

**KAJIAN EKSPERIMENTAL UNJUK KERJA TURBIN HELIK DENGAN
BENTUK SUDU NACA 0033 UNTUK MODEL SISTEM PEMBANGKIT
LISTRIK**

***EXPERIMENTAL STUDY ON PERFORMANCE OF HELICAL TURBINE WITH
BLADE PROFILE OF NACA 0033 FOR ELECTRIC GENERATION SYSTEM
MODEL***

¹Jorfri Boike Sinaga, ²Ahmad Suudi, ³M. Dyan Susila, ⁴Sugiman

Fakultas Teknik, Universitas Lampung

email : ¹jorfri6@yahoo.com ; ²ahmad.suudi@eng.unila.ac.id; dan ³mdyan.susila@eng.unila.ac.id;

ABSTRACT

This paper presents an experimental study on performance of a helical turbine with blade profile of NACA 0033 for a model of the electric generation system to utilize the stream energy of Way Tebu irrigation in Banjar Agung Udik Village, Pugung District, Tanggamus Regency. The parameters of the helical turbine used were 1 m diameter, 1.2 m turbine length, 41.8 cm chord length, 3 blades, and 62° angle of blade inclination. The test results showed that the performance of helical turbine using water flow velocities of 0.398 m/s, 0.491 m/s, and 0.548 m/s resulting in maximum turbine efficiency of 86.57%, 74.98%, and 75.33% respectively.

Keywords : *helical turbine, kinetic energy, electric generation*

ABSTRAK

Pada makalah ini diberikan kajian eksperimental turbin helik dengan bentuk sudu NACA 0033 untuk model sistem pembangkit listrik yang digunakan untuk memanfaatkan energi aliran irigasi Way Tebu yang ada di Desa Banjar Agung Udik, Kecamatan Pugung, Kabupaten Tanggamus. Parameter-parameter turbin helik yang digunakan diameter turbin 1 m, panjang turbin 1,2 m, panjang *chord* 41,8 cm, jumlah sudu 3 buah, dan kemiringan sudu turbin 62 °. Hasil pengujian menunjukkan unjuk kerja turbin helik dengan menggunakan kecepatan aliran air 0,398 m/s, 0,491 m/s, dan 0,548 m/s dihasilkan efisiensi maksimum turbin sekitar 86,57 %, 74,98 %, dan 75,33 %.

Kata Kunci : *turbin helik, energi kinetik, pembangkit listrik*

PENDAHULUAN

Salah satu sumber energi yang terbarukan yang ramah terhadap lingkungan adalah tenaga air dan diperkirakan potensinya di Provinsi Lampung mencapai 2.697,4 MW (Fikri, 2008). Saat ini potensi tersebut termanfaatkan sebagian besar merupakan pembangkit listrik tenaga air skala besar (PLTA). Alternatif pemanfaatan tenaga air yang sudah populer di Indonesia dan berpotensi untuk dikembangkan di daerah ini adalah pembangkit listrik tenaga air skala kecil atau yang lebih dikenal dengan pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH).

Pemanfaatan potensi energi air ini dirasa amat perlu mengingat tingginya kebutuhan listrik, dimana saat ini terjadi defisit energi listrik. Defisit ini terjadi karena tingkat pertumbuhan permintaan tenaga listrik yang cukup tinggi yang cukup tinggi dimana di Provinsi Lampung sebesar 15 % per tahun dibanding kemampuan pemerintah

menyediakan pasokan listrik (Sampurna, 2014). Dari 2114 desa yang ada di Provinsi Lampung, 113 di antaranya belum masuk aliran listrik (Radar Lampung, 2018).

Turbin air yang umum digunakan untuk sistem pembangkit listrik adalah yang menggunakan sumber energi aliran air yang harus memiliki tinggi jatuh. Sementara banyak potensi energi aliran air di desa-desa yang hanya memiliki tinggi jatuh rendah (*ultra low head*) atau hanya memiliki energi aliran bebas (tidak memiliki tinggi jatuh) yang belum dimanfaatkan untuk sistem pembangkit listrik ini.

