

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Pada saat ini kincir air telah banyak dikembangkan untuk meningkatkan efisiensinya. Dan salah satu penelitian tentang kincir air telah dilakukan oleh Zahri dan Bambang (2010) melakukan penelitian di sungai di Desa Keman Kecamatan Pamampangan Kabupaten Ogan Komering Ilir. Dimana kedalaman air sungai 2,5 m dengan kecepatan arusnya keadaan pasang dapat mencapai 2 m/s atau setara dengan daya air 4000 W/m². Namun lebar sungai yang relatif sempit menjadikan dimensi lebar kincir terbatas atau diperlukan kincir air dengan tinggi sudu optimal untuk mendapatkan daya yang besar dengan efisiensi yang tinggi. Untuk itu dilakukan penelitian tentang pengaruh perubahan tinggi sudu terhadap daya dan efisiensi kincir air.

Pada penelitian tersebut dilakukan terhadap sebuah kincir air *undershoot* tipe sudu datar yang ditempatkan mengambang diatas sungai dengan variasi tinggi sudu untuk lebar sudu tetap. Konstruksi kincir semuanya terbuat dari kayu terdiri dua roda berdiameter 1 m, satu poros, dengan ukuran lebar sudu 2 x 50 cm, variasi tinggi sudu yaitu 8 cm, 16 cm dan 24 cm dengan variasi jumlah sudu 4 buah dan 8 buah tiap roda kincir.

Hasil pengujian dan analisis perhitungan menunjukkan bahwa daya dan efisiensi dipengaruhi oleh tinggi sudu. Daya maksimum kincir terletak pada tinggi sudu tertentu sedangkan efisiensi kincir akan semakin tinggi jika tinggi sudu semakin kecil. Pada pengujian ini, daya maksimum tercapai pada tinggi sudu 16 cm baik untuk jumlah sudu 4 buah maupun untuk jumlah sudu 8 buah. Sedangkan efisiensi maksimum dicapai pada tinggi sudu 8 cm baik untuk jumlah sudu 4 buah maupun 8 buah.

2.2 Turbin Air

2.2.1 Definisi Turbin Air

Turbin air adalah mesin konversi energi yang dapat mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik pada poros turbin. Bagian yang

berputar disebut runner. Air yang diam pada ketinggian tertentu memiliki energi potensial. Energi ini dapat dimanfaatkan untuk kepentingan yang lebih luas dengan cara mengubah ke bentuk lain. Apabila air pada ketinggian tertentu terhadap suatu tempat dialirkan ke tempat yang lebih rendah maka energi potensial yang dimiliki berangsur – angsur berubah menjadi kinetik. Energi ini kemudian diubah menjadi energi mekanik pada poros turbin berupa putaran. Selanjutnya turbin akan memutar poros untuk menggerakkan beban generator listrik, pompa, kompresor, baling-baling, ataupun mesin-mesin lainnya.

2.2.2 Klasifikasi Turbin Air

Berdasarkan prinsip kerja turbin air yaitu mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik pada poros turbin, maka turbin air dibedakan menjadi dua yaitu turbin reaksi dan turbin impuls.

