

## ANALISIS PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU (PLTB) TIPE SIRIP BALING-BALING DINAMIS POROS VERTIKAL

Suyanta<sup>1</sup>, Zahratul Jannah<sup>2</sup>, Muh. Nasir Hariyanto<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang

<sup>1</sup>s.suyanta@yahoo.com, <sup>2</sup>wira\_polmal@yahoo.com, <sup>3</sup>faizin\_polteke@yahoo.com

### **ABSTRACT**

Serves as a vertical windmill power generation derived from wind speeds that occur in areas that have a function of wind speed as power plants. so as to move / rotate to the next windmill can rotate the dynamo that can generate electrical energy. In this study, researchers wanted to develop a system by adding a dynamic fin, where fin is equipped with hinges that functioned as a reduction of pressure on the side of the lai. For more details can be followed in the design of a complete explanation on the basic theory pembahasa. At the end of this study can determine deferent between the fin and the fins remain dynamic in the manufacture of prototype vertical windmill. So in the end it can be seen which system is better , whether fixed or fins fin system dynamic , hoped this research can provide better advice to design a vertical axis windmill better.

**Key word:** *vertical windmill, wind speed and dynamic*

### **Pendahuluan**

Sudah menjadi pembicaraan dan dibahas di berbagai media massa bahwa kebutuhan akan energi merupakan isu hangat yang baru berkembang pada saat ini sehingga pemerintah saat ini gencar dalam upaya pengembangan sumber daya energi terbarukan (*renewable energy*) kami selaku pelaku akdemisi tertarik untuk ikut serta dalam memikirkan permasalahan tersebut dengan jalan penelitian yang berkaitan sumber energi terbarukan, dengan topik ”Analisis Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) Tipe Sirip Baling-Baling Dinamis Poros Vertikal”.

Anugerah yang begitu besar dari Tuhan ini masih disia-siakan begitu saja.

Saat ini dari total bauran energi (*energy mix*) Indonesia, kontribusi [energi terbarukan](#) baru sekitar 5%, sementara 95% lainnya, masih digantungkan pada bahan bakar fosil seperti minyak bumi, gas, dan batubara, yang cadangannya semakin menipis dan tak begitu lama lagi akan segera habis. Begitu banyak hambatan dan tantangan yang harus dihadapi oleh energi terbarukan untuk bisa berkembang di negeri ini, tantangan dan hambatan terbesarnya adalah masih lemahnya komitmen pemerintah untuk mengembangkan energi terbarukan, dan masih dipegangnya paradigma kuno yang menganggap bahwa bahan bakar fosil seperti batubara adalah “panasea” untuk Dari sini masih tampak rendah kepedulian pemerintah dalam pengembangan energi

alternatif, dimana sumberdaya yang melimpah masih baru dimanfaatkan sekitar 5% dari kebutuhan energi nasional. Oleh karenanya mari kita kembangkan sumber energi terbarukan yang masih besar potensinya bagi wilayah kita yang terdiri dari daratan dan laut dengan sumber energi terbarukan, meliputi, energi gelombang air laut, energi matahari, energi angin, dan potensi energi air di sekitar kita.

Kebutuhan akan energi dalam kehidupan sehari-hari dapat sebagai acuan tingkat kemakmuran masyarakat, dimana energi merupakan kebutuhan primer dalam kehidupan sebagai tenaga penggerak dalam seluruh aktifitas baik produktif maupun kegiatan lain.

Pemanfaatan sumber energi *non renewable* yang tidak memperhatikan kaidah-kaidah keseimbangan alam akan fatal akibatnya dan akan berdampak terhadap masa depan anak cucu pada masa yang akan datang atau dengan istilah lain untuk kehidupan yang akan datang. Banyak pengkajian yang menunjukkan tentang kerugian yang diakibatkan oleh eksploitasi sumber daya energi yang hanya mementingkan sisi ekonomi sehingga lingkungan hidup menjadi rusak dan biayanya lebih mahal untuk memperbaiki lingkungan kembali menjadi fungsi alam yang seimbang. Dalam blueprint pengelolaan energi nasional 2006-2025 Oleh menteri (ESDM).

