

Kajian Teknis Pembangkit Listrik Hybrid (PV & WTG) Pada Base Transceiver Station (BTS) Di Pulau Karimunjawa

Safrizal

Prodi Teknik Elektro, Fakultas Sains & Teknologi
Universitas Islam Nahdlatul Ulama Jepara

INFORMASI ARTIKEL

NASKAH DITERIMA : 16 Maret 2020

DIREVISI : 14 April 2020

DISETUJUI : 15 Juni 2020

*KORESPONDENSI PENULIS :

Email : Safrizal27@Unisnu.ac.id

Abstract

Energy crisis of the world's oil and environmental pollution caused by burning fossil fuels to produce electrical energy, global warming has an impact on a very alarming level. The completion of the impact of global warming, which is one of them by reducing the energy use of fossil fuel-based electricity and alternative energy utilization (renewable energy) around it. Supplying electrical energy for operating the BTS (Base Transceiver Station), which is sourced solar power plant (PLTS) or Solar cells, Wind Power Generation (Wind turbine) and Hybrid Power Plant (Solar Cell integration with Wind Turbine) environmentally friendly (green energy) capable of replacing conventional electrical energy either fossil fuel-based, derived from the power provider (PLN) or Genset, as well as capable of reducing levels of CO₂ in the air. In this paper a discussion of solar panel power supply or 71.7% (93.46 kWh) of electricity consumption overall BTS 130.35 Kwh / day, with 72 panels and Wind turbine supply 28.3% or 37 kWh / day consisting of 4 units of wind turbines x 545 Wp x 17 hours = 37,060 Wh / day, as well as reductions, CO₂ emissions of 0.719 kg / kWh x 130.35 = 93.721 Kg / day.

Keywords: Renewable energy, solar cells, Wind Turbine, BTS

Abstrak

Krisis energi minyak dunia serta pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh pembakaran bahan bakar fosil untuk memproduksi energi listrik, telah menimbulkan dampak pemanasan global pada level yang sangat mengkhawatirkan. Penyelesaian dampak pemanasan global, yaitu salah satunya dengan mengurangi penggunaan energi listrik berbasis bahan bakar fosil serta pemanfaatan energi alternatif (renewable energy) disekitarnya. Penyediaan energi listrik bagi operasional BTS (Base Transceiver Station), yang bersumber Pembangkit Listrik Tenaga surya (PLTS) atau Solar sel, Pembangkit Listrik Tenaga Angin (SKEA) dan Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (integrasi PLTS dengan SKEA) yang ramah lingkungan (green energy) mampu menggantikan energi listrik konvensional berbasis bahan bakar fosil baik, bersumber dari pihak penyedia daya (PLN) atau Genset, sekaligus mampu mengurangi kadar CO₂ di udara. Pada bahasan makalah ini Panel surya menyuplai daya listrik 71,7 % atau (93,46 kWh) dari konsumsi daya listrik keseluruhan BTS 130,35 Kwh/hari, dengan 72 panel serta Wind turbine menyuplai 28,3 % atau 37 kWh/hariterdiri atas 4 unit wind turbine x 545 Wp x 17 jam = 37060 Wh/hari, sekaligus pengurangan, kadar emisi CO₂ 0,719 kg/kWh x 130,35 = 93,721 Kg /hari.

Kata kunci: Energi Terbarukan, Solar cell, Turbin Angin, BTS

1. Pendahuluan

Indonesia memiliki banyak pulau, diantaranya Kepulauan Karimunjawa dengan koordinat 05° 56' LS, 110° 25' BT yang berjarak 45 mill laut atau sejauh 83.340 meter dengan pusat pemerintahan Kabupaten Jepara, dan sejauh 60 mill laut atau 111.120 meter dengan pusat pemerintahan Propinsi Jawa Tengah. Jarak yang dibatasi oleh laut tersebut berdampak pada sulitnya mendapat jaringan listrik PT. PLN pada wilayah kepulauan tersebut, hal ini mendorong beberapa provider mengembangkan penggunaan energi alternatif bagi Base Transceiver Station (BTS) disamping energi konvensional yaitu pembangkit listrik diesel (genset). Penggunaan Genset membutuhkan biaya yang tinggi, terkadang terkendala pengiriman BBM, pada