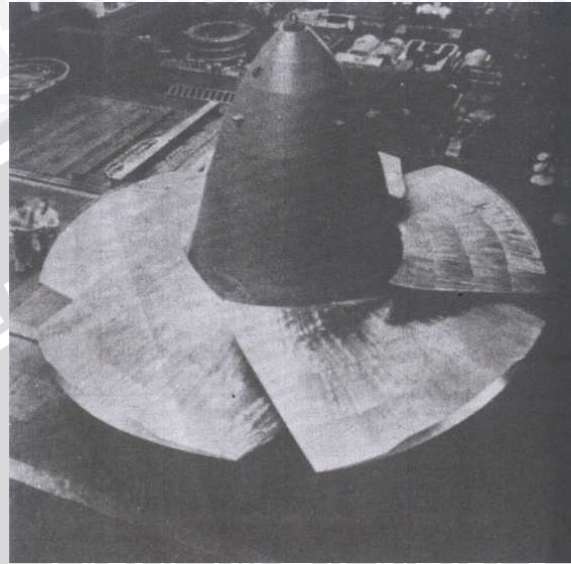
2.2.2.1 Turbin Reaksi

Turbin Reaksi adalah turbin yang terdiri dari sudu pengarah dan sudu jalan. Kedua sudu tersebut semuanya terendam di dalam air. Air yang dialirkan ke dalam sebuah terusan atau dilewatkan ke dalam sebuah cincin yang berbentuk spiral (rumah keong). Perubahan energi seluruhnya terjadi di dalam sudu pengarah dan sudu gerak. Pada turbin ini, tekanan pada aliran air yang keluar dari *nozzle* adalah sama dengan tekanan atmosfer sekitarnya. Jadi dengan adanya tekanan yang rendah (kurang dari 1 atmosfer) pada sudu-sudu jalan, maka di belakang roda jalan harus dipasang pipa isap. Jenis-jenis turbin reaksi adalah Turbin Kaplan, Turbin Propeller dan Turbin Francis.

1. Turbin Kaplan

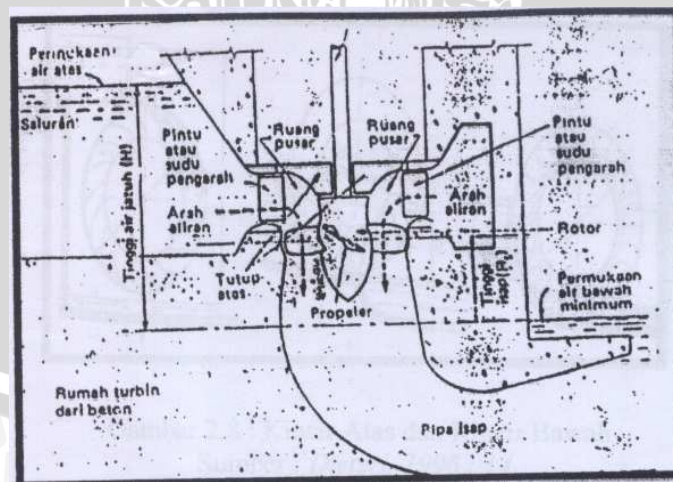
Turbin ini mempunyai roda jalan yang mirip dengan baling-baling pesawat terbang. Bila baling-baling pesawat terbang berfungsi untuk menghasilkan gaya dorong, roda jalan pada kaplan berfungsi untuk menghasilkan gaya F yaitu gaya putar yang bisa menghasilkan torsi pada

poros turbin. Berbeda dengan roda jalan pada turbin Francis, sudu-sudu pada roda jalan dapat diatur posisinya untuk menyelesaikan kondisi beban turbin. Turbin ini digunakan untuk head air yang rendah, yaitu di bawah 20 meter.



