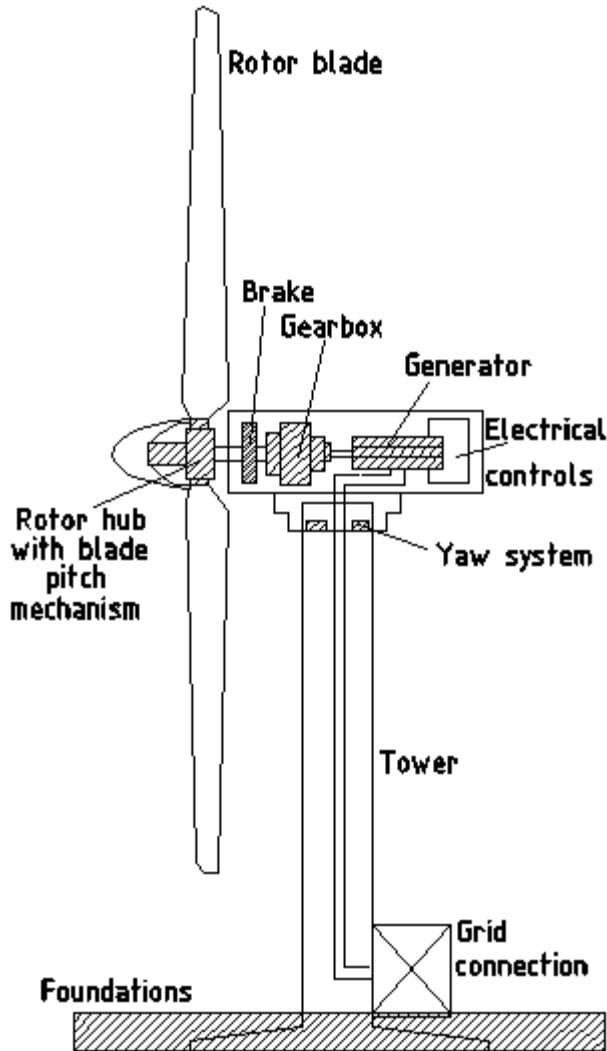


Resume Konversi Energi Angin

Oleh : Sugata Pikatan

Komponen-komponen alatnya :



kebutuhan.

Komponen penunjang

Di luar komponen inti ini, terdapat komponen penunjang yang juga memegang peranan penting.

Rem cepat : biasanya berada di poros cepat dekat generator, dapat difungsikan untuk membatasi laju putar yang kelewat tinggi yang dapat merusak sistem generator.

Rem lambat : biasanya berada di depan gearbox dan dioperasikan secara manual, untuk menghentikan baling-baling pada saat dilakukan maintenance.

Komponen inti

Sebuah **rotor** terdiri dari sejumlah sirip (*blade*) dipasang di bagian depan pada sebuah poros putar (*hub/shaft*) yang terhubung ke belakang melalui kotak roda gigi (**gearbox**). Poros putar keluar dari *gearbox* menuju **generator** di bagian belakang yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik.

Rotor turbin : berupa baling-baling yang lazimnya terdiri atas 3 sirip, berfungsi untuk menangkap energi angin menjadi energi mekanik putarannya. Permasalahan di bagian ini adalah disain aerodinamis yang seefisien mungkin, serta ketahanan dan berat bahan sirip baling-balingnya.

Gearbox : berisi sistem roda gigi yang mengubah laju putar rendah baling-baling (sekitar 100 rpm) menjadi laju putar tinggi (> 1500 rpm) untuk masuk ke generator.

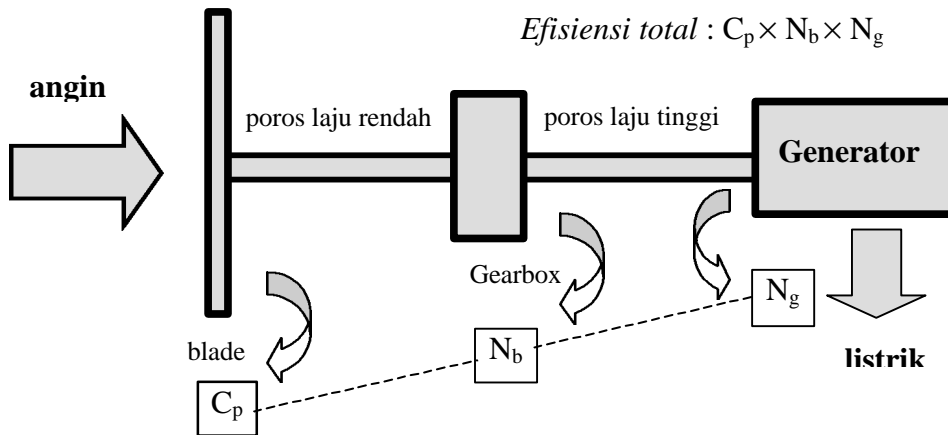
Generator : penghasil energi listrik dari input berupa energi mekanik putar. Permasalahan di bagian ini adalah konversi energi yang seefisien mungkin, menangani input yang senantiasa berubah-ubah, serta bentuk output yang disesuaikan dengan

Yaw system : sistem yang mengatur posisi baling-baling agar tetap menghadap angin secara frontal, sehingga baling-baling dapat menangkap energi angin seefisien mungkin.

