

# Karakteristik Daya Turbin Pelton Skala Mikro Dengan Variasi Perbandingan Jumlah Sudu dan Sudut Sudu

Halim Rivardi Thamrin<sup>1</sup>, Antonius FA Silaen<sup>2</sup>, Putra Bismantolo<sup>3</sup>

## Abstract

Pelton turbines are widely used for micro scale power plants, this research aims to study the performance of pelton turbines with blades from L bow paralon material used for power generation. The equipment used is a pelton turbine, turbine blade is made of paralon material with a width of 2.5 cm and a length of 8 cm and a height of 1.25 cm. runner diameter is 35 cm with a number of 8 blades and 16 blades. The study was carried out by varying the number of blades and the angle of blades and the flow rate with pump pressure with a slope angle of 750 and 900 and water pressure of 0.9 bar, 1.5 bar and 1.8 bar. To produce electricity, the turbine is connected to the alternator, the measurement of the power generated by the turbine is done by measuring the voltage and current generated by the generator. Pelton turbine with 8 blades with 1.8 bar pump pressure with 750 blades produces 7,343 watts of power with an efficiency of 87.18%, at an angle of 900 produces 7,06 watts of power and an efficiency of 89.11%. On the 16 blades with a pressure of 1.8 bar with an angle of 750 produces a power of 7.7448 watts with an efficiency of 91.98% and at a blade angle of 900 the power produced is 7.886 watts with an efficiency of 93.62%. So the greater the pump pressure and the greater the number of blades and blades, the greater the power and rotation of the turbine produced.

**Keywords:** Pelton turbine, blade turbine.

## Pendahuluan

Kebutuhan energi listrik semakin lama semakin meningkat, berbagai upaya dan penelitian terus dilakukan baik dengan mencari potensi energi baru ataupun dengan mengembangkan pembangkit yang sudah ada. Potensi mikrohidro di Indonesia diperkirakan sebesar 500 MW, Saat ini kapasitas terpasang PLTMH hanya 65,76 MW, kurang dari 9% Pemanfaatan potensi tenaga mikrohidro dikenal dengan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Untuk provinsi Bengkulu telah memiliki pembangkit listrik tenaga Air (PLTA) Musi di Kabupaten Kepahiang dengan kapasitas pembangkit dengan daya 210 MW, namun Bengkulu sebagai tuan rumah hanya dapat jatah 35 MW. Pada tahun 2018 Bengkulu telah mendirikan Pembangkit Listrik Tenaga Uap yang akan beroperasi mulai pada tahun 2020.

Karena sebagian besar listrik yang di hasilkan pada pembangkit listrik Musi untuk memasok kebutuhan berbagai daerah di Sumatera bagian selatan, maka dari itu pemerintah daerah kini terus berupaya mencari terobosan guna untuk mencukupi kebutuhan listrik diprovinsi Bengkulu terkhususnya untuk perdesaan yang terpencil yang jauh untuk dijangkau PLN.

## 1. Definisi Turbin Air Secara Umum

Turbin air adalah turbin dengan media kerjanya dipengaruhi oleh energi kinetik air. Secara umum turbin air merupakan alat untuk mengubah energi kinetik menjadi energi mekanik. Kemudian energi mekanik tersebut di ubah menjadi energi listrik, dalam suatu pembangkit listrik, kincir air atau sudu merupakan salah satu peralatan utama selain generator. Mesin turbin yang

<sup>1</sup> Mahasiswa Fak. Teknik Prodi Teknik Mesin Universitas Prof. Dr. Hazairin SH Bengkulu  
<sup>2</sup> Dosen Fak. Teknik Prodi Teknik Mesin Universitas Prof. Dr. Hazairin SH Bengkulu  
Majalah Teknik Simes Vol.14 No.1 Januari 2020

paling sederhana terdiri dari sebuah bagian yang berputar disebut rotor, yang terdiri atas sebuah poros/shaft dengan sudu-sudu atau blade yang terpasang disekelilingnya. Rotor tersebut berputar akibat dari tekanan aliran fluida terhadap sudu turbin tersebut. (Arif, 2011)