Pada makalah ini diberikan kajian eksperimental unjuk kerja turbin helik dengan bentuk sudu NACA 0033 pada model sistem pembangkit listrik yang telah dirancang oleh Sinaga *et al.*,(2017). Pengujian turbin helik ini dilakukan untuk memanfaatkan potensi energi kinetik aliran air yang ada di saluran irigasi Way Tebu di Desa Bandar Agung Udik, Kecamatan Pugung, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung.

Pada tahun 1931 turbin reaksi Darrieus dipatenkan untuk untuk memanfaatkan energi aliran head rendah atau sangat rendah (aliran bebas). Turbin ini memiliki bentuk seperti drum dengan sejumlah sudu sudu lurus atau berbentuk lengkung *airfoil* dan sebuah poros yang tegak lurus terhadap aliran fluida. Turbin ini memungkinkan torsi yang tinggi untuk aliran arus lambat, dan memberikan aliran fluida yang besar melalui turbin tersebut tanpa pembesaran diameter. Namun turbin Darrieus belum dapat diterima untuk aplikasi yang luas, terutama karena fluktuasi selama berotasi dan secara relatif efisiensinya rendah. Kegagalan akibat *fatigue* dari sudu umumnya terjadi pada turbin ini akibat dari sifat getaran yang terjadi. Turbin ini juga memiliki masalah pengoperasian awal pada kecepatan rotasi yang rendah akibat sudu yang lurus yang mengubah sudut serang.

Turbin helik memiliki seluruh keunggulan yang dimiliki turbin Darrieus dan mampu mengatasi kelemahan yang dimilikinya seperti mampu memberikan laju aliran massa dari aliran air yang mengalir lambat, dapat menangkap energi kinetik aliran fluida dan menggunakan rotor yang sangat simpel yang menjadikan biaya turbin ini murah dibanding dengan turbin lainnya. Susunan helik sudu rotor turbin meningkatkan unjuk kerja yang dihasilkan turbin Darrieus sehingga dihasilkan karakteristik berikut ini: putaran yang seragam secara relatif pada aliran fluida yang lambat, putaran turbin tidak berpengaruh akibat arus aliran fluida yang balik, efisiensi tinggi, torsi yang

dihasilkan tidak mengalami fluktuasi, air tidak mengalami kavitasi untuk kecepatan putar yang tinggi, mampu berputar sendiri pada kecepatan aliran air yang rendah (Gorlov, 2008).

Perhitungan daya yang dihasilkan pada sudu turbin helik ini merupakan pendekatan dari turbin udara sumbu vertikal seperti dapat dilihat pada Gambar 1. Resultan vektor kecepatan (W) merupakan jumlah dari vektor kecepatan fluida (V) dan vektor kecepatan keliling sudu (U) (Wikipedia, 2020).

$$\vec{W} = \vec{V} + (-\vec{\omega} \times \vec{R}) \quad (1)$$

Dimana R adalah jari-jari turbin (m), dan ω adalah kecepatan sudut putaran (rad/s).

