

PEMANFAATAN POMPA AIR SEBAGAI *PRIME OVER* PEMBANGKIT LISTRIK ALTERNATIF SKALA RUMAH TANGGA

Abdul Majid¹, Muhar Danus², Erliza Yuniarti³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro,

Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang

Email : abdulmajid3112@gmail.com¹, mds_danus@yahoo.com², erlizay@yahoo.com³

ABSTRAK

Kesulitan masyarakat pedesaan di wilayah terpencil yang belum terjangkau oleh listrik dari PLN dan yang tidak memiliki potensi aliran sungai dengan debit yang besar atau saluran irigasi cenderung menggunakan generator set. Di sisi lain generator set memiliki konsumsi bahan bakar relatif besar mahal dibandingkan dengan bahan bakar jenis lainnya. Pembangkit listrik alternatif dengan *prime mover* air dengan debit rendah memanfaatkan pompa air untuk mendapatkan energi mekanis pada kincir air pelton yang kemudian dikopel ke generator sehingga menghasilkan energi listrik. Penelitian ini bertujuan menghasilkan pembangkit alternatif tenaga air tersirkulasi skala rumah tangga. Metode penelitian adalah studi eksperimental, memiliki 7 bagian yaitu: 1). Pompa air; 2). Kincir air; 3). Generator; 4). Regulator; 5). Baterai/Aki; 6). Inverter; 7). Beban. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan pada kincir pelton dengan 12 sudu dengan bukaan katup 90°, dan nozel diarahkan ke atas menghasilkan putaran kincir terbesar 342 rpm. Perbandingan *pulley* kincir dan generator untuk peningkatan putaran generator terbaik terjadi *pulley* 1:4 dengan kecepatan putar 902,2 rpm dan bukaan katub 90°.

Kata kunci : Pembangkit Listrik Alternatif, *Prime Mover*

I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan energi yang tidak bisa lepas dari kehidupan masyarakat. Kegiatan manusia dengan listrik menjadi lebih lancar, penyebaran informasi menjadi lebih cepat dan mudah, serta dapat meningkatkan kesejahteraan manusia. Namun di daerah pedesaan terpencil di Indonesia sebagian belum terjangkau jaringan Perusahaan Listrik Nasional (PLN), hal inimenjadi permasalahan untuk percepatan pembangunan dan pengembangan masyarakat pedesaan.

Potensi air atau debit menjadi aset yang penting dalam pemenuhan kebutuhan akan energi listrik. Potensi air tersebut dapat dimanfaatkan untuk energi penggerak turbin, turbin akan mengkonversikan energi kinetik air menjadi energi mekanis pada putaran poros turbin. Daya mekanis poros turbin selanjutnya digunakan untuk memutar alternator yang menghasilkan daya listrik kemudian disimpan dalam baterai atau aki untuk selanjutnya dinaikan tegangannya dengan inverter sehingga dapat digunakan penduduk desa untuk kebutuhan energi listrik sehari-hari mereka (Arismunandar, 1982).

Tidak semua daerah pedesaan yang memiliki potensi aliran sungai ataupun irigasi dengan debit yang cukup untuk memutar turbin air atau kincir, sehingga air tidak dapat dimanfaatkan sebagai *prime mover* (*prime over*) untuk membangkitkan energi kinetis. Masyarakat di daerah ini cenderung menggunakan generator set yang dioperasikan oleh motor bahan bakar minyak sebagai *prime mover*. Ditinjau dari sistem *prime mover*, generator set memiliki kerugian dibandingkan dengan *prime mover* pembangkit lainnya yakni konsumsi bahan bakar dengan jenis minyak relatif lebih mahal dibandingkan dengan pembangkit listrik menggunakan bahan bakar jenis lainnya, seperti gas dan batubara.

