

Analisa Pengaruh Variasi Perbandingan Roda Gigi Transmisi Untuk Memaksimalkan Daya Listrik Pada Turbin Angin Savonius Bertingkat

Rizky Firmansyah Yunianto

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Malang

Jln. MT Hariyono 193 Malang 65144 Phone (0341) 581734

ABSTRAK

Sejalan dengan peningkatan pertumbuhan ekonomi dunia. Maka, pemakaian energi juga akan mengalami peningkatan, terutamanya pada kebutuhan energi listrik. Dengan semakin banyaknya kebutuhan akan energi listrik ini akan berdampak buruk jika tidak adanya sumber energi baru yang bisa dipakai untuk mensuplai energi listrik tersebut. Dalam hal ini energi angin memiliki potensi untuk dijadikan pembangkit listrik. Angin adalah udara yang bergerak karena adanya perbedaan suhu udara. Tenaga angin bisa sangat besar dan keberadaannya angin terus ada dan bisa menjadi salah satu solusi untuk memenuhi kebutuhan energi listrik. Untuk mengkonversi energi angin menjadi energi listrik kita perlu sebuah alat yang dinamakan turbin angin. Turbin angin sendiri adalah suatu alat yang memanfaatkan daya dorong angin untuk bergerak sehingga menghasilkan energi listrik. Turbin angin sendiri dibagi menjadi 2 yaitu: turbin angin poros horisontal dan turbin angin poros vertikal. Cara kerja dari turbin angin mengkonversi energi angin menjadi energi listrik adalah ketika angin berhembus turbin angin dipasang pada arah aliran angin sehingga angin menabrak sudu - sudu turbin angin sehingga turbin angin berputar, kemudian putaran tersebut dari turbin angin diteruskan ke generator dan dari generator untuk diubah menjadi energi listrik. Guna untuk memenuhi kebutuhan energi listrik maka dilakukannya penelitian tentang pengaruh variasi perbandingan roda gigi transmisi untuk memaksimalkan daya listrik pada turbin angin savonius bertingkat. Penelitian ini dilakukan dengan jalan eksperimental yaitu melihat secara langsung bagai mana pengaruh perbandingan roda gigi transmisi untuk memaksimalkan daya listriknya. Menggunakan 3 variasi dengan perbandingan 2 kali 4 kali 6 kali . Dari hasil penelitian variasi 2 kali variasi perbandingan roda gigi menghasilkan putaran poros sebesar:

523,66 rpm. Sedangkan putaran poros terendah terjadi pada variasi 6 kali perbandingan roda gigi sebesar 84,6 rpm.

ABSTRAK

In line with the increase in the world of economic development. Thus, energy consumption will also increase, particularly in the electrical energy needs. With the more demand for electrical energy will have a negative impact in the absence of new sources of energy that can be used to supply the electrical energy. In this case the wind energy has the potential to be used as a power plant. Wind is moving air because of differences in air temperature. Wind power can be very large and the wind continued presence there and could be one solution to meet the electricity needs. To convert wind energy into electrical energy we need a tool called a wind turbine. The wind turbine itself is a tool that utilizes the driving force for moving the wind to generate electricity. The wind turbine itself is divided into two, namely: horizontal axis wind turbines and vertical axis wind turbines.

The workings of wind turbines convert wind energy into electrical energy is when the wind blows the wind turbines installed in the flow direction of the wind so that the wind hit the blades - wind turbine blades so that the wind turbine rotates, and the rotation of the wind turbine is passed to the generator and the generator to be converted into electrical energy. In order to meet the electricity needs then do research on the effect of variations in transmission gear ratio to maximize power at wind turbine Savonius-rise. This research was conducted with an experimental way that is viewed directly like where the influence of the transmission gear ratio to maximize its power. Using three variations with a ratio of 2 times 4 times 6 times. From the research variation 2 times the gear ratio variation produces shaft rotation at: 523.66 rpm. While the lowest occurred shaft speed variations of 6 times the gear ratio of 84.6 rpm.

1. PENDAHULUAN

Dewasa ini pertumbuhan
ekonomi di dunia berkembang

semakin pesat. Maka, pemakaian energi juga akan mengalami peningkatan. Baik di lingkungan masyarakat dan industri. Berbanding terbalik dengan pertumbuhan ekonomi sumber energi fosil lama kelamaan akan habis, karena sumberdaya energi fosil adalah salah satu sumber daya energi tak terbarukan. Oleh karena itu bagaimana cara kita untuk memenuhi kebutuhan energi, terutamanya kebutuhan energi listrik.(Andy,2016)

2.