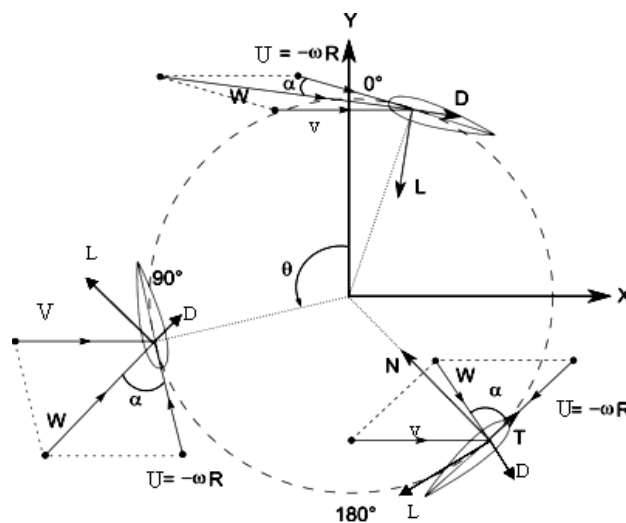
Dari gambar diagram kecepatan pada Gambar 1 tersebut dihasilkan kecepatan yang bervariasi yaitu kecepatan maksimum pada $\theta = 0^\circ$ kecepatan minimum pada $\theta = 180^\circ$, dimana θ adalah posisi orbital sudu. *Angel of attack* (sudut serang sudu) adalah sudut antara resultan vektor kecepatan (W), dan vektor kecepatan sudu. Pertimbangan-pertimbangan geometris, resultan kecepatan vektor dan *angel of attack* dihitung sebagai berikut :

$$W = v\sqrt{1 + 2\lambda \cos \theta + \lambda^2} \quad (2)$$

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{\sin \theta}{\cos \theta + \lambda}\right) \quad (3)$$

Dimana λ adalah *tip speed ratio*, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\lambda = \frac{\omega R}{U} \quad (4)$$



Gambar 1. Diagram kecepatan pada turbin udara sumbu vertikal

Gaya aerodinamis yang dihasilkan adalah gaya angkat (F_l) dan gaya geseran (F_d) dimana gaya-gaya ini dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$F_d = \frac{1}{2} C_d \rho V^2 A \quad (5)$$

$$F_l = \frac{1}{2} C_l \rho V^2 A \quad (6)$$

Dimana C_d adalah koefisien geseran, C_l adalah koefisien angkat, ρ adalah massa jenis fluida (kg/m^3), V adalah kecepatan fluida (m/s), A adalah luas penampang sudu *hidro foil* (m^2)

Dengan memproyeksikan gaya angkat dan geseran sebagai gaya yang tegak lurus terhadap lengan (jari-jari) turbin, maka nilai torsi (T) dapat diketahui dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$T = F.R = (F_l \sin \alpha - F_d \cos \alpha) \times R \quad (7)$$

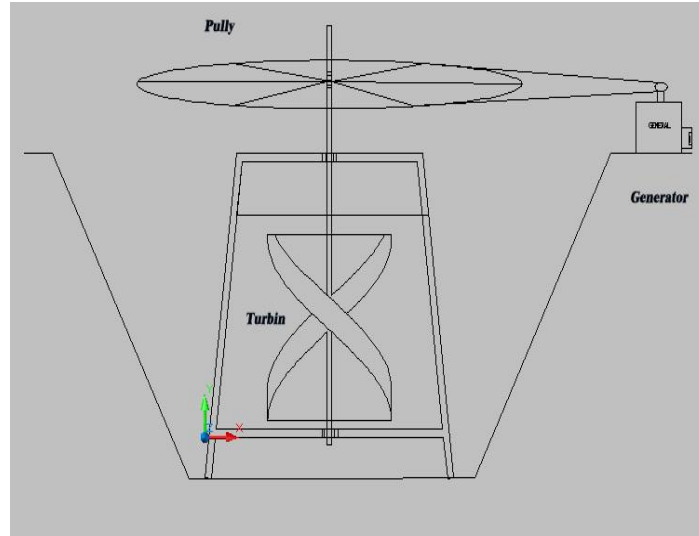
Dimana T adalah torsi (Nm), F adalah gaya tegak lurus terhadap lengan (N), dan R adalah jari-jari (m). Selanjutnya dari Persamaan 7 dapat di ketahui daya poros P_b (W) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_b = T\omega \quad (8)$$