musim penghujan,sertamenimbulkanpemanasan global yang mengakibatkan efek gas rumah kaca, hal ini mendapat perhatian serius oleh pemerintah dan pihak swasta untuk bersinergi mencari solusinya, seperti efisiensi pemakaian energi listrik, pemanfaatan energi terbarukan (*Renewable energy*) disekitarnya yang ramah lingkungan (green energy) untuk pasokan sumber energi listrik. Menurut hasil survei JICA, potensi energi terbarukan di Indonesia yang terbesar adalah tenaga air yaitu sebesar 76.4 GW, biomassa/biogas sebesar 49.8 GW, dan panas bumi sebesar 29 GW. Meskipun energi matahari sangat berlimpah yaitu sekitar 4.8 kWh/m²/day, tetapi efisiensi teknologi solar cell masih berkisar 6-16%. Untuk potensi tenaga angin di Indonesia berkisar 3-6 m/det. Nilai ini masih dibawah rata-

rata angin yang dibutuhkan oleh turbin untuk menghasilkan listrik secara optimal yaitu 12 m/s.

Paper menjelaskan kajian teknis Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid yang terdiri atas panel surya (PV) dan *wind turbine Generator (WTG)* yang dapat digunakan untuk suply daya listrik (*electricpower supply station*) pada BTS (*Base Transceiver Station*) berdasarkan potensi energi terbarukan ramah lingkungan di lokasi pulau Karimunjawa dengan intensitas radiasi matahari 5,23 kWh/m²/hari dan kecepatan angin rata-rata 1 tahun mencapai 4,48 m/detik.[1]. Tujuannya untuk mengkombinasikan keunggulan dari setiap pembangkit sekaligus menutupi kelemahan masing-masing pembangkit untuk kondisi-kondisi tertentu dan dapat dicapai keandalan suply optimum, sehingga secara keseluruhan sistem dapat beroperasi lebih ekonomis dan efisien.

2. Potensi Energi Terbarukan

Kepulauan Karimunjawa dengan koordinat 05° 56’ LS, 110° 25’ BT, memiliki potensi energy terbarukan, kecepatan angin laut, panas matahari yang melimpah. Kecepatan angin laut rata-rata di kepulauan Karimunjawa pertahun pada ketinggian 20 meter berdasarkan data [1].

Tabel 2.1.Clearness index & Daily radiation setiap bulan

Month	Clearness Index	Radiasi Harian (kWh/m ² /day)	Kec Angin rata-rata (m/s)
Jan	0.397	4.220	4.310
Feb	0.435	4.670	4.360
Mar	0.503	5.290	3.170
Apr	0.529	5.210	3.320
May	0.574	5.200	4.770
Jun	0.590	5.090	5.550
Jul	0.622	5.490	6.340
Aug	0.650	6.190	6.250
Sep	0.644	6.590	5.080
Oct	0.565	5.990	3.820
Nov	0.454	4.810	3.310
Dec	0.382	4.030	3.420

Tahun 2010 s/d 2014 mencapai 4,50 m/s, sehingga sesuai untuk turbin skala kecil sampai dengan 10 kW. Intensitas radiasi matahari mencapai 5,23 kWh/m²/hari perhari terutama dimusim kemarau sekitar April-Oktober tiap tahunnya, total panas Cahaya matahari optimum

dalam 1 hari bersinar selama 4,5 jam berdasarkan data National Renewable Energy Laboratorium (NREL), dapat diperhatikan pada tabel 2.1

2.1 Software HOMER

Software Homer Pro 3.14 (*Hybrid Optimization Model for Electric Renewables*) digunakan untuk operasional model system pembangkit skala kecil, di desain untuk mempermudah evaluasi system pembangkit listrik skala kecil baik yang tersambung ke jaringan listrik maupun tidak. Software Homer melakukan perhitungan keseimbangan energy untuk setiap konfigurasi system yang layak, apakah dapat memenuhi kebutuhan listrik di bawah kondisi yang ditentukan, perkiraan biaya modal, penggantian, operasional dan pemeliharaan, bahan bakar dan bunga bank.

3. Kapasitas Sistem BTS

Kebutuhan daya listrik untuk operasional BTS, berbeda-beda sangat tergantung dari jenis dan fungsi BTS tersebut, umumnya berkisar 1 – 7 kW. Tabel 2.2 menunjukkan konsumsi daya listrik BTS pada umumnya.