## **2. Dasar Teori Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro**

Gambaran Umum Mikrohidro Air merupakan salah satu sumber energi yang terbarukan yang sudah sejak lama dipergunakan. Pada dasarnya, air memiliki energi potensial. Pada air jatuh dan energi kinetik pada air mengalir. Pada zaman dulu, air diaplikasikan sebagai alat pemutar kincir air yang digunakan untuk penggilingan dan penggergajian. Dengan berkembangnya teknologi, air sudah dipergunakan sebagai penghasil energi mekanis dan energi listrik. Tenaga air ialah energi yang diperoleh dari air mengalir dengan mengubah energi potensial air menjadi (energi mekanik tersebut dihasilkan dari konversi energi potensial akibat air yang mengalir dari sebuah ketinggian tertentu menuju ke daerah yang lebih rendah) yang dimanfaatkan untuk memutar turbin air, kemudian memutar generator sehingga menghasilkan energi listrik. Mikrohidro ialah pembangkit listrik tenaga air dalam skala kecil.

## **3. Turbin Pelton**

Turbin Pelton merupakan salah satu jenis turbin air yang memanfaatkan energi potensial air menjadi energi mekanik dan diteruskan menjadi energi listrik bertenaga air, bentuk sudu turbin terdiri dari satu mangkok yang di ujungnya sedikit terbelah dengan tujuan untuk memecah pancaran air agar tak berbalik. Sudu dibentuk sedemikian sehingga pancaran air akan mengenai tengah-tengah sudu dan pancaran air tersebut akan berbelok ke kedua arah sehingga pancaran air terarah dengan baik dan mengurangi gaya-gaya yang timbul dari sisi samping sudu. Untuk turbin dengan daya yang besar, sistem penyemprotan airnya dibagi lewat

beberapa nozel. Dengan demikian diameter pancaran air bisa diperkecil dan diperbesar sesuai pada mangkok sudu lebih kecil atau besar di gunakan. (Muchlis, 2012).

## **4. Prinsip Kerja Turbin Pelton**

Prinsip kerja turbin pelton adalah mengkonversi energi potensial air menjadi energi mekanik digunakan memutar generator listrik. Air yang telah ditampung berada pada bak penampung, dihisap oleh pompa air dimana pompa berfungsi untuk menghisap dan memberikan tekanan tinggi untuk dialirkan ke sudu-sudu turbin. Namun aliran air tidak langsung mengarah ke sudu turbin melainkan harus melewati pipa-pipa saluran yang telah diberi keran buka tutup sehingga laju aliran air dapat ditentukan sesuai dengan yang dibutuhkan. Kemudian keran-keran tersebut terhubung terhadap saluran nozel dimana nozel berfungsi sebagai pemancar air yang dipancarkan langsung ke arah sudu turbin sehingga sudu turbin berputar. Pada sudu-sudu turbin, energi aliran air diubah menjadi energi mekanik yaitu putaran runner turbin. Apabila runner turbin dihubungkan dengan poros generator listrik, maka energi mekanik putaran runner turbin diubah menjadi energi listrik pada generator. Kemudian air yang telah tersembur melalui nozel untuk memutar sudu turbin kembali jatuh kedalam bak penampung untuk kembali ke tanap awal maka terjadilah sirkulasi. (Muchlis, 2012).

## **5. Karakteristik Turbin Pelton**

Suatu mesin selalu di disain untuk bekerja dibawah kondisi yang diizinkan. Suatu turbin mungkin di disain untuk beberapa faktor penting seperti head (H), debit aliran (Q), putaran (n) dan daya (P), tetapi dalam prakteknya mungkin harus bekerja pada kondisi yang berbeda dari kondisi disainnya. Ukuran-ukuran utama turbin pelton adalah diameter lingkaran sudu yang kena pancaran air, disingkat diameter lingkaran pancar dan diameter pancaran air ke sudu turbin untuk

mempercepat putaran turbin diperbanyak jumlah sudu-sudu turbin. (Daryanto, 2011).

**a. Tinggi Jatuh Air (H)**

Tinggi jatuh air total diambil dari selisih tinggi permukaan air di kolam tando dengan tinggi air dipembuangan. Pengaruh tinggi jatuh air (H) terhadap parameter lain turbin pelton adalah :

- Berbanding lurus dengan daya teoritis (Pt).
- Berbanding lurus dengan daya efektif (Pe).
- Hampir tidak berpengaruh terhadap efisiensi.