METODE PENELITIAN

A. Pembuatan Alat Pengujian

Parameter-parameter perancangan turbin helik yang digunakan: diameter turbin 1 m dan panjang (tinggi) 1,2 m, rasio dari tinggi turbin terhadap jari-jari turbin $L/R = 2,4$, maka dengan menggunakan hasil tersebut diperoleh sudut kemiringan sudu δ adalah 62° (Sinaga, et al., 2017). Jumlah sudu yang digunakan pada perancangan turbin ini adalah 3 buah (Supramanto, 2013). Hasil pengujian sebelumnya menunjukkan penggunaan nilai *relative solidity* 0,4 memberikan hasil yang maksimum dan hasil ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan Shiono et al. (2002). Dengan menggunakan data-data tersebut maka ditentukan panjang *chord* sudu turbin yang akan digunakan 41,8 cm. Pembuatan alat pengujian model sistem pembangkit listrik ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Fluida, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Lampung.



Gambar 2. Skema pengujian turbin helik untuk model sistem pembangkit listrik.

B. Pengujian dan Analisis Data

Setelah dilakukan pembuatan hasil rancangan model sistem pembangkit listrik menggunakan turbin helik dengan bentuk sudu NACA 0033, maka dilakukan pengujian di saluran irigasi Way Tebu dengan menvariasikan 3 kecepatan aliran air. Alat-alat ukur yang digunakan pada pengujian ini adalah:

- Tachometer* digunakan untuk menunjukkan besarnya putaran yang dihasilkan poros turbin n (rpm).
- Torsimeter* digunakan untuk menunjukkan besarnya torsi yang dihasilkan oleh poros turbin T (N.m). Torsimeter yang digunakan adalah torsimeter sistem sabuk dan pegas.
- Current meter* yang digunakan jenis propeler, dan alat ini digunakan untuk mengukur kecepatan aliran V (m/s) yang ada di saluran irigasi saat pengujian.

Setelah dilakukan pengujian, data yang diperoleh seperti kecepatan aliran V , putaran turbin, dan torsi yang dihasilkan turbin T diolah untuk mendapatkan data unjuk kerja turbin air helik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Model Sistem Pembangkit Listrik

Alat pengujian turbin helik untuk model sistem pembangkit listrik yang digunakan pada aliran air di saluran irigasi Way Tebu dapat dilihat pada Gambar 3. Dudukan

turbin helik dibuat dari pelat siku ukuran 5 cm dengan tebal 5 mm, dimana ukuran dudukan turbin 2 m x 2 m x 2,5 m. Sudu turbin yang digunakan adalah NACA 0033 dengan jumlah sudu 3 buah dan panjang *chord* 41,8 cm. Pembuatan sudu turbin helik sendiri dibuat dengan menggunakan pelat 2 mm yang dilas dan membentuk helik menggunakan silinder setengah lingkaran yang berdiameter 1 m dan panjang 1,2 m, dan untuk pembentukan profil sudu digunakan dempul dan mal cetakan yang dibuat dari bahan akrilik. Poros turbin digunakan pipa besi ukuran 2 in. dengan tebal 3 mm. Dan untuk penempelan sudu turbin pada poros digunakan pelat berbentuk lingkaran berdiameter 0,5 m.