Gambar 2.1 : Turbin Kaplan
Sumber : Dietzel. 1996 : 52

2. Turbin Propeller

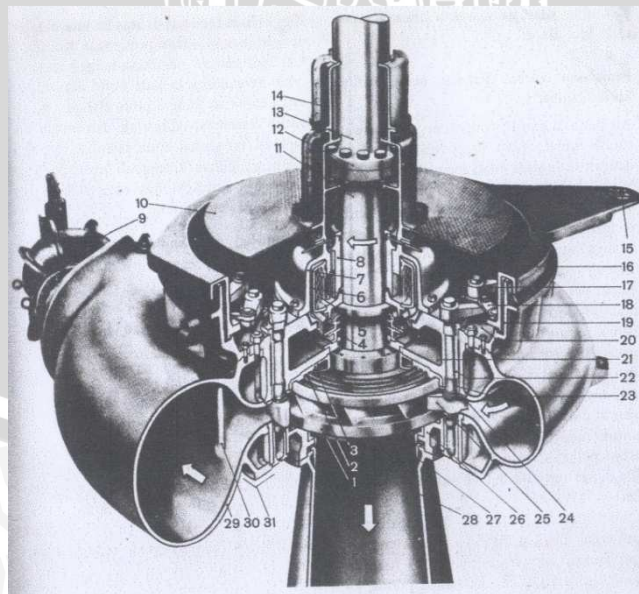


Gambar 2.2 Turbin Propeller
Sumber : Dietzel. 1996 : 40

Turbin Propeller dapat dipasang pada posisi poros horizontal maupun vertikal. Turbin ini mempunyai 3 bagian utama yaitu *runner*, *guide vane*, rumah turbin (*casing*). Pada prinsipnya, turbin ini mirip dengan turbin Francis hanya terdapat perbedaan pada sudu runner dan poros serta hubungannya. Turbin ini digunakan untuk pemanfaatan pada head rendah hingga menengah dengan kapasitas aliran besar dan putaran operasi tidak terlalu tinggi. Akan tetapi, turbin ini sering digunakan pada head yang kurang dari 30 m. Batas pengoperasian turbin ini adalah 75% - 95 % dari efisiensi terbaiknya.

3. Turbin Francis

Turbin francis merupakan salah satu turbin reaksi. Turbin dipasang diantara sumber air tekanan tinggi di bagian masuk dan air bertekanan rendah di bagian keluar. Turbin Francis menggunakan sudu pengarah. Sudu pengarah mengarahkan air masuk secara tangensial. Sudu pengarah pada turbin Francis dapat merupakan suatu sudu pengarah yang tetap ataupun sudu pengarah yang dapat diatur sudutnya. Untuk penggunaan pada berbagai kondisi aliran air penggunaan sudu pengarah yang dapat diatur merupakan pilihan yang tepat.



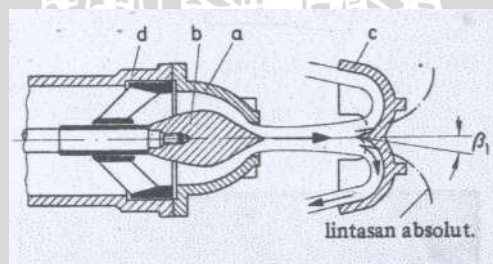
Gambar 2.3 Turbin Francis
Sumber : Dietzel. 1996 : 45

2.2.2.2 Turbin Impuls

Turbin Impuls adalah turbin yang memanfaatkan energi potensial dari air dan mengubahnya menjadi energi kinetik dengan menggunakan *nozzle*. Air yang keluar dari *nozzle* yang mempunyai kecepatan tinggi membentur sudu turbin. Setelah membentur sudu arah, kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum (impuls). Akibatnya roda turbin akan berputar. Turbin impuls memiliki tekanan sama karena aliran air yang keluar dari *nozzle* tekanannya sama dengan tekanan atmosfer sekitarnya. Energi potensial yang masuk ke *nozzle* akan dirubah menjadi energi kecepatan (kinetik). Jenis-jenis turbin impuls antara lain yaitu Turbin Pelton, Turbin *Crossflow* dan Kincir Air.

1. Turbin Pelton

Turbin Pelton adalah turbin reaksi di mana satu atau lebih pancaran air menumbuk roda yang terdapat sejumlah mangkok. Masing-Masing pancaran keluar melalui *nozzle* dengan valve untuk mengatur aliran. Turbin pelton hanya digunakan untuk head tinggi. *Nozzle* turbin berada searah dengan piringan *runner*. Mangkok runner ini dirancang agar dapat menerima energi kinetik dan mengubah ambil energi tersebut menjadi torsi pada poros generator.

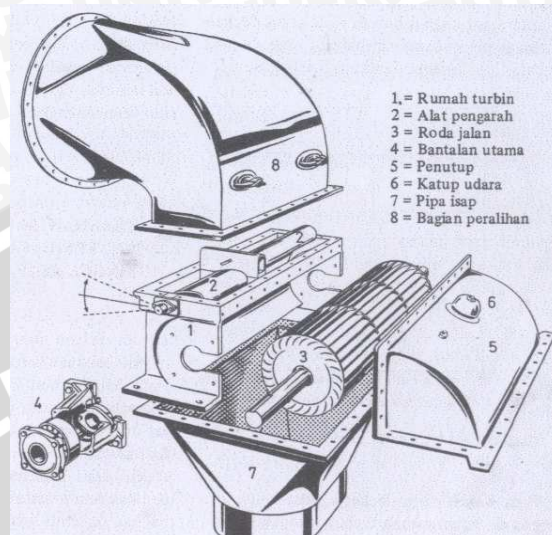


Gambar 2.4 Turbin Pelton
Sumber : Dietzel. 1996 : 25

2. Turbin *Crossflow* (Michael Banki)

Turbin *Crossflow* menggunakan *nozzle* persegi panjang yang lebarnya sesuai dengan lebar runner. Pancaran air masuk turbin dan mengenai sudu sehingga terjadi konversi energi kinetik menjadi energi mekanis. Air mengalir keluar membentur sudu dan memberikan

energinya (lebih rendah dibanding saat masuk) kemudian meninggalkan turbin. *Runner* turbin dibuat dari beberapa sudu yang dipasang pada sepasang piringan paralel.