Tidak dapat dipungkiri lagi bahwasanya kita tidak bisa lepas dari energi listrik. dalam kehidupan sehari - hari manusia tak lepas dari energi listrik. Dalam dunia industri semua bagian yang ada di industri tersebut memerlukan energi listrik yang cukup besar. Selama ini energi listrik didapat dari pembangkit listrik tenaga uap, air, gas alam, angin. Saat ini pembangkit listrik tenaga uap, air, kepulauan yang memiliki sekitar 17.500 pulau dengan panjang garis pantai lebih dari 81.290 km. Indonesia memiliki potensi energy angin yang sangat besar yaitu sekitar

dan gas alam yang paling banyak. Sementara itu untuk pembangkit listrik tenaga uap memerlukan batubara sebagai bahan bakarnya, untuk pembangkit listrik tenaga gas alam memanfaatkan gas yang ada dalam perut bumi sebagai sumber energinya, kedua pembangkit tersebut menggunakan energi fosil. Jika kita tetap memakai energi tak terbarukan lama kelamaan kebutuhan energi tak akan terpenuhi.

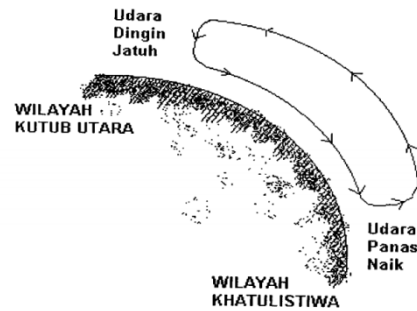
3.

Dengan semakin banyaknya kebutuhan energi listrik, kita harus memutar otak untuk menemukan sumber energi baru untuk memenuhi kebutuhan listrik. Angin, dalam hal ini sangat berpotensi untuk dijadikan pembangkit listrik. Energi angin merupakan sumber daya yang dapat diperoleh secara cuma – cuma yang jumlahnya melimpah dan tersedia terus – menerus sepanjang tahun. Indonesia merupakan Negara

9,3 GW dan total kapasitas yang baru terpasang saat ini sekitar 0,5 MW (Daryanto, 2007)

4.

Meskipun penelitian tentang turbin angin sudah banyak, diharapkan penelitian ini dapat menjadi variasi penelitian terdahulu dan acuan dalam penelitian berikutnya. Dalam hal ini penulis akan meneliti pengaruh variasi induksi gigi transmisi pada turbin savonius bertingkat untuk mencari daya listrik yang optimal pada generator. Dengan memvariasi perbedaan perbandingan roda gigi transmisi, transmisi langsung, 2 kali, 4 kali, 6 kali perbandingan roda gigi.



Gambar 2.1 skema terjadinya angin: Di daerah dingin udara jatuh, Di daerah panas udara naik. (Kadir,1987)

2. Tjauan Pustaka

2.1 Angin

Pada asanya angin bergerak karena adanya perbedaan suhu antara udara panas dengan udara dingin

2.2 Tenaga Angin

Tenaga angin adalah sumber daya terpenting setelah tenaga uap dan tenaga air. Berdasarkan data dari WWEA (World Wind Energi Association), sampai dengan tahun 2007 perkiraan energi listrik yang dihasilkan oleh turbin angin mencapai 93,85 giga watt

2.3 Turbin

Turbin adalah mesin penggerak dimana energi fluida kerja dipergunakan langsung untuk memutar turbin, pada turbin yang berputar dinamakan rotor atau roda turbin, sedangkan bagian yang

tidak berputar dinamakan stator atau rumah turbin.

Berdasarkan bentuk rotor, turbin angin dibagi menjadi dua tipr, yaitu turbin angin sumbu mendatar (horinzontal axis wind turbin) dan turbin angin sumbu tegak (vertical axis wind turbin). (Daryanto, 2007)

Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT) merupakan turbin yang poros utamanya berputar menyesuaikan arah angin

Vertical Axiz Wind Turbine (VAWT) merupakan turbin angin sumbu tegak yang gerakan poros dan rotor sejajar dengan arah angin, sehingga rotor dapat berputar pada semua arah angin.