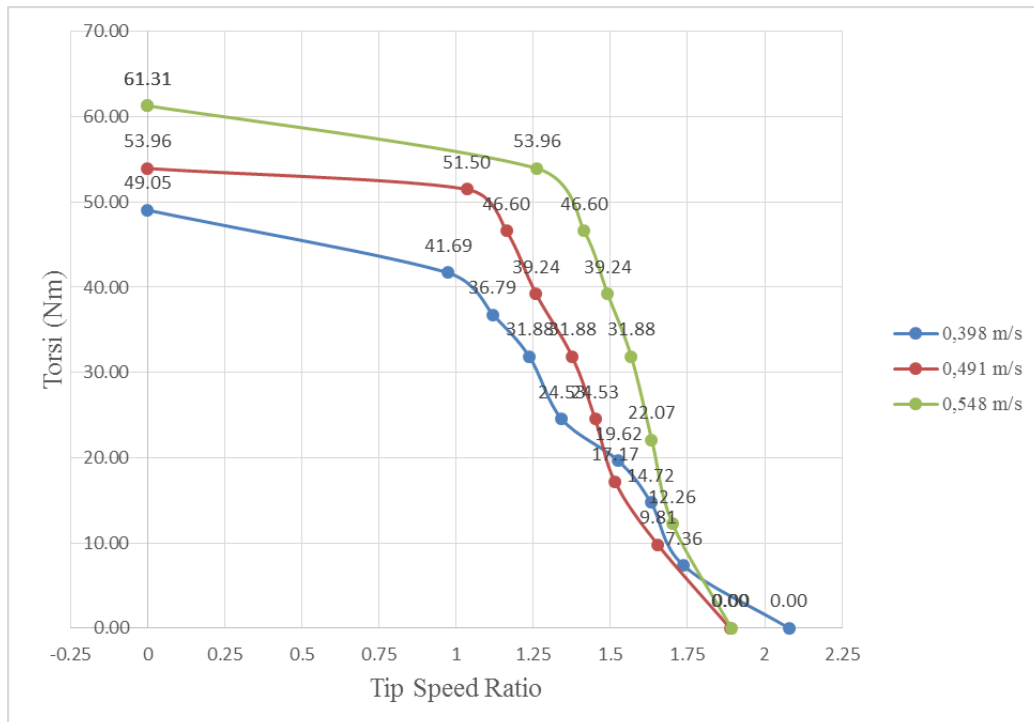
Gambar 3. Sistem pengujian turbin helik untuk model sistem pembangkit listrik yang diuji di saluran Way Tebu.

B. Hasil Pengujian dan Pembahasan

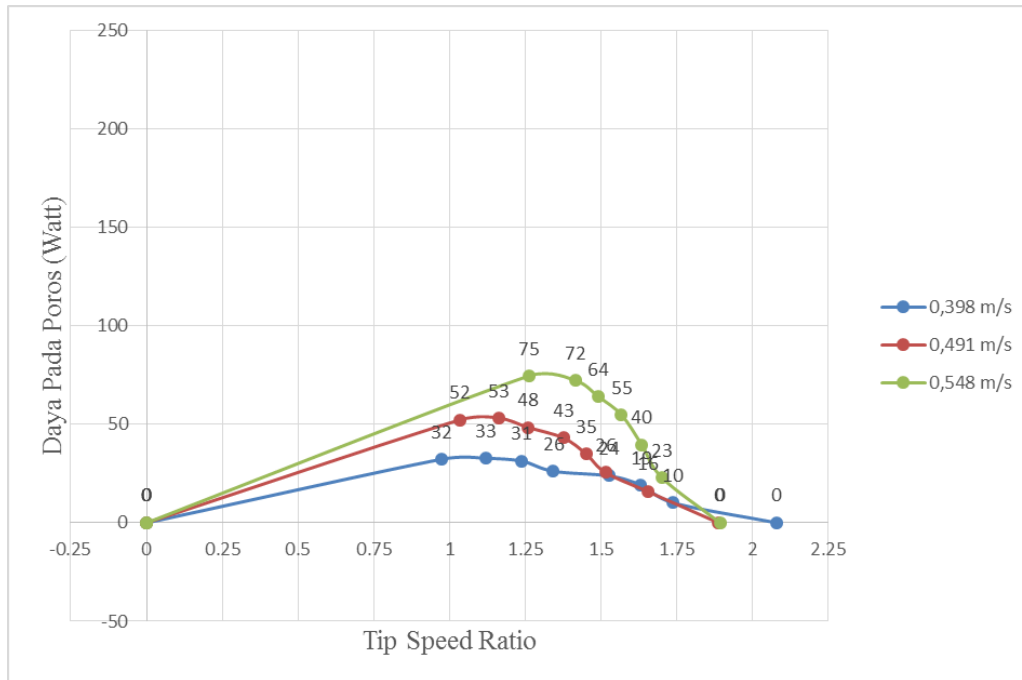
Setelah dilakukan pembuatan sistem alat pengujian, maka dilakukan pengujian untuk mengetahui unjuk kerja turbin helik dengan bentuk sudu NACA 0033 yang nantinya digunakan pada model sistem pembangkit listrik. Pada Gambar 5 sampai 7 diberikan hasil pengujian torsi, daya poros, dan efisiensi turbin helik untuk kecepatan aliran 0,398 m/s, 0,491 m/s, dan 0,548 m/s.