Rerancang bangun pembangkit listrik alternatif dan aplikasinya merupakan salah satu solusi yang dapat diterapkan pada daerah terpencil yang tidak memiliki potensi aliran sungai atau irigasi (debit) yang dimanfaatkan sebagai *prime mover*. Pembangkit listrik alternatif ini memanfaatkan *prime mover* kinetik air yang dihasilkan oleh pompa air dengan debit yang mencukupi. Aliran fluida yang berasal dari pompa air menghasilkan energi mekanik pada kincir air yang kemudian dikonversikan menjadi energi listrik pada generator DC (Knutsson E, 1980). Energi listrik yang tersimpan pada aki berupa tegangan arus DC kemudian diubah menjadi AC menggunakan inverter untuk kemudian disuplay ke pompa air dan sebagian lagi dimanfaatkan untuk beban-beban listrik konsumen. Tujuan dari dilakukan penelitian ini adalah untuk menghasilkan suatu pembangkit listrik alternatif tenaga air tersirkulasi

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Proses Pembangkitan Energi Listrik

Pembangkitan tenaga listrik sebagaian besar dilakukan dengan cara memutar generator sehingga didapat tenaga listrik. Energi mekanik yang diperlukan untuk memutar generator didapat dari mesin penggerak

generator atau *prime mover*. Mesin penggerak generator dalam praktiknya banyak digunakan : mesin diesel, turbin uap, turbin air dan turbin gas. Energi yang didapat mesin-mesin penggerak generator ini didapat dari :

1. Proses pembakaran bahan bakar (untuk mesin-mesin termal)
2. Air terjun, aliran sungai (untuk turbin air

Mesin penggerak generator sesungguhnya melakukan konversi energi primer menjadi energi mekanik penggerak generator. (Arismunandar, 1982)

B. Potensi Tenaga Air

Air merupakan sumber energi yang murah dan relatif mudah didapat, karena pada air tersimpan energi potensial dan energi kinetik. Tenaga air (*hydropower*) merupakan energi yang diperoleh dari air yang mengalir. Energi yang dimiliki air dapat dimanfaatkan dan digunakan dalam wujud energi mekanis maupun energi listrik. Pemanfaatan energi air banyak dilakukan dengan menggunakan kincir air atau turbin air yang memanfaatkan suatu air terjun atau aliran di sungai

Besarnya tenaga air yang tersedia dari suatu sumber air bergantung pada besarnya *head* dan debit air. Dalam hubungan dengan reservoir air maka *head* adalah beda ketinggian antara muka air pada reservoir dengan muka air keluar dari kincir atau turbin air.

C. Energi

Energi potensial merupakan energi yang dimiliki oleh suatu benda akibat pengaruh tempat atau kedudukan dari benda tersebut. Energi Kinetik terdapat dalam benda yang bergerak, energi kinetik dipengaruhi oleh faktor kecepatan dan masa benda tersebut (Nasional, 2014). Rumusan yang dipakai dalam energi kinetik energi potensial adalah:

$$E_p = m \cdot g \cdot h \quad (2.1)$$

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \quad (2.2)$$

Dengan :

- E_p = Energi potensial (Joule).
- E_k = Energi kinetik (Joule).
- m = Massa benda (kg).
- g = Percepatan gravitasi (m/s).
- h = Ketinggian (m).
- v = Kecepatan (m/dt).

D. Turbin Air

Sistem pembangkit tenaga air skala besar (PLTA) maupun kecil (PLTMh), turbin air merupakan salah satu peralatan utama selain generator. Turbin air adalah alat untuk mengubah energi air menjadi energi putar. Energi putar ini kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator. Turbin air dikembangkan pada abad 19 dan digunakan secara luas untuk pembangkit tenaga listrik, berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik (Purnama, 2013)

Pemanfaatan energi air pada dasarnya adalah pemanfaatan energi potensial gravitasi. Energi mekanik aliran air yang merupakan transformasi dari energi potensial gravitasi dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin atau kincir. Umumnya turbin digunakan untuk membangkitkan energi listrik sedangkan kincir untuk pemanfaatan energi mekanik secara langsung. Untuk aliran yang melewati turbin, maka besar daya yang dihasilkan dapat dihitung dengan persamaan :

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_{\text{eff}} \cdot \eta \quad (2.4)$$

Dengan,

- P = daya air (Watt)
- ρ = massa jenis air (kg/m^3)
- Q = debit aliran (m^3/det)
- g = gravitasi bumi (m/det^2)
- H_{eff} = *head* efektif (m)
- η_t = efisiensi turbin (0.65-0.90)