### Sesuai Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2006

- Penetapan kebijakan harga energi ke arah harga keekonomian dengan tetap mempertimbangkan kemampuan usaha kecil dan bantuan bagi masyarakat tidak mampu dalam jangka waktu tertentu
- Pelestarian lingkungan dengan menerapkan prinsip pembangunan berkelanjutan

Dalam kebijakannya: Pada saat ini pemerintah masih sangat kecil memanfaatkan sumber energi bentuk *fossil energy (non-renewable energy/energi yang tidak terbarukan)* maupun *non-fossil energy (renewable energy/energi terbarukan)* di tingkat dunia meningkat dengan pesat untuk meningkatkan perkembangan dalam mengejar pertumbuhan ekonomi yang tidak ada ujungnya, dengan dalih untuk mengejar target pertumbuhan ekonomi yang tinggi ini terjadi pengeksploitasian energi yang mengabaikan kaidah lingkungan hidup dan kehidupan alam semesta. Dengan beberapa alasan di depan, cukup memberikan alasan bahwa pemanfaat sumber energi renewable menjadi program pemerintah untuk segera dilaksanakan.

Untuk menerapkan teknologi ini ada sebagian Negara yang mempunyai kemampuan besar dalam kekuatan ekonomi telah memanfaatkan energi ini, namun dengan biaya yang masih sangat tinggi, sedangkan kemampuan Negara kita masih berkembang sehingga kecenderungan memanfaatkan energi ini masih membutuhkan pengkajian yang sesuai dengan keadaan ekonomi masyarakat kita dan secara teknologi tidak menjadi beban yang meberatkan ketika terjadi kerusakan, untuk itu diperlukan model kincir angin yang sederhana dibuat dari bahan disekitar kita, sehingga konstruksi dibuat sederhana tetapi menghasilkan torsi yang cukup, dapat mencukupi untuk menghasilkan listrik.

Kebutuhan energi dunia begitu besar dan cenderung meningkat dengan kebutuhan yang terus naik sesuai dengan perkembangan industri terus meningkat dengan pertambahan penduduk dimana energi listrik digunakan dalam kehidupan rumah tangga, kemudian adanya pertumbuhan sektor industri manufaktur yang terus berkembang sejalan dengan kebutuhan perkembangan manusia. Kita tinjau kebutuhan energi dunia pada tahun 1976 sebesar sekitar 5.800 MTOE (*Million Ton of Oil Equivalent*) dan meningkat lebih dari dua kali menjadi sekitar 12.000 MTOE. Kebutuhan energi dan investasi sektor Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM) di tingkat nasional (di Indonesia) meningkat dengan pesat. Perlu adanya stimulus dan dukungan yang riil dari pemerintah untuk memberikan semacam pancingan bagi masyarakat agar segera mempunyai image tentang beralih pandangan terhadap energi terbarukan.

Dari penuturan yang disampaikan dalam wacana pengemangan sumber daya listrik Pemerintah telah mencanangkan *crash program* dengan membangun Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dan diharapkan selesai pada tahun 2009 dengan total kapasitas energi sebesar 10.000 MW (mega Watt) dengan investasi sebesar US\$ 25,6 milyar (Yusgiantoro, <http://www.kompas.com>). Rencana program pembangunan PLTU pada tahun 2030 akan dibangun sebesar 35.000 MW, dan sebagian besar PLTU yang dibangun menggunakan bahan bakar batubara dan bahan bakar cair (*fossil energy*) dapat mengakibatkan cadangan energy fossil semakin berkurang karena foampak terhadap lingkungan yang sudah banyak bukti bahwa dari pengambilan batu bara yang dilakukan tanpa