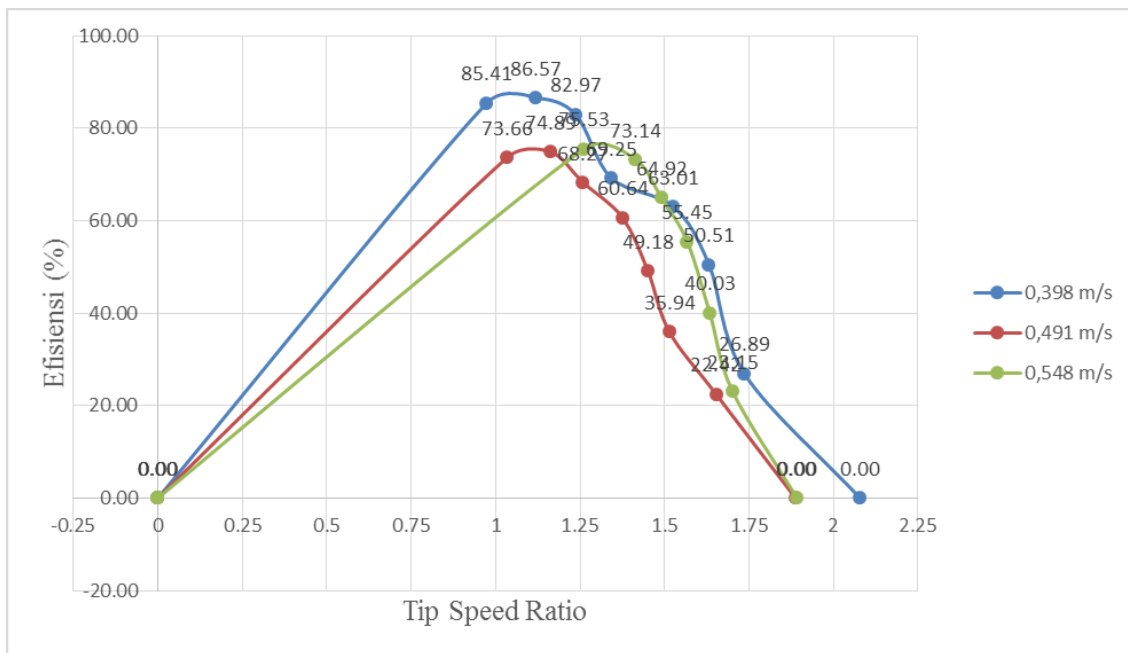
Gambar 4. Pengujian turbin helik untuk memanfaatkan energi aliran air di saluran irigasi Way Tebu



Gambar 5. Grafik hubungan antara *tip speed ratio* (λ) terhadap torsi yang dihasilkan turbin.



Gambar 6. Grafik hubungan antara *tip speed ratio* (λ) terhadap daya poros turbin.



Gambar 7. Grafik hubungan antara *tip speed ratio* (λ) terhadap efisiensi turbin.