Aliran air yang mempunyai energi potensial akan disemprotkan ke sudu-sudu turbin oleh nozzle. Putaran dari sudu-sudu tersebut akan mengakibatkan poros turbin ikut bergerak dan kemudian putaran poros turbin akan diteruskan ke generator listrik untuk diubah menjadi energi listrik. Daya turbin dapat dihitung dengan:

$$P_t = \eta_t \cdot \gamma \cdot Q \cdot H \quad (2.5)$$

Dengan :

- γ = Berat jenis air (N/m)
- η_t = Efisiensi turbin (%)
- P_t = Daya turbin (kW)

Daya turbin dipengaruhi paling besar oleh banyak serta tinggi air jatuh, dikarenakan nilai berat jenis air dan efisiensi turbin adalah konstan, jadi semakin besar nilai Q dan H, maka daya turbin akan semakin besar. Efisiensi Turbin :

$$\eta_t = P_t / P \quad (2.6)$$

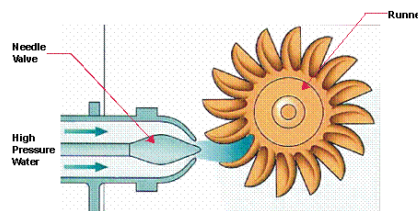
Pada turbin dikenal adanya putaran spesifik n_s , yang merupakan putaran berbanding terhadap ketinggian head.

$$n_s = n \frac{n\sqrt{H}}{(H)^{\frac{3}{4}}} \text{rpm} \quad (2.7)$$

$$n_s = n \frac{n\sqrt{Q}}{(H)^{\frac{3}{4}}} \text{rpm} \quad (2.8)$$

E. Turbin Pelton

Turbin pelton merupakan kincir untuk tinggi terjun yang tinggi yaitu diatas 300 meter, tetapi untuk skala mikro, head 20 meter sudah mencukupi. Teknik mengkonversikan energi potensial air menjadi energi mekanik pada roda air kincir dilakukan melalui porses impuls sehingga kincir pelton juga disebut sebagai kincir impuls (Kamal, 2013).



Gambar 1. Turbin Pelton (Anonim, 2002)

Pada perancangan turbin Pelton dibutuhkan rancangan jarak antar sudu, jumlah sudu aktif, kapasitas air yang diterima setiap sudu, aliran yang melewati nozzle, kecepatan tangensial kincir putaran kincir, dan pulley.

$$t = \frac{\pi \cdot D_{in}}{N_{sd}} \quad (2.9)$$

$$i = n \text{ (rps)} \times N_{sd} \quad (2.10)$$

$$q = \frac{Q}{i} \quad (2.11)$$

$$v = \frac{Q}{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot N} \quad (2.12)$$

$$U = \frac{v}{2} \quad (2.13)$$

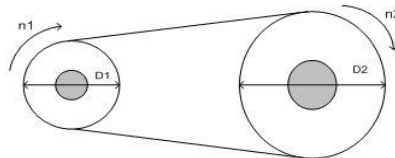
$$n = \frac{60s}{\text{min}} \frac{U}{\pi \cdot d_{out}}$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_1}{d_2} \quad (2.14)$$

Dengan :

- t = Jarak antar sudu (m)
- D_{in} = Diameter dalam kincir (m)
- N_{sd} = Jumlah sudu
- i = Jumlah sudu yang aktif
- q = Kapasitas air yang diterima tiap-tiap sudu (m^3/s)
- v = Kecepatan aliran air setelah melewati nozzle (m/s)
- dn = Diameter nozzle

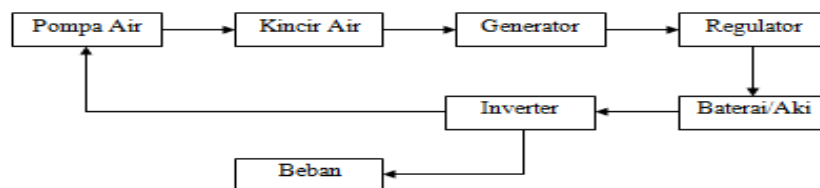
- U = Kecepatan tangensial kincir (m/s)
- n = Jumlah putaran kincir (rpm)
- d_{out} = Diameter luar kincir (m)
- $d1$ = diameter *pulley* pada penggerak (mm)
- $d2$ = diameter *pulley* yang digerakkan (mm)
- $n1$ = putaran penggerak (rpm)
- $n2$ = putaran *pulley* yang digerakkan (rpm)