mempertimbangkan eko sistem banyak menimbulkan banjir dan tanah-tanah cekungan sulit untuk dikembalikan menjadi lahan produktif, atau kalau bisa dibutuhkan ratusan tahun bahkan ribuan karena begitu masiv tingkat kerusakan yang terjadi. Alias kita memwari bencana bagi anak cucu kita, jika tidak ada solusi yang lebih baik., oleh drencana an karenanya bahan bakar non-renewable harus dimanfaatkan dengan baik, sehingga sangat diperluan adanya konservasi energi dalam energi terbarukan perlu ditingkatkan lebih luas. Merupakan konsekuensi jika terus dikembangkan PLTU akan membawa Kecenderungan harga BBM terus meningkat menunjukkan bahwa energy yang dibutuhkan dalam kehidupan diperlukan koservasi dan diversifikasi energy agar kebutuhan energy terpenuhi. Berikut ini gambaran energy secara nasional yang terpasang sesuai dengan sumber daya yang digunakan sebagai pembangkit listrik non-fossil pada tahun 2007. Jika memperhatikan sumber daya yang tersedia oleh tenaga angin sebesar 9,29 GW dan yang dimanfaatkan 0,0005 GW sehingga baru sekitar  $0,1858 \times 10^{-6}$  % masih kecil dari total potensi yang tersedia.

Untuk menerapkan teknologi ini ada sebagian Negara yang mempunyai kemampuan besar dalam kekuatan ekonomi telah memanfaatkan energy ini, namun dengan biaya yang masih sangat tinggi, sedangkan kemampuan Negara kita masih berkembang sehingga kecenderungan memanfaatkan energy ini masih membutuhkan pengkajian yang sesuai dengan keadaan ekonomi masyarakat kita dan secara teknologi tidak menjadi beban yang meberatkan ketika

terjadi kerusakan, untuk itu diperlukan model kincir angin yang sederhana dibuat dari bahan disekitar kita, sehingga

konstruksi dibuat sederhana tetapi menghasilkan torsi yang cukup, dapat mencukupi untuk menghasilkan listrik.

Pemerintah telah mencanangkan *crash program* dengan membangun Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dan diharapkan selesai pada tahun 2009 dengan total kapasitas energi sebesar 10.000 MW (mega Watt) dengan investasi sebesar US\$ 25,6 milyar (Yusgiantoro, <http://www.kompas.com>). Rencana program pembangunan PLTU pada tahun 2030 akan dibangun sebesar 35.000 MW, dan sebagian besar PLTU yang dibangun menggunakan bahan bakar batubara dan bahan bakar cair (*fossil energy*) dapat mengakibatkan cadangan energy fosil semakin berkurang karena fosil bahan bakar non-renewable, sehingga sangat diperluan adanya konservasi energi

dalam energi terbarukan perlu ditingkatkan lebih luas.

Kecenderungan harga BBM terus meningkat menunjukkan bahwa energy yang dibutuhkan dalam kehidupan diperlukan koservasi dan diversifikasi energy agar kebutuhan energy terpenuhi. Berikut ini gambaran energy secara nasional yang terpasang sesuai dengan sumber daya yang digunakan sebagai pembangkit listrik non-fossil pada tahun 2007. Jika memperhatikan sumber daya yang tersedia oleh tenaga angin sebesar 9,29 GW dan yang dimanfaatkan 0,0005 GW sehingga baru sekitar  $0,1858 \times 10^{-6}$  % masih sangat kecil dari total potensi yang tersedia.

Tabel 1.2. Cadangan dan Produksi(Energi Non Fosil)  
Indonesia tahun 2007

No.	Energi Non Fosil	Sumber Daya	Kapasitas Terpasang
1.	Tenaga Air	75,67 GW (e.q. 845 juta SBM)	4,2 GW
2.	Panas Bumi	27 GW (e.q. 219 juta SBM)	0,8 GW
3.	Mini/micro hydro	0,45 GW	0,084 GW
4.	Bio-mass	49,81 GW	0,3 GW
5.	Tenaga Surya	4,8 kWh/m <sup>2</sup> /day	0,008 GW
<b>6.</b>	<b>Tenaga angin</b>	<b>9,29 GW</b>	<b>0,0005 GW</b>
7.	Uranium *)	3 GW (e.q. 24,112 ton) untuk 11 tahun	30 GW

Sumber: [www.esdm.go.id](http://www.esdm.go.id), Partowidagdo (2009: 400).