**b. Debit Aliran (Q)**

Debit aliran adalah jumlah air yang mengalir melalui turbin dalam m<sup>3</sup>/det.

.....(Muchlis, 2012) hal 7

Keterangan :

Q = Debit Aliran (m<sup>3</sup>/s)

V = Volume (m<sup>3</sup>)

t = Waktu (s)

**c. Kecepatan Putaran (n)**

Kecepatan poros turbin (dalam rpm) harus disesuaikan dengan kecepatan generator yang akan dibangkitkannya. Pengaruh putaran (n) terhadap parameter lain turbin pelton adalah :

- Tidak berpengaruh terhadap daya teoritis (Pt).
- Mempengaruhi daya efektif (Pe) dalam bentuk parabola sampai mencapai harga nol.
- Mempengaruhi efisiensi total (ηt)
- Tidak mempengaruhi terhadap debit aliran (Q).

**d. Kecepatan Spesifik Turbin :**

$$Nq = n \frac{\sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

Keterangan :

Nq : Kecepatan Spesifik (rpm)

n : Putaran Turbin (rpm)

H : Tinggi Jatuh Air (m)

Q : Debit Aliran (m<sup>3</sup>/s)

**e. Kecepatan Keliling Turbin**

$$U = \frac{\pi \times D \times n}{60}$$

Keterangan :

U : Kecepatan keliling Turbin (m/s)

D : Diameter turbin (cm)

n : Putaran turbin (rpm)

π : 3,14

**f. Kecepatan Keliling Runner**

Kecepatan keliling runner dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$U_1 = K_u (2 \times g \times H_n)^{1/2}$$

Keterangan :

U<sub>1</sub> : Kecepatan keliling optimal (m/s)

K<sub>u</sub> : Koefisien 0.45 – 0.49

g : Percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

H<sub>n</sub> : Tinggi jatuh efektif (m)

**g. Kecepatan Pancara Nozzel**

Untuk mengetahui kecepatan pancara air dari nozzel, dapat dihitung dengan persamaan :

$$v = \frac{Q}{A}$$

Keterangan :

v : kecepatan pancaran air (m/s)

Q : debit aliran (m<sup>3</sup>/s)

A : luas penampang nozzel (mm<sup>2</sup>)

**h. Daya yang tersedia (P<sub>in</sub>)**

Dari Kapasitas air dan tinggi air jatuh dapat diperoleh daya yang dihasilkan turbin yakni :

$$P_{in} = Q \times \rho \times g \times p$$

Keterangan :

P<sub>in</sub> : daya yang tersedia (watt)

Q : Debit aliran (m<sup>3</sup>/s)

ρ : massa jenis air (kg/m<sup>3</sup>)

g : percepatan gravitas (m/s<sup>2</sup>)

p : Tekanan Pompa (bar)

**f. Daya yang dihasilkan turbin (P<sub>out</sub>)**

Besar daya yang akan dibangkitkan juga menentukan jenis turbin yang digunakan, dimana 1 KW = 1,36 HP. Cara mengukur daya turbin yang dihasilkan dapat menggunakan persamaan :

$$P_{out} = V \times I$$

Keterangan :

P<sub>out</sub> : Daya yang dihasilkan Turbin (Watt)

V : Tegangan (Volt)

I : Arus (Amper)

**g. Efisiensi Turbin**

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

Keterangan :

$\eta$  : Efisiensi yang dihasilkan turbin (%)

$P_{out}$  : daya yang dihasilkan turbin (watt)

$P_{in}$  : daya yang tersedia (watt)

### Metodologi Penelitian

Turbin yang sudah dirancang dan dibuat kemudian di uji unjuk mengetahui unjuk kerja dan efisiensi dari turbin. Sebelum pelaksanaan pengujian dilakukan terlebih dahulu pengukuran kecepatan aliran air, diman tempat penelitian turbin dilakukan dengan cara pengujian skala laboratorium dengan tanpa beban maupun dengan beban untuk mengetahui putaran turbin, dan daya listrik yang dihasilkan generator.