Tabel 2.2Konsumsi daya listrik BTS

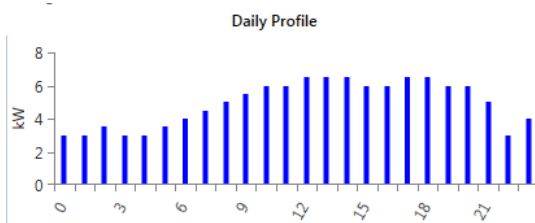
Tipe BTS	Konsumsi Daya Listrik (Watt)
GSM Base station 2/2/2	600 - 1800
GSM Base station 4/4/4	900 - 2300
UMTS Node B Macro/Fiber 2/2/2	750 - 1000
Macro/Fiber - 4/4/4	1300 – 1700

Para operator telekomunikasi sedapat mungkin meminimalkan TCO (*Total Cost of Ownership*) yang terdiri dari biaya operasional OPEX (*operating expenditure*), dan biaya modal CAPEX (*capital expenditure*), biaya operasional yang tergolong besar adalah konsumsi listrik. Sebuah BTS membutuhkan daya listrik secara kontinyu sekitar 3000 watt. Sistem pendingin udara (AC) memerlukan daya listrik 900 Watt agar ruangan tetap bersuhu 18-22°C.Berikut data beban salah satu BTS selama 24 jam.

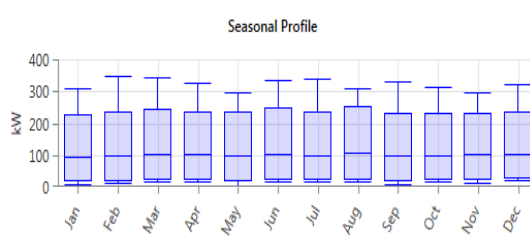
Tabel 1. Data Beban Harian BTS

No	Jam	Beban (kW)	Pemakaian Energi (kWh)
1	00:00 - 01:00	3	3
2	01:00 - 02:00	3,5	3,5
3	02:00 - 03:00	3	3
4	03:00 - 04:00	3	3
5	04:00 - 05:00	3,5	3,5
6	05:00 - 06:00	4	4
7	06:00 - 07:00	4,5	4,5
8	07:00 - 08:00	5	5
9	08:00 - 09:00	5,5	5,5
10	09:00 - 10:00	6	6
11	10:00 - 11:00	6	6
12	11:00 - 12:00	6,5	6,5
13	12:00 - 13:00	6,5	6,5
14	13:00 - 14:00	6,5	6,5
15	14:00 - 15:00	6	6
16	15:00 - 16:00	6	6
17	16:00 - 17:00	6,5	6,5
18	17:00 - 18:00	6,5	6,5
19	18:00 - 19:00	6	6
20	19:00 - 20:00	6	6
21	20:00 - 21:00	5	5
22	21:00 - 22:00	3	3
23	22:00 - 23:00	4	4
24	23:00 - 24:00	3	3

Total kWh selama 24 jam 118,5 kWh



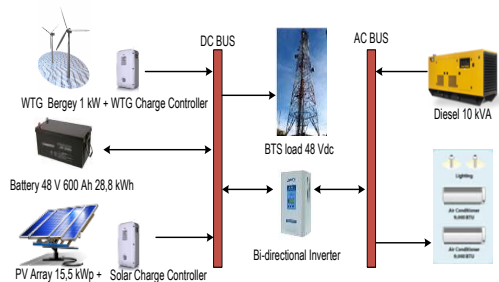
Gambar 1. Grafik Beban harian BTS



Gambar 2. Grafik Beban bulanan BTS

Dari tabel diketahui bahwa konsumsi daya listrik beban BTS selama 24 jam adalah 118,5 kWh/hari, dengan save margin 10 %, maka kebutuhan total 130,35 kWh/hari. Sehingga dapat dihitung kapasitas daya listrik yang harus di

suply oleh Pembangkit Listrik Tenaga Surya (*Photo Voltaic*) dan Pembangkit Listrik Tenaga Angin (*wind turbine*).