Catatan: \*) Hanya di Kalian – West Kalimantan

Wilayah Indonesia yang sebagian besar laut berpotensi besar bahwa angin dapat bertiup lebih dari 50 persen setiap hari, sehingga memungkinkan dipasang kincir angin di lokasi tertentu yang mempunyai potensi besar untuk energy angin.



Tabel 1.3 memperlihatkan realisasi subsidi bahan bakar sebesar Rp 74,7 triliun terdiri dari: subsidi untuk premium sebesar Rp. 36,6 triliun, minyak tanah sebesar Rp. 13,7 triliun, dan solar sebesar Rp. 24,4 triliun dari Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara – Perbaikan (APBN-P) tahun 2010. Ada kenaikan subsidi setiap tahun kecuali pada tahun 2009. Sedangkan subsidi untuk BBN masih sebesar Rp. 2,226 triliun relatif sangat kecil bila direncanakan kandungan BBN untuk bahan bakar minyak menjadi sekitar 25% pada tahun 2025.

Tabel 1.3  
Perkembangan Subsidi Bahan Bakar Minyak tahun 2007-2010

JENIS SUBSIDI	2007	2008	2009	2010	
				APBN	APBN-P
<b>TOTAL SUBSIDI BBM (Triliun Rp)</b>	<b>83.8</b>	<b>139.1</b>	<b>45.0</b>	<b>68.7</b>	<b>88.9</b>
<b>1. Subsidi BBM</b>	<b>83.8</b>	<b>135.2</b>	<b>37.1</b>	<b>57.4</b>	<b>74.7</b>
-Premium	25.3	43.6	15.2	24.3	36.6
-Minyak Tanah	39.5	47.6	11.5	12.5	13.7
-Solar	19.1	44.1	10.4	20.6	24.4
<b>2. Subsidi LPG</b>	-	<b>3.9</b>	<b>7.9</b>	<b>11.4</b>	<b>14.7</b>
<b>3. Subsidi BBN</b>	-	-		<b>2,226.0</b>	<b>2,226.0</b>
<b>Volume BBM dan LPG</b>					
<b>BBM (ribu kl)</b>	<b>38,643</b>	<b>39,176</b>	<b>37,723</b>	<b>36,505</b>	<b>36,505</b>
-Premium	17,929	19,529	21,120	21,454	21,454
-Minyak Tanah	9,850	7,855	4,569	3,800	3,800
-Solar	10,864	11,792	12,035	11,251	11,251
<b>LPG (ribu kg)</b>		<b>545,936</b>	<b>1,774,653</b>	<b>2,973,342</b>	<b>2,973,342</b>

Sumber: (<http://www.fiskal.depkeu.go.id>), diakses 25 Februari 2011.

Pemerintah Pusat telah memberikan bantuan peralatan pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) untuk peningkatan pasokan energi non fosil. Hal lain yang masih perlu perhatian adalah kebutuhan bahan bakar yang ramah terhadap lingkungan dan usaha-usaha yang dilakukan untuk reduksi emisi gas buang (misal: kandungan CO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, dan SO<sub>x</sub>)

atau hasil proses pembakaran dari industri manufaktur dan jasa, pembangkit tenaga listrik, dan kendaraan bermotor, serta rumah tangga.

Beberapa komitmen yang telah dilakukan oleh Pemerintah untuk mendukung pelaksanaan kebijakan energi nasional, yaitu: menyusun regulasi dan kebijakan yang berkaitan dengan BBN,

termasuk regulasi tentang perpajakan.

