

**ANALISA POTENSI SUMBER DAYA ANGIN SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA BAYU (PLTB) BERBASIS APLIKASI HOMER DI PANTAI
INDRAYANTI, GUNUNGGKIDUL**

***ANALYSIS OF WIND RESOURCE POTENTIAL AS BAYU POWER PLANT BASED
ON HOMER APPLICATION AT INDRAYANTI BEACH, GUNUNGGKIDUL***

Nur Ikhsan Ramadan

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
e-mail: nurikhsanramadan88@gmail.com

ABSTRACT

Electricity is an energy source that is very much needed for human life. The increase in electricity energy consumption in Indonesia also has an impact on the reduction of fossil energy and the need for an increase in power plants owned by Indonesia. The solution is to utilize new renewable energy sources. According to LAPAN One potential renewable energy source in Indonesia is a source of wind energy. There is a potential for wind speeds of 4 to 5 m / s in the southern coast of Java.

This study uses homer application as a research method. The wind rate data used in this study is secondary data from the NASA database with location coordinates located on Indrayanti Beach.

The results of calculations and analysis on the PLTB system planning are simulated on the HOMER application, aiming to facilitate the electrical energy needs of 150 houses. From the results of calculations simulated by HOMER, the total demand for electricity use is 749.7 kWh / day, the average electricity load per hour is 31.24 kW and the possibility of a peak load that can occur within 1 year is 83.48 kWp. The design of this system HOMER uses an off-grid system configuration with a combination of 42 wind turbines with a capacity of 6 kW DC, 2616 batteries with a capacity of 4,463 Ah, and a 105 kW converter. From the HOMER simulation with the optimal configuration of the author's choice the PLTB system can produce a total energy of 488,949 kWh / year. With AC load consumption of 273,549 kWh / year. Excess electricity or excess electricity from this plant is 195,706 kWh / year. The investment cost or Net Present Cost (NPC) of the PLTB is \$3,692,447.00, the operational (\$ / yr) and maintenance cost is \$202.82 / year.

Keywords: Bayu Power Plant, HOMER, Renewable Energy, LAPAN, South Coast of Java Island.

PENDAHULUAN

Listrik merupakan sumber energi yang sangat dibutuhkan bagi kehidupan manusia. Layaknya air energi listrik sudah seakan tidak dapat dipisahkan dalam setiap lini kehidupan. Sudah bukan rahasia umum lagi, perkembangan teknologi yang setiap tahunnya berkembang semakin pesat turut memberikan andil dalam peningkatan konsumsi listrik nasional Indonesia. Berdasarkan data dari databooks katadata Indonesia tahun 2018, konsumsi energi listrik Indonesia naik mencapai 1.012 Kilowatt per hour.

Peningkatan konsumsi energi listrik di Indonesia juga berimbas dengan dibutuhkannya peningkatan dalam pembangkit listrik yang dimiliki Indonesia. Dengan semakin dibutuhkannya penambahan pembangkit listrik di Indonesia, berpengaruh dengan peningkatan konsumsi sumber energi pembangkit listrik Indonesia. Disisi lain, sumber energi pembangkit listrik utama Indonesia masih bersumber dengan energi fosil (minyak bumi, batu bara, dan gas alam).

Namun, dengan peningkatan pemakaian sumber energi yang bersumber dari fosil maka muncul permasalahan kembali, di mana sumber energi fosil akan semakin menipis cadangannya. Seperti data yang diperoleh dari kementerian ESDM 2015, pada tahun 2000 cadangan minyak bumi Indonesia sebesar 5,1 miliar barel dan pada tahun 2012 cadangan minyak bumi Indonesia menurun menjadi 3,7 miliar barel. Dengan demikian, semakin menurunnya cadangan sumber energi yang digunakan sebagai pembangkit listrik, maka dibutuhkannya solusi guna mengatasi permasalahan cadangan energi fosil yang semakin menurun ini. Salah satu solusinya yaitu dengan memanfaatkan sumber energi baru terbarukan. Di Indonesia sendiri sumber energi terbarukan ternyata belum dimanfaatkan dengan optimal. Bahkan 90% penggunaan dari energi di Indonesia masih menggunakan bahan bakar fosil dan hanya 10% yang menggunakan sumber energi terbarukan. Padahal pemerintah menargetkan yang mana pada tahun 2025, Indonesia dapat memanfaatkan sumber energi terbarukan ini sebagai sumber energi listrik sebesar 23%.

Salah satu sumber energi terbarukan yang sangat berpotensi di Indonesia adalah sumber energi angin. Sumber energi angin memiliki potensi yang cukup besar di Indonesia, karena memiliki garis Pantai yang panjang dan membentang dari ujung pulau Sumatera hingga pulau Papua. Nilai total potensi sumber energi angin di Indonesia berdasarkan statistik dari EBTK 2016 sebesar 60.647 MW. Apabila nilai tersebut dapat dimaksimalkan, maka bisa menjadi salah satu pilihan untuk menyelesaikan permasalahan dari meningkatnya konsumsi energi listrik. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) menyatakan bahwa sebanyak 166 lokasi yang diteliti, ditemukan 35 lokasi yang memiliki potensi angin dengan laju di atas 5 meter per detik pada ketinggian 50 meter. Daerah yang dimaksud antara lain, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, Pantai selatan Jawa dan Pantai selatan

Sulawesi. Selain itu, LAPAN juga menemukan 34 lokasi yang memiliki potensi laju angin dengan 4 sampai 5 meter per detik (Energinet, DEA, 2016).

Letak geografis Pantai Indrayanti yang terdapat di pesisir selatan pulau Jawa mempunyai potensi energi baru terbarukan yang berasal dari sumber energi angin yang bertiup sepanjang hari. Oleh karena itu, kondisi ini cukup memungkinkan agar dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi pada pembangkit listrik tenaga bayu nantinya. Pengembangan PLTB ini guna mewujudkan daerah yang mandiri dalam hal energi serta pembangkit listrik yang ekonomis.

