

Pengujian Kincir Angin *Horizontal Type* di Kawasan Tambak sebagai Energi Listrik Alternatif untuk Penerangan

Agus Sifa^a, Casiman S^b, Habib Rizqon H^c

^aJurusan Teknik Mesin, Politeknik Indramayu, Indramayu 45252

E-mail : agus.sifa86@gmail.com

^bJurusan Teknik Mesin, Politeknik Indramayu, Indramayu 45252

E-mail : casiman_sukardi@yahoo.com

^cJurusan Teknik Mesin, Politeknik Indramayu, Indramayu 45252

E-mail : rizcahpondok@gmail.com

ABSTRAK

Kebutuhan masyarakat akan energi listrik semakin besar namun semakin terbatasnya energi listrik yang tersedia dan letak suatu aktivitas manusia memerlukan akses yang mudah dan didukung oleh infrastruktur layanan energi listrik. Kawasan tambak ikan bandeng yang terletak dikawasan pesisir jauh dari kawasan penduduk, memerlukan energi listrik dan belum terinstalasi listrik namun memiliki potensi alam yang belum tergalih untuk dimanfaatkan sebagai energi listrik. Salah satu potensi dikawasan pesisir adalah potensi angin yang bisa digunakan untuk menggerakkan kincir angin, untuk menerapkan kincir angin perlu dilakukan pengkajian sebelum dilakukan penerapan kincir angin sebagai sumber energi alternatif sebagai sumber energi listrik dikawasan tersebut.

Kincir angin *horizontal type* terlebih dahulu terinstal dikawasan tambak dan pengujian dilakukan dengan mengukur kecepatan angin menggunakan Anemometer meter dan mengukur tegangan dan arus listrik yang dihasilkan menggunakan *data logger*, data tersebut diolah agar dapat mengetahui besar daya yang dihasilkan. Hasil pengukuran kecepatan angin pada ketinggian 7 meter berada pada kisaran 3 m/s – 5 m/s. Kecepatan angin tertinggi yang terukur sebesar 7,78 m/s dan menghasilkan tegangan sebesar 14,35 volt dan kuat arus sebesar 2 ampere serta tegangan tertinggi yang dihasilkan yaitu sebesar 17,09 volt dan 2,35 ampere. Maka daya yang dihasilkan turbin angin dengan kecepatan 7,78 m/s dari hasil perhitungan sebesar 99,26 watt. Hal tersebut menyatakan bahwa kincir angin *horizontal type* dapat diterapkan sebagai energi alternatif dikawasan tambak wilayah Indramayu.

Kata Kunci : Energi Listrik Alternatif, Kincir Angin, *horizontal type*, Pesisir, Tambak

1. PENDAHULUAN

Konsumsi listrik Indonesia setiap tahunnya terus meningkat sejalan dengan peningkatan pertumbuhan ekonomi nasional. Peningkatan kebutuhan listrik dikemudian hari yang diperkirakan dapat tumbuh rata-rata 6,5% per tahun hingga tahun 2020. Konsumsi listrik Indonesia yang begitu besar akan menjadi suatu masalah bila dalam penyediaannya tidak sejalan dengan kebutuhan.[2]

Krisis listrik yang selama ini terjadi disebabkan karena adanya permasalahan di PLN dan masyarakat. Permasalahan yang timbul di PLN diantaranya, kapasitas pembangkit listrik yang terbatas khususnya pada WBP (Waktu Beban Puncak), keterbatasan untuk investasi pembangkit dan jaringan baru, tarif yang belum mencapai tingkat keekonomian serta keterbatasan energi primer dan biaya BBM yang tinggi. Sedangkan permasalahan yang ada di masyarakat diantaranya yaitu

tingkat pertumbuhan permintaan yang cukup tinggi, tuntutan terhadap mutu dan keandalan tenaga listrik, pola konsumsi tidak seimbangan antara WBP dan LWPB (Luar Waktu Beban Puncak), masih terdapat masyarakat yang belum menikmati listrik. [1]

Kebutuhan masyarakat akan energi listrik semakin besar namun semakin terbatasnya energi listrik yang tersedia dan letak suatu aktivitas manusia memerlukan akses yang mudah dan didukung oleh infrastruktur layanan energi listrik. Kawasan tambak ikan bandeng yang terletak dikawasan pesisir jauh dari kawasan penduduk, memerlukan energi listrik dan belum terinstalasi listrik namun memiliki potensi alam yang belum tergalih, untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik. Salah satu potensi dikawasan pesisir adalah potensi angin yang bisa digunakan untuk menggerakkan kincir angin, untuk menerapkan kincir angin perlu dilakukan penelitian sebelum dilakukan penerapan menyeluruh kincir angin sebagai sumber energi alternatif sebagai sumber energi listrik dikawasan tersebut.