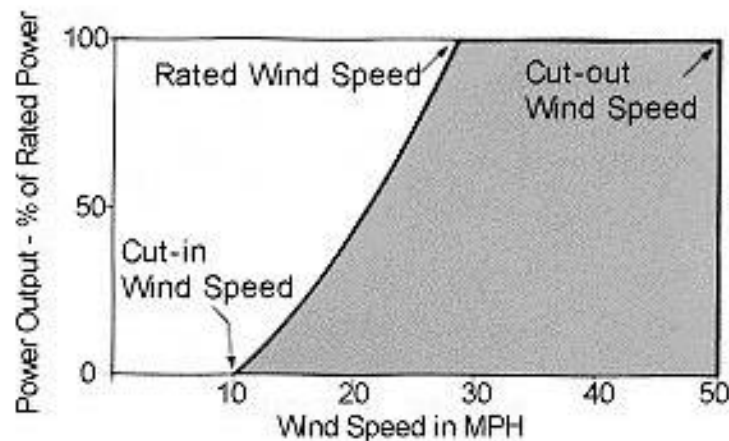
Tower penyangga : menumpu seluruh berat komponen inti dan penunjang cukup jauh di atas permukaan tanah.

Alat-alat kontrol elektrik : mengatur listrik yang dihasilkan generator.

Prinsip kerja turbin angin



Baling-baling menyongsong datangnya angin sehingga ia berputar pada porosnya. Putarannya tidak terlalu cepat karena massanya yang besar, diteruskan oleh poros laju rendah ke belakang melalui *gearbox*. *Gearbox* mengubah laju putar menjadi lebih cepat, konsekuensinya dengan momen gaya yang lebih kecil, sesuai dengan kebutuhan generator yang ada di belakangnya. Generator kemudian mengubah energi kinetik putar menjadi energi listrik. Ekstraksi energi angin oleh turbin ditentukan oleh koefisien C_p (maksimum 59%, 35% untuk disain bagus), efisiensi transmisi gearbox dan bearings (N_b , bisa mencapai 95%), dan efisiensi generator (N_g , ~ 80%).



Terdapat sebuah kecepatan angin minimum, disebut *cut-in speed*, agar turbin mulai menghasilkan listrik. Kecepatan angin yang terlalu besar juga harus dibatasi agar tidak merusak turbin dan generator, kecepatan maksimum yang diijinkan ini disebut *cut-out speed*. Pada grafik di atas ditunjukkan hubungan antara laju angin dengan daya yang

diperoleh melalui turbin. Turbin yang dipakai diharapkan bekerja pada laju angin 29 mil/jam ($47 \text{ km/jam} = 13 \text{ m/s}$) sehingga menghasilkan daya yang sesuai dengan disainnya (*rated power*).

Permasalahan ekstraksi energi angin dan konversinya menjadi energi listrik

Permasalahan teknis (*engineering*) dan sains pada turbin angin adalah pada efisiensinya, yakni dengan memperbaiki C_p (disain *blade*), N_b (*variable speed mode*), dan N_g (disain generator).

- Memahami perilaku angin setempat, agar peralatan dapat disesuaikan terhadapnya demi efektivitas dan efisiensi.
- Mendisain baling-baling yang efisien agar energi angin yang tertangkap dapat maksimal (memperbesar C_p).
- Membuat bahan sirip baling-baling yang kuat dan ringan, agar umur operasinya sepanjang mungkin, dan mengurangi beban yang harus ditanggung poros putar dan *tower* penunjang.
- Mengurangi *maintenance*, misalnya dengan usaha meniadakan sistem roda gigi dalam *gearbox* (meningkatkan N_b), yang selain merupakan sumber *energy-loss* juga memerlukan *maintenance* yang memadai mengingat perannya yang vital. Konsekuensinya adalah generator harus dapat menerima input melalui poros lambat.
- Mendisain generator yang sesuai dengan input yang berubah-ubah, agar konversi dapat berlangsung seefisien mungkin (menaikkan N_g pada harga C_p optimal). Untuk menghindari *loss* pada *gearbox*, generator dibuat mampu menerima input melalui poros lambat.
- Mengupayakan semuanya itu dibuat dan dioperasikan semurah mungkin.

Ilmu-ilmu yang diperlukan adalah :

- **Aerodinamika** : untuk memahami perilaku udara bergerak, dan disain baling-baling yang efisien, serta sistem *yaw* yang diperlukan.
- **Bahan engineering** : untuk membuat bahan sirip baling-baling yang kuat dan ringan.
- **Power electronics** : untuk mendisain generator yang sesuai, serta teknik penyimpanan energi listrik sebagai output sistem. Atau penyesuaian output terhadap jaringan listrik PLN jika harus dilakukan transmisi keluar lokasi.
- **Teknik kontrol** : untuk mendisain sistem kontrol terhadap kecepatan turbin, atau kontrol terhadap daya generator.
- **Teknik manufaktur** : untuk mencetak baling-baling, membuat rumah (*nacelle*) seluruh komponen peralatannya.
- Ilmu-ilmu MIPA : **Fisika** (aerodinamika, mekanika), **Statistika** (sifat random angin), **Matematika**.
- **Komputer** : untuk kontrol saat operasi, dan simulasi eksperimen disain baru.
- **Meteorologi** : untuk mempelajari watak angin.
- **Teknik sipil** : untuk membangun *tower* yang tangguh dan mampu menyangga sistem secara fisik.
- **Elektrokimia** : untuk teknologi penyimpanan energi listrik dalam baterai.