Gambar 3. Konfigurasi system

3.1 PLT Surya (PV)

Solar cell atau photovoltaic cell merupakan sebuah semiconductor device yang memiliki permukaan yang luas dan terdiri dari rangkaian dioda tipe P dan N. Cahaya matahari dapat diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan sel-sel surya (photovoltaics) yang disusun membentuk sebuah panel surya. Cahaya yang jatuh pada sel surya menghasilkan elektron yang bermuatan positif dan hole yang bermuatan negative kemudian elektron dan hole mengalir membentuk arus listrik searah, elektron akan meninggalkan sel surya dan akan mengalir pada rangkaian luar sehingga timbul arus listrik prinsip ini disebut photoelectric. Kapasitas fotovoltaik ditentukan berdasarkan spesifikasi beban harian, dengan mengambil kontribusi energi sebesar 70 %, dari fotovoltaik maka dengan menggunakan rumus dapat ditentukan kapasitas PV sebagai berikut : [2]

$$CPV = \frac{EPV}{Q \times \frac{1}{A} \times K} \dots \dots \dots (3.1)$$

Keterangan:

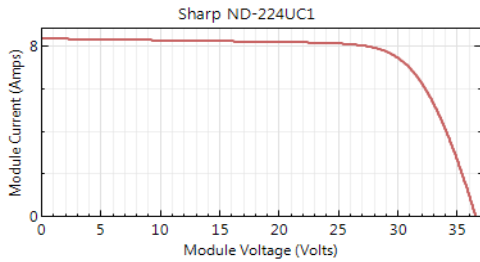
- CPV = Kapasitas Fotovoltaik (kWp)
- EPV = Energi harian output PV (kWh)
- Q = Insolasi matahari rata-rata (kWh/m²/hari)
- A = Standar radiasi matahari (1 kW/m²)
- K = Kompensasi rugi-rugi (loses)
- Rugi-rugi temperatur dan Instalasi PV array = 0,9

Bila panel surya menyuplai daya listrik 80 % dari total keseluruhan konsumsi daya BTS (80% x 130,35 kWh/hari= 104,28 kWh). Apabila kontribusi energi yang diberikan solar cell sebesar 70% maka EPV adalah 0,70 x 104,28 kWh= 72,996 kWh/hari. Instentitas cahaya matahari rata-rata di Karimunjawa (Q=5,23kWh/m²/hari).

$$CPV = \frac{0,70 \times 104,28}{5,23 \times \frac{1}{1} \times 0,9} = 15,50 \text{ kWp}$$

Bila menggunakan PV Sharp ND-224UC1 *Maximum power* (Pmp) 224,4

W_{peak}/module. Dengan bantuan software *Sytems Advisor Model* (SAM 2016. 3.14)



Tabel 2. Data Kebutuhan Panel PV

No	Keterangan	Nilai	Satuan
1	Daya Output Maksimum PV	224	Watt Peak
2	Lama Penyinaran PV	4,5	Jam
3	Derating factor	0,9	
4	Jumlah panel yang diperlukan	60	Panel
5	Modules per string	12	Panel
6	String in Parallel	5	Panel
7	Total module area	94,4	m ²
8	Daya Output PV/panel/hari	907,2	kWh
9	String Voc	439.2	V
10	String Vmp	351.6	V
	Total Kapasitas	15,50	kW

3.2 Batteray

Pada saat energi angin dan cahaya matahari tidak tersedia sepanjang hari, *Autonomous Day* yaitu waktu backup yang bisa ditoleransi jika terjadi gangguan hal ini menyebabkan ketersediaan energi listrik pun tidak menentu. Oleh karena itu digunakan alat penyimpan energi berupa battery, yang berfungsi sebagai back-up energi listrik atau menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh modul surya dan WTG, untuk tetap menjaga operasional energi listrik BTS.

Penentuan kapasitas battery dapat menggunakan rumus sebagai berikut :[2]

$$C_{Bat} = \frac{EL \times A_{ononomous Day}}{V_n \times \eta_{Bat} \times DoD}$$

Keterangan :

C Bat = Kapasitas Baterai (Ah)
 EL = Energi Beban (kWh)

A = Atonomous day
 DoD = (Depth of discharge) =60%
 Eff Bat = 85 %
 Tegangan Nominal V_n = 48 Vdc
 Untuk Hibrid A= 3 hari (72 jam)

Sistem yang digunakan adalah sistem hibrid sehingga:

$$C_{Bat} = \frac{130,35 kWh \times 3}{48 \times 0,85 \times 0,60} = 15974,2 Ah$$

$$\frac{15974,2 Ah}{600 Ah} = 26,62 Unit$$

Bila Jenis battery Valve Regulated Lead Acid yang digunakan merek GIANT Power (48 Volt 600 Ah).

