

# Pengaruh Sudut Sudu Pengarah Terhadap Turbin Darrieus Untuk Pembangkit Tenaga Listrik Diirigasi Bendungan

Antonius FA Silaen<sup>1</sup>  
[Antoniusilaen74@gmail.com](mailto:Antoniusilaen74@gmail.com)

## Abstrak

The Darrieus turbine consists of one or more long Darrieus blades that trace imaginary cylindrical forces such as screw threads. Darrieus aerfoil blades give a reaction force that can attract it faster than the fluid flow itself. This test is carried out irrigation streams Sengkuang Village South Seluma District Seluma District where the flow rate of water 0.9 m / s. The results obtained in this study were Darrieus Turbine without guide angle at water flow velocity ( $v$ ) = 0.9 m / s, torque coefficient (CT) = 78.80, turbine efficiency ( $\eta_t$ ) = 46.847%, rotation ( $n$ ), The turbine power (PT) = 43.565 watt, Darrieus turbine uses a steering angle 300 at the velocity of water velocity ( $v$ ) = 0.9 m / s, the torque coefficient (CT) = 94.32, turbine efficiency ( $\eta_t$ ) = 27.575%, round 95 Rpm and turbine power (PT) = 43.565 Watt, Darrieus Turbine uses 450 directed angle at water flow velocity ( $v$ ) = 0.9 m / s, torque coefficient (CT) = 95.52, turbine efficiency ( $\eta_t$ ) = 80.583%, round ( $n$ ) = 105 Rpm and turbine power (PT) = 43.565 Watt.

Keywords: Darrieus 4 turbine blade with guide angle

## PENDAHULUAN

Energi merupakan unsur yang sangat penting dalam kehidupan masyarakat modern untuk meningkatkan peluang usaha dalam kehidupan sehari-hari. dan Sejalan meningkatnya kemampuan dalam hidup serta kuatintitas dari masyarakat, kebutuhan terhadap energi semakin meningkat.

Kabupaten Seluma memiliki luas wilayah 4.128,44 km<sup>2</sup> dengan luas daratan 2.400,44 km<sup>2</sup>, laut 1.728 km<sup>2</sup> dan garis pantai 76,4 km<sup>2</sup>. Dari sisi pemerintahan, Kabupaten Seluma dibagi dalam 14 kecamatan dan 202 Desa/ Kelurahan. Jumlah penduduk di Tahun 2014 berjumlah 183.420 jiwa terdiri dari laki-laki 94.186 perempuan 89.234 jiwa (Seluma dalam angka 2014). penduduk Kabupaten Seluma 50% dibawah umur 30 tahun kepadatan penduduk mencapai 74 jiwa per km<sup>2</sup>, tetapi diantara 14 Kecamatan diatas masih ada sekitar 10 Desa yang belum dialiri listrik. Sehingga masyarakat di perdesaan terpencil kurang mendapatkan informasi yang seharusnya mereka dapatkan, pemerintah telah banyaknya memberikan bantuan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) namun bantuan tersebut tidak bertahan lama.

Maka dari itu irigasi merupakan salah satu sumber energi potensial yang masih belum dimanfaatkan oleh masyarakat untuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH). Turbin Darrieus skala kecil untuk meningkatkan kesejahteraan Masyarakat pada umumnya di Kabupaten Seluma. Agar sumber daya alam yang berpotensi yang baik dapat

memberikan inovasi di Desa-desa terpencil yang dekat dengan aliran irigasi dan mempermudah Masyarakat untuk mendapatkan aliran listrik.

## LANDASAN TEORI

Turbin air Darrieus pertama kali ditemukan oleh seorang insiyur penerbangan asal prancis, bernama Jean Marie Darrieus pada tahun 1931. Turbin Darrieus awalnya merupakan turbin angin yang menggunakan prinsip aerodinamik dengan memanfaatkan gaya pada penampang sudu rotornya dalam mengekstrak energi angin, selanjut turbin Darrieus dimanfaatkan untuk aliran air sebagai pembangkit tenaga listrik.

