

## **BAB II**

### **TEORI DASAR**

#### **2.1 Turbin angin**

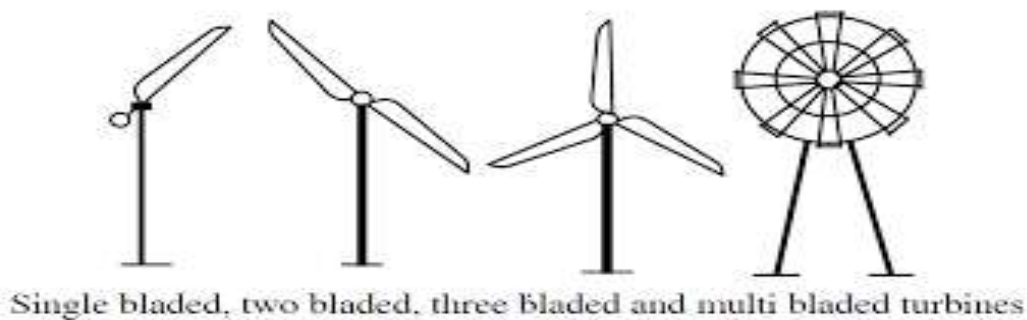
Sebetulnya, turbin angin yang pertama kali digunakan adalah di Persia pada abad ke 5. Kemudian turbin angin tersebut menyebar ke seluruh Eropa. Di Belanda sendiri, turbin angin digunakan pertama kali sekitar abad ke 13. Pada saat itu, masih banyak lokasi di Belanda yang masih berada di bawah air. Dengan menggunakan turbin angin yang ada di dalam bangunan, air yang ada di tanah Belanda dialihkan, disalurkan dan dibendung sehingga kita bisa melihat saat ini tidak banyak air di belanda. Selanjutnya, tanah yang masih sedikit basah dikeringkan dengan turbin angin. Dengan adanya perkembangan teknologi dan arsitektur, penggunaan turbin angin pun juga berkembang. Sekitar abad ke 17, banyak terjadi revolusi di negara-negara Eropa. Karena faktor tersebut, masyarakat di Belanda menggunakan turbin angin untuk kepentingan lain. Tidak hanya digunakan sebagai alat untuk mengalihkan dan membendung air, turbin angin juga dipergunakan sebagai salah satu sarana pembantu dalam bidang pertanian dan industri. turbin angin memang memegang peran penting dalam berbagai bidang di negara ini. Secara garis besar turbin angin memiliki perbedaan perancangan ke dalam dua dasar kategori yaitu turbin angin poros mendatar (HAWT) dan turbin angin poros vertikal (VAWT). Blade, layar, sudu dan cangkir semuanya telah di gunakan untuk menangkap energi angin dan menjadikan energi putaran pada suatu poros penggerak.

#### **2.2 Jenis turbin angin**

##### **2.2.1 Turbin angin sumbu horizontal**

Turbin angin sumbu horizontal (TASH) memiliki poros rotor utama dan generator listrik di puncak menara. Turbin berukuran kecil diarahkan oleh sebuah baling-baling

angin (baling-baling cuaca) yang sederhana, sedangkan turbin berukuran besar pada umumnya menggunakan sebuah sensor angin yang digandengkan ke sebuah servo motor. Sebagian besar memiliki sebuah gearbox yang mengubah perputaran kincir yang pelan menjadi lebih cepat berputar. Karena sebuah menara menghasilkan turbulensi di belakangnya, turbin biasanya diarahkan melawan arah anginnya menara. Bilah-bilah turbin dibuat kaku agar mereka tidak terdorong



Gambar 2.1 : turbin angin sumbu horizontal

menuju menara oleh angin berkecepatan tinggi. Sebagai tambahan, bilah-bilah itu diletakkan di depan menara pada jarak tertentu dan sedikit dimiringkan. Karena turbulensi menyebabkan kerusakan struktur menara, dan realibilitas begitu penting, sebagian besar TASH merupakan mesin upwind (melawan arah angin). Meski memiliki permasalahan turbulensi, mesin downwind (menurut jurusan angin) dibuat karena tidak memerlukan mekanisme tambahan agar mereka tetap sejalan dengan angin, dan karena di saat angin berhembus sangat kencang, bilah-bilahnya bisa ditebuk sehingga mengurangi wilayah tiupan mereka dan dengan demikian juga mengurangi resistensi angin dari bilah-bilah itu.