DASAR TEORI

Energi Alternatif dan Terbarukan

Energi alternatif merupakan pengganti dari energi berbahan konvensional. Energi terbarukan ialah energi yang tidak di khawatirkan jumlahnya karena energi ini berasal dari alam yang berkelanjutan. Semakin berkurangnya bahan bakar konvensional dimasa kini tentu saja energi alternatif dan terbarukan sangatlah diperlukan. Apalagi dengan meningkatnya kebutuhan akan energi semakin melonjak, serta berkurangnya jumlah yang berasal dari minyak maupun batu bara. Oleh sebab itu, muncul berbagai alternatif sebagai substitusi dari energi minyak dan batu bara tersebut. Energi alternatif di antaranya adalah energi surya, energi angin, energi air, energi panas bumi, dan energi ombak.

Definisi Angin

Menurut Kadir (1995) Angin merupakan udara yang bergerak dengan pergerakan dari udara tersebut maka akan menghasilkan laju, tenaga, serta arah pergerakan. Pemanasan bumi yang disebabkan oleh radiasi dari matahari inilah yang menyebabkan terjadinya pergerakan udara. Pergerakan dari angin ini menghasilkan energi kinetik, oleh karenanya energi kinetik yang bersumber dari pergerakan udara tersebut dapat di rubah menjadi bentuk energi lain contohnya energi listrik yang di rubah dengan menggunakan kincir angin maupun turbin angin yang terpasang generator.

Proses dari Terjadinya Angin

Proses terjadinya angin berawal dari perbedaan tekanan dari udara ataupun suhu udara pada daerah. Proses ini berhubungan dari besar energi panas matahari yang akan diterima permukaan bumi. Daerah yang akan menerima energi panas matahari lebih besar memiliki suhu lebih panas serta tekanan dari udaranya lebih rendah.

Laju Angin Rata-Rata

$$\bar{V} = \frac{\sum_{i=1}^n v_i \cdot t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}$$

V = rata-rata dari laju angin (m/s)

v_i = Laju angin terukur (m/s)

t_i = lama waktu tiupan angin berdasarkan laju terukur

n = jumlah data yang diukur

Laju angin rata-rata untuk tiap satu jam, misalnya laju angin rata-rata untuk jam 00.00 sampai 01.00, Laju angin ini menggunakan variasi laju harian. Dengan mengetahui variasi harian dari laju angin, dapat diketahui saat-saat di mana angin bertiup kencang dalam satu hari, sehingga dapat digunakan untuk menentukan berapa jam dalam sehari semalam energi angin di daerah tersebut dapat menggunakan penggerak turbin angin. Laju angin di suatu tempat dapat dipengaruhi oleh ketinggian dari tanah, makin dekat dengan permukaan tanah, laju angin makin kecil (Cahaya Adijana Nugraha, 2015).

Adapun hubungan antara laju angin di suatu ketinggian dengan laju angin lainnya dinyatakan dengan persamaan:

$$\frac{V}{V_r} = \left[\frac{H}{H_r} \right]^\alpha$$

V = Laju angin di ketinggian H meter di atas tanah (m/s)

V_r = Laju angin pada ketinggian referensi (m/s)

H = ketinggian yang lajunya akan dihitung (m)

H_r = ketinggian referensi (m)

α = kekerasan permukaan, biasanya dipilih 1/7

Potensi Angin Di Indonesia

Pada dasarnya, perbedaan suhu yang menjadi faktor utama terjadinya energi angin. Indonesia yang dilewati khatulistiwa merupakan daerah yang tropis, maka udaranya menjadi panas, mengembang dan menjadi ringan, bergerak ke arah kutub yang lebih dingin. Sebaliknya pada daerah kutub yang dingin, udaranya menjadi dingin dan turun ke bawah. Dengan demikian pertukaran udara terjadi berupa perpindahan udara dari Kutub Utara ke Garis Khatulistiwa, dan sebaliknya. Pada prinsipnya bahwa angin terjadi karena adanya perbedaan suhu udara pada beberapa tempat di muka bumi (A. Kadir UI-Press, 2013, hal. 216-217).

Menurut Kepala Penelitian dan Pengembangan Daerah Jawa Barat "Neni Sri Utami, 2012" laju angin di Indonesia kurang dari 5,9 per meter detik tapi bukan tidak bisa dimanfaatkan. Pemanfaatan potensi angin seperti ini diharapkan mampu membantu masyarakat untuk menekan dalam hal biaya yang mulai sangat mahal di era globalisasi.

Turbin Angin

Turbin angin adalah alat yang digunakan untuk sistem konversi energi angin (SKEA). Fungsi dari turbin

angin ini yaitu mengubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik dengan memanfaatkan putaran porosnya. Hasil dari putaran poros ini yang kemudian dimanfaatkan untuk beberapa keperluan sesuai dengan kebutuhan. Di antaranya yaitu untuk memutar dinamo atau generator yang menghasilkan listrik.

Komponen Turbin Angin

Anemometer

Berfungsi untuk mengukur laju angin dan juga mengirimkan data angin ke alat pengontrol.

Blades (bilah kipas)

Pada umumnya turbin angin memiliki 2 atau 3 bilah kipas. Nantinya angin yang menghembus akan menggerakkan kipas sehingga menyebabkan turbin akan berputar.

Brake (rem)

Berfungsi untuk menjaga putaran poros agar tetap bekerja pada titik aman meskipun mendapat angin yang besar / darurat.

Controller (alat pengontrol)

Berfungsi sebagai pengontrol laju angin karena angin yang kencang dapat merusak turbin. Alat ini menstart turbin pada laju angin 12-25 km/jam, dan menghentikannya saat laju mencapai 90 km/jam.

Gear box (roda gigi)

Berfungsi untuk mengubah laju pada putaran kincir. Pada umumnya roda gigi yang digunakan sekitar 1:60. Alat ini menaikkan putaran 30-60 rpm menjadi 1000-1800 rpm yang merupakan syarat ketentuan untuk memutar generator listrik.

High-speed shaft (poros putaran rendah)

Alat yang berfungsi untuk menggerakkan generator listrik.

Low-speed shaft (poros putaran rendah)

Merupakan poros turbin yang berputar 30-60 rpm.

Generator

Merupakan komponen inti dalam pembuatan sistem turbin angin. Berfungsi untuk mengubah energi gerak menjadi energi listrik.

Nacella (rumah mesin)

Alat ini terletak di atas menara, yang di dalamnya berisi gear-box, poros putaran tinggi dan rendah, generator, alat pengontrol, dan alat pengereman.