### Pengertian Turbin Darrieus

Turbin Darrieus merupakan salah satu jenis turbin yang dikembangkan oleh seorang *aeronautical engineer* asal prancis yang bernama Georgas Jean Marie Darrieus pada tahun 1931. Turbin darrieus ini memiliki keunggulan diantaranya tidak terlalu memperhitungkan arah aliran, karna bentuknya yang semetris, tekanan gravitasi tidak mampu pada bentuk sudunya, mampu beroperasi pada *head* dan kecepatan yang rendah. Sedangkan kelemahannya adalah ketidakmampuan melakukan *self-starting*, dan getaran yang tinggi.

### Prinsip kerja Turbin Darrieus

Prinsip kerja Turbin Darrieus adalah akibat adanya kecepatan aliran air maka

<sup>1</sup>Dosen Fak. Teknik Jur. T.Mesin Unihaz Bengkulu  
Majalah Teknik Simes Vol.12 No.2 juli 2018

menyebabkan sudu berputar dengan kecepatan putar tertentu, maka resultan dari kecepatan tertentu akan menghasilkan gaya hidrodinamis.

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan Penelitian

Sebelum melakukan penelitian, maka terlebih dahulu proses perancangan dan pembuatan alat berupa Turbin Darrieus. Sedangkan peralatan yang dipergunakan dalam pembuatan media penelitiannya adalah sebagai berikut:

1. Peralatan pembuatan turbin
  - a. Mesin bubut
  - b. Mesin las
  - c. Mesin bor
  - d. Mesin potong
  - e. Mesin gerinda
  - f. Palu
  - g. Gergaji besi
  - h. Tool set (kunci, obeng, tang dan lain-lain)
  - i. Cat dan kuas
  - j. Werpak dan keselamatan kerja.
2. Bahan untuk pembuatan turbin
  - a. Bahan turbin (poros, kayu, besi siku, besi behel, dan besi plat)
  - b. Pully
  - c. Belt
  - d. Bantalan
  - e. Mur dan baut
  - f. Ring
3. Peralatan pengujian turbin
  - a. Tacho meter
  - b. Timbangan digital (neraca pegas)
  - c. Tali
  - d. Beban pemberat pada pengereman

### Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini untuk mendapatkan data yang diperlukan antara lain :

1. Mengukur kecepatan aliran air diirigasi Untuk mengukur kecepatan

aliran air diirigasi dengan menggunakan currentmeter/flowmeter. Aliran air pada irigasi dianggap konstan karena pada irigasi dipasang pintu air sehingga kecepatan aliran air dan kedalaman air selama penelitian dianggap konstan.

2. Turbin yang digunakan dalam penelitian pertama adalah turbin air Darrieus tanpa sudu pengarah dengan 4 (empat) buah sudu. Kemudian yang kedua turbin Darrieus dengan menggunakan sudut pengarahnya  $30^{\circ}$ , dan ketiga adalah pengujian turbin darrieus dengan menggunakan sudut pengarahnya  $45^{\circ}$ .
3. Pengujian untuk mendapatkan data pada turbin Darrieus :
  - a. Turbin Darrieus tanpa sudu pengarah.
  - b. Turbin Darrieus menggunakan sudu pengarahnya  $30^{\circ}$ .
  - c. Turbin Darrieus menggunakan sudu pengarahnya  $45^{\circ}$ .
    - Letakan turbin Darrieus pada dasar aliran air irigasi.
    - Kemudian turbin darrieus berputar konstan, hitung putaran turbin tanpa beban dengan menggunakan tachometer.
    - Beri beban dan hitung putaran turbin Darrieus dan ukur gaya beban pada neraca pegas.
    - Tanpa beban secara berangsur-angsur sampai turbin berhenti berputar.
    - Atur sudut dua sudu kemudian lakukan tahapan-tahapan pengukur sama seperti diatas.

### Variabel Penelitian

Data yang didapat pada pengujian adalah data primer karena langsung diambil saat praktek dilapangan. Data primer tersebut adalah antara lain :

1. Kecepatan aliran air ( $v$  m/s)
2. Putaran poros turbin ( $n$  rpm)
3. Gaya pada neraca pegas (gram)
4. Berat pembebanan (gram)

Data dapat di hitung dengan persamaan dibawah ini :

1. Gaya yang terjadi pada poros

$$\Delta F = (F_{\text{pegas}} - F_{\text{beban}}) \text{ g (N)}$$

2. Torsi tiap titik pembebanan

$$T = \Delta F \left( \frac{r_{\text{putih}} - r_{\text{tali}}}{2} \right) \text{ Nm}$$