Untuk menguji turbin pelton dengan 16 sudu yang diuji menggunakan jet pump dengan kecepatan aliran fluida yang konstan, sehingga penelitian dilakukan dengan mengatur sudu sudu turbin dengan posisi sudut yaitu  $90^{\circ}$  dan  $75^{\circ}$  dan mengatur jumlah sudu turbin menjadi 8 sudu dan pengujian yang sama dengan mengatur sudut sudu turbin yang proses pengambilan data dilakukan sebanyak 3 kali setiap variasi sudu 16 ke sudu 8 dan perubahan sudut kemiringan sudunya. Setelah data-data sudah didapat baik primer maupun sekunder adalah pembahasan mengenai daya yang dihasilkan dari pengujian turbin.

### Hasil dan Pembahasan Pengujian Turbin

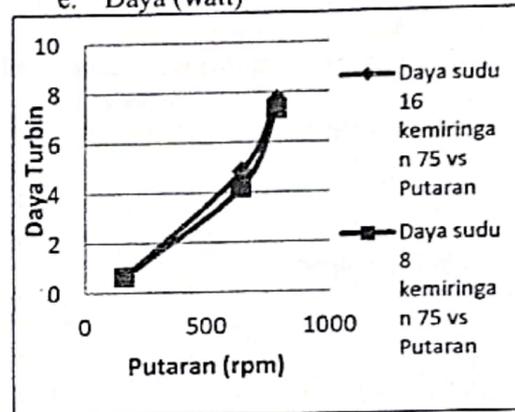
Pengujian turbin dilakukan untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan dalam mengetahui kinerja turbin agar dapat digunakan untuk memperoleh efisiensi yang optimal. Pengujian dilakukan dengan pengukuran kecepatan putaran turbin (rpm) Debit aliran air dan daya turbin (watt), selanjutnya pengujian

turbin pelton dengan merubah sudut sudu  $90^{\circ}$  menjadi  $75^{\circ}$ .

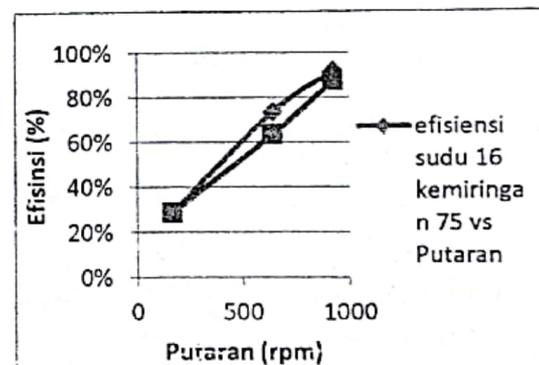
### Variabel Penelitian

Data yang harus di dapat pada pengujian adalah data primer karna langsung diambil saat pengujian dilapangan data tersebut antara lain:

- Debit aliran air ( $Q = m^3/s$ )
- Putaran poros turbin ( $n = rpm$ )
- Tengangan listrik (volt)
- Arus listrik (amper)
- Daya (watt)



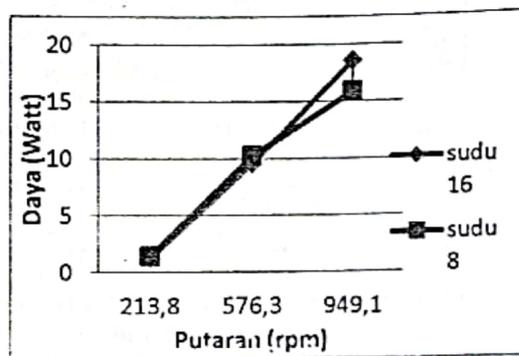
Gambar 1. Grafik Daya pada sudu 16 dan sudu 8 pada kemiringan sudut  $75^{\circ}$



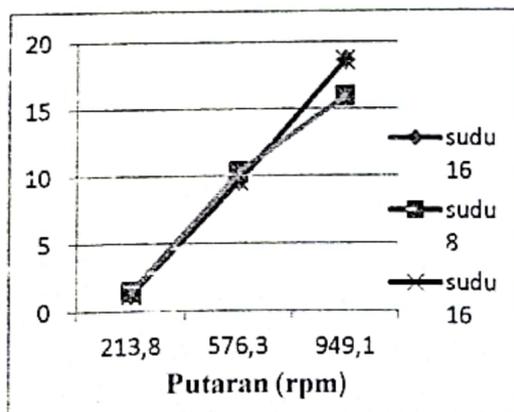
Gambar 2. Grafik Efisiensi pada sudu 16 dan sudu 8 pada kemiringan sudut  $75^{\circ}$