2.4 Mekanika fluida

Mekanika fluida merupakan cabang dari mekanika terapan yang berkenaan dengan tingkah laku fluida dalam keadaan diam dan bergerak. Fluida merupakan zat - zat yang mampu mengalir dan menyesuaikan diri dengan bentuk wadahnya.

2.5 Rotasi Benda Tegak

Sebuah benda di katakana melakukan gerakan rotasi jika semua titik pada benda bergerak mengitari poros pada benda tersebut, seperti gerakan kipas angin atau gerakan *compact disc*

Kecepatan sudut (ω) merupakan limit dari kecepatan sudut rata-rata (ω_{rt}) saat mendekati nol. Kecepatan sudut rata-rata didefinisikan sebagai rasio perpindahan sudut $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$ terhadap Δt :

$$\omega_{rt} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \dots (\text{Young, 2002})$$

$$\omega = \lim_{\Delta \rightarrow 0} \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{d\theta}{dt} \dots (\text{Young, 2002})$$

2.6. Dasar Transmisi Roda Gigi

Sistem transmisi roda gigi digunakan karena :

- Efisiensinya yang tinggi.
- Keandalan dalam operasional.
- Tidak mudah rusak.

- Dapat meneruskan daya putaran tinggi.
- Kemudahan dalam pengoprasian dan perawatan.

2.6.1 Klasifikasi Roda Gigi

(Agustinus, 2009) Jenis roda gigi dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kelompok sebagai berikut:

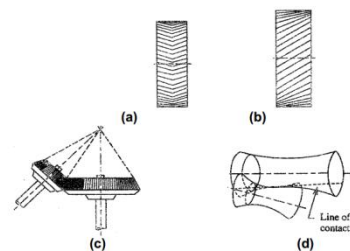
- Berdasarkan bentuk gigi dan sistem kerjanya adalah sebagai berikut :
 - Roda gigi lurus (spur gear). Roda gigi lurus terjadi karena bentuk gigi dari roda gigi tersebut berbentuk lurus.
 - Roda gigi miring (helical gear). Roda gigi miring mempunyai bentuk gigi miring dengan sudut kemiringan tertentu.
 - Roda gigi kerucut (bevel gear). Roda gigi kerucut dihasilkan dari gabungan gigi-gigi yang mengikuti bentuk kerucut dengan sudut tertentu
 - Roda gigi cacing (worm gear). Roda gigi cacing merupakan roda gigi gabungan antara roda gigi biasa dengan batang gigi atau batang berulir.

- Roda gigi planiter (planetary gear). Roda gigi planiter merupakan roda gigi yang terdiri dari beberapa roda gigi yang dirangkai menjadi satu kesatuan.

b. Berdasarkan posisi sumbu dari poros.

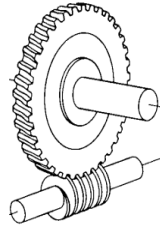
- poros parallel, seperti pada roda gigi lurus dan miring.
- poros bersilangan, seperti pada roda gigi cacing.
- poros membentuk sudut tertentu, seperti pada roda gigi kerucut

Roda gigi double helical dapat juga disebut sebagai roda gigi herringbone.

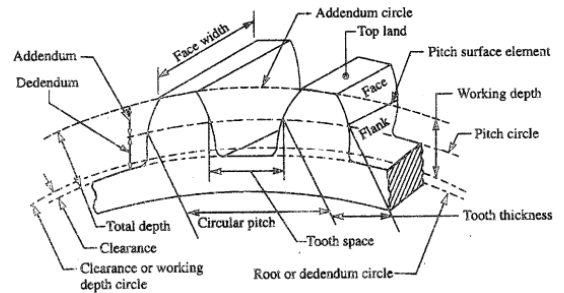


Gambar 2.10 Ilustrasi roda gigi miring dan kerucut(Agustinus,2009)

Roda gigi dengan poros saling bersilangan ditunjukkan seperti pada Gambar 3. Roda gigi tersebut dikenal dengan roda gigi cacing.



Gambar 2.11 Roda gigi cacing (Agustinis,2009)



(Agustinus, 2009) Istilah-istilah dari roda gigi dapat lebih dimengerti dengan melihat

b. Berdasarkan kecepatan peripheral dari roda gigi.