3. Kecepatan sudut

$$\omega = \frac{2 \pi n}{60} \text{ (rad/s)}$$

4. Daya turbin Darrieus

$$P_t = T \cdot \omega \text{ (Watt)}$$

5. Daya air

$$P_{\text{air}} = 0,5 \rho A v^3 \text{ (Watt)}$$

6. Koefisien Daya

$$C_p = \frac{P_{\text{turbin}}}{P_{\text{air}}}$$

7. Efisien Turbin

$$\eta_h = C_p \times 100$$

8. Kecepatan Tangensial sudu

$$U_{\text{rotor}} = \frac{\pi r n}{60} \text{ (m/s)}$$

9. Tip speed ratio ( $\lambda$ )

$$\lambda = \frac{U_{\text{rotor}}}{v_{\text{air}}}$$

10. Koefisien torsi

$$C_T = \frac{T}{0,5 \rho A v^3 r} = \frac{C_p}{\lambda}$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Apabila gaya yang bekerja pada poros turbin Darrieus menggunakan sudut pengarah semakin besar maka kecepatan putaran poros turbin akan semakin kecil, sampai titik tertentu gaya yang bekerja akan mencapai maksimum bila putaran poros turbin minimum ( $n$ ) atau berhenti berputar sama sekali ( $n$ ) = 0

Data hasil penelitian, dapat dilihat pada tabel 1,2 dan 3 dibawah ini : Tabel 1 Data pengujian turbin air Darrieus Tanpa Sudut Pengarah.

No	Beban W (kg)	$\Delta F$ beban (kgf)	n (rpm)	$V_{\text{air}}$ (m/s)	Neraca Pegas (kg)
1	0	0	80	0,9	0
2	0,07	0,07	77	0,9	1,35
3	0,060	0,13	70	0,9	2,14
4	0,83	0,98	62	0,9	3,03
5	0,113	1,093	50	0,9	4,12
6	0,090	1,185	45	0,9	5,01
7	0,095	1,28	40	0,9	6,20
8	0,065	1,345	32	0,9	7,12
9	0,090	1,435	0	0,9	7,62

Tabel 2. Data pengujian turbin Darrieus dengan 4 sudu menggunakan sudut pengarah  $30^\circ$ .

No	Beban W (kg)	$\Delta F$ beban (kgf)	n (rpm)	$V_{\text{air}}$ (m/s)	Neraca Pegas (kg)
1	0	0	95	0,9	0
2	0,06	0,06	80	0,9	0,12
3	0,07	0,13	73	0,9	0,98
4	0,08	0,21	55	0,9	2,23
5	0,090	0,3	32	0,9	3,92
6	0,095	0,495	14	0,9	4,48
7	0,085	0,48	12	0,9	5,40
8	0,115	0,595	8	0,9	7,50
9	0,090	0,685	0	0,9	7,62

Tabel 3. Data pengujian turbin Darrieus dengan 4 sudu menggunakan sudut  $45^\circ$ .

No	Beban W (kg)	$\Delta F$ beban (kgf)	n (rpm)	$V_{\text{air}}$ (m/s)	Neraca Pegas (kg)
1	0	0	105	0,9	0
2	0,115	0,115	95	0,9	1,97
3	0,090	0,205	74	0,9	3,50
4	0,080	0,285	73	0,9	2,28
5	0,060	0,345	64	0,9	4,90
6	0,095	0,44	62	0,9	5,90
7	0,095	0,535	52	0,9	6,97
8	0,085	0,62	32	0,9	7,62
9	0,070	0,69	0	0,9	9,12

Data-data yang telah didapat dari pengukuran dan pengujian seperti pada Tabel 1. s/d Tabel 3. diatas, selanjutnya kita olah untuk dianalisa. Untuk contoh perhitungan diambil data dari Tabel 1. Yang terletak pada baris kedua Dimana  $W_{pegas} = 1,35$   $W_{beban} = 0,07$  dan putaran poros  $n = 77$  Rpm.