2. KINCIR ANGIN

a. Potensi Angin

Angin adalah udara yang bergerak dari tekanan tinggi ke tekanan yang rendah. Perbedaan tekanan ini akibat dari radiasi sinar matahari yang tidak merata sehingga menyebabkan perbedaan suhu udara. Angin yang bergerak memiliki angin kinetik. Energi ini dikonversi dalam bentuk angin listrik dengan menggunakan kincir angin yang akan memutar generator. Sehingga kincir angin ini disebut dengan sistem konversi energi angin (SKEA).

Angin adalah udara yang bergerak sementara udara juga memiliki massa maka angin memiliki energi kinetik. Menurut fisika klasik energi kinetik dari angin adalah [3]:

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Dimana:

E= angin kinetic (joule)

m= massa angin (kg)

v= kecepatan angin (m/s)

Pengaruh ketinggian terhadap kecepatan angin dapat ditunjukkan oleh persamaan [3] :

$$v_2 = v_1 \left(\frac{h_2}{h_1} \right)^a$$

Dimana;

v_1 = kecepatan angin saat ketinggian referensi h_1 (m/s)

v_2 = kecepatan angin saat ketinggian h_2 (m/s)

a =konstanta permukaan tanah, untuk daerah banyak pepohonan nilainya 0,25 dan untuk daerah pantai 0,1. Daya yang dimiliki oleh angin dapat ditunjukkan oleh persamaan [3]:

$$P_{\text{angin}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

Dimana

P = daya angin (watt)

ρ =kerapatan udara (kg/m^3)

A = luas sapuan *blade* rotor turbin (m^2)

v = kecepatan angin

Terlihat bahwa energi yang dimiliki oleh angin adalah fungsi pangkat tiga dari kecepatannya. Sementara kerapatan udara berkisar antara 0,9 (kg/m^3) hingga 1,4 (kg/m^3).

Persamaan daya yang dimiliki angin merupakan daya yang diperoleh saat keadaan ideal, dengan mengabaikan rugi-rugi daya angin konversi seluruhnya menjadi angin listrik. Namun, kenyataan di lapangan tidak seperti itu. Terdapat factor efisiensi mekanik turbin dan generator, maka daya yang dapat diperoleh dari angin menjadi [3] :

$$P_{\text{turbin}} = \eta \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

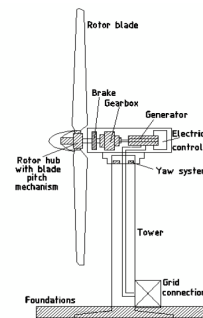
Dimana :

η = efisiensi sistem tenaga angin

Secara teoritik angin maksimum yang dapat ditangkap hanya sekitar 59,3% dari kandungan angin yang lewat. Angka 59,3% dinamakan batasan Betz.[4]

b. Komponen pembangkit tenaga angin

Komponen pembangkit tenaga angin dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar. 2.1 Komponen kincir angin type horizontal

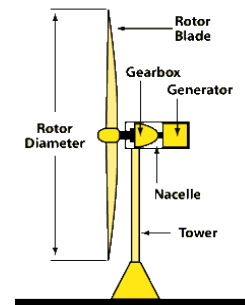
b.1 Rotor Turbin

Rotor turbin terdiri atas *blade* untuk menangkap energi angin menjadi energi gerak pada putarannya. Hal yang perlu diperhatikan adalah desain aerodinamis seefisien mungkin serta ketahanan dan berat *blade*.