Pitch (sudut bilah kipas)

Alat untuk mengatur sudut bilah kipas, berfungsi sebagai pengatur kecepatanaju rotor yang di tetapkan.

Rotor

Adalah bagian dari poros bilah kipas.

Tower (menara)

Sebagai tiang penyangga, di mana semakin tinggi menara maka semakin kencang juga angin yang akan di dapatkan. Menara biasa dibuat dari bahan baja, beton, dan rangka besi yang berbentuk pipa.

Wind vane (tebang angin)

Berfungsi untuk mengukur arah dari angin dengan cara memutar turbin sesuai arah angin yang datang.

Yaw drive (penggerak arah)

Adalah alat penggerak turbin yang menerima anginnya dari depan, dan tidak untuk desain turbin yang memanfaatkan angin dari arah belakang.

Yaw motor (motor penggerak arah)

Sebuah alat penggerak berupa motor listrik yang berfungsi untuk menjalankan penggerak arah.

Tipe-Tipe Turbin Angin

Turbin Angin Sumbu Horizontal

Turbin angin dengan tipe ini pada dasarnya penempatan poros rotor utama dan generator listriknya pada bagian puncak menara. Turbin tipe ini dihadapkan melawan arah angin dari menara, di mana bilah turbin di desain kaku supaya dapat menahan laju angin yang tinggi agar tidak terdorong ke menara.

Umumnya, tipe ini menggunakan mesin upwind (Melawan arah angin). Namun ada juga yang menggunakan mesin downwind (sesuai arah angin) karena tidak membutuhkan mekanisme tambahan untuk dapat berjalan searah dengan angin.

Turbin Angin Sumbu Vertikal

Berbeda dengan turbin angin sumbu horizontal, di mana turbin angin bersumbu vertikal ini tidak harus diarahkan ke angin. Karena poros atau sumbu rotor utama dari turbin ini yang desain tegak lurus, yang mana sangat berguna untuk tempat dengan arah angin yang bervariasi. Tetapi dengan pemasangan generator dan gearbox di dekat tanah, dapat mengakibatkan tenaga putaran yang kurang baik. Sebab turbin tipe ini menerima laju angin yang pelan dengan ketinggian yang rendah.

Prinsip Kerja HOMER

HOMER adalah singkatan dari *Hybrid Optimization Model For Electric Renewable*. HOMER merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk membantu pemodelan atau perancangan dari sebuah sistem tenaga listrik yang didalamnya terdapat berbagai pilihan sumber daya terbarukan. Dengan menggunakan perangkat lunak ini, dapat diperoleh spesifikasi paling optimal dari berbagai sumber daya energi terbarukan yang mungkin bisa diterapkan. HOMER menyimulasikan dan mengoptimalkan sistem pembangkit listrik baik *off grid / on grid* yang dapat terdiri dari kombinasi turbin angin, *photovoltaic*, mikrohidro, biomassa, generator, microturbin, *fuel-cell*, baterai, dan penyimpanan hidrogen, melayani beban listrik maupun termal. Dengan HOMER dapat diperoleh hasil spesifikasi paling optimal dari sumber-sumber energi yang diterapkan. HOMER memberikan pilihan berbagai jenis beban sesuai dengan kebutuhan pengguna. Begitu juga pada pilihan komponen yang akan kita buat. Komponen pembangkit energi yang disediakan HOMER yaitu, *PV, Wind Turbine, Hydro, Converter, Electrolyzer, Hydrogen Tank, Reformer, generator* dan *system battery*. Saat melakukan simulasi, HOMER menentukan semua konfigurasi sistem yang masukan, kemudian ditampilkan berurutan menurut *net presents costs* (NPC) atau yang disebut juga *life cycle costs*. Jika analisa sensitivitas diperlukan, HOMER akan mengulangi proses simulasi untuk setiap variabel sensitivitas yang ditetapkan.

METODE PENELITIAN

Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mempelajari penelitian terdahulu yang berhubungan dengan permasalahan penelitian sehingga nantinya dapat digunakan sebagai bahan acuan dalam penelitian ini.

Pengambilan Data

Data yang diperlukan pada penelitian berupa nilai laju angin dan beban pada lokasi penelitian kemudian akan dianalisis dan menghasilkan rencana perancangan PLTB.

Pengolahan Data

Berdasarkan data pada lokasi penelitian yang telah dikumpulkan sebelumnya yang berhubungan dengan aspek teknis dari sistem PLTB, maka semua data

tersebut akan dianalisis yang kemudian akan disajikan untuk bahan pertimbangan dalam melakukan perancangan komponen yang akan digunakan pada sistem PLTB.

Perancangan Sistem

Perancangan sistem ditentukan berdasarkan pengolahan data pada homer sebelumnya yang mengacu pada standar-standar yang mengatur dalam penentuan sistem. Sehingga akan diperoleh desain teknis yang berupa kapasitas PLTB yang akan dipasang dan sistem penyimpanan energi yang dihasilkan PLTB tersebut.

Pemilihan Komponen

Pemilihan komponen akan ditentukan berdasarkan pada data pilihan perancangan sistem dan pertimbangan dalam memilih komponen yang dapat memenuhi kualitas. Pemilihan spesifikasi teknis mengikut kaidah keilmuan energi terbarukan khususnya teknologi kelistrikan.

Analisis Sistem

Melakukan analisis terhadap sistem yang telah di kalkulasi oleh aplikasi homer dan melakukan perbandingan dengan sistem PLTB yang ada di Indonesia.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Data Laju Angin

Nilai untuk laju angin pada penelitian ini diperoleh dari database Surface Meteorology and Wind Energy (SSE) milik National Aeronautic and Space Administration (NASA) dan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Yogyakarta.