Gambar 2. Sistem transmisi pada sabuk dan *pulley* (Sonawan, 2010)

III.METODE PENELITIAN

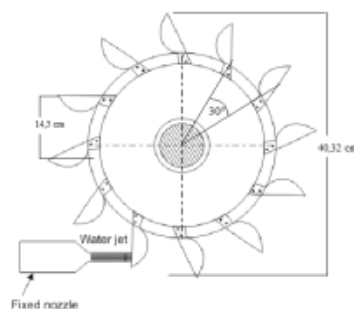
Proses pembangkit listrik alternatif skala rumah tangga menggunakan metode studi eksperimental, yang telah dirancang dimulai dari sistem *prime mover* kincir air yang digerakkan oleh aliran fluida yang berasal dari pompa air, terjadi energi berbentuk mekanis pada kincir air yang kemudian dikonversikan menjadi energi listrik pada generator kemudian tegangan yang dihasilkan generator distabilkan pada regulator yang kemudian diregulasi untuk pengisian baterai atau aki. Energi listrik yang tersimpan pada aki berupa tegangan arus DC kemudian diubah menjadi AC pada inverter untuk kemudian disuplay ke pompa air dan sebagian digunakan untuk beban.



Gambar 3. Diagram Blok Pembangkit Listrik Alternatif

A. Perencanaan Turbin Pelton

Perencanaan pembuatan turbin pelton meliputi diameter runner, bentuk sudu-sudu, jumlah sudu-sudu, dan jarak antar sudu-sudu.



Gambar 4. Model Turbin Pelton dengan 12 Sudu

Perencanaan model turbin pelton berbentuk kincir untuk pembangkit listrik alternatif dibuat dengan sudu berbentuk mangkuk setengah lingkaran berjumlah 12 sudu, dengan sudut 30° antar sudu, jarak antar sudu 14,5 cm; dan diameter runner 40,32 cm, diameter sudu-sudu 55 mm

B. Pompa

Pompa yang digunakan dalam simulasi pembangkit listrik alternatif adalah pompa sentrifugal. Pompa sentrifugal mempunyai *impeller* (baling-baling) untuk mengangkat zat cair dari tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi (Tahara, 2006)



Gambar 5. Pompa dan Bagan Aliran Fluida Didalam Pompa Sentrifugal (Tahara, 2006)

Pompa air *Panasonic* dengan tipe *6P-129JXK* 220 V, 125 Watt dengan debit 15 liter/menit atau 0,25 lt/dt, tinggi hisap 9 meter, D_1 pipa 19 mm, D_2 pipa 15 mm, panjang pipa 1870 mm serta diameter nozel 3 mm dan 1,5 mm

C. Pengujian

Tahapan dalam pengujian pembangkit listrik alternatif dengan memanfaatkan *prime mover* air yang dipompakan ini :

1. Mengisi bak penampungan air
2. Uji coba generator jenis generator magnet permanen yang telah di rancang menggunakan spul dan magnet sistem pengapian sepeda motor honda CB 100.
3. Mengkoppelkan rotor pada generator ke poros turbin air dengan menggunakan *pulley* dan belt.
4. Simulasi rancangan alat menggunakan listrik PLN.
5. Pengujian dengan pompa, mengarahkan air ke sudu-sudu pada turbin kemudian memutarakan *pulley* penggerak
6. Mengukur berapa kecepatan putaran pada *pulley* tersebut dengan menggunakan *Tachometer*.
7. Menkoppelkan *pulley* penggerak dengan *pulley* yang digerakan yaitu generator dengan memasang tali karet (*bealting*) dengan melakukan secara bergantian antara perbandingan *pulley* 2:5 dan *pulley* 1:4.
8. Mengukur rpm pada *pulley* penggerak dan *pulley* yang di gerakan secara bergantian antara rasio *pulley* 2:5 dan 1:4.
9. Mengukur kecepatan putaran (rpm) menggunakan tachometer dan mencatat hasil putaran *pulley* 1 dan *pulley* 2.