- a. Gaya yang menimbulkan torsi pada pulli

$$\begin{aligned}\Delta F &= (W_{pegas} + W_{beban}) \times g \text{ (Newton)} \\ &= (0,07 + 1,35) \times 9,81 \text{ m/s}^2 \\ &= 1,42 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \\ &= 13,93 \text{ N}\end{aligned}$$

- b. Torsi ( T )

$$T = \Delta F \left( \frac{D_{pulli} + D_{tali}}{2} \right)$$

Dimana diameter pulli = 20 cm = 0,2 m dan diameter tali = 2 mm = 0,002 m

$$T = 13,93 \text{ N} \times \left( \frac{0,2 + 0,002}{2} \right)$$

$$T = 1,406 \text{ Nm}$$

- c. Kecepatan sudut pada putaran ( $\omega$ )

$$(\omega) = \frac{2\pi n}{60} \left( \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right)$$

$$(\omega) = \frac{2 \times 3,14 \times 77}{60} \left( \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right)$$

$$(\omega) = 8,059 \text{ rad/s}$$

- d. Kecepatan tangensial rotor

$$V_{rotor} = \frac{\pi d n}{60} \text{ (m/s)}$$

$$= \frac{3,14 \times 0,377}{60} \text{ (m/s)}$$

$$= 1,209 \text{ m/s}$$

- e. Tip Speed Ratio ( $\lambda$ )

$$\lambda \text{ (TSR)} = \frac{V_{rotor}}{U_{air}}$$

$$\lambda \text{ (TSR)} = \frac{1,256}{0,9}$$

$$\lambda \text{ (TSR)} = 1,395$$

- f. Daya Turbin (P)

$$P_{turbin} = T \cdot \omega \text{ (watt)}$$

$$P_{turbin} = 1,406 \text{ Nm} \times 8,373 \text{ rad/s}$$

$$P_{turbin} = 11,772 \text{ Watt}$$

- g. Daya air

$$P_{air} = \frac{1}{2} \rho A V^3 \text{ (watt)}$$

Dimana A adalah luas bidang turbin yang tegak lurus dengan arah air, dimana dalam pengujian ini sudu turbin yang muncul dipermukaan 0,05 m.

$$P_{air} = \frac{1}{2} \times 1000 \times d \cdot L \times (0,9)^3$$

$$A = L \times h \text{ (} 0,43 \times 0,56 \text{)}$$

$$= 0,24 \text{ m}$$

$$P_{air} = \frac{1}{2} \times 1000 \times 0,24 \times (0,9)^3$$

$$= 87,48 \text{ Watt}$$

- h. Efisiensi  $\eta$  indentik dengan Koefisien daya ( $C_p$ )

$$C_p = \frac{P_{turbin}}{P_{air}}$$

$$C_p = \frac{11,772 \text{ watt}}{87,48}$$

$$C_p = 0,134 \text{ maka}$$

$$\eta = 13,4\%$$

- i. Koefisien torsi  $C_T$

$$C_T = \frac{T}{\frac{1}{2} \rho v^2 A r} = \frac{C_p}{\lambda}$$

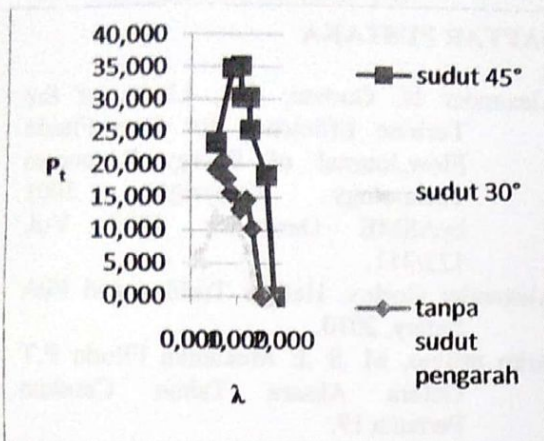
$$C_T = \frac{0,134}{1,395}$$

$$C_T = 0,096$$

Selanjutnya perhitungan setiap putaran pada turbin dalam Tabel 1. s/d 3 akan dihitung dengan proses yang sama seperti di atas.