#### *Kelebihan TASH*

Dasar menara yang tinggi membolehkan akses ke angin yang lebih kuat di tempat-tempat yang memiliki geseran angin (perbedaan antara laju dan arah angin antara dua

titik yang jaraknya relatif dekat di dalam atmosfer bumi. Di sejumlah lokasi geseran angin, setiap sepuluh meter ke atas, kecepatan angin meningkat sebesar 20%.

### *Kelemahan TASH*

- Menara yang tinggi serta bilah yang panjangnya bisa mencapai 90 meter sulit diangkut. Diperkirakan besar biaya transportasi bisa mencapai 20% dari seluruh biaya peralatan turbin angin.
- TASH yang tinggi sulit dipasang, membutuhkan derek yang sangat tinggi dan mahal serta para operator yang tampil.
- Konstruksi menara yang besar dibutuhkan untuk menyangga bilah-bilah yang berat, gearbox, dan generator.
- TASH yang tinggi bisa memengaruhi radar airport.
- Ukurannya yang tinggi merintang jangkauan pandangan dan mengganggu penampilan lansekap.
- Berbagai varian downwind menderita kerusakan struktur yang disebabkan oleh turbulensi.
- TASH membutuhkan mekanisme kontrol *yaw* tambahan untuk membelokkan kincir ke arah angin.

### 2.2.2 Turbin Angin Sumbu Vertikal

/tegak (atau TASV) memiliki poros/sumbu rotor utama yang disusun tegak lurus. Kelebihan utama susunan ini adalah turbin tidak harus diarahkan ke angin agar menjadi efektif. Kelebihan ini sangat berguna di tempat-tempat yang arah anginnya sangat bervariasi. VAWT mampu mendayagunakan angin dari berbagai arah.

Dengan sumbu yang vertikal, generator serta gearbox bisa ditempatkan di dekat tanah, jadi menara tidak perlu menyokongnya dan lebih mudah diakses untuk keperluan perawatan. Tapi ini menyebabkan sejumlah desain menghasilkan tenaga

putaran yang berdenyut. *Drag* (gaya yang menahan pergerakan sebuah benda padat melalui fluida (zat cair atau gas) bisa saja tercipta saat kincir berputar.

Karena sulit dipasang di atas menara, turbin sumbu tegak sering dipasang lebih dekat ke dasar tempat ia diletakkan, seperti tanah atau puncak atap sebuah bangunan. Kecepatan angin lebih pelan pada ketinggian yang rendah, sehingga yang tersedia adalah energi angin yang sedikit. Aliran udara di dekat tanah dan obyek yang lain mampu menciptakan aliran yang bergolak, yang bisa menyebabkan berbagai permasalahan yang berkaitan dengan getaran, diantaranya kebisingan dan *bearing wear* yang akan meningkatkan biaya pemeliharaan atau mempersingkat umur turbin angin. Jika tinggi puncak atap yang dipasangi menara turbin kira-kira 50% dari tinggi bangunan, ini merupakan titik optimal bagi energi angin yang maksimal dan turbulensi angin yang minimal.