Gambar 2.5 Turbin Michael Banki

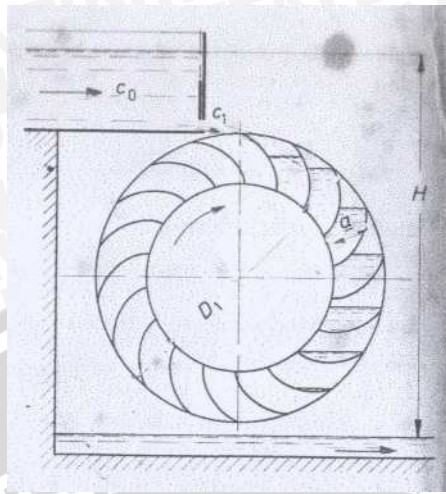
Sumber : Dietzel. 1996 : 37

2.2.2.2.1 Kincir Air

Ribuan tahun yang lalu manusia telah memanfaatkan tenaga air untuk beberapa keperluan, misalnya untuk menaikkan air keperluan irigasi, menggiling padi dan sebagainya. Di daerah-daerah terpencil, misalnya terbuat dari bambu atau dari kayu dengan diameter yang besar masih dapat dilihat di Sungai Huang Ho (cina), Sungai Nil (Mesir), dan Sungai Eufrat (Irak).

Kincir air adalah jenis turbin air yang paling kuno sudah sejak lama digunakan oleh masyarakat. Teknologinya sederhana, material kayu bisa dipakai untuk membuat kincir air, tetapi untuk operasi pada tinggi jatuh air yang besar biasanya kincir air dibuat dengan besi. Kincir air bekerjanya pada tinggi jatuh yang rendah biasanya antara 0,1 m sampai 12 m dengan kapasitas aliran yang berkisar antara 0,05 m³/s sampai 5 m³/s. Dari data tersebut pemakai kincir air adalah di daerah yang alirannya tidak besar dan tinggi jatuh yang kecil. Jenis kincir air antara lain :

1. Kincir Air *Overshot*



Gambar 2.6 Kincir Air *Overshot*
Sumber : Dietzel. 1996 : 6

Kincir air *overshot* bekerja bila air yang mengalir jatuh ke dalam bagian sudu-sudu sisi bagian atas dan karena gaya berat air roda kincir berputar. Kincir air *overshot* adalah kincir air yang paling banyak digunakan dibandingkan dengan jenis kincir air yang lain.

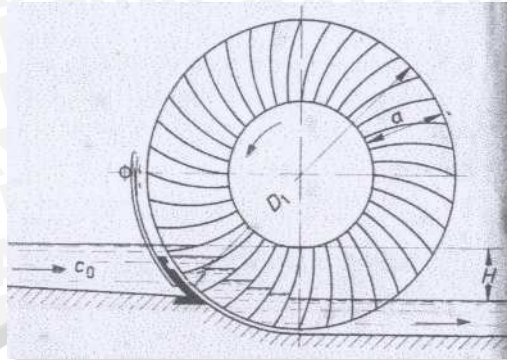
Keuntungan :

- Tingkat efisiensi yang tinggi, dapat mencapai 85%.
- Tidak membutuhkan aliran yang deras.
- Konstruksi yang sederhana.
- Mudah dalam perawatan.
- Teknologi yang sederhana mudah diterapkan.

Kerugian :

- Karena aliran air berasal dari atas maka biasanya menggunakan reservoir air atau bendungan air, sehingga memerlukan investasi yang lebih banyak.
- Tidak dapat diterapkan untuk mesin putaran tinggi.
- Membutuhkan ruang yang lebih luas untuk penempatan.
- Daya yang dihasilkan relatif kecil.

