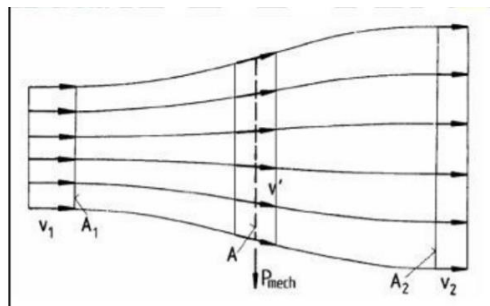
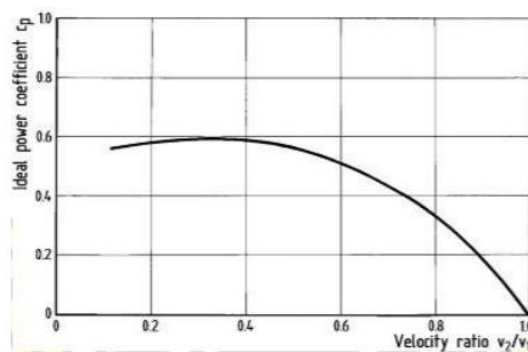


sebesar 6 kali kecepatan angin. Teori momentum elementer Betz sederhana berdasarkan pemodelan aliran dua dimensi angin yang mengenai rotor menjelaskan prinsip konversi energi angin pada turbin angin. Kecepatan aliran udara berkurang dan garis aliran membelok ketika melalui rotor dipandang pada satu bidang. Berkurangnya kecepatan aliran udara disebabkan sebagian 6 energi kinetik angin diserap oleh rotor turbin angin. Pada kenyataannya, putaran rotor menghasilkan perubahan kecepatan angin pada arah tangensial yang akibatnya mengurangi jumlah total energi yang dapat diambil dari angin. Walaupun teori elementer Betz telah mengalami penyederhanaan, namun teori ini cukup baik untuk menjelaskan bagaimana energi angin dapat dikonversikan menjadi bentuk energi lainnya.



Gambar 2.2 Model Aliran dari Teori Momentum Beltz (Erich Hau, 2013)

Dari gambar 2.2 menjelaskan koefisien daya hasil dari konversi daya angin ke daya mekanis turbin tergantung pada perbandingan dari kecepatan angin sebelum dan sesudah dikonversikan. Jika keterkaitan ini di ilustrasikan ke dalam grafik, dapat dilihat bahwa koefisien daya mencapai maksimum pada rasio kecepatan angin tertentu seperti terlihat pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Koefisien Daya Berbanding Dengan Rasio Kecepatan Aliran (Erich Hau, 2013)

2.2 Landasan Teori

Turbin angin merupakan salah satu alat yang dapat mengkonversi energi angin menjadi kerja berupa torsi yang dapat digunakan untuk menggerakkan peralatan lain. Ada dua jenis turbin angin yang sering digunakan yaitu Turbin angin Darrieus dan Turbin angin Savonius.

Turbin angin Darrieus merupakan suatu sistem konversi energi angin yang digolongkan dalam jenis turbin angin berporos tegak. Turbin angin ini pertama kali ditemukan oleh GJM Darrieus tahun 1920. (Lecther T, 2010) salah satu keuntungan dari turbin jenis Darrieus dapat menerima angin dari segala arah, mekanisme di turbinnya bisa diletakkan di tanah serta mudah terjangkau dan bisa bekerja dengan kecepatan angin bebas yang lemah. Dan berdasarkan hasil pemodelan yang dilakukan oleh (Rusmaryadi et al, 2018) diketahui performansi *aerodinamika* turbin angin Darrieus jenis *egg-beater* meningkat sebesar 0,19% dibandingkan jenis H.

Turbin jenis Savonius memiliki kelebihan yang lain yaitu: tidak mengalami masalah pada waktu start awal atau dengan kata lain, turbin angin Savonius bisa berputar tanpa diberi energi awal dari luar pada saat start Turbin ini berputar karena adanya perbedaan gaya drag dari sudu-sudunya, sehingga salah satu faktor yang mempengaruhi performansi dari turbin angin savonius adalah besarnya koefisien drag dari sudu yang digunakan. Apabila koefien drag sudu bagian cekung semakin besar dan koefisien drag pada sudu bagian cembung makin kecil maka torsi yang dihasilkan oleh turbin angin akan semakin meningkat sehingga performansinya juga akan meningkat. Hasil penelitian (U.K Saha et al, 2006) memberikan performansi optimal pada sudut kelengkungan sebesar 15° dari model turbin tiga sudu yang dipasang melengkung. Dan (Atmadi et al, 2008) menjelaskan parameter yang mempengaruhi daya turbin yang dihasilkan, didapat untuk kecepatan angin yang sama; semakin besar daya yang dihasilkan, maka luas, diameter, dan tinggi rotor yang diperlukan juga semakin besar, sehingga memberikan kecepatan rotor semakin rendah.