Data Laju angin NASA SSE

Untuk memperoleh data dari SSE NASA tersebut diperlukan titik koordinat lokasi penelitian yang akan dipasang PLTB. Berikut adalah grafik laju angin yang diperoleh dari database SSE NASA dengan titik koordinat lokasi yaitu latitude -8.150193 longitude 110.6120663 dan altitude 10 meter:



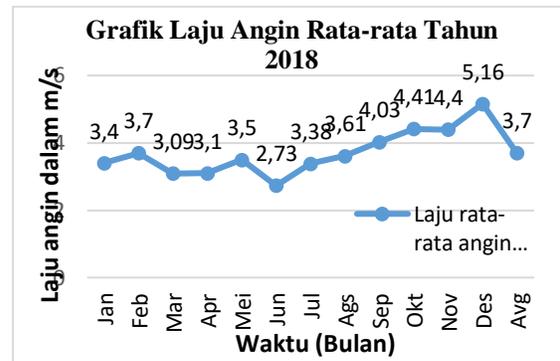
Gambar 4.1 Grafik Laju Rata-Rata Angin Tahun 2018 di Daerah Sekitar Pantai Indrayanti (Sumber: NASA SSE Tahun 2018)

Berdasarkan data dari NASA SSE pada tabel dan grafik diatas, penulis mendapatkan laju rata-rata angin setiap bulan sepanjang tahun 2018. Tercatat laju rata-rata angin pada sekitaran kawasan Pantai Indrayanti sepanjang tahun 2018 adalah 4,60 m/s.

Data Laju angin BMKG Yogyakarta

Data yang diperoleh dari BMKG ini merupakan data lapangan atau pengukuran langsung pada titik yang ditetapkan oleh BMKG. Akan tetapi data ini tidak bisa dijadikan inputan pada HOMER. Karena titik lokasi laju angin yang didapatkan dari data ini bukan titik dari lokasi yang akan dijadikan penelitian mengenai PLTB nantinya. Dimana data BMKG ini menurut sumber yang didapatkan, pengukuran laju angin ini dilakukan pada titik koordinat lokasi yaitu latitude -7.73100 longitude 110.35400 dengan menggunakan alat AWS dengan ketinggian 10 meter.

Berikut adalah grafik laju angin yang diperoleh dari database BMKG Yogyakarta di Stasiun Klimatologi Mlati pada titik koordinat lokasi yaitu latitude -7.73100 longitude 110.35400. untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel dan grafik dibawah ini.



Gambar 4.2 Grafik Laju Rata-Rata Angin Tahun 2018 di Yogyakarta (Sumber: BMKG Yogyakarta)

Berdasarkan data yang didapatkan dari BMKG Yogyakarta dapat dilihat pada tabel dan grafik atas, bahwa laju angin rata-rata yang didapat selama setahun yaitu 3,70 m/s. Jika dibandingkan dengan data laju yang didapatkan dari NASA SSE data angin dari BMKG ini lebih rendah. Faktor yang mempengaruhi perbedaan laju angin yang didapatkan antara NASA SSE dan BMKG mungkin disebabkan antara lain lokasi titik pengambilan data, tinggi dari pengukuran, serta iklim dari daerah tersebut.

Jumlah Rumah Tangga

Berikut ini adalah data jumlah rumah tangga di sekitaran Pantai Indrayanti di Desa Tepus dari laporan kependudukan Desa Tepus pada bulan Desember tahun 2018.

Tabel 4.3 Jumlah Rumah Tangga di Desa Tepus

No.	Jenis	Jumlah
1	Jumlah kartu keluarga di Desa Tepus	2.379
2	Rumah tangga sekitar Pantai	167×(90%) = 150

(Sumber : Laporan kependudukan Desa Tepus tahun 2018)

Berdasarkan dari keterangan tabel diatas dapat diketahui bahwa jumlah kartu keluarga yang berada di desa Tepus berjumlah 2.379. Berhubung jumlah rumah tangga yang di ambil yaitu hanya pada Desa Tepus dan karena Pantai Indrayanti berada pada Pedukuhan Ngasem dan jumlah kartu keluarga yang berada di Pedukuhan Ngasem sebanyak 167, maka jumlah rumah tangga sekitar Pantai sebanyak 150. Hasil ini diperoleh dari wawancara bersama kepala desa dari Desa Tepus yang mengatakan bahwa untuk jumlah rumah yang ada itu tidak jauh berbeda dengan jumlah kartu keluarga yang ada atau data laporan kependudukan ini 90% dapat digunakan. Data tersebut dapat dilihat pada lampiran.

Beban Energi Listrik

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu dengan sistem *off-grid*, pemanfaatan energi terbarukan mengharuskan agar menghitung kebutuhan energi harian. Hal ini dilakukan karena nilai dari kapasitas sistem *off-grid* ini yang terbatas serta agar dapat memenuhi kebutuhan beban yang lebih optimal. Dibawah ini merupakan tabel beban energi listrik berdasarkan lokasi disekitaran Pantai Indrayanti.

Tabel 4.4 Beban Rata-Rata Kebutuhan Listrik Rumah

Perangkat	Jumlah	Daya	Total Daya	Durasi (jam)	Total Energi
Lampu 1	3	12	36	6	196
Lampu 2	5	10	50	12	600
Kipas	1	50	50	5	250
TV	1	35	35	10	350
Magic jar	1	77	77	15	1.155
Pompa air	1	250	250	1	250
Setrika	1	300	300	1	300
Kulkas	1	80	80	24	1.920
Total					5.121

Tabel 4.4 merupakan hasil survei pada bulan Februari dengan mengambil 5 sampel rumah tentang penggunaan beban rata-rata dari kebutuhan rumah tangga di kawasan Pantai Indrayanti, Desa Tepus, Kec. Tepus, Kab. Gunungkidul. Jadi energi listrik rumah tangga yang didapatkan dalam satu hari di kawasan Pantai Indrayanti yaitu sebesar 5.121 Wh.

Analisa Perkiraan Beban Rata-Rata Perjam

Dikarnakan dalam penyimulasian dalam homer diperlukan beban rata-rata perjam, maka diperlukannya untuk mengetahui perkiraan pemakaian listrik dalam setiap jamnya. Berikut ini adalah data perkiraan pemakaian listrik warga sekitaran Pantai Indrayanti dengan menggunakan sampel 5 rumah.