Dari grafik diatas dapat dilihat hasil perbandingan daya yang dihasilkan oleh turbin pelton menggunakan sudu 16 dan sudu 8 dengan sudut  $75^{\circ}$ , pada sudu 16 dapat menghasilkan daya terbaik sebesar 7,748 Watt dengan putaran

turbin. Sedangkan pada sudut 8 dapat menghasilkan daya terbaik sebesar 7,343 Watt jadi perbandingan daya yang dihasilkan dari 2 variasi jumlah sudut tersebut sebesar 0,405 Watt atau sebesar 4,8 %. Pada grafik 4.10 dapat dilihat perbandingan efisiensi yang dihasilkan turbin pelton pada sudut 16 dan sudut 8, efisiensi yang terbaik dihasilkan dari sudut 16 yang terbaik sebesar 91,98 %. Sedangkan efisiensi yang terbaik yang dihasilkan dari sudut 8 sebesar 87,18 % jadi perbandingan jumlah sudut pada turbin pelton mengakibatkan perbandingan efisiensi sebesar 48 %.



Gambar 3. Grafik Daya pada sudut 16 dan sudut 8 pada kemiringan sudut  $90^{\circ}$



Gambar 4. Grafik Daya pada sudut 16 dan sudut 8 pada kemiringan sudut  $90^{\circ}$

Dari grafik diatas kita dapat lihat perbandingan daya yang dihasilkan turbin pelton pada sudut 16 dengan

kemiringan sudut  $90^{\circ}$  menghasilkan daya terbaik sebesar 7,886 Watt, sedangkan pada sudut 8 dengan kemiringan yang sama menghasilkan daya terbaik sebesar 7,506 Watt. Jadi selisih jumlah sudut mengakibatkan perbandingan daya sebesar 0,38 Watt atau sebesar 4,51 %. Pada grafik 4.12 dapat dilihat bagaimana perbandingan efisiensi yang dihasilkan turbin dengan sudut 16 dan sudut 8 dengan kemiringan  $75^{\circ}$ , pada turbin sudut 16 menghasilkan efisiensi terbaik sebesar 91,98% dan pada turbin sudut 8 menghasilkan efisiensi terbaik sebesar 87,18 % jadi perbandingan jumlah sudut 16 dengan sudut 8 menghasilkan perbandingan efisiensi sebesar 4,8 %.

Pada runner sudut 16 dengan perubahan kemiringan sudut turbin dari  $90^{\circ}$  menghasilkan daya sebesar 7,886 Watt dengan efisiensi 93,62 % menjadi sudut sudut  $75^{\circ}$  menghasilkan daya sebesar 7,748 Watt dan efisiensi 91,98 % perbandingan sudut menghasilkan daya sebesar 0,138 Watt dan efisiensi sebesar 1,64 %. Pada runner sudut 8 dengan perubahan kemiringan sudut sudut dari  $90^{\circ}$  menghasilkan daya sebesar 7,506 Watt dan efisiensi 89,11 % menjadi  $75^{\circ}$  menghasilkan daya 7,343 Watt dan efisiensi 87,18 % perbandingan sudut sudut menghasilkan daya sebesar 0,163 Watt dan efisiensi sebesar 1,93 %. Dari sudut 16 daya yang paling baik dihasilkan pada sudut sudut  $90^{\circ}$  jadi semakin besar kemiringan sudut semakin meningkatnya daya yang dihasilkan oleh turbin, sedangkan pada sudut 8 daya yang paling baik dihasilkan pada kemiringan sudut sudut  $90^{\circ}$  jadi pada sudut 8 semakin besar kemiringan sudut sudut semakin meningkat daya yang dihasilkan. Dan semakin besar daya yang dihasilkan semakin besar efisiensi dari turbin tersebut.