2.2.1 Parameter Analisa

Adapun parameter-parameter yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Luas penampang sudu

Pada proses pembuatan sudu-sudu pada turbin kita harus menentukan luas penampang pada sudu yang akan digunakan di *prototype* turbin angin, dan dapat diketahui dengan mencari nilai sudut yang terbentuk terlebih dahulu dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\frac{2h}{L} = \tan \frac{\alpha}{4} \dots\dots\dots (2.1 \text{ Lit 5 Hal141})$$

Keterangan:

h = tinggi lengkungan sudu (m)

L = lebar sudu (m)

Setelah mengetahui besaran sudut yang terbentuk maka dilanjutkan mencari luas penampang dan jari-jari dengan menggunakan sudut yang sebelumnya didapat sebagai variabel diketahuinya. Adapun rumus untuk mencari nilai luas penampang adalah sebagai berikut:

$$L = 2 \cdot r \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \dots\dots\dots (2.2 \text{ Lit 5 Hal141})$$

$$r = \frac{L}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} \dots\dots\dots (2.3 \text{ Lit 5 Hal141})$$

Keterangan:

L = lebar sudu (m)

r = jari-jari sudu (m)

Dikarenakan sudu-sudu berbentuk melengkung maka perlu diketahui lebar yang sebenarnya dari sudu tersebut. Untuk mengetahui nilai dimensi lebar dari sudu tersebut dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$b = \frac{\pi \cdot d \cdot \alpha}{360} \dots\dots\dots (2.4 \text{ Lit 5 Hal141})$$

Keterangan:

b = lebar sudu setelah melengkung (m)

d = diameter sudu (m)

2. Daya angin

Daya angin berbanding lurus dengan kerapatan udara, dan kubik kecepatan angin, seperti diungkapkan dengan persamaan Daya angin adalah kemampuan angin untuk memutarakan sudu-sudu pada turbin angin. Adapun untuk mengetahui nilai dari daya angin dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$P_A = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \dots\dots\dots (2.5 \text{ Lit 11 Hal149})$$

Keterangan:

P_A = daya angin (Watt)

ρ = massa jenis udara (kg/mm^3)

A = luas penampang (m^2)

v = kecepatan angin (m/s)

3. Daya turbin angin

Ketika angin bergerak dan mengenai baling-baling atau sudu-sudu pada turbin angin maka porosnya pun ikut berputar. Dari proses ini lah dihasilkan daya turbin yang merupakan nilai *output* dari daya angin. Daya turbin angin dapat diketahui dengan persamaan berikut ini:

$$P_T = \omega \cdot T \dots\dots\dots (2.6 \text{ Lit 5 Hal142})$$

Keterangan;

P_T = daya turbin (Watt)

ω = kecepatan sudut (rad/s)

T = torsi (Nm)

4. Daya generator

Dari mulai proses angin mendorong sudu-sudu turbin lalu memutar poros yang kemudian didistribusikan ke generator untuk dapat dikonversikan menjadi energi listrik didapatkan daya generator. Adapun untuk mengetahui nilai dari daya generator dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_g = V \cdot I \dots\dots\dots (2.7 \text{ Lit 11 Hal149})$$

Keterangan:

P_g = daya generator (Watt)

V = tegangan listrik (volt)

I = kuat arus listrik (ampere)

5. Efisiensi turbin angin

Langkah terakhir yang harus dilakukan adalah menghitung nilai efisiensinya sehingga kita dapat menentukan kombinasi mana yang paling tepat digunakan pada *prototype* turbin angin dan menghasilkan daya paling optimal. Efisiensi merupakan nilai perbandingan daya generator dengan daya angin dari turbin, efisiensi dapat diketahui menggunakan persamaan berikut ini:

$$\eta = \frac{P_g}{P_A} \cdot 100\% \dots\dots\dots (2.8 \text{ Lit 11 Hal149})$$

Keterangan:

η = efisiensi (%)

P_g = daya generator (Watt)

P_A = daya angin (Watt)