Tabel 4.5 Rata-Rata Pemakaian Listrik Perjam

Waktu	Rata-rata (KW)	Waktu	Rata-rata (KW)
00.00-01.00	0,112	12-00.13.00	0,207
00.01-02.00	0,112	13.00-14.00	0,207
02.00-03.00	0,112	14.00-15.00	0,232
03.00-04.00	0,174	15.00-16.00	0,267
04.00-05.00	0,251	16.00-17.00	0,192
05.00-06.00	0,286	17.00-18.00	0,266
06.00-07.00	0,192	18.00-19.00	0,283
07.00-08.00	0,192	19.00-20.00	0,283
08.00-09.00	0,192	20.00-21.00	0,283
09.00-10.00	0,207	21.00-22.00	0,278
10.00-11.00	0,207	22.00-23.00	0,144
11.00-12.00	0,207	23.00-00.00	0,112

Tabel 4.6 Rata-rata pemakaian listrik perjam 150 rumah

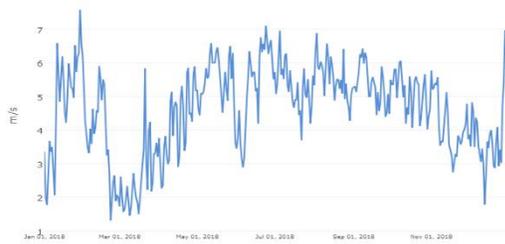
Waktu	Rata-rata (KW)	Waktu	Rata-rata (KW)
00.00-01.00	16,8	12-00.13.00	31,05
00.01-02.00	16,8	13.00-14.00	31,05
02.00-03.00	16,8	14.00-15.00	34,8
03.00-04.00	26,1	15.00-16.00	40,05
04.00-05.00	37,65	16.00-17.00	28,8
05.00-06.00	42,9	17.00-18.00	39,9
06.00-07.00	28,8	18.00-19.00	42,45
07.00-08.00	28,8	19.00-20.00	42,45
08.00-09.00	28,8	20.00-21.00	42,45
09.00-10.00	31,05	21.00-22.00	41,7
10.00-11.00	31,05	22.00-23.00	21,6
11.00-12.00	31,05	23.00-00.00	16,8

Tabel 4.5 dan tabel 4.6 menjelaskan mengenai pemakaian rata-rata listrik perjam untuk rumah tangga dengan mengambil sampel 5 rumah tangga di daerah sekitaran Pantai Indrayanti. Dapat dilihat di mana pemakaian beban listrik terjadi pada malam hari sejak pukul 18.00 sampai 21.00. Hal ini karena pada jam-jam tersebut banyak perangkat elektronik yang dihidupkan, diantaranya menyalakan pompa air, TV, penerangan rumah, dan aktivitas lainnya.

Pengolahan Data

Memasukkan Data Laju Rata-rata Angin di HOMER

Untuk dapat memasukkan data laju rata-rata angin pada HOMER maka diperlukannya data laju rata-rata angin untuk setiap bulannya selama satu tahun. Dikarenakan data laju angin yang didapatkan dari BMKG berbeda koordinat dengan lokasi penelitian, maka penulis mengambil data laju angin yang didapatkan dari situs NASA SSE yang berada pada lokasi Pantai Indrayanti Gunungkidul. Berikut adalah gambar data angin pertahun dari NASA SSE dan inputan laju rata-rata angin pada HOMER.



Gambar 4.3 Laju Angin Pada Tahun 2018 di Lokasi Pantai Indrayanti

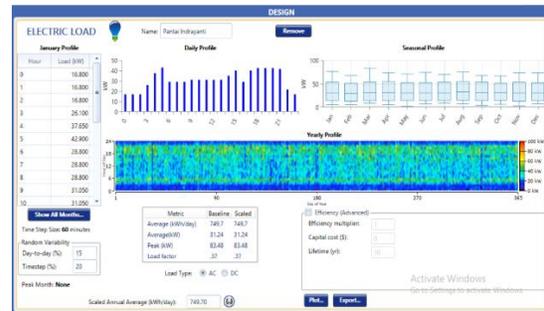
(Sumber: NASA SSE tahun 2018)



Gambar 4.4 Inputan Data Laju Angin Pada HOMER (Sumber: HOMER)

Perancangan Primary Load di HOMER

Dalam simulasi HOMER beban yang dibutuhkan merupakan data daya aktif harian. Dalam sistem PLTB ini diasumsikan *random variability* harian atau (Day-to-day) 15% dengan (Time-step-to-time-step) sebesar 20% sesuai dengan ketentuan yang ada dalam HOMER. Berdasarkan simulasi dengan input beban daya aktif harian didapatkan rata-rata penggunaan energi listrik sebesar 747,7 kWh/hari, rata-rata beban listrik tiap jam 31,4 kW dan kemungkinan beban puncak yang dapat terjadi dalam waktu setahun 83,48 kWp, dan tercatat faktor beban yang dapat terjadi sebesar 0,37.



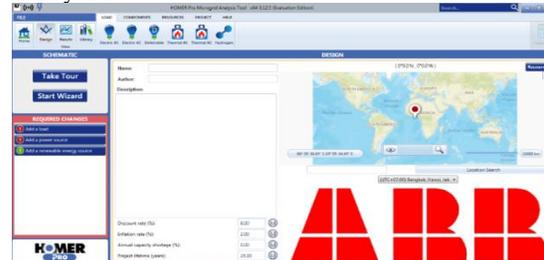
Gambar 4.5 Perancangan Primary Load di HOME

Dari grafik pola beban pemakaian listrik di atas, tercatat adanya beban puncak yang akan terjadi 2 kali dalam sehari. Beban puncak maksimal terjadi pada pagi hari pukul 05:00-06:00 dan malam hari pukul 18:00-20:00. Pada pagi hari, terjadinya beban puncak ini dikarenakan kebiasaan masyarakat melakukan aktivitas rutin sebelum berangkat bekerja, seperti memasak nasi dan menyalakan pompa air. Sedangkan beban puncak pada malam hari terjadi karena aktivitas masyarakat yang lebih banyak menghabiskan waktunya dengan menonton tv, mendengarkan radio, bermain video game, mengerjakan tugas di laptop secara bersamaan serta perangkat elektronik lainnya.

Terlihat juga di mana pemakaian listrik mulai meningkat saat pukul 14:00 hingga malam hari. Karena pada sore hari daerah Pantai Indrayanti banyak dikunjungi oleh para wisatawan. Banyaknya wisatawan membuat warung dan pertokoan banyak dikunjungi sehingga peralatan listrik seperti kulkas dan tv lebih sering aktif. Kemudian kamar kecil lebih sering digunakan oleh para pengunjung Pantai yang ingin membersihkan badannya dengan air tawar sehingga pompa air juga lebih sering bekerja.