Kincir angin atau turbin angin adalah alat sebagai pengubah aliran angin yang terjadi di sekeliling kita menjadi gerak putar untuk selanjutnya dimanfaatkan sebagai pemutar generator pembangkit listrik. Ada berbagai bentuk kincir angin yang sudah digunakan, seperti gambar berikut:

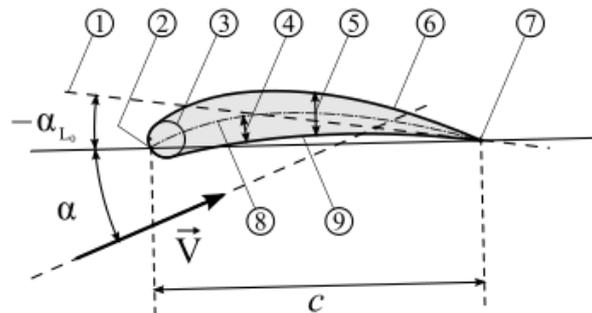


#### Air Foil

Karakteristik Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB/kincir angin) tipe baling-baling vertikal adalah besaran torsi, kecepatan angin, dimensi baling-baling, arah angin, dan daya yang dihasilkan.

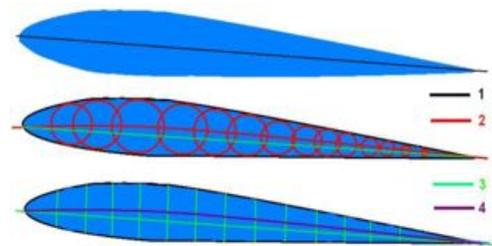
Prinsip kerja dari PLTB tipe baling-baling vertikal adalah sumber angin diperoleh dari alam menumbuk baling-baling (dengan teori segitiga kecepatan dan adanya *lift and drag*) akan memutar baling-baling, kemudian diteruskan ke *generator* melalui transmisi khusus. Kecepatan udara diharapkan berkisar antara 3 s/d 6 m/s, putaran poros kincir angin yang dihasilkan diukur dengan Gambar 2.2 Profile lines – 1: Chord, 2: Camber, 3: Length, 4: Midline

menggunakan *tachometer*. Transmisi digunakan untuk menyesuaikan putaran *generator* agar diperoleh tegangan dan frekuensi yang memadai.

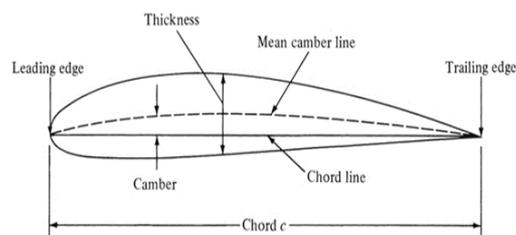


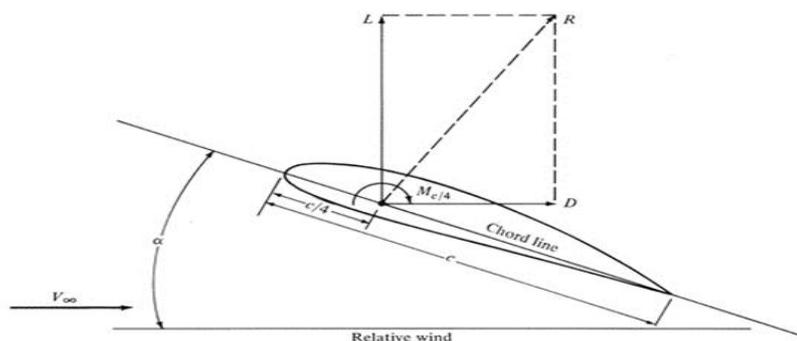
Gambar 2.1 memperlihatkan profil geometris dari *airfoil* untuk baling-baling PLTB. Sumber: [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com), diakses 08 Maret 2013.