- Kecepatan rendah ≤ 3 m/s
- Kecepatan sedang (3 – 15) m/s
- Kecepatan tinggi ≥ 15 m/s

d. Berdasarkan jenis atau bentuk hubungan pasangan gigi.

- external gear = roda gigi luar.
- internal gear = roda gigi dalam.
- rack & pinion = roda gigi berbentuk batang = roda gigi dengan jari-jari tak terhingga.

2.6.2 Tata Nama Dari Roda Gigi

2.7 Metode Perhitungan Data hasil Percobaan

Perhitungan yang dipakai pada penelitian ini untuk pengolahan data meliputi:

A. Daya Angin

Daya yang dimiliki oleh angin dapat diperoleh dari persamaan (Himran Syukri, 2006):

$$W = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

Dimana :

W= Daya angin (Watt)

ρ = Kerapatan udara

$$(\frac{kg}{m^3})$$

A= Luas penampang blade (m^2)

V= Kecepatan angin (m/s)

Dari persamaan diatas merupakan sebuah persamaan untuk kecepatan angin pada turbin yang ideal, dimana daya angin dapat diekstrak seluruhnya menjadi energi listrik.

B. Luas Penampang

$$A=P1.L.B$$

Dimana:

A= Luas penampang blade (m^2)

P1 = panjang blade (m)

L = lebar blade (m)

B = jumlah sudu (blade)

C. Daya Turbin Angin

$$P=V.I.\cos\Theta$$

Dimana:

P = Daya turbin angin (Watt)

V = Tegangan listrik (Volt)

I = Arus listrik (Ampere)

$\cos\Theta$ = Faktor daya

D. Koefisiensi Daya

$$C_p = \frac{P}{W}$$

Dimana:

C_p = Koefisiensi daya

W = Daya angin

P = Daya Turbin

E. Efisiensi

$$\eta = C_p . 100\%$$

Dimana:

η = Efisiensi

C_p = Koefisiensi daya

3 Metode Penelitian

Penelitian yang dilakukan oleh penulis menggunakan metode *eksperimental* dan pendekatan

kuantitatif yaitu melakukan pengamatan untuk mencari data penelitian yang bertujuan membuat gambaran secara *sistematis*. Faktual dan akurat mengenai turbin angin sumbu vertikal. Kemudian mengambil data daya yang dihasilkan oleh turbin angin dengan berbagai kecepatan angin yang berhembus.

3.2 Metode Penelitian

Penelitian yang dilakukan oleh penulis menggunakan metode *eksperimental* dan pendekatan *kuantitatif* yaitu melakukan pengamatan untuk mencari data penelitian yang bertujuan membuat gambaran secara *sistematis*. Faktual dan akurat mengenai turbin angin sumbu vertikal. Kemudian mengambil data daya yang dihasilkan oleh turbin angin dengan berbagai kecepatan angin yang berhembus.

3.1 Variabel bebas

- ✓ Variasi perbandingan roda gigi transmisi

3.2 Variabel terikat

Besarnya daya listrik yang dihasilkan Putaran (rpm) yang dihasilkan

3.3 Variabel pengendali

No	Perbandingan roda gigi	Percobaan	Rpm Poros (n_1)	Rpm Generator (n_2)	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)
1	2 kali	1	489	978	12	8.5	0,482	32
		2	544	1088	12	9.3	0,528	32
		3	538	1076	12	9.1	0,517	32
2	4 kali	1	390	1.560	12	14,11	0,801	32
		2	396	1.584	12	14,4	0,818	32
		3	397	1,588	12	14,5	0,828	32
3	6 kali	1	85	680	12	5,1	0,289	32
		2	89	712	12	5,5	0,312	32
		3	80	640	12	5,3	0,301	32

Dengan menggunakan prototype turbin angin sumbu vertikal

Pengambilan data dilakukan 3 kali percobaan pengambilan data.

Data pengujian dan analisa perhitungan tersebut antara lain.

Tabel 4.4 Rekapitulasi data perhitungan pada turbin angin sumbu vertikal.