3.3 Bi-directional Inverter

Bi-directional inverter yang berfungsi ganda yaitu sebagai rectifier (*charger*) dan inverter. fungsi charger terjadi pada siang hari saat daya yang dihasilkan PV modul lebih besar dari beban, bidirectional inverter akan mengubah tegangan AC dari output inverter on grid menjadi tegangan DC baterai. Inverter berfungsi mengubah Arus DC yang tersimpan dalam battery menjadi arus AC untuk power supply beban Pendingin ruangan (AC), lampu Penerangan BTS, dan beban lainnya yang membutuhkan Arus AC. Kapasitas inverter ditentukan berdasarkan kebutuhan daya puncak yang terjadi pada beban sesuai dengan grafik beban harian 24 jam. PV dan WTG mengeluarkan tegangan DC 48 Volt, berfungsi untuk charge battery dan power suply beban 48 VDC BTS, sekaligus menjadi tegangan input Inverter.

3.4 Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Pembangkit listrik tenaga angin (*wind turbine Generator=WTG*) atau di Indonesia di kenal istilah Sistem Konversi Energi Angin (SKEA) mengkonversikan energi angin menjadi energi listrik, prinsip kerja kincir memutar rotor pada generator sehingga akan menghasilkan energi listrik, disebabkan kecepatan angin tidak konstan (*fluktuatif*) maka energi listrik yang dihasilkan disimpan terlebih dahulu kedalam baterai sebelum dapat dimanfaatkan. Energi kinetik yang dikonversikan menjadi energi listrik, dapat dihitung menggunakan rumus

$$P = 0,5 \times (\rho) (A) (V)^3 \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan:

ρ = Density (kerapatan) udara 1,225 kg/m³
 A = luas area putar blade kincir angin= $\frac{\pi D^2}{4} m^2$
 D = diameter swept area (m)
 V = Kecepatan angin (m/s)

Sehingga energi listrik yang bisa diperoleh dari angin adalah

$$P = \frac{1}{2} \rho \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) v^3 \dots\dots\dots(3.3)$$

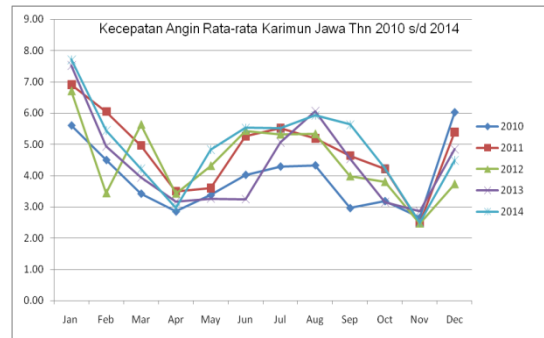
Tabel 3. Kondisi Kecepatan Angin

KELAS ANGIN	KECEPATAN ANGIN (m/s)	KECEPATAN ANGIN (km/jam)	KECEPATAN ANGIN (knot/jam)
1	0.3 - 1.5	1 - 5.4	0.58 - 2.92
2	1.6 - 3.3	5.5 - 11.9	3.11 - 6.42
3	3.4 - 5.4	12.0 - 19.5	6.61 - 10.5
4	5.5 - 7.9	19.6 - 28.5	10.7 - 15.4
5	8.0 - 10.7	28.6 - 38.5	15.6 - 20.8
6	10.8 - 13.8	38.6 - 49.7	21 - 26.8
7	13.9 - 17.1	49.8 - 61.5	27 - 33.3
8	17.2 - 20.7	61.6 - 74.5	33.5 - 40.3
9	20.8 - 24.4	74.6 - 87.9	40.4 - 47.5
10	24.5 - 28.4	88.0 - 102.3	47.7 - 55.3
11	28.5 - 32.6	102.4 - 117.0	55.4 - 63.4
12	>32.6	>118	>63.4

Angin kelas 3 adalah batas minimum dan angin kelas 8 adalah batas maksimum energi angin yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik. Lebih dari kelas 8 adalah angin yang tidak dapat dimanfaatkan, tetapi membawa malapetaka.

Tabel 4. Kecepatan Angin Rata-rata 2010-2014

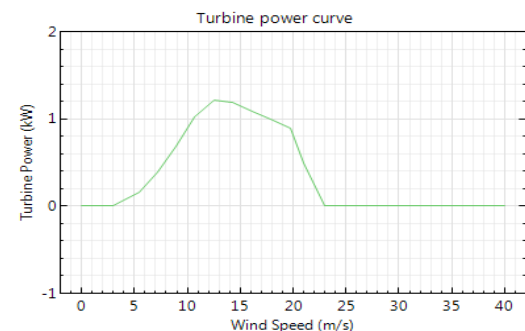
N0	Bulan	Kecepatan Angin (m/s)
1	Jan	6.89
2	Feb	4.87
3	Mar	4.44
4	Apr	3.18
5	May	3.88
6	Jun	4.70
7	Jul	5.14
8	Aug	5.37
9	Sep	4.35
10	Oct	3.71
11	Nov	2.59
12	Dec	4.90
Kecepatan angin rata-rata		4.50