#### *Kelebihan TASV*

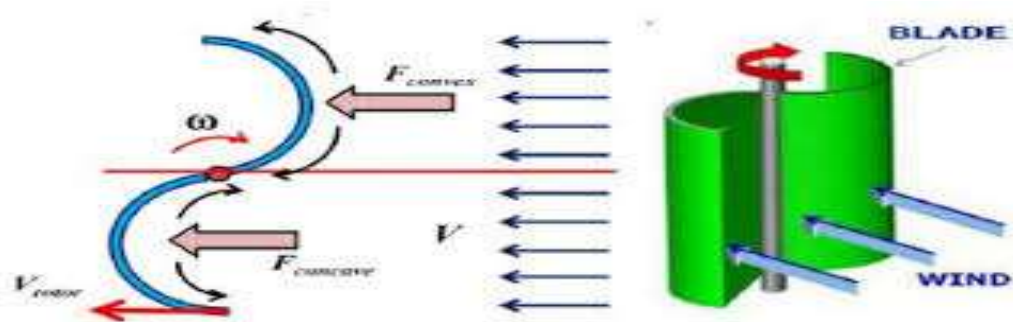
- Tidak membutuhkan struktur menara yang besar.
- Karena bilah-bilah rotornya vertikal, tidak dibutuhkan mekanisme yaw.
- Sebuah TASV bisa diletakkan lebih dekat ke tanah, membuat pemeliharaan bagian-bagiannya yang bergerak jadi lebih mudah.
- TASV memiliki sudut airfoil (bentuk bilah sebuah baling-baling yang terlihat secara melintang) yang lebih tinggi, memberikan keaerodinamisan yang tinggi sembari mengurangi *drag* pada tekanan yang rendah dan tinggi.
- Desain TASV berbilah lurus dengan potongan melintang berbentuk kotak atau empat persegi panjang memiliki wilayah tiupan yang lebih besar untuk diameter tertentu daripada wilayah tiupan berbentuk lingkarannya TASH.
- TASV memiliki kecepatan awal angin yang lebih rendah daripada TASH. Biasanya TASV mulai menghasilkan listrik pada 10 km/jam (6 m.p.h.)
- TASV biasanya memiliki *tip speed ratio* (perbandingan antara kecepatan putaran dari ujung sebuah bilah dengan laju sebenarnya angin) yang lebih rendah

sehingga lebih kecil kemungkinannya rusak di saat angin berhembus sangat kencang.

- TASV bisa didirikan pada lokasi-lokasi dimana struktur yang lebih tinggi dilarang dibangun.
- TASV yang ditempatkan di dekat tanah bisa mengambil keuntungan dari berbagai lokasi yang menyalurkan angin serta meningkatkan laju angin (seperti gunung atau bukit yang puncaknya datar dan puncak bukit),
- TASV tidak harus diubah posisinya jika arah angin berubah.
- Kincir pada TASV mudah dilihat dan dihindari burung.

#### *Kekurangan TASV*

- Kebanyakan TASV memproduksi energi hanya 50% dari efisiensi TASH karena drag tambahan yang dimilikinya saat kincir berputar.
- TASV tidak mengambil keuntungan dari angin yang melaju lebih kencang di elevasi yang lebih tinggi.
- Kebanyakan TASV mempunyai torsi awal yang rendah, dan membutuhkan energi untuk mulai berputar.
- Sebuah TASV yang menggunakan kabel untuk menyanggahnya memberi tekanan pada bantalan dasar karena semua berat rotor dibebankan pada bantalan. Kabel yang dikaitkan ke puncak bantalan meningkatkan daya dorong ke bawah saat angin bertiup.



Gambar 2.2: turbin angin sumbu vertikal

### 2.3 Generator

Ini adalah salah satu komponen terpenting dalam pembuatan sistem turbin angin. Generator ini dapat mengubah energi gerak menjadi energi listrik. Prinsip kerjanya dapat dipelajari dengan menggunakan teori medan elektromagnetik. Singkatnya, (mengacu pada salah satu cara kerja generator) poros pada generator dipasang dengan material ferromagnetik permanen. Setelah itu disekeliling poros terdapat stator yang bentuk fisisnya adalah kumparan-kumparan kawat yang membentuk loop. Ketika poros generator mulai berputar maka akan terjadi perubahan fluks pada stator yang akhirnya karena terjadi perubahan fluks ini akan dihasilkan tegangan dan arus listrik tertentu. Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan ini disalurkan melalui kabel jaringan listrik untuk akhirnya digunakan oleh masyarakat. Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh generator ini berupa AC (alternating current) yang memiliki bentuk gelombang kurang lebih sinusoidal.