No	1	2	3
Perbandingan roda gigi	2 kali	4 kali	6 kali
Rpm poros (n_1)	523,66	394,33	84,6
Rpm generator (n_2)	1047,33	1577,33	508
Daya angin (Watt)	311,6	311,6	311,6
Daya listrik (Watt)	3,95	10,51	1,43
Koefisien	0,012	0,033	0,004
Efisiensi	1,2%	3,3%	0,4%

3.4 Sampel

Sampel yang digunakan adalah prototype turbin angin sumbu vertikal. Pengujian tersebut dilakukan 3 kali percobaan disetiap variasinya, adapun sampel pengujian yang akan dilakukan sebagai berikut:

A. Pengujian dengan variasi 2 kali perbedaan perbandingan roda gigi

B. Pengujian dengan variasi 4 kali perbedaan perbandingan roda gigi

C. Pengujian dengan variasi 6 kali perbedaan perbandingan roda gigi

Dari tabel rekapitulasi perhitungan data setiap variasi perbedaan perbandingan roda gigi transmisi, untuk selanjutnya bisa digambarkan pada grafik guna untuk mengetahui pengaruh perbedaan perbandingan roda gigi transmisi terhadap daya listrik pada turbin angin poros vertical

4. Perhitungan data pengujian

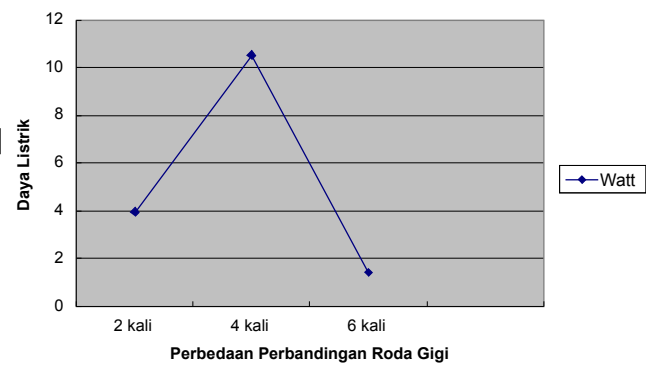
4.1 Grafik pengaruh variasi perbedaan perbandingan roda gigi terhadap putaran poros



Gambar 4.1 Grafik pengaruh variasi perbedaan perbandingan roda gigi terhadap putaran poros yang dihasilkan pada turbin angin sumbu vertikal.

Dari grafik hubungan diatas, diperoleh putaran yang bervariasi perbedaan perbandingan roda gigi, gesekan pada torsi akan naik sehingga tangkapan angin terhadap turbin savonius bertingkat untuk memutar poros akan terbebani. Sehingga putaran poros semakin rendah akan tetapi dalam putaran generator semakin tinggi.

4.2 Grafik pengaruh variasi perbedaan perbandingan roda gigi terhadap daya listrik



Gambar 4.2 Grafik pengaruh variasi perbedaan perbandingan roda gigi terhadap daya listrik yang dihasilkan pada turbin angin sumbu vertikal.

Dari grafik hubungan diatas, diperoleh daya listrik yang bervariasi dari ketiga variasi perbedaan perbandingan roda gigi, semakin besar pula gesekannya sehingga semakin berat putarannya. Sehingga percobaan 4 kali menghasilkan listrik yang tinggi akan tetapi dalam percobaan 6 kali listrik semakin rendah karena beban perbandingan semakin berat.

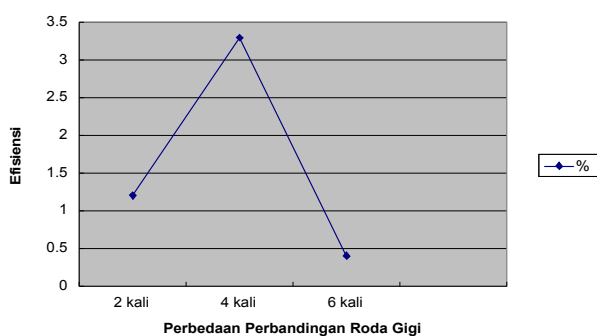
dalam percobaan 6 kali efisiensinya menjadi lebih rendah.