Terdapat dua jenis turbin angin, yaitu:

a) Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT)

Turbin jenis HAWT mempunyai sumbu putar turbin horizontal dengan tanah. Turbin jenis ini paling banyak dikembangkan diberbagai Negara. Turbin ini ditunjukkan oleh gambar dibawah ini:



Gambar 2.2 Turbin angin horizontal [3]

Turbin ini terdiri atas dua jenis, yaitu:

1. Mesin *upwind*

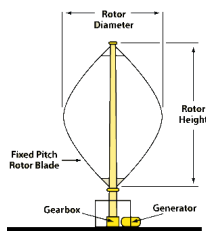
Mempunyai rotor yang berhadapan langsung dengan angin. Desainnya tidak fleksibel dan memerlukan system yaw agar gear rotor tetap berhadapan dengan angin.

2. Mesin *downwind*

Mempunyai rotor yang diletakan di belakang menara. Desain turbin lebih fleksibel dan tidak menggunakan system yaw. Namun, kelemahannya angin harus melewati menara terlebih dahulu sebelum sampai pada turbin sehingga menambah beban turbin.

b) Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)

Turbin jenis VAWT mempunyai sumbu putar yang vertical terhadap tanah. Rotor turbin berputar relative pelan (dibawah 100 rpm) dan memerlukan torsi awal dari luar mesin. Sehingga, jarang digunakan untuk turbin komersial. Keunggulan turbin angin sumbu vertikal adalah generator berada ditanah sehingga tidak membebani menara dan tidak memerlukan system yaw untuk menyejajarkan rotor dengan arah angin. Turbin jenis ini diperlihatkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.9 Turbin angin vertikal [3]
VAWT terdiri dari dua tipe, yaitu:

1. VAWT dorong

VAWT jenis dorong mempunyai nilai $TSR < 1$ artinya lebih banyak bagian *blade* yang mengalami gaya dorong, seperti pada mangkuk anemometer dan savonius. Kecepatan maksimum *blade* yang dihasilkan hampir sama dengan kecepatan angin. Ujung *blade* tidak pernah bergerak lebih cepat daripada kecepatan angin. Turbin jenis ini memiliki efisiensi daya yang rendah.

2. VAWT angkat

VAWT jenis ini mempunyai nilai $TSR > 1$ artinya lebih banyak bagian *blade* yang mengalami gaya angkat, seperti pada turbin Darrius. Masing-masing *blade* memperlihatkan momen gaya angkat maksimum hanya dua kali setiap putaran daya keluarannya berbentuk sinusoidal. Ukuran *blade* relative besar dan tinggi, sehingga menimbulkan getaran. Biasanya memakai dua atau tiga *blade*. Turbin jenis ini

menghasilkan lebih banyak keluaran dan memiliki efisiensi tinggi.

b.2 Blade

Bahan *blade* yang dipilih harus memenuhi aspek fisis yang meliputi kekuatan, elastisitas, dan ketahanan. Desain *blade* harus memperhatikan pula kejadian mendadak seperti kemungkinan adanya angin taufan. Bahan *blade* yang dipilih umumnya anginingan dan mempunyai ketahanan yang bagus.

Jumlah *blade* pada rotor turbin angin bervariasi, dan tidak ada tinjauan teoritis yang benar sebagai konsep terbaik, tetapi lebih ditentukan oleh jenis penggunaannya. Misalnya, untuk pembangkit listrik atau pompa air, serta kecepatan angin saat rotor mulai berputar. Ada beberapa konsep *blade* yaitu:

a) Satu blade

Konsep satu *blade* turbin akan sulit untuk setimbang dan membutuhkan angin yang sangat kencang untuk menghasilkan gaya angkat putar.

b) Dua blade

Konsep dua *blade* turbin lebih mudah setimbang namun kedudukannya mudah bergeser. Desain *blade* harus memiliki kelengkungan yang tajam untuk menangkap angin secara efektif. Namun, kecepatan angin rendah (sekitar 3m/s) putaran akan sulit dimulai.

c) Tiga blade

Konsep tiga *blade* lebih setimbang dan kelengkungan *blade* lebih halus untuk dapat menangkap angin secara efektif. Konsep ini paling sering dipakai pada turbin komersial.

d) Multi blade

Konsep multi *blade* ini justru memiliki efisiensi rendah, tetapi dapat menghasilkan momen gaya awal yang cukup besar untuk memulai berputar dan cocok untuk kecepatan angin rendah. Bentuk *blade* yang tipis, kecil, kelengkungan yang halus, dan konstruksi yang solid.