Gambar 2.3 Konstruksi Generator Sinkron

( *Yon Riyono : 2002* )

Pada generator AC di pakai sebuah medan magnetik yang berputar sehingga energi listrik dan lilitan stator dapat dikeluarkan. Arus penguatan untuk rotor dihasilkan oleh satu atau lebih lilitan generator yang dipasang pada poros dimana juga rotor terpasang. Listrik yang dihasilkan disearahkan dengan bantuan dioda. Dioda adalah elemen pengantar tanggung yang meneruskan arus listrik hanya pada satu arah. Generator AC jenis praktis menghasilkan arus bolakbalik tiga fase dengan frekuensi yang tergantung dan jumlah putaran rotor. Hal ini praktis tidak memungkinkan penghubungan jaringan (50Hz), kecuali kalau dengan perantaraan pengaturan putaran jaringan dapat disinkronisasikan. Jika generator ini dihubungkan dengan sebuah jembatan perata arus, maka dapat diperoleh arus searah dengan keuntungan yang telah disebut terdahulu.

## **2.4 Baterai**

Baterai adalah perangkat elektronika yang dapat merubah energi kimia menjadi energi listrik. Setiap baterai memiliki terminal positif (Anoda) dan terminal negatif (Katoda) serta elektrolit yang berfungsi sebagai penghantar. Output arus listrik dari baterai adalah arus searah atau disebut juga dengan arus DC (*Direct Current*). Jika anoda dan katoda dihubungkan ke beban, maka akan ada arus yang mengalir dari anoda ke beban kemudian ke katoda. Aliran arus dari anoda ke katoda disebabkan oleh beda potensial antara anoda dan katoda. Sesuai dengan prinsip arus listrik dimana arus listrik akan mengalir dari potensial tinggi ke potensial rendah. Jika diantara anoda tidak terdapat perbedaan potensial lagi maka arus tidak dapat

mengalir. Kondisi ini dinamakan dengan habisnya energi yang tersimpan pada baterai.

Pada umumnya, baterai terdiri dari dua jenis utama yaitu baterai primer yang hanya dapat digunakan sekali (*single use battery*) dan baterai sekunder yang dapat diisi ulang (*rechargeable battery*).

## **2.5 Baterai Primer (Baterai Sekali Pakai/Single Use)**

Baterai Primer atau Baterai sekali pakai ini merupakan baterai yang paling sering ditemukan di pasaran, hampir semua toko dan supermarket menjualnya. Hal ini dikarenakan penggunaannya yang luas dengan harga yang lebih terjangkau. Baterai jenis ini pada umumnya memberikan tegangan 1,5 Volt dan terdiri dari berbagai jenis ukuran seperti AAA (sangat kecil), AA (kecil) dan C (medium) dan D (besar). Disamping itu, terdapat juga Baterai Primer (sekali pakai) yang berbentuk kotak dengan tegangan 6 Volt ataupun 9 Volt.

Jenis-jenis Baterai yang tergolong dalam Kategori Baterai Primer (sekali Pakai / Single use) diantaranya adalah :

### **2.5.1 Baterai Zinc-Carbon (Seng-Karbon)**

Baterai Zinc-Carbon juga disering disebut dengan Baterai “Heavy Duty” yang sering kita jumpai di Toko-toko ataupun Supermarket. Baterai jenis ini terdiri dari bahan Zinc yang berfungsi sebagai Terminal Negatif dan juga sebagai pembungkus Baterainya. Sedangkan Terminal Positifnya adalah terbuat dari Karbon yang berbentuk Batang (rod). Baterai jenis Zinc-Carbon merupakan jenis baterai yang relatif murah dibandingkan dengan jenis lainnya.



### 2.5.2 Baterai Alkaline (Alkali)

Baterai Alkaline ini memiliki daya tahan yang lebih lama dengan harga yang lebih mahal dibanding dengan Baterai Zinc-Carbon. Elektrolit yang digunakannya adalah Potassium hydroxide yang merupakan Zat Alkali (Alkaline) sehingga namanya juga disebut dengan Baterai Alkaline. Saat ini, banyak Baterai yang menggunakan Alkaline sebagai Elektrolit, tetapi mereka menggunakan bahan aktif lainnya sebagai Elektrodanya.

### 2.5.3 Baterai Lithium

Baterai Primer Lithium menawarkan kinerja yang lebih baik dibanding jenis-jenis Baterai Primer (sekali pakai) lainnya. Baterai Lithium dapat disimpan lebih dari 10 tahun dan dapat bekerja pada suhu yang sangat rendah. Karena keunggulannya tersebut, Baterai jenis Lithium ini sering digunakan untuk aplikasi Memory Backup pada Mikrokomputer maupun Jam Tangan. Baterai Lithium biasanya dibuat seperti bentuk Uang Logam atau disebut juga dengan Baterai Koin (Coin Battery). Ada juga yang memanggilnya Button Cell atau Baterai Kancing.

