPPT. <https://www.bing.com/ck/a?!&&p=0b65ecce6fcbf685e8b7642c9117b14b72609f7293323ec28542b69bdb87c994JmldHM9MTY1NjQ3ODE5NyZpZ3VpZD0yNzk3MjFjOC0xN2NiLTRmYzEtYjg0OC1jMzhhhMjY3Njk0ZWImaW5zaWQ9NTEzMg&ptn=3&fclid=ec6b3ce3-f766-11ec-bd4f-70115b023ed5&u=a1aHR0cHM6Ly9w>

Kholiq, I. (2015). Pemanfaatan Energi Alternatif sebagai Energi Terbarukan untuk Mendukung Substitusi BBM. *Jurnal IPTEK*, 19(2), 75–91.

Liun, E., & Aswad, I. A. H. (2011). Potensi Energi Alternatif dalam Sistem Kelistrikan. *Jurnal Teknika*, 109–118.

P Dida, H., Praseto, S., & Widhiyanuriyawan, D. (2016). Pemetaan Potensi Energi Angin di

Perairan Indonesia Berdasarkan Data Satelit QuikScat dan WindSat. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 7(2), 95–101. <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2016.007.02.7>

Prasetyo, A., Notosudjono, D., & Soebagja, H. (2019). Studi Potensi Penerapan dan Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin di Indonesia, *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Elektro*, 1(1), 1–12. <https://jom.unpak.ac.id/index.php/teknikelektro/article/view/1185/933>

Wijayanto, D. S., Soenarto., Triyono, M. B., Sangidzun. A. (2021). Experimental Study of the Effect of Winglets on Horizontal Wind Turbine (HAWT) Performance. *International Energy Journal*, 21, 375-384.