5.1 Kesimpulan

Dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Putaran poros tertinggi terdapat pada penggunaan variasi perbedaan perbandingan: 2 kali perbedaan perbandingan roda gigi yang menghasilkan putaran poros sebesar: 523,66 rpm. Sedangkan putaran poros terendah terjadi pada variasi 6 kali perbedaan perbandingan roda gigi sebesar 84,6 rpm.
2. Daya angin yang ditangkap turbin angin sumbu vertikal sama, karena dimensi dari turbin angin sama dan kecepatan angin sama.
3. Daya listrik tertinggi terdapat pada penggunaan variasi 4 kali perbedaan perbandingan roda gigi yang menghasilkan daya listrik sebesar: 10,51 Watt. Sedangkan daya listrik terendah terjadi pada variasi 6 kali perbedaan perbandingan roda gigi sebesar 1,43 Watt.
4. Efisiensi tertinggi terdapat pada penggunaan variasi 4 kali

4.3 Grafik pengaruh variasi perbedaan perbandingan terhadap efisiensi turbin



Gambar 4.3 Grafik pengaruh variasi perbedaan perbandingan roda gigi terhadap efisiensi turbin angin sumbu vertikal.

Dari grafik hubungan diatas, diperoleh efisiensi yang bervariasi dari 3 variasi perbedaan perbandingan roda gigi, semakin besar pula gesekan pada torsi sehingga efisiensi yang dihasilkan dari gesekan pada perbandingan roda gigi akan terlalu berat dan terbebani. Sehingga percobaan 4 kali efisiensi yang dihasilkan akan menjadi lebih tinggi akan tetapi

perbedaan perbandingan roda gigi yang menghasilkan efisiensi sebesar 3,3,%. Sedangkan efisiensi terendah terjadi pada variasi 6 kali perbedaan perbandingan roda gigi sebesar 0,4%.

5.2 Saran

1. Untuk pemakaian roda gigi diperhitungkan terlebih dahulu berapa besarnya gesekan pada roda gigi tersebut.
2. Disarankan untuk memakai jenis roda gigi selain roda gigi lurus.
3. Perbandingan roda gigi tidak terlalu besar agar gaya gesek yang terjadi tidak terlalu besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustinus Purnama Irawan, 2009". "Elemen Mesin". Universitas Tarumanegara. Jakarta
- Ahmad Farid. 2014. "Optimasi Daya Turbin Angin Savonius Dengan Variasi Celah Dan perubahan Jumlah Sudu". Tegal: Universitas Pancasakti Tegal.
- Anwar, M.S., 2008. *Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Angin Pada Stasiun Pengisian Accu Mobil Listrik*. Tugas Sarjana. Surabaya: ITS
- Daryanto, Y., 2007. *Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu*. Balai PPTAGG - UPT-LAGG
- Giles, Ranald V., 1990. *Mekanika Fluida dan Hidraulika (SI-Metrik) Edisi Kedua (Terjemahan)*. Jakarta: Erlangga.
- M. Haydarul Haqqqi, Dr. Gunawan Nugroho, ST. MT. dan Dr. Ir. Ali Musyafa' M.Sc, 2013. "Rancang Bangun Turbin Angin Vertikal Jenis Savonius dengan Variasi Jumlah *Blade* Terintegrasi *Circular Shield* untuk Memperoleh Daya Maksimum". Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Marizka Lustia Dewi, 2010. "Analisa Kinerja Turbin Angin Poros Vertikal Dengan Modifikasi Rotor Savonius L untuk Optimasi Kinerja Turbin". Surakarta : Universitas Sebelas Maret.

- Mittal, Neeraj. 2001. *Investigation of Performance Characteristics of a Novel VAWT*. Thesis. UK: Departement of Mechanical Engineering University of Strathclyde
- Prof. Abdul Kadir, 1987. "Energi". Universitas Indonesia (UI-Press). Jakarta
- Syukri H, 2006. "energi Angin". CV Bintang Lamumpatue, Makasar.
- Satriya Rizkiyanto, Dominicus Danardono Dwi Prija Tjahjana, Eko Prasetya Budiana, 2015. "Perancangan Turbin Angin Tipe Savonius Dua Tingkat Dengan Kapasitas 100 Watt untuk Gedung Syariah Hotel Solo". Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Sunarwo dan Bambang Sumiyarso, 2011. "Desain Model Turbin Angin Empat Sudu Berbasis Silinder Sebagai Penggerak Pompa Air". Semarang: Politeknik Negri Semarang.
- Tipler, P.A., 1998, *Fisika untuk Sains dan Teknik–Jilid I (terjemahan)*, Jakarta: Erlangga
- Young, Hugh D, dan Freedman, R.A., 2002. *Fisika Universita. Jilid 1*. Edisi ke- 10. Jakarta: Erlangga. Terjemahan: *University Physics*. Edisi ke-8. 2000. Addison Wesley Longman, Inc