### 2.5.4 Baterai Silver Oxide

Baterai Silver Oxide merupakan jenis baterai yang tergolong mahal dalam harganya. Hal ini dikarenakan tingginya harga Perak (Silver). Baterai Silver Oxide dapat dibuat untuk menghasilkan Energi yang tinggi tetapi dengan bentuk yang relatif kecil dan ringan. Baterai jenis Silver Oxide ini sering dibuat dalam bentuk Baterai Koin (Coin Battery) / Baterai Kancing (Button Cell). Baterai jenis Silver Oxide ini sering dipergunakan pada Jam Tangan, Kalkulator maupun aplikasi militer.

## **2.6 Baterai Sekunder (Baterai Isi Ulang/Rechargeable)**

Baterai Sekunder adalah jenis baterai yang dapat di isi ulang atau Rechargeable Battery. Pada prinsipnya, cara Baterai Sekunder menghasilkan arus listrik adalah sama dengan Baterai Primer. Hanya saja, Reaksi Kimia pada Baterai Sekunder ini dapat berbalik (Reversible). Pada saat Baterai digunakan dengan menghubungkan beban pada terminal Baterai (discharge), Elektron akan mengalir dari Negatif ke Positif. Sedangkan pada saat Sumber Energi Luar (Charger) dihubungkan ke Baterai Sekunder, elektron akan mengalir dari Positif ke Negatif sehingga terjadi pengisian muatan pada baterai. Jenis-jenis Baterai yang dapat di isi ulang (rechargeable Battery) yang sering kita temukan antara lain seperti Baterai Ni-cd (Nickel-Cadmium), Ni-MH (Nickel-Metal Hydride) dan Li-Ion (Lithium-Ion).

Jenis-jenis Baterai yang tergolong dalam Kategori Baterai Sekunder (Baterai Isi Ulang) diantaranya adalah :

### **2.6.1 Baterai Ni-Cd (Nickel-Cadmium)**

Baterai Ni-Cd (Nickel-Cadmium) adalah jenis baterai sekunder (isi ulang) yang menggunakan Nickel Oxide Hydroxide dan Metallic Cadmium sebagai bahan Elektrolitnya. Baterai Ni-Cd memiliki kemampuan beroperasi dalam jangkauan suhu yang luas dan siklus daya tahan yang lama. Di satu sisi, Baterai Ni-Cd akan melakukan discharge sendiri (self discharge) sekitar 30% per bulan saat tidak digunakan. Baterai Ni-Cd juga mengandung 15% Toksik/racun yaitu bahan Carcinogenic Cadmium yang dapat membahayakan kesehatan manusia dan Lingkungan Hidup. Saat ini, Penggunaan dan penjualan Baterai Ni-Cd (Nickel-Cadmium) dalam perangkat Portabel Konsumen telah dilarang oleh EU (European Union) berdasarkan peraturan “Directive 2006/66/EC” atau dikenal dengan “Battery Directive”.

### 2.6.2 Baterai Ni-MH (Nickel-Metal Hydride)

Baterai Ni-MH (Nickel-Metal Hydride) memiliki keunggulan yang hampir sama dengan Ni-Cd, tetapi baterai Ni-MH mempunyai kapasitas 30% lebih tinggi dibandingkan dengan Baterai Ni-Cd serta tidak memiliki zat berbahaya Cadmium yang dapat merusak lingkungan dan kesehatan manusia. Baterai Ni-MH dapat diisi ulang hingga ratusan kali sehingga dapat menghemat biaya dalam pembelian baterai. Baterai Ni-MH memiliki Self-discharge sekitar 40% setiap bulan jika tidak digunakan. Saat ini Baterai Ni-MH banyak digunakan dalam Kamera dan Radio Komunikasi. Meskipun tidak memiliki zat berbahaya Cadmium, Baterai Ni-MH tetap mengandung sedikit zat berbahaya yang dapat merusak kesehatan manusia dan Lingkungan hidup, sehingga perlu dilakukan daur ulang (recycle) dan tidak boleh dibuang di sembarang tempat.