Berdasarkan data tabel 3.2 Kecepatan angin laut rata-rata di kepulauan Karimunjawa pertahun pada ketinggian 20 meter berdasarkan data 2010 s/d 2014 mencapai 4,50 m/s, sehingga sesuai untuk turbin skala kecil sampai dengan 10 kW. Kincir angin(WTG) yang di simulasikan adalah Bergey BWC XL 1

Tabel 5.Speksifikasi Turbin Angin

No	Keterangan	Nilai	Satuan
1	Daya Output	1	kW
2	Rotor diameter	2,5	m
3	Hub Height	80	m
4	Shear Coefficient	0,14	



4. Pembahasan dan Hasil

1. Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid, Power supply untuk BTS yang bersumber dari renewable energi (energy baru terbarukan) dari Wind turbine dan Panel tenaga surya (PV) terkesan rumit, mahal dan sulit dioperasikan, bila dibandingkan dengan teknologi konvensional Diesel Engine Generator (Genset) maupun menggunakan listrik PLN.
2. Panel surya menyuplai daya listrik 71,7 % atau (93,46 kWh) dari konsumsi daya listrik keseluruhan BTS 130,35 Kwh/hari. Penggunaan PV 240 Wpeak/array, untuk menghasilkan daya sebesar 17,36 kWpeak maka dibutuhkan panel surya sebanyak 17,361 kWp/240 Wp = 72,33 (72 panel atau array).
3. Total waktu angin bertiup di daerah pesisir pantai adalah 17 jam, (angin laut bertiup pukul

09:00 – 16:00 dan pukul 20:00 – 06:00) untuk turbin angin 1,5 kW dapat menghasilkan 545 watt pada kecepatan 3,6 m/s. Produksi turbin angin perhari adalah 4 unit x 545 Wp x 17 jam = 37060 Wh/hari (37 kWh/hari) atau 28,3 %.

4. PLT Hybrid BTS mampu mengurangi emisi CO₂, koefisien emisi CO₂ 0,719 kg/kWh x 130,35 = 93,721 Kg /hari.

5. Saran

1. Perlu dilakukan kajian teknis ekonomis, untuk perbandingan penggunaan power suply yang berasal dari listrik PLN dan Genset BBM yang bersubsidi dengan penggunaan Energi alternative (PV, Wind turbine).
2. Penggunaan Simulasi software Homer untuk mengetahui management energy.
3. Penggunaan Matlab/ Simulink untuk mengetahui simulasi karakteristik pembebanan dengan penggunaan energi alternative.

6. Daftar Pustaka

- [1]. <http://power.larc.nasa.gov/cgi-bin/cgiwrap/solar/timeseries.cgi>.
- [2]. http://www.leonics.com/support/article2_12j/articles2_12j_en.php
- [3]. Dharma Arindra Dangkoa Studi PLT Hibrid Angin-Matahari-Diesel untuk Penghematan Biaya Aerasi Tambak Udang di Muara Gembong Bekasi, Tugas Akhir Teknik Elektro ITS Surabaya.
- [4]. Nelly Malik Lande 2008, Solusi Komunikasi Bertenaga Matahari Aplikasi Fotovoltaik pada Base Transceiver Station, jurnal Sains dan Teknologi Indonesia Vol 10 N0 3 Desember 2008 Hal 177-182. BPPT.
- [5]. Pramudyasikumbang.wordpress.com (Pembangkit listrik hybrid analisa perbandingan pada pembangkit Listrik BTS) diakses 10-08-2018.
- [6]. Agus Siswanto, Indar Chaerah Gunadin, Sri Mawar Said, Ansar Suyuti, Stability Improvement of Wind Turbine Penetrated Using Power System Stabilizer (PSS) on South Sulawesi Transmission System, the 6th Engineering International Conference on Education, Concept, and Application of Green Technology
- [7] Yuli Asmi Rahman, Agus Siswanto, Performansi Photovoltaic (PV) Sebagai Pembangkit Tersebar: Analisa Komparasi Teknologi PV, Seminar Nasional teknik elektro dan informatika 2017, Makassar, 20 November 2017