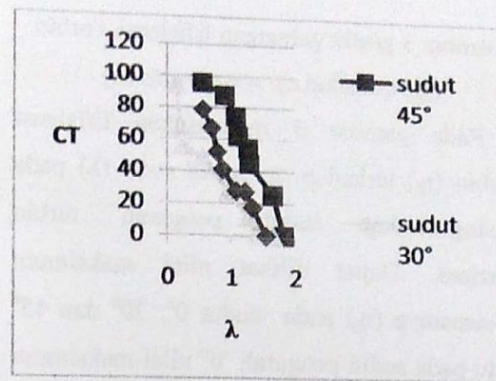
Pengaruh dari sudut pengarah dapat diketahui pada grafik turbin Darrieus dibawah ini, yaitu gabungan daya turbin pada 4 sudu penelitian, tanpa menggunakan sudut pengarah, menggunakan sudut pengarah, dengan macam sudut  $30^\circ$  dengan  $45^\circ$  ( $P_i$ )

terhadap *speed tip ratio* ( $\lambda$ ) lihat gambar 4.19 dibawah ini.



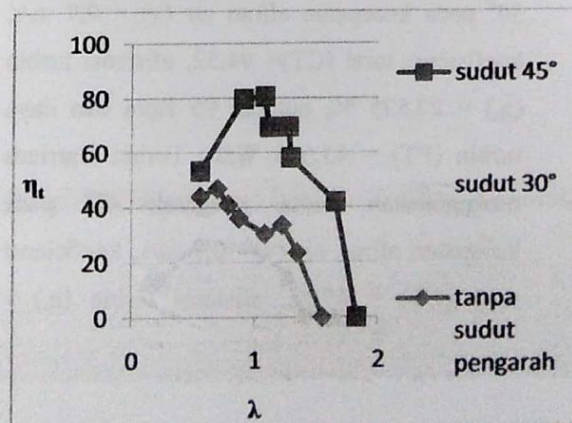
Gambar 1 Grafik gabungan daya turbin Darrieus ( $P_t$ ) terhadap *tip speed ratio* ( $\lambda$ )

Grafik gabungan daya turbin Darrieus ( $P_t$ ) terhadap *tip speed ratio* ( $\lambda$ ) pada sudut pengarah turbin Darrieus yaitu :  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ , dan  $45^\circ$  dapat dilihat pada gambar 4.19. Pada grafik nilai daya maksimum dengan sudut deflektor  $0^\circ$  yaitu  $(P_t)_{\max} = 23,230$  Watt pada  $\lambda = 0,558$ . Pada sudut deflektor  $30^\circ$  menghasilkan nilai daya maksimum yaitu  $(P_t)_{\max} = 12,013$  Watt pada  $\lambda = 0,558$ . Pada sudut deflektor  $45^\circ$  menghasilkan nilai daya turbin maksimum yaitu  $(P_t)_{\max} = 35,106$  Watt pada  $\lambda = 1,082$ . Sedangkan pada grafik diketahui bahwa sudut pengarah cukup mempengaruhi daya yang dihasilkan dalam penelitian ini. Nilai daya turbin Darrieus maksimum terjadi pada sudut pengarah  $45^\circ$ , dengan nilai yang didapat adalah 35,106 Watt.



Gambar 2. grafik gabungan koefisien torsi (CT) terhadap *tip speed ratio* ( $\lambda$ )

Pada gambar 2 menunjukkan koefisien torsi (CT) terhadap *tip speed ratio* ( $\lambda$ ) pada masing-masing sudut pengarah turbin Darrieus. Dapat dilihat nilai maksimum koefisien torsi (CT) pada sudut  $0^\circ$ ,  $30^\circ$  dan  $45^\circ$  yaitu pada sudut pengarah  $0^\circ$  nilai maksimum koefisien torsinya (CT) = 78,8053 dengan *tip speed ratio* ( $\lambda$ ) = 0,558, pada sudut pengarah  $30^\circ$  nilai maksimum koefisien torsinya (CT) = 94,2252 dengan *tip speed ratio* (CT) = 0,140, pada sudut pengarah  $45^\circ$  nilai maksimum torsinya (CT) = 95,5215 dengan *tip speed ratio* ( $\lambda$ ) = 0,558. Di antara sudut yang menggunakan sudut pengarah pada penelitian turbin Darrieus dapat menghasilkan nilai maksimum koefisien torsi yang paling tinggi terletak pada sudut pengarah  $45^\circ$



Gambar 3 grafik gabungan Efisiensi Turbin ( $\eta_t$ ) terhadap *tip speed ratio* ( $\lambda$ )