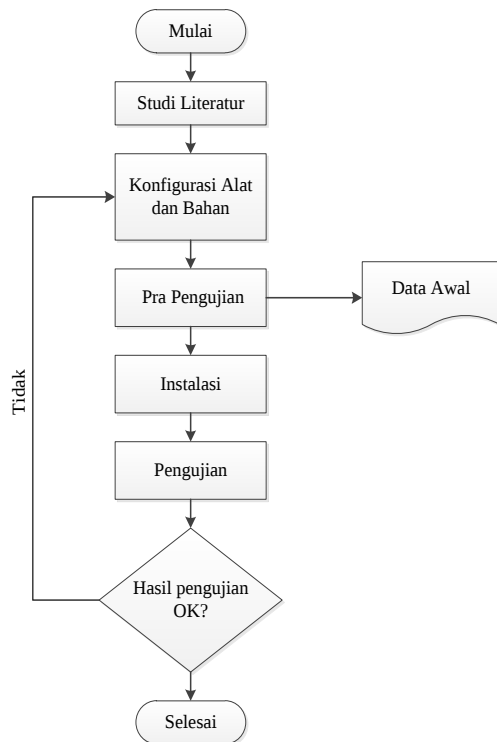
b.3 Generator

Generator merupakan bagian yang merubah angin menjadi energi listrik. Konversi angin di bagian ini harus seefisien mungkin dalam menangani nilai masukan yang

berubah-ubah dan nilai keluaran yang sesuai kebutuhan. Sehingga daya listrik yang dihasilkan akan mencapai nilai maksimum serta sesuai dengan kapasitas generator itu sendiri.

3. Metodologi

Langkah-langkah pengujian penerapan kincir angin ;



Gambar 3.1 Flow Chart penelitian

Pengujian dilakukan dengan mengukur kecepatan angin menggunakan Anemometer meter dan mengukur tegangan dan arus listrik yang dihasilkan dengan data logger yang sebelumnya dilakukan kalibrasi terlebih dahulu.



Gambar 3.2 Instalasi Kincir Angin

Tabel 3.1 Spesifikasi Kincir Angin Horizontal

Performa		Rotor	
Rated power	200 W@12m/s	Rotor diameter	1m
Peak power	270 W	Swept area	0,79M ²
Start-up wind speed	5 m/s	Blade length	41 cm
Working win speed	2-20 m/s	Shell material	Reinforced fiberglass
Survival wind speed	35 m/s	Rated RPM	500

3. Pembahasan

a. Daya angin

Untuk menghitung daya angin digunakan persamaan berikut ;

$$P_{\text{angin}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

Keterangan:

P = daya angin (watt)

ρ = kerapatan udara (kg/m^3)

A = luas sapuan *blade* rotor turbin (m^2)

v = Kecepatan angin

Diketahui:

$\rho = 0,9 \text{ kg}/\text{m}^3$

$A = 0,79 \text{ m}^2$ (Tabel 3.1 Data spesifikasi turbin)

$V = 7,78 \text{ m/s}$ (Tabel 4.2 Pengolahan data turbin angin)

$$P_{\text{angin}} = \frac{1}{2} \times 0,9 \times 0,79 \times 7,78^3$$

$$P_{\text{angin}} = 167,40 \text{ watt}$$

Maka daya angin yang dihasilkan turbin angin pada kecepatan 7,78 m/s adalah sebesar 167,40 watt.

b. Daya turbin angin

Untuk menghitung daya yang diterima turbin angin berdasarkan betz nilai efisiensi maksimum yang digunakan adalah digunakan 59,3 % persamaan

$$P_{\text{turbin}} = \eta \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \text{ atau } P_{\text{turbin}} = \eta \cdot P_{\text{angin}}$$

$$P_{\text{turbin}} = 0,593 \times 167,40 \text{ watt}$$

$$P_{\text{turbin}} = 99,26 \text{ watt}$$

Maka daya yang dihasilkan turbin angin dengan kecepatan 7,78 m/s adalah sebesar 99,26 watt.