### Kesimpulan

Dari hasil penelitian Turbin Pelton, dengan variasi pengambilan data berupa debit aliran air, tekanan nozel,

jumlah sudu, dan daya listrik yang dihasilkan. Maka dapat disimpulkan :

- a. Daya tertinggi diperoleh ketika melakukan penelitian dengan jumlah sudu 16 dan dengan sudut  $90^{\circ}$  yaitu sebesar 7,886 Watt dan efisiensi terbaik 93,62 % dan jumlah pada sudu 8. perubahan sudut sudu dari  $75^{\circ}$  menjadi  $90^{\circ}$  menaikkan daya sebesar 0,163 Watt dan efisiensi sebesar 1,93%.
- b. Pada runner jumlah sudu 16, perubahan sudut sudu dari  $75^{\circ}$  menjadi  $90^{\circ}$  menaikkan daya sebesar 0,138 Watt dan efisiensi sebesar 1,64 %.
- c. Pada runner Perbandingan jumlah sudu 8 menjadi sudu 16 dengan sudut  $75^{\circ}$  mengakibatkan perbandingan daya sebesar 0,405 Watt dan efisiensi 4,8 %. Dan jumlah sudu 8 menjadi sudu 16 dengan sudut  $90^{\circ}$  mengakibatkan perbandingan daya sebesar 0,38 Watt dan efisiensi 4,51 %.
- d. Dari hasil penelitian yang dilakukan didapat bahwa semakin rapat jumlah sudu dan semakin besar tingkat kemiringan sudu turbin maka semakin besar daya yang dihasilkan oleh generator.
- e. Semakin besar tekanan fluida maka semakin besar daya dan efisiensi yang dihasilkan dari turbin.

#### Saran

Beberapa saran yang harus diperhatikan dalam penelitian pada bidang sejenis dengan penelitian ini atau yang ingin mengembangkan penelitian ini :

- a. Dalam pembuatan sudu hendaknya dibuat dengan ukuran yang presisi agar kinerja dari sudu menjadi lebih maksimal.
- b. Dalam pengeboran lubang baut pada runner sebaiknya harus dilakukan pengukuran terlebih dahulu.
- c. Turbin ini perlu dikembangkan lebih lanjut mengingat masi banyak kekurangan dalam proses pembuatan

karna kendala alat dan bahan yang digunakan masin banyak yang kurang.

- d. Debit aliran sebisa mungkin menghasilkan tekanan yang stabil.
- e. Saluran air sebaiknya menggunakan pipa yang tahan dengan tekanan tinggi.

#### Daftar Pustaka

Arif, W. Y. (2011). Pembangkit Listrik Mikrohidro Menggunakan Turbin Pelton Dengan Jumlah Sudu 16 dan 18. *Mesin Konversi Energi*, 6-7.

Arif, W. Y. (2011). *Pembangkit Listrik Mikrohidro Menggunakan Turbin Pelton Dengan Jumlah Sudu 16 Dan 18*. Yogyakarta: Universitas Sanarta Dharma.

Astu, P., & Djati, N. (2013). *Mesin Konversi Energi Edisi III*. Yogyakarta: FL. Sigit Suyantoro. blogger. (2013, 07 3).

<http://ridomanik.blogspot.com/2013/07/turbin-air.htm>. Retrieved 06 11, 2019, from Dunia Mesin:

<http://ridomanik.blogspot.com/2013/07/turbin-air.html> Daryanto. (2011). *Teknik Konversi Energi*. Bandung: PT.

SARANA TUTORIAL NURANI SEJAHTERA.

[https://id.wikipedia.org/wiki/Turbin\\_angin](https://id.wikipedia.org/wiki/Turbin_angin). (2015, Juli 21). Retrieved November 25, 2018, from Wikipedia: [https://id.wikipedia.org/wiki/Turbin\\_angin](https://id.wikipedia.org/wiki/Turbin_angin) Muchlis. (2012). Model Sudu Dan Nozel Pada Turbin Pelton Sebagai Pembangkit Listrik Mikrohidro. *Manfaat Ilmu*, 5-5.

Wikimedia. (2018, November 21). [https://id.wikipedia.org/wiki/Pembangkit\\_listrik\\_tenaga\\_surya](https://id.wikipedia.org/wiki/Pembangkit_listrik_tenaga_surya). Retrieved Februari 2, 2019, from Wikipedia: [https://id.wikipedia.org/wiki/Pembangkit\\_listrik\\_tenaga\\_surya](https://id.wikipedia.org/wiki/Pembangkit_listrik_tenaga_surya)

Dietzel, Fritz, 1996, Turbin Pompa dan  
Kompresor, Cetakan Ke-5, Penerbit  
Erlangga, Jakarta.