Desain Teknis PLTB di HOMER

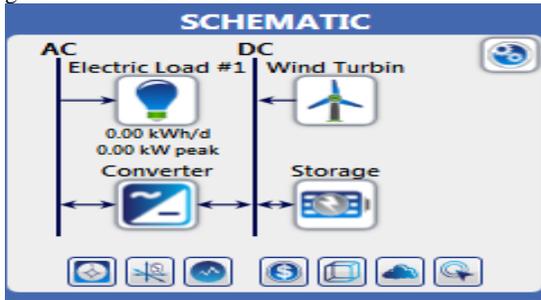
Pada desain teknis ini penulis memilih menggunakan aplikasi HOMER. Bisa dilihat pada gambar 4.7 di bawah ini merupakan tampilan awal HOMER yang akan digunakan untuk mensimulasikan percobaan-percobaan untuk komponen yang sesuai pada sistem pembangkit listrik tenaga bayu di daerah Pantai Indrayanti.



Gambar 4.7 Tampilan Awal Pada HOMER (Sumber: HOMER)

Setelah itu kita melakukan pemilihan komponen dan memasukkan data-data yang diperlukan HOMER. Selanjutnya HOMER akan mengondisikan sistem pembangkit sesuai dengan jumlah kebutuhan

komponen yang dibutuhkan, seperti yang terlihat pada gambar 4.8 berikut.



Gambar 4.8 Pemodelan Sistem PLTB
(Sumber: HOMER)

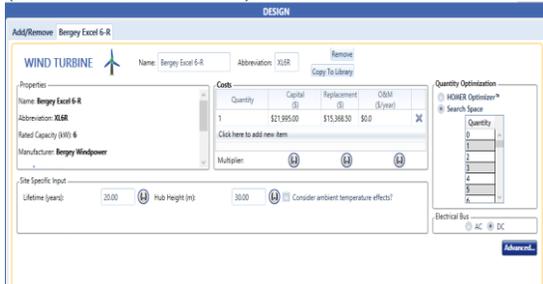
Desain Teknis Untuk Turbin Angin

Sebelum melakukan pemilihan pada turbin yang akan digunakan dalam perencanaan sistem PLTB, ada beberapa ketentuan yang harus di pertimbangkan terlebih dahulu. Di antaranya meliputi spesifikasi pada turbin dan juga biaya operasional dari setiap komponen pendukungnya. Selain dari pada itu, pemilihan lokasi dari perencanaan pembangunan PLTB juga sangat mempengaruhi performa dari turbin itu sendiri, seperti laju angin yang di hasilkan dari lokasi perencanaan PLTB juga berpengaruh dengan turbin yang akan digunakan.

Oleh karena itu, dalam perencanaan sistem PLTB ini penulis memilih turbin angin tipe Bergey Excel 6-R dengan *rate power* 6 kW DC, turbin Bergey Excel 6-R ini memiliki diameter 6,2 meter untuk 48 VDC baterai charge dengan pilihan tower dari 18-49 meter dan dapat bekerja selama 7,8 jam/hari serta mampu menghasilkan daya listrik dari 22-55 kWh/hari. Berikut adalah gambar dari turbin angin Bergey Excel 6-R 6 kW seperti pada gambar 4.9 berikut.



Gambar 4.9 Turbin Angin Bergey Excel 6-R
(Sumber: wattneed.com)



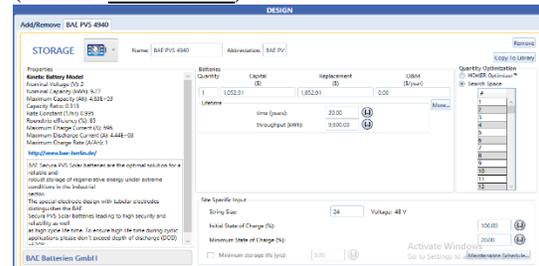
Gambar 4.10 Desain Teknis Turbin Angin
(sumber: HOMER Pro)

Desain Teknis Untuk baterai

Dalam menentukan spesifikasi baterai yang akan digunakan dalam perencanaan PLTB ini sama seperti menentukan spesifikasi turbin angin. Kualitas dan biaya masih menjadi aspek penting dalam pemilihan sistem baterai, dan juga kita perlu menyesuaikan dengan jumlah yang diperlukan. Dalam perencanaan PLTB sangat membutuhkan baterai dengan kapasitas yang besar dan jumlah yang banyak guna mendapatkan simulasi terbaik pada HOMER dengan kapasitas beban yang harus dipenuhi adalah 747,7 kWh/hari. Oleh karena itulah pada perencanaan PLTB ini penulis memilih baterai jenis BAE Sureca 26 PVS 4940 seperti pada gambar 4.11 berikut.



Gambar 4.11 Baterai BAE Sureca 26 PVS 4940
(Sumber: e-solare.com)



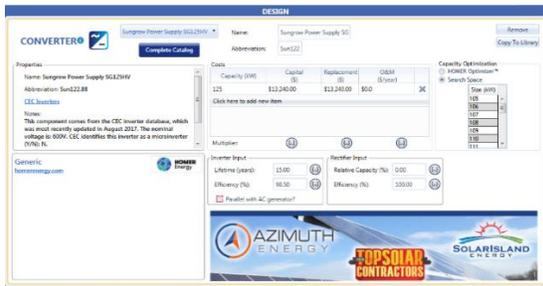
Gambar 4.12 Desain Teknis Sistem Baterai
(Sumber: HOMER)

Desain Teknis Untuk Sistem Converter

Untuk menentukan sistem converter yang akan digunakan dalam perencanaan PLTB ini, harus memilih converter yang berkapasitas lebih besar dibandingkan dengan beban puncak kebutuhan sistem, dapat dilihat pada gambar 4.8 di mana beban puncak yang didapat mencapai 83,48 kW. Hal ini dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan pada sistem PLTB nantinya.