Gambar 2.1. *Profile geometry airfoil* – 1: Zero lift line; 2: Leading edge; 3: Nose circle; 4: Camber; 5: Max. thickness; 6: Upper surface; 7: Trailing edge; 8: Camber mean-line; 9: Lower surface



Gambar 2.2 memperlihatkan *profile lines* dari *airfoil* untuk baling-baling PLTB.





Gambar 2.4 (a) *Lift and drag, moments, angle of attack and relatif wind*; (b) *Normal and axial force*. Gambar 2.4 memperlihatkan gaya yang dihasilkan dari bentuk *air foil* yaitu: *lift, drag and resultant force*.

### Formula Yang Digunakan

Beberapa formula/rumus yang digunakan di dalam perhitungan perancangan PLTB tipe baling-baling vertikal.

Besar energi kinetis (E) yang dihasilkan dapat dihitung dengan rumus sbb.:

$$E = \frac{1}{2} m V^2 \quad [\text{joule}]$$

Dimana,

E = Energi kinetis [joule]

m = massa udara yang mengalir [kg]

V = kecepatan angin [m/s]

Massa udara (m) yang mengalir dapat dihitung dengan rumus sbb.:

$$m = \rho A V \quad [\text{kg/s}]$$

Dimana,

$\rho$  = kerapatan udara [kg/m<sup>3</sup>]

A = luas penampang PLTB [m<sup>2</sup>]

Besar energi yang dihasilkan per satuan waktu (P) dapat dihitung dengan rumus sbb. :  $P = \frac{1}{2} \rho A V^3$  [watt]

Daya efektif (E<sub>a</sub>) yang dihasilkan oleh kincir angin

Brown, CK dan Warne (1975) menyatakan bahwa daya efektif (E<sub>a</sub>) yang dihasilkan oleh kincir angin adalah sbb.:

$$E_a = \frac{1}{2} \rho c_p D^2 V^3 \quad [\text{watt}]$$

Dimana,

c<sub>p</sub> = koefisien daya

D = Diameter kincir angin [m]

Energi listrik yang dibangkitkan per satuan luas penampang sudu kincir angin adalah sbb.:

$$(P_{\text{system}}/A)_{w_p} = \frac{1}{2} \rho \times c_p \times \eta_{tr} \times \eta_g \times V^3 \quad [\text{watt/m}^2]$$

Dimana,

$\eta_{tr}$  = Efisiensi transmisi [%]

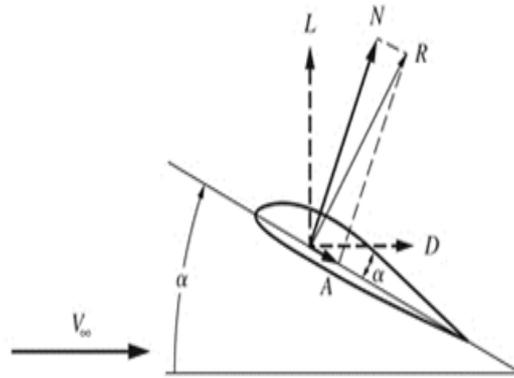
$\eta_g$  = Efisiensi generator [%]

Energi listrik yang dibangkitkan per satuan waktu adalah sbb.:

$$(P_{\text{system}}/A) = 0,1454 V^3 dt \quad [\text{watt/m}^2]$$

Dimana,

dt = Satuan waktu [sekon]



### Tujuan Penelitian.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mensimulasikan PLTB tipe baling-baling vertikal dengan memperhatikan kecepatan angin, dan putaran terhadap daya listrik yang dihasilkan.

### Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Bagi Peneliti  
Penelitian yang dilakukan merupakan penerapan teori-teori peningkatan kompetensi di bidang pembangkitan energi.
- 2) Bagi Lembaga Polinema  
Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan studi kasus bagi peneliti lainnya dan acuan bagi mahasiswa serta dapat memberikan bahan referensi bagi pihak perpustakaan sebagai bacaan yang dapat menambah sumber ilmu pengetahuan.
- 3) Bagi Jurusan  
Hasil penelitian ini dapat membantu Jurusan untuk meningkatkan kompetensi di bidang pembangkitan energi bagi mahasiswa.