2. Kincir Air *Undershot*



Gambar 2.7 Kincir Air *Undershot*
Sumber : Dietzel, 1996 : 6

Kincir air *undershot* bekerja bila air yang mengalir menghantam dinding sudu pada bagian bawah dari kincir air. Kincir air ini tidak mempunyai tambahan keuntungan dari head. Tipe ini cocok dipasang pada perairan dangkal pada daerah yang rata. Disini aliran air berlawanan dengan arah sudu yang memutar kincir.

Keuntungan :

- Konstruksi lebih sederhana.
- Lebih ekonomis.
- Mudah untuk dipindahkan.

Kerugian :

- Efisiensi kecil.
- Daya yang dihasilkan relatif kecil.

3. Kincir Air *Breastshot*

Kincir air *Breastshot* merupakan perpaduan antara tipe *overshot* dan *undershot* dilihat dari energi yang diterimanya. Jarak tinggi jatuhnya tidak melebihi diameter kincir, arah aliran air yang menggerakkan kincir disekitar sumbu poros dari kincir. Kincir air jenis ini memperbaiki kinerja dari kincir air tipe *undershot*.

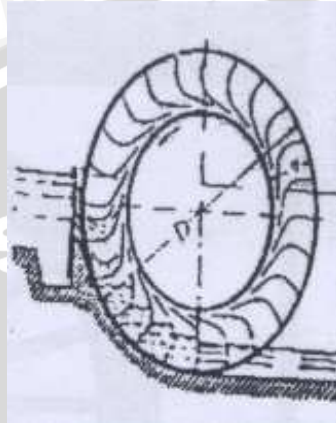
Keuntungan :

- Tipe ini lebih efisien dari tipe *undershot*.
- Dibandingkan tipe *overshot* tinggi jatuhnya lebih pendek.

- Dapat diaplikasikan pada sumber air aliran datar.

Kerugian :

- Sudu-sudu dari tipe ini tidak rata seperti tipe *undershot* (lebih rumit).
- Diperlukan dam pada arus aliran datar.
- Efisiensi lebih kecil dari pada tipe *overshot*.



Gambar 2.8 Kincir Air *Breastshot*
 Sumber : Dietzel, 1996 : 14

2.3 Kinerja kincir air

2.3.1 Brake Horse Power (BHP)

Brake Horse Power adalah daya dari kincir yang diukur setelah mengalami pembebanan. BHP dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{BHP} = T \omega = F \cdot R_k \cdot \omega \text{ (Watt)} \quad (1)$$

Keterangan,

T : torsi (Nm)

ω : kecepatan sudut ($\frac{2\pi n}{60}$) (rad/s)

F : gaya pengereman (N)

R : lengan torsi (radius kincir) (m)

2.3.2 Water Horse Power (WHP)

Water Horse Power adalah daya yang dihasilkan oleh air akibat ketinggian (head) yang selanjutnya akan diubah menjadi energi mekanik pada putaran poros.

$$WHP = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot Q \cdot v_s^2 \text{ (Watt)} \quad (2)$$

Atau

$$WHP = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v_s^3 \text{ (Watt)} \quad (3)$$

Keterangan,

ρ : massa jenis air (Kg/m^3) [massa jenis air = 1000Kg/m^3]

A : luas penampang saluran terbuka (m^2)

Q : debit air pada pompa (m^3/s)

v_s : kecepatan relatif fluida (m/s)

2.3.3 Efisiensi Kincir Air

Efisiensi kincir air merupakan perbandingan antara daya yang dihasilkan pada putaran poros kincir air dengan daya yang diberikan oleh air. Efisiensi ini menunjukkan kemampuan kincir air mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik pada putaran poros kincir air. Dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\eta = \frac{BHP}{WHP} \text{ (%) } \quad (4)$$

Atau

$$\eta = \frac{T \omega}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot Q \cdot v_s^2} \text{ (%) } \quad (5)$$

Keterangan,

η : efisiensi kincir air (%)

2.3.4 Torsi (T)

Torsi disebut juga gaya yang menyebabkan benda berputar pada suatu sumbu. Besar torsi dapat dinyatakan dengan menggunakan rumus berikut.