### 2.6.3 Baterai Li-Ion (Lithium-Ion)

Baterai jenis Li-Ion (Lithium-Ion) merupakan jenis Baterai yang paling banyak digunakan pada peralatan Elektronika portabel seperti Digital Kamera, Handphone, Video Kamera ataupun Laptop. Baterai Li-Ion memiliki daya tahan siklus yang tinggi dan juga lebih ringan sekitar 30% serta menyediakan kapasitas yang lebih tinggi sekitar 30% jika dibandingkan dengan Baterai Ni-MH. Rasio Self-discharge adalah sekitar 20% per bulan. Baterai Li-Ion lebih ramah lingkungan karena tidak mengandung zat berbahaya Cadmium. Sama seperti Baterai Ni-MH (Nickel- Metal Hydride), Meskipun tidak memiliki zat berbahaya Cadmium, Baterai Li-Ion tetap mengandung sedikit zat berbahaya yang dapat merusak kesehatan manusia dan Lingkungan hidup, sehingga perlu dilakukan daur ulang (recycle) dan tidak boleh dibuang di sembarang tempat.

## **2.7 inverter**

Rectifier berarti penyearah. Rectifier dapat menyearahkan gelombang sinusoidal(AC) yang dihasilkan oleh generator menjadi gelombang DC. Inverter berarti pembalik. Ketika dibutuhkan daya dari penyimpan energi(aki/lainnya) maka catu yang dihasilkan oleh aki akan berbentuk gelombang DC. Karena kebanyakan kebutuhan rumah tangga menggunakan catu daya AC , maka diperlukan inverter untuk mengubah gelombang DC yang dikeluarkan oleh aki menjadi gelombang AC, agar dapat digunakan oleh rumah tangga.

## **2.8 Potensi tenaga angin di indonesia**

Potensi tenaga angin untuk pembangkit listrik di Indonesia tidak kalah dengan China, Amerika Serikat, Jerman, Spanyol, India, dan Denmark. Indonesia melibatkan investor dari Denmark menggarap proyek Jeneponto sebesar 65 MW dan Sidrap 70 MW di Sulawesi Selatan. Tenaga nuklir dapat digantikan angin. Lebih dari 50 orang ahli bergabung untuk menggarap proyek SmartBlades. Pekerjaan meliputi riset untuk mengetahui kekuatan angin sebagai sumber energi dengan menggunakan baling-baling. Konsorsium para ahli ini berasal dari GE Global Research, Henkel AG & Co KGaA, Nordex Energy, SSB Wind Systems GmbH & Co KG, Suzlon Energy Ltd. dan WRD Wobben Research and Development GmbH Potensi Tenaga Angin untuk Pembangkit Listrik di Indonesia (Sumber foto/@: smartblades.info) China mengolah tenaga angin menjadi sumber listrik sebesar 100 GW. China merencanakan seluruh kebutuhan energi listrik diolah dari angin pada tahun 2030. Di kawasan daratan China bertaburan kincir angin hingga gedung-gedung bertingkat—ukuran kincir angin lebih kecil. Meski potensi tenaga angin untuk pembangkit listrik di Indonesia demikian besar, namun China justru lebih maju dari kita. Amerika Serikat (AS) menerapkan energi hijau dengan mengolah kekuatan angin yang menghasilkan 43 GW dari 101 kincir angin. AS membangun pembangkit tenaga listrik di off-shore dengan turbin