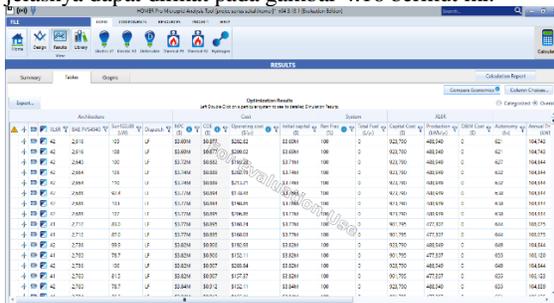
Gambar 4.13 Converter SUNGROW SG125HV
(Sumber: sungrowpower.com)



Gambar 4.14 Desain teknis sistem converter
(Sumber: HOMER)

Simulasi Sistem Pada HOMER Energy

Setelah melakukan pemilihan komponen terhadap sistem konfigurasi yang telah ditentukan, HOMER akan mensimulasikan konfigurasi tersebut mendapatkan banyak hasil konfigurasi sistem dan salah satunya adalah konfigurasi sistem terbaik menurut HOMER. Sehingga dapat diketahui hasil sistem terbaik sesuai dengan yang di tetapkan HOMER. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.16 berikut ini.

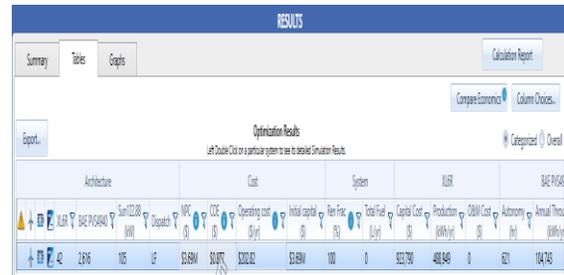


Gambar 4.16 Hasil Simulasi Konfigurasi Terbaik
(Sumber: HOMER)

Maka dari itu untuk desain perencanaan sistem PLTB yang terbaik di daerah Pantai Indrayanti berdasarkan hasil dari simulasi HOMER yaitu dengan arsitektur 42 turbin angin jenis Bergey Excel 6-R, 2616 buah baterai jenis BAE Sureca 26 PVS 4940, dan converter dengan kapasitas 105 kW.

Analisis Konfigurasi Sistem Terbaik

Setelah melakukan simulasi pada homer seperti yang terlihat pada gambar 4.16 dapat dilihat ada beberapa konfigurasi yang direkomendasikan oleh homer. Untuk analisis konfigurasi sistem terbaik ini penulis memilih konfigurasi sistem dengan arsitektur yaitu 42 turbin angin, 2616 baterai, dan 105 kW converter untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.17 berikut.



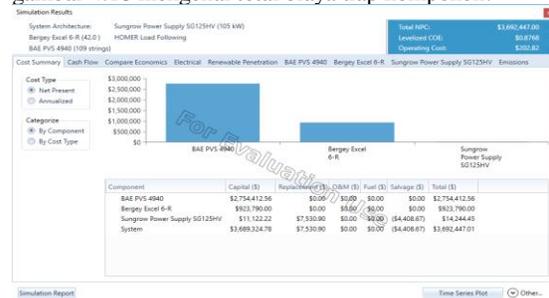
Gambar 4.17 Pilihan Konfigurasi Terbaik
(Sumber: HOMER)

Analisis Biaya Sistem PLTB

Berdasarkan dari harga yang telah dimasukkan pada satuan komponen-komponen yang digunakan, perangkat lunak HOMER akan secara otomatis menghitung total dari setiap komponen.

Berdasarkan Komponen

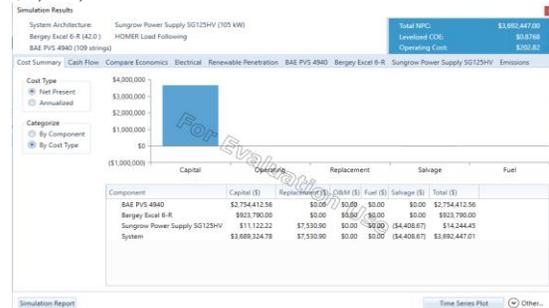
Dalam menganalisis biaya sistem PLTB berdasarkan komponen ini, HOMER akan mengalkulasikan semua jumlah komponen yang sudah dipilih. Dapat dilihat pada gambar 4.18 mengenai total biaya tiap komponen.



Gambar 4.18 Biaya Berdasarkan Komponen
(Sumber: HOMER)

Berdasarkan Tipe

Pada biaya berdasarkan tipe ini seperti yang telah dikalkulasikan oleh HOMER, dapat dilihat pada gambar 4.19 di mana total biaya keseluruhan sistem sebesar \$3,692,447.00.

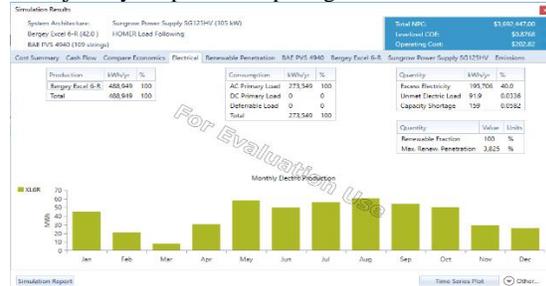


Gambar 4.19 Biaya Berdasarkan Tipe
(Sumber: HOMER)

Analisis Hasil Sistem PLTB

Dari simulasi HOMER dengan konfigurasi optimal pilihan penulis dengan 42 turbin, 2616 baterai dan 105 kW converter untuk sistem PLTB ini dapat

menghasilkan total energi sebesar 488.948 kWh/tahun. Dengan konsumsi beban AC sebesar 273.549 kWh/tahun. *Excess electricity* atau kelebihan energi listrik dari pembangkit ini sebesar 40% dari total energy yang dihasilkan dengan nilai 195.706 kWh/tahun. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.20 berikut.