IV. HASIL DAN ANALISA

A. Perhitungan Parameter Turbin Pelton

Perhitungan parameter turbin *pelton* meliputi kapasitas air yang diterima turbin (q), kecepatan aliran setelah melewati nozel (v), kecepatan tangensial turbin (U), dan putaran turbin desain.

Kapasitas air yang diterima tiap sudu dengan $Q = 0,25$ lt/dt, persamaan 2.11

$$q = \frac{0,25 \text{ lt/dt}}{12}$$

$$q = 0,02 \text{ lt/dt}$$

Menghitung kecepatan aliran dengan menggunakan persamaan 2.12 setelah melewati nozel :

$$v = \frac{0,00025 \text{ m}^3/\text{dt}}{\frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,003^2}$$

$$v = 35,386 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Kecepatan tangensial turbin (U) :

$$U = \frac{35,386 \text{ m}^3/\text{dt}}{2}$$

$$U = 17,693 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Putaran Kincir (n) :

$$n = \frac{60 \times 17,693 \text{ m}^3/\text{dt}}{3,14 \times 0,403 \text{ m}}$$

$$n = 839,908 \text{ rpm}$$

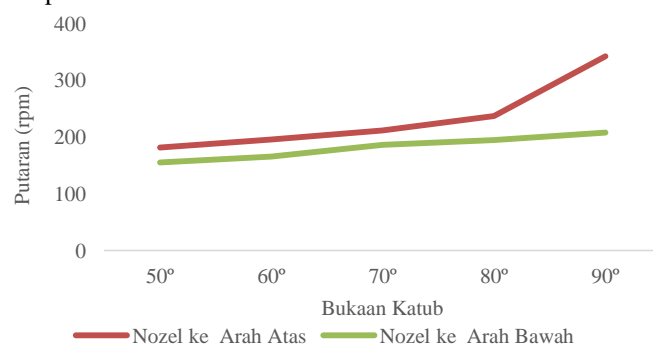
B. Pengujian Turbin

Pengujian yang telah dilakukan menggunakan air pada reservoir penampung yang dipompakan menuju turbin Pelton. Pengukuran kecepatan putar menggunakan tachometer, dan katup pengatur tekanan fluida divariasikan dengan sudut yang berbeda sehingga dihasilkan kecepatan putaran kincir (rpm) yang bervariasi pada turbin 12 sudu pada penempatan posisi nosel yang berbedasebagaimana pada Tabel 1. Pengujian juga dilakukan dengan arah nosel keatas dan kebawah untuk mendapatkan putaran turbin terbaik.

Tabel 1. Hasil pengujian hubungan bukaan katup, arah nosel terhadap putaran turbin Pelton

Jumlah Sudu	Bukaan Katup (X)	Putaran Turbin (rpm)	
		Nozel ke Arah Atas	Nozel ke Arah Bawah
12	50°	182	155
	60°	196	165,8
	70°	212	185,9
	80°	237	194,8
	90°	342	208,1

Hasil pengujian mendapatkan bahwa berpengaruh terhadap putaran turbin, nosel yang diarahkan keatas putarannya lebih baik dengan selisih maksimum 39,52% atau 133,9 rpm. Pertambahan bukaan katup 50° - 90° mendapatkan pertambahan putaran turbin, atau semakin besar sudut katup putaran kincir menjadi lebih tinggi. Putaran yang dihasil pada pengujian ini masih lebih rendah dibandingkan dengan putaran desain (parameter) turbin Pelton yaitu 839,908 rpm.



Gambar 6. Grafik pengujian hubungan bukaan katup, arah nosel terhadap putaran turbin Pelton

Variasi *pulley* yang dikopel dengan generator dengan perbandingan *pulley* 1:4 dan 2:5 dapat meningkatkan putaran generator. Secara teoritis perbandingan *pulley* penggerak (n_1) dan *pulley* yang digerakkan (n_2) pada alat ini sangat penting karena bisa menentukan perbandingan kenaikan putaran akhir (n_2). Dalam menentukan pemilihan ukuran diameter *pulley* harus memperhatikan rpm yang dibutuhkan generator untuk bisa menghasilkan putaran maksimal sehingga putaran generator menghasilkan tegangan yang maksimal.