Pada gambar 3 menunjukkan Efisiensi Turbin ( $\eta_t$ ) terhadap *tip speed ratio* ( $\lambda$ ) pada masing-masing sudut pengarah turbin Darrieus. Dapat dilihat nilai maksimum Efisiensinya ( $\eta_t$ ) pada sudut  $0^\circ$ ,  $30^\circ$  dan  $45^\circ$  yaitu pada sudut pengarah  $0^\circ$  nilai maksimum Efisiensinya ( $\eta_t$ ) = 46,8474 dengan *tip speed ratio* ( $\lambda$ ) = 0,698, pada sudut sudu pengarah  $30^\circ$  nilai maksimum Efisiensinya ( $\eta_t$ ) = 27,5752 dengan *tip speed ratio* ( $\lambda$ ) = 0,558, pada sudu sudut  $45^\circ$  nilai maksimum Efisiensinya ( $\eta_t$ ) = 80,5832 dengan *tip speed ratio* ( $\lambda$ ) = 1,082. Di antara sudut yang menggunakan sudut pengarah pada penelitian turbin Darrieus dapat menghasilkan nilai maksimum Efisiensi yang paling tinggi terletak pada sudut pengarah  $45^\circ$

#### KESIMPULAN

Dari analisa perhitungan di atas hasil yang didapat dalam penelitian ini adalah Turbin Darrieus tanpa sudut pengarah pada kecepatan aliran air ( $v$ ) = 0,9 m/s, koefisiensi torsi (CT) = 78,80, efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) = 46,847 %, putaran ( $n$ ) = 89 Rpm, daya turbin (PT) = 43,565 watt, turbin Darrieus menggunakan sudut pengarah  $30^\circ$  pada kecepatan aliran air ( $v$ ) = 0,9 m/s, koefisiensi torsi (CT) = 94,32, efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) = 27,575 %, putaran 95 Rpm dan daya turbin (PT) = 43,565 Watt, Turbin Darrieus menggunakan sudut pengarah  $45^\circ$  pada kecepatan aliran air ( $v$ ) = 0,9 m/s, koefisiensi torsi (CT) = 95,52, efisiensi turbin ( $\eta_t$ ) =

80,583 %, putaran ( $n$ ) = 105 Rpm dan daya turbin (PT) = 43,565 Watt.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Alexander N. Gorban, dkk, Limits of the Turbine Efficiency for Free Fluida Flow, Journal of Energy Resources Technology Copyright 2001 by ASME Desember 2001 Vol. 123/311.
- Alexander Gorlov, Helical Turbine and Fish Safety, 2010.
- Arko prijino, M .S .E Mekanika Fluida P.T Gelora Aksara Tahun Cerakan Pertama 19.
- Bruce R. muson Donald.young Theodore mekanika fluida jilid I universitas Indonesia.penerbit erlagga Jakarta 13740.
- Bruce R. muson Donald.young Theodore mekanika fluida jilid II universitas Indonesia.penerbit erlagga Jakarta 13740.
- Claessens, M.C, The Design and Testing of Airfoil for Application in Small Vertical Axis Wind Turbines, Delft University of Technology, Thesis, 2006.
- M.C, The Desingn and Testing Of Air foil for Application in Small Vertical Axis Wind Turbines, Delft University Of Tecnology, Thesis, 2006.
- Daisuke MATSUSHITA, dkk Simplified Structure Of Ducted Darriues - Tipy Hidro Turbine With Narraw Inteke For Extra- low Head Hydropower Unilization, jounal of Fluida Science and Technology, Vol. 3 No. 3 2008.
- Erich Hau, Wind Turbines: Fundamentals. Technologies. Aplication economics Berlin, 2005.
- Francis Weston sears Fisika Untuk Universitas I Mekanika panas Bunji Djakarta, 16 mey 1962.
- Ferhat Kultumus, Aerodinamic Analyses Of Different Wind Turbine blade Profiles, Jurnal of Applien Scines 7 (5) : 663-670, 2007 ISSN 1812-5654.

Kaprawi. 2010. Pengaruh Geometri Sudut dari Turbin Air Darriues Terhadap kinerjanya. Prosiding Seminar Nasional AvoER ke-3 :1-8.