Berdasarkan pengujian turbin helik bentuk sudu NACA 0033 yang dilakukan diperoleh efisiensi maksimum 86,57 % dan daya poros yang dihasilkan 33 W pada kecepatan aliran 0,398 m/s, 74,89 % dan daya poros yang dihasilkan 53 W pada kecepatan aliran 0,491 m/s, dan 75,53 % dan daya poros yang dihasilkan 75 W pada kecepatan aliran 0,548 m/s. Hasil pengujian ini menunjukkan penggunaan turbin helik bentuk sudu NACA 0033 dapat digunakan pada sistem pembangkit listrik, dimana hampir 75 % dari energi

kinetik aliran air dapat diubah menjadi energi mekanik poros turbin. Dengan penggunaan turbin ini untuk sistem pembangkit listrik PLTNH atau PLTMH potensi energi aliran air dengan kecepatan rendah (0,4 m/s sampai 0,55 m/s) dapat digunakan untuk membangkitkan energi listrik bagi masyarakat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh dan telah dijelaskan di atas tadi, maka dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Pada penelitian ini diberikan pengkajian secara eksperimental turbin helik (*helical turbine*) bentuk sudu NACA 0033 untuk model sistem pembangkit listrik yang digunakan untuk memanfaatkan energi aliran yang memiliki tinggi jatuh sangat rendah atau hanya energi kinetik saja seperti yang ada pada saluran irigasi Way Tebu yang memiliki kecepatan aliran 0,4 m/s.
2. Hasil pengujian menunjukkan unjuk kerja turbin helik dengan menggunakan sudu NACA 0033 dihasilkan efisiensi turbin sekitar 75 %.
3. Berdasarkan hasil survei yang dilakukan Provinsi Lampung memiliki banyak potensi energi aliran air yang memiliki head rendah atau sangat rendah sehingga penggunaan turbin helik memberikan prospek yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Fikri, M. A. (2008). Alternatif Energi Terbarukan dan Konversi Energi. PLN Lampung (www.plnlampung.co.id/warta_PLN.htm). Diakses tanggal 18 Maret 2010.
- (2010). Lampung Butuh 57.500 Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Tempo Interaktif. (http://www.tempointeraktif.com/hg/nusa_lainnya/2010/05/13/brk,20100513-247611,id.html). Diakses tanggal 22 April 2011.
- , 2018. Catat, 2019 Tidak Ada Desa Gelap. Radar Lampung. 16 September 2018.
- Vertical axis wind turbine*. Wikimedia Foundation, Inc. (https://en.wikipedia.org/wiki/Vertical_axis_wind_turbine). Diakses tanggal 30 Juli 2020.
- Gorlov, A., 2008. *Development of The Helical Reaction Turbine*. Final Technical Report (DE-FGO1-96EE 15669). Diakses tanggal 10 Juli 2020.
- Sampurna, H., 2014 *Pertumbuhan Permintaan Listrik di Lampung Cukup Tinggi*. Available: <http://www.saibumi.com/artikel-2423-pertumbuhan-permintaan-listrik-di-lampung-ukup-tinggi.html#ixzz4xZCP9k00>. Diakses tanggal 22 Agustus 2020.
- Sinaga, J. B., Suudi, A., dan Susila, M. D., 2017. Optimasi Unjuk Kerja Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Menggunakan Turbin Ultra

- Low Head untuk Memenuhi Listrik di Daerah Pedesaan Provinsi Lampung. Laporan Penelitian Produk Terapan Tahun 1.
- Shiono, M., K. Suzuki, dan S. Kiho, 2002. Output Characteristics of Darrieus Water Turbine with Helical Blades for Tidal Current Generations, Proceedings of The Twelfth (2002) International Offshore and Polar Engineering Conference Kitakyushu, Japan, May 26–31, 2002.
- Supramanto, D. W., 2016. Kajian Eksperimental Pengaruh Jumlah Sudu terhadap Unjuk Kerja Turbin Helik untuk Model Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Tugas Akhir Teknik Mesin, Universitas Lampung, Bandar Lampung.