Roscoe—ladang kincir angin terbesar dengan kapasitas 781 MW. Sementara itu, Jerman menghasilkan 28 GW dari perputaran baling-baling. Para ilmuwan di Fraunhofer yang berkolaborasi dengan perusahaan swasta sukses membangun 22.000 kincir angin di off-shore. Jerman memiliki kebanggaan atas Enercon-126 kincir angin dengan diameter rotor 126 meter—terbesar di dunia yang menghasilkan energi sekitar 7 MW. Sedangkan negeri yang terkenal dengan adu banteng, Spanyol merupakan negara ke-4 dengan kapasitas 21 GW dari tenaga angin. Baca juga : Kekuatan Baling-Baling Berputar di Pegunungan Rocky India dan Denmark masing-masing menempati posisi ke-5 dan ke-6 yang menggunakan kapasitas kincir angin. India baru menghasilkan 14 GW dan kebanyakan kincir angin dibangun daerah pertanian dan pegunungan. Denmark memanfaatkan energi angin sebagai pembangkit listrik dengan kontribusi 40 persen. Potensi sumber energi angin di Indonesia? Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional telah meneliti 166 lokasi dan 35 lokasi yang dapat dikembangkan sebagai penghasil energi angin seperti Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, pantai selatan Jawa, dan pantai selatan Sulawesi. Menurut Rencana Umum Energi Nasional, Indonesia memiliki 60.647,0 MW yang dihasilkan angin berkecepatan 4 meter per detik. Indonesia menyetujui perusahaan dari Denmark untuk membangun proyek Jenepono sebesar 65 MW dan Sidrap 70 MW keduanya di Sulawesi Selatan. Indonesia dapat mengeksplorasi potensi tenaga angin untuk pembangkit listrik di Indonesia bekerja sama dengan Jerman—seperti dilakukan oleh Fraunhofer IWES bersama mitranya. Jerman berencana menghentikan tenaga nuklir hingga tahun 2020-an. Jerman sedang giat-giatnya mengeksplorasi teknologi dan sumber energi terbarukan sebagai pengganti tenaga energi yang berasal dari pembangkit listrik tenaga nuklir. Kebersihan dan kemandirian atas energi terbarukan jauh lebih baik tenaga angin dibanding energi bersumberkan nuklir. Penggunaan teknologi angin dapat diinovasi terutama pembuatan rotor baling-baling yang berbeda dan berukuran besar untuk memenuhi kebutuhan energi masa depan. Rotor didesain dengan pendekatan yang berbeda dengan cara yang dilakukan selama ini. Baca juga : Manfaatkan Kekuatan Angin

Tim ahli yang bergabung dalam satu konsorsium mengerjakan proyek SmartBlades dengan menciptakan tiga teknologi yang dapat digunakan untuk mendesain bentuk rotor baling-baling berukuran lebih besar. Rotor itu harus mampu menyesuaikan diri terhadap kondisi angin yang kecepatannya beragam. Misalnya saat baling-baling yang menjadi beban berat dalam posisi tegak di lingkungan yang beragam namun pada momentum yang sama, baling-baling itu menghasilkan lebih banyak tenaga (listrik). Beban dari baling-baling itu harus ringan agar mudah diangkat dan dipasang di lokasi yang dikehendaki. Pengerjaan proyek SmartBlades memberikan pelajaran yang berharga bagi tim ahli untuk membuktikan potensi penggunaan teknologi yang berbeda, namun tujuannya agar rotor baling-baling berguna optimal untuk menghasilkan energi. Proyek SmartBlades tahap 2 dimulai pada September 2016 dengan biaya 15,4 juta Euro yang melibatkan lebih 50 orang peneliti. Para ahli dari berbagai disiplin meliputi bidang desain struktural, produksi, studi beban aerodinamika, pengendali, dan pengujian operasi. Tim ahli mempelajari kemungkinan perluasan menuju wawasan baru untuk sistem turbin angin secara keseluruhan. Berkat teknologi angin, manfaat dan nilai tambah dari SmartBlades serta kelebihan dan kekurangan dari tiga teknologi dapat ditentukan. Kemudian, fokus teknologi keempat tidak terletak pada bilah rotor yang terisolasi namun pada sistem turbin angin, dan pandangan holistik mengenai aspek ekonomi dan teknis yang dicapai dari hasil penelitian. Baca juga : Mengoptimalkan Pemanfaatan Energi Angin Tujuan strategis penggabungan teknologi silang adalah untuk mencapai hasil yang jelas mengenai kelebihan dan kekurangan yang terdapat pada ketiga teknologi yang sebelumnya menunjukkan potensi yang dapat ditawarkan kepada pelaku industri. Pengembangan terus berlanjut. Pada awal proyek, tim peneliti hanya mempelajari cara sekunder—meliputi studi tentang sendi perekat, stabilitas aeroelastik atau kontrol adaptif—namun kegagalan terhadap tingkat kinerja system justru dapat dipertimbangkan. Mempelajari kekuatan energi dapat meningkatkan kepercayaan pada teknologi maju dan perbaikan desain, kualitas, dan kinerja