Berdasarkan data pengukuran kecepatan putaran turbin Peton 126 rpm, bukaan katub 50° dan rasio perbandingan *pulley* $n_1 : n_2 = 2:5$ atau $d_1 = 76 \text{ mm}$, $d_2 = 203 \text{ mm}$, dapat ditentukan putaran generator sebagai berikut :

$$n_{\text{generator}} = 126 \text{ rpm} \times \frac{203 \text{ mm}}{76 \text{ mm}}$$

$$n_{\text{generator}} = 336 \text{ rpm}$$

Peningkatan putaran generator dengan rasio perbandingan *pulley* 2 : 5 sebesar 260,67 % atau putaran turbin pelton awal pengujian 126 rpm mampu dinaikkan menjadi 336 rpm pada putaran generatornya.

Putaran turbin Pelton sebesar 105,8 rpm, bukaan katub 50° dan rasio *pulley* $n_1 : n_2 = 1 : 4$ atau $d_1 = 76 \text{ mm}$, $d_2 = 305 \text{ mm}$, maka putaran yang mampu dihasil pada generator

$$n_{\text{generator}} = 105,8 \text{ rpm} \times \frac{305 \text{ mm}}{76 \text{ mm}}$$

$$n_{\text{generator}} = 424,5 \text{ rpm}$$

Peningkatan putaran generator sebesar 4 kali lipat dari rpm awal yaitu 105,8 rpm naik menjadi 424,5 rpm atau 400% yang dipengaruhi oleh rasio perbandingan *pulley* 1 : 4, secara terperinci hasil perhitungan dengan perbandingan *pulley* ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hubungan antara rasio *pulley* terhadap rpm kincir

No	Rasio <i>Pulley</i>	Bukaan Katup (X)	Putaran Kincir (rpm)	
			Kincir (n_1)	Generator (n_2)
1	2 : 5	50°	126	336
		60°	165,8	423,9
		70°	188,3	534
		80°	194,8	552,9
		90°	212,1	589,2
2	1 : 4	50°	105,8	424,5
		60°	126,4	503
		70°	177	678
		80°	208	782,1
		90°	243	902,2

V. KESIMPULAN

Kesimpulan dari perhitungan dan analisa pemanfaatan aliran air sebagai *prime over* pembangkit listrik alternative skala rumah tangga, penambahan sudut nozel l dengan arah keatas mampu menambah putaran turbin hingga 39,52%. Peningkatan putaran generator berbanding lurus terhadap rasio *pulley*, dengan rasio *pulley* 1 : 4, sudut 90° mampu menghasilkan putaran 902,2 rpm. Memperhatikan tipe dan jenis pompa yang digunakan sangat penting untuk perancangan pembangkit listrik alternatif ini, karena debit air yang dipompakan berpengaruh terhadap putaran turbin dan putaran akhir pada generator.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2010). *Micro Hydro Power : A Guide to Small-Scale Water Power Systems*, ABS Alaskan
- Arismunandar, W. (1982). *Penggerak Mula Turbin*. Bandung: ITB.
- Kamal, S., & Prajitno, P. (2013). *Evaluasi Unjuk Kerja Turbin Air Pelton Terbuat Dari Kayu Dan Bambu Sebagai Pembangkit Listrik Ramah Lingkungan Untuk Pedesaan (Performance Evaluation of Hydraulic Pelton Turbine Made of Wood and Bamboo as Environmentally Friendly Electric Generation)*. Jurnal Manusia dan Lingkungan, 20(2), 190-198
- Knutsson, E., & Mårtensson, A. (1980). Dynamic motor capacity in spastic paresis and its relation to prime mover dysfunction, spastic reflexes and antagonist co-activation. *Scandinavian journal of rehabilitation medicine*, 12(3), 93-106
- Nasional, D. E. (2014). *Outlook Energi Indonesia 2014*. Jakarta: Dewan Energi Nasional.
- Purnama, A. C., Hantoro, R., & Nugroho, G. (2013). *Rancang bangun turbin air sungai poros vertikal tipe Savonius dengan menggunakan pemandu arah aliran*. Jurnal Teknik ITS, 2(2), B278-B282.
- Sonawan, H. (2010). *Perancangan Elemen Mesin*. Alfabeta.
- Tahara, H., & Sularso, P. (2006). *Kompresor: Pemilihan, Pemakaian, dan Pemeliharaan*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.