Gambar 4.20 Hasil Produksi Dan Konsumsi Energi Listrik Dalam 1 Tahun (Sumber: HOMER)

PENUTUP

Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian dan simulasi maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Laju angin di kawasan Pantai Indayanti cukup baik, tercatat berdasarkan data dari NASA SSE laju rata-rata angin setiap bulannya sepanjang tahun 2018 adalah 4,60 m/s.
2. HOMER menetapkan konfigurasi dengan sistem terbaik yaitu dengan nilai *Net Present Cost* (NPC) dan *Cost Of Energy* (COE) terendah. Maka dari itu untuk desain perencanaan sistem PLTB yang terbaik di daerah Pantai Indrayanti berdasarkan hasil dari simulasi HOMER yaitu dengan arsitektur 42 turbin angin jenis Bergey Excel 6-R, 2616 buah baterai jenis BAE sureca 26 PVS 4940, dan converter dengan kapasitas 105 kW.
3. Dikarenakan beban puncak yang bisa saja terjadi sewaktu waktu saat kapasitas beban primer yaitu 83,48 kWp, homer menentukan untuk menaikkan kapasitas menjadi 105 kW.
4. Dari simulasi HOMER dengan konfigurasi optimal pilihan penulis dengan 42 turbin, 2616 baterai dan 105 kW converter untuk sistem PLTB ini dapat menghasilkan total energi listrik sebesar 488.949 kWh/tahun. Dengan konsumsi beban AC sebesar 273.549 kWh/tahun. *Excess electricity* atau Kelebihan energi listrik dari pembangkit ini sebesar 195.706 kWh/tahun.

Saran

Berikut merupakan beberapa saran yang telah dipertimbangkan oleh penulis antara lain :

1. Di harapkan adanya penelitian lanjut mengenai potensi energi baru terbarukan khususnya sumber energi bayu di Pantai Indrayanti, dengan jangka waktu penelitian lebih lama dengan menggunakan

data dan alat ukur yang lebih akurat agar mendapatkan hasil yang lebih maksimal.

2. Disarankan untuk mencoba menggunakan aplikasi simulasi selain HOMER, dengan harapan supaya mendapatkan perbedaan dari masing-masing aplikasi dan mengetahui kelebihan maupun kekurangan dari masing-masing aplikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Bagaskara, N. F. 2017. Analisis Potensi Sumber Daya Angin sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Bayu dan Energi alternatif dalam Penyediaan Energi Listrik di Pantai Samas Bantul. *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Isnaini N. R. 2016. Analisis Peranan Energi Terbarukan Dalam Penyediaan Energi Listrik Di Daerah Istimewa Yogyakarta. *Skripsi* Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Nugraha, C. A. 2015. Analisa Potensi Sumber Daya Angin sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) di Pantai Congot, Kulon Progo. *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Nomor 50 Tahun 2017 tentang Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan Untuk Penyediaan Tenaga Listrik. (2017). Jakarta: Kementerian ESDM Republik Indonesia
- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Nomor 50 Tahun 2017 tentang Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan Untuk Penyediaan Tenaga Listrik. (2017). Jakarta: Kementerian ESDM Republik Indonesia.
- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Nomor 36 Tahun 2018 tentang Petunjuk Operasional Pelaksanaan Dana Alokasi Khusus Fisik Bidang Energi Skala Kecil. (2018). Jakarta: Kementerian ESDM Republik Indonesia
- Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Terbarukan. (2017). Jakarta.
- Rachman, A. 2012. Analisis dan Pemetaan Potensi Energi Angin di Indonesia. *Skripsi*. Universitas Indonesia.
- Standar Nasional Indonesia: SNI 04-0225-2000 tentang Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000).

- Syahputra, R., (2012), “*Distributed Generation: State of the Arts dalam Penyediaan Energi Listrik*”, LP3M UMY, Yogyakarta, 2012.
- Syahputra, R. 2017. Model Pembangkit Listrik Tenaga Angin. *Jurnal*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Syahputra, R., (2015), “Teknologi dan Aplikasi Elektromagnetik”, LP3M UMY, Yogyakarta, 2016.
- Syahputra, R., (2016), “Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik”, LP3M UMY, Yogyakarta, 2016.
- Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2014). *Performance Analysis of Wind Turbine as a Distributed Generation Unit in Distribution System. International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT)*, Vol. 6, No. 3, pp. 39-56.
- Syahputra, R., (2013), “*A Neuro-Fuzzy Approach For the Fault Location Estimation of Unsynchronized Two-Terminal Transmission Lines*”, *International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT)*, Vol. 5, No. 1, pp. 23-37.
- Syahputra, R., (2012), “*Fuzzy Multi-Objective Approach for the Improvement of Distribution Network Efficiency by Considering DG*”, *International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT)*, Vol. 4, No. 2, pp. 57-68.
- Syahputra, R., Soesanti, I. (2015). “*Control of Synchronous Generator in Wind Power Systems Using Neuro-Fuzzy Approach*”, *Proceeding of International Conference on Vocational Education and Electrical Engineering (ICVEE) 2015*, UNESA Surabaya, pp. 187-193.
- Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M. (2014). “*Optimal Distribution Network Reconfiguration with Penetration of Distributed Energy Resources*”, *Proceeding of 2014 1st International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE) 2014*, UNDIP Semarang, pp. 388 - 393.
- Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M., (2013), “*Distribution Network Efficiency Improvement Based on Fuzzy Multi-objective Method*”. *International Seminar on Applied Technology, Science and Arts (APTECS)*. 2013; pp. 224-229.
- Syahputra, R., Robandi, I., Ashari, M., (2012), “*Reconfiguration of Distribution Network with DG Using Fuzzy Multi-objective Method*”, *International Conference on Innovation, Management and Technology Research (ICIMTR)*, May 21-22, 2012, Melacca, Malaysia.
- Syahputra, R. (2010). *Fault Distance Estimation of Two-Terminal Transmission Lines. Proceedings of International Seminar on Applied Technology, Science, and Arts (2nd APTECS)*, Surabaya, 21-22 Dec. 2010, pp. 419-423.
- Syahputra, R., Soesanti, I. (2015). *Power System Stabilizer model based on Fuzzy-PSO for improving power system stability. 2015 International Conference on Advanced Mechatronics, Intelligent Manufacture, and Industrial Automation (ICAMIMIA)*, Surabaya, 15-17 Oct. 2015 pp. 121 - 126.
- Syahputra, R., Soesanti, I. (2016). *Power System Stabilizer Model Using Artificial Immune System for Power System Controlling. International Journal of Applied Engineering Research (IJAER)*, 11(18), pp. 9269-9278.