## **2.9 Angin Untuk PLTA**

Pada pembangkit angin ada banyak hal yang harus diperhatikan, dikarenakan dalam mendesain turbin kecepatan angin untuk putaran awal turbin ditentukan. Contohnya tempat untuk pendirian turbin angin harus pada daerah yang kecepatan anginnya konstan yaitu kecepatan angin yang terbilang stabil jika dirata rata. Pada daerah pesisir pantai dan pegunungan merupakan daerah dengan sumber angin besar dan melimpah. Dengan bentuk fisik negara Indonesia berpulau-pulau, maka sangat cocok untuk dilakukan pemasangan turbin angin. Karena banyak dari masyarakat kecil di Indonesia khususnya di daerah perbatasan belum merasakan sumber energi tersebut. Untuk itu, table 1 akan menjelaskan kondisi angin yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik. adalah kondisi angin yang dapat di gunakan , namun pada umumnya untuk syarat angin bagi pembangkit listrik tenaga angin biasanya menggunakan kecepatan rata rata 0,3 m/s sampai kecepatan angin 17,1 m/s di kecepatan tersebut masih merupakan titik aman, namun di sisi lain titik aman pasti ada titik tidak aman yaitu untuk syarat angin tidak aman bagi pembangkit listrik tenaga angin tersebut. Bilamana dikatakan tidak aman ketika kecepatan angin mencapai 17,2 m/s sampai dengan 36,9 seperti pada gambar 2.1 yang sudah diberi warna merah. Karena bisa membahayakan bagi peralatan itu sendiri dan bagi daerah sekitar.

Kecepatan Angin menurut Bulan di  
Stasiun Meteorologi Juanda, 2019

Bulan	Kecepatan Angin (knot)		
	Arah	Rata- Rata	Maksimum
Januari	B	9,6	30
Februari	B	8,4	21
Maret	B	7,0	18
April	T	6,8	14
Mei	T	7,3	17
Juni	T	7,0	17
Juli	T	7,0	16
Agustus	T	7,9	18
September	T	8,3	19
Oktober	T	8,6	19
November	B	8,0	31
Desember	B	7,1	19



## 2.10 Potensi Angin di Indonesia

Dari studi pada tempat yang berpotensi menunjukkan bahwa memungkinkan pengembangan Pembangkit listrik tenaga angin di Indonesia dengan kapasitas skala sedang maupun besar. Berikut data dari hasil studi angin dapat dilihat pada Tabel

Tempat Studi	Kecepatan Angin Rata-Rata (m/s)
Baron, DIY	6,13
Lebak, Banten	5,58
Nusa Penida, Bali	2,73
Oelbuk, NTT	6,1
Bantul, DIY	4
Sukabumi, Jawa Barat	6,27
Purworejo, Jawa Tengah	5,16
Garut, Jawa Barat	6,57
Sidrap, Sulawesi Selatan	6,43
Joneponto, Sulawesi Selata	7,96
Selayar, Sulawesi Selatan	4,6

## 2.11 Energi listrik

adalah energi utama yang dibutuhkan bagi peralatan listrik/energi yang tersimpan dalam arus listrik dengan satuan ampere ( $A$ ) dan tegangan listrik dengan satuan volt ( $V$ ) dengan ketentuan kebutuhan konsumsi daya listrik dengan satuan Watt ( $W$ ) untuk menggerakkan motor, lampu penerangan, memanaskan, mendinginkan atau menggerakkan kembali suatu peralatan mekanik untuk menghasilkan bentuk energi yang lain.

Energi yang dihasilkan dapat berasal dari berbagai sumber, seperti air, minyak, batu bara, angin, panas bumi, nuklir, matahari, dan lainnya. Satuan dasar energi listrik adalah Joule, satuan lain adalah KWh (Kilowattjam).

Biasanya listrik berasal dari pembangkit listrik, misalnya: PLTA, PLTB, PLTD (diesel), PLTM, PLTS (surya), PLTU, dan lainnya.