$$T = F \times R_k \quad (6)$$

Keterangan,

T : Torsi (Nm)

F : Gaya Pengereman (N)

R_k : Radius kincir (m)

2.4 Debit

Debit aliran air yang jatuh melalui kincir dapat diketahui dengan menggunakan alat ukur *magnetic flowmeter* untuk mendapatkan kecepatan relatif air v_s (m/s) dengan menggunakan persamaan.

$$Q = v_s \cdot A \quad (7)$$

Keterangan,

A : luas penampang saluran terbuka (m^2)

Q : debit air pada pompa (m^3/s)

v_s : kecepatan relatif air (m/s)

2.5 Impuls dan Momentum

Dalam kincir air ini, impuls dan momentum dimanfaatkan untuk menumbuk sudu dan selanjutnya akan memutar kincir tersebut. Momentum adalah hasil kali antara massa dan kecepatan. Jadi momentum dimiliki oleh setiap benda atau partikel yang bergerak.

$$P = m \cdot v_a \quad (8)$$

Keterangan,

P : momentum (kg.m/s)

m : massa air (kg)

v_a : kecepatan absolut (m/s)

Sedangkan impuls adalah perubahan momentum.

$$I = m \cdot (v_{a2} - v_{a1}) \quad (9)$$

Keterangan,

I : impuls

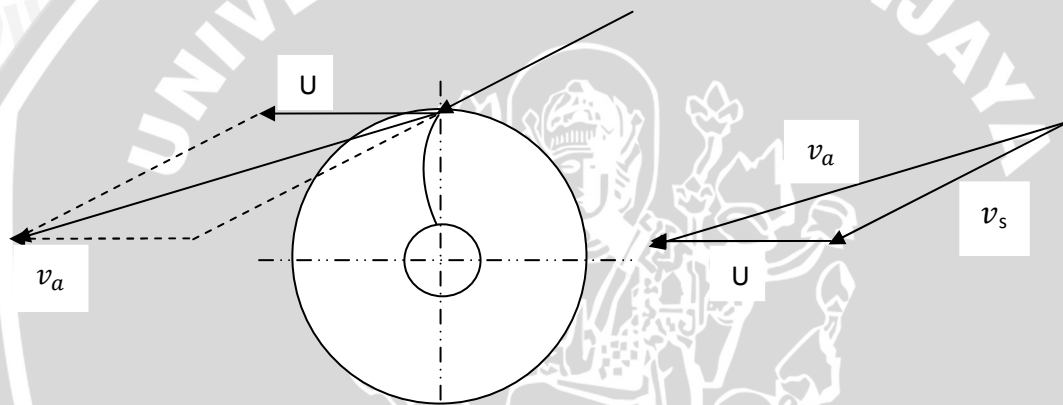
m : massa (kg)

v_{a1} : kecepatan akhir (m/s)

v_{a2} : kecepatan awal (m/s)

2.6 Segitiga Kecepatan

Segitiga kecepatan dapat didefinisikan sebagai segitiga yang dibentuk oleh tiga kecepatan, yaitu kecepatan *absolute* air, kecepatan tangensial, dan kecepatan *relative*. Pada mesin – mesin berputar yang memanfaatkan sudu, biasanya digunakan segitiga kecepatan untuk menghitung performa dasar dari sebuah tingkat turbin. Segitiga kecepatan terdiri dari tiga buah vektor kecepatan yaitu kecepatan *absolute* (v_a), kecepatan *relative* (v_s) dan kecepatan tangensial (U). Kecepatan absolut air ketika memutar sudu turbin dapat diketahui dengan melihat resultan kecepatan relatif air masuk turbin dengan kecepatan tangensial turbin. Dari segitiga kecepatan inilah nanti kita akan menentukan berapa rasio U/v_s , seperti pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Segitiga Kecepatan Pada Sudu Kincir Air

Keterangan,

- v_s : kecepatan relatif air (m/s)
- U : kecepatan tangensial (m/s)
- v_a : kecepatan absolut air (m/s)

2.7 Hipotesis

Pada debit yang sama, semakin besar tinggi sudu kincir air maka lengan torsi (radius kincir) akan semakin besar, sehingga daya poros akan meningkat, begitu juga dengan efisiensinya.