Penelitian ini dilakukan dengan langkah seperti diagram alir berikut ini:

### Metode Pendekatan

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan ekperimental desain. Variabel yang digunakan adalah kecepatan angin, torsi dan bentuk kincir angin.

Jenis penelitian yang dilakukan adalah simulasi energi alternatif. Penelitian ini akan dilakukan di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang.

### Populasi dan Sampel

#### Sampel

Desain PLTB tipe vertikal dengan dua bentuk dengan dimensi luasan penerima angn sama, dengan memperhatikan replikasi kecepatan angin, dan putaran poros terhadap torsi atau daya listrik yang dihasilkan.

### Variabel-variabel yang akan diteliti

Variabel dalam penelitian adalah,

1. Kecepatan Angin.
2. Putaran poros kincir angin.
3. Daya listrik yang dihasilkan

Alat Yang Digunakan

1. Tachometer
2. Kincir angin vertical dinamis
3. Kincir angin vertical statis satu
4. Avo meter.

## METODE PENELITIAN

### Data Penelitian

Data diambil dari hasil observasi dengan menggunakan alat ukur tachometer, dan multi-tester.

### Teknik pengumpulan data

1. Data diambil adalah data primer (dari hasil pengukuran)..
2. Uji ekperimentasi.

### Analisis

Menggunakan Uji Eksperimetasi 2 faktor

- Interaksi A dan B (bentuk sudu tetap dan dinamis)
  - Tolak  $H_0$  jika  $F_{hitung} > F_{\alpha;0.05}$  ( $DBA \times B = 2, DBG = 36$ ) (Artinya terdapat terdapat perbedaan signifikan pada daya tang dihasilkan akibat pengaruh interaksi faktor  $A \times B$ )
  - Terima  $H_0$  jika  $F_{hitung} < F_{\alpha;0.05}$  ( $DBA = 2, DBG = 36$ ) (Artinya tidak terdapat perbedaan signifikan pada rata-rata kekasaran permukaan akibat pengaruh interaksi faktor  $A \times B$ )
  - Hasil Uji  $F_{hitung} = 8.363 > F_{\alpha;0.05}$  ( $DBA:2, DBG:36$ ) = 2.634

Dari hasil pengujian yang dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Karena  $F_{A \text{ hitung}} (487.474) > F_{A \text{ tabel}} (3.2595)$ , maka  $H_0^1$  ditolak dan  $H_1^1$  diterima. Berarti faktor A (*bentuk sudu*) berpengaruh terhadap daya
2. Bila  $F_{B \text{ hitung}} (50.0795) > F_{B \text{ tabel}} (3.2595)$ , maka  $H_0^2$  ditolak dan  $H_1^2$  diterima. Berarti faktor B (*bentuk sudu*) berpengaruh terhadap daya
3. Bila  $F_{AB \text{ hitung}} (8.363) > F_{AB \text{ tabel}} (2.634)$ , maka  $H_0^3$  ditolak dan  $H_1^3$  diterima. Berarti interaksi faktor A (*kecepatan angin*) dan faktor B (*bentuk sudu*) berpengaruh terhadap Torsi.

### Aspek lingkungan Hidup

Jika menggunakan penggerak motor bensin mempunyai beberapa kelemahan,

karena bahan bakar minyak (BBM) dalam jangka waktu tertentu akan sehingga jika menggunakan motor penggerak non BBM akan menunda waktu habis sumber energi minyak bumi. Kecuali hal tersebut, bahwa hasil emisi gas buang adalah sisa hasil pembakaran bahan bakar didalam mesin pembakaran dalam, mesin pembakaran luar, mesin jet yang dikeluarkan melalui sistem pembuangan mesin.