c. Pengolahan Data Logger

Pada pukul 07.00 kecepatan angin yang tercatat sebesar 1,5 m/s. Ketinggian pengukuran adalah 1,75 m. Sedangkan turbin angin diletakan pada ketinggian 7 m dapat diperoleh melalui persamaan sebagai berikut:

$$v_2 = v_1 \left(\frac{h_2}{h_1} \right)^a$$

Dimana :

v_1 = kecepatan angin saat ketinggian referensi h_1 (m/s)

v_2 = kecepatan angin saat ketinggian h_2 (m/s)

a = konstanta permukaan tanah, untuk daerah banyak pepohonan nilainya 0,25 dan untuk daerah pantai 0,1.

Diketahui : $v_1 = 1,5$ m/s

$h_1 = 1,75$ m

$h_2 = 7$ m

Maka kecepatan pada ketinggian 7m didapatkan sebagai berikut:

$$v_2 = 1,5 \text{ m/s} \left(\frac{7\text{m}}{1,75\text{m}} \right)^{0,25}$$

$$v_2 = 1,5 \text{ m/s} \cdot (4)^{0,25}$$

$$v_2 = 2,12 \text{ m/s}$$

Kecepatan angin 2,12 m/s akan menghasilkan daya angin dan daya turbin sebesar:

$$P_{\text{angin}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

Dimana

P = daya angin (watt)

ρ = kerapatan udara (kg/m^3)

A = luas sapuan blade rotor turbin (m^2)

v = Kecepatan angin

$$P_{\text{angin}} = \frac{1}{2} \cdot 0,9 \text{ kg}/\text{m}^3 \times 0,79 \text{ m}^2 \cdot (2,12 \text{ m/s})^3$$

$$P_{\text{angin}} = 9,52 \text{ watt}$$

Sedangkan daya turbin yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

$$P_{\text{turbin}} = \eta \cdot P_{\text{angin}}$$

$$P_{\text{turbin}} = 0,593 \cdot 9,52 \text{ watt}$$

$$P_{\text{turbin}} = 5,64 \text{ watt}$$

Maka daya turbin yang dihasilkan dengan kecepatan angin 2,12 m/s adalah sebesar 5,64 watt.

Pada tabel 4.2 Menunjukan pengolahan data turbin angin pada tanggal 10 Juli 2014 pukul 11.00 hingga 17.00.

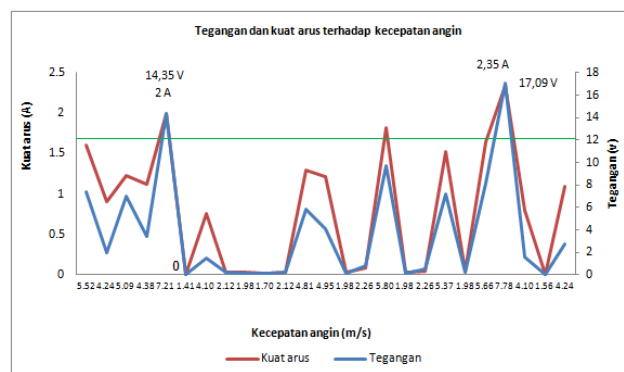
Tabel 4.2 Pengolahan data turbin angin tanggal 10 Juli 2014

No	Waktu	Kecepatan angin (tinggi 7 m) (m/s)	Tegangan (v)	Kuat arus (A)	Daya keluaran (watt)
1	11.00	5,52	7,37	1,61	11,86
2	11.15	4,24	1,93	0,9	1,73
3	11.30	5,09	6,99	1,23	8,59
4	11.45	4,38	3,44	1,12	3,85
5	12.00	7,21	10,73	2	21,46
6	12.15	1,41	0	0	0