Pembakaran menimbulkan pencemaran menyebabkan kerusakan lingkungan hidup yakni sisa pembakaran gas CO<sub>2</sub> yang sulit diuraikan pada ruang terbuka dapat mengakibatkan suhu panas pada lingkungan sekitar sehingga manusia tidak merasa nyaman, suara motor juga dapat mengganggu ketenangan hidup karena motor bensin mengeluarkan suara yang keras apalagi pada malam hari suara dapat terdengar dari jarak yang lebih jauh.

### Aspek Teknologi

Teknologi yang digunakan dalam pembuatan kincir angin membutuhkan pengalaman untuk mengetahui tentang dasar kelistrikan yang berkaitan dengan power energi listrik, motor listrik dan teknik mekanik dalam membuat komponen pendukungnya. Bahan dan komponen pendukung tersedia di pasaran namun untuk komponen tertentu harus mendatangkan dari luar jika tidak tersedia di pasaran domestik. Pembuatan komponen pendukung dapat dikerjakan oleh bengkel-bengkel industri kecil (*home industry*) dengan mendapatkan pelatihan khusus, yang bermanfaat sebagai pengembangan transfer teknologi bagi tenaga kerja baru atau kalau dikembangkan dapat menjadi lapangan kerja baru.

### Aspek Ekonomi

Pada tahap ini ditetapkan satu alternatif desain dimana merupakan kombinasi dari faktor – faktor dan level faktor yang signifikan dari hasil analisis desain eksperimen untuk dibuat prototipenya. Dalam pembuatan prototipe ini dihitung biaya pembuatan, biaya operasional , perawatan dan biaya penyusutan, kemudian akan dibandingkan secara ekonomi dengan metode biaya tahunan ekuivalen. Hasil perbandingan nanti akan menjadi sebuah rekomendasi mana pembangkit listrik yang layak digunakan sebagai energi .

Dari sisi operasional, motor ini sangat mudah dan sederhana, karena begitu start motor akan bekerja selama 24 jam tanpa berhenti, kecuali ada kerusakan karena . Pada kondisi seperti ini kincir angin perlu diperbaiki sesuai dengan kerusakannya. Oleh karena perlu perawatan berkala supaya bekerja lebih baik.

### DAFTAR PUSTAKA

- Cheney, D, 2001. *National Energy Policy: Report of the National Energy Policy Development Group*, US Government Printing Office, Washington.
- Creswell, J W. 2009. *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*, Third Edition, Sage Publications, New Delhi.
- Dillon, WR. and Goldstein, M. 1984. *Multivariate Analysis: Methods and Applications*, John Wiley and Sons, New York.
- Green, J H. 1996. *Renewable Energy Systems in Southeast Asia*. PennWell Books. Oklahoma.
- Hasyim, I. 2005. *Siklus Krisis di Sekitar Energi*. Proklamasi Publishing House. Jakarta.
- Hermanto, B. 2006. *Cases in Management: Indonesian's Real Companies*. Penerbit Salemba Empat. Jakarta.
- Hicks, C R. 1982. *Fundamental Concepts in the Design of Experiments*, Holt, Rinehart and Winston, New York
- <http://www.kompas.com/>. Diakses 31 Mei 2010.
- <http://www.kompasiana.com/>. Diakses 31 Mei 2010.
- <http://www.tempointeraktif.com/>. Diakses 25 Februari 2011.
- <http://www.renewableenergyindonesia.wordpress.com/>. Diakses 11 Maret 2011.
- IEA. 2008. Key World Energy Statistics, <http://www.iea.org/statistics/>, 02 Desember 2008.
- Instruksi Presiden Republik Indonesia No. 1 Tahun 2006: tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (Bio-fuel) sebagai bahan bakar lain*, Jakarta.
- Kemp, WH. 2009. *The Renewable Energy Handbook*. Aztext Press. Canada.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 15 tahun 1996 tentang: Program Langit Biru*. Jakarta.
- Lacouture, DC, and Kathy O Roper, 2009. Renewable Energy in US Federal Buildings. *Journal of Facilities* 27 (5/6): 173-186.