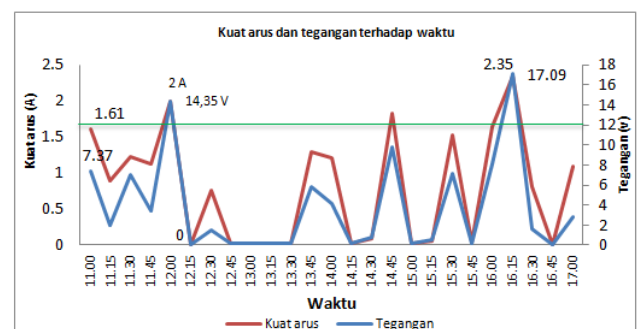
7	12.30	4,10	1,47	0,76	1,11
8	12.45	2,12	0,18	0,03	0,0054
9	13.00	1,98	0,13	0,03	0,0039
10	13.15	1,70	0,11	0,02	0,0022
11	13.30	2,12	0,17	0,03	0,0051
12	13.45	4,81	5,82	1,3	7,56
13	14.00	4,95	4,11	1,21	4,97
14	14.15	1,98	0,15	0,03	0,0045
15	14.30	2,26	0,82	0,09	0,0738
16	14.45	5,80	9,75	1,82	17,745
17	15.00	1,98	0,13	0,03	0,0039
18	15.15	2,26	0,49	0,05	0,0245
19	15.30	5,37	7,15	1,53	10,93
20	15.45	1,98	0,21	0,04	0,0084
21	16.00	5,66	8,15	1,64	13,36
22	16.15	7,78	17,09	2,35	40,16
23	16.30	4,10	1,62	0,8	1,29
24	16.45	1,56	0	0	0
25	17.00	4,24	2,76	1,1	3,03

Pada tabel 4.2 pada jam 12.15 dengan kecepatan angin hanya 1,41 m/s kincir angin belum mampu menghasilkan daya listrik.

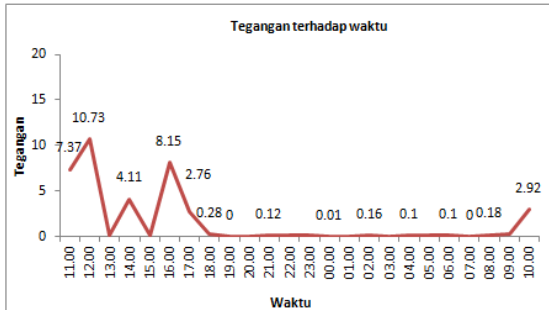
Gambar. 4.1 Grafik perbandingan Tegangan dan Arus terhadap kecepatan angin



Pada grafik tersebut menunjukkan maksimal tegangan 17,09 dan Arus 2,35 Ampere, dengan batas pengisian baterai minimal 12 volt yang ditunjukan garis berwarna hijau.



Gambar. 4.2 Grafik perbandingan Tegangan dan Arus terhadap waktu



Gambar. 4.3 Grafik Tegangan terhadap waktu

Pada grafik diatas menunjukkan selama 24 jam pengisian efektif pada saat siang hari, antara pukul 10.00 -17.00.

5. KESIMPULAN

Kajian yang dihasilkan dapat disimpulkan rata-rata kecepatan angin pada ketinggian 7 meter terlihat berada pada kisaran 3 m/s – 5 m/s. Kecepatan angin tertinggi yang tercatat adalah sebesar 7,78 m/s dan menghasilkan tegangan sebesar 14,35 volt dan kuat arus sebesar 2 ampere serta tegangan tertinggi yang dihasilkan yaitu sebesar 17,09 volt dan 2,35 ampere. Maka daya yang dihasilkan turbin angin dengan kecepatan 7,78 m/s adalah sebesar 99,26 watt. Dapat disimpulkan bahwa kincir angin dapat diterapkan namun untuk memenuhi kebutuhan listrik yang ada disesuaikan dengan kemampuan kapasitas baterai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima Kasih kami sampaikan kepada Ketua Program Studi Teknik Mesin dan Ketua Lab. Teknik Mesin

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Susandi, Armi. 2006.” *Potensi energi angin dan surya di Indonesia*”. Bandung: Institut Teknologi Bandung (ITB).
- [2] Yuliarto, Brian. 2008, “*Sel surya untuk energi masa depan*”. (Juni 2008). Bandung.
- [3] Yulinda, Fitria. *Rancang Bangun Simulasi Sistem Hybrid Tenaga Surya dan Tenaga Angin Sebagai Catu Daya Base Transceiver Station (BTS) 3G*. Skripsi S-1 tidak dipublikasikan. Depok: Program Strata-1 Universitas Indonesia