

# REEVALUASI KELUARAN DAYA DAN OPTIMALISASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HIBRID DI KAWASAN PANTAI BARU PANDANSIMO

Mukhamad Khumaidi Usman<sup>1</sup>, Samsul Kamal<sup>2</sup>, Ahmad Agus Setiawan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Megister Teknik Sistem

Jurusan Teknik Mesin dan Teknik Fisika, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

\*Correspondence : khumaidioesman@gmail.com.

## Abstract

Pantai Baru Pandansimo is one of tourism site in Bantul regency, located at latitude 7o59' 3" S (south) and longitude 110o 12' 39" E (east). It has high source potential of renewable energy, especially wind and solar energy. Because of high presence of wind and solar energy, government of bantul decided to build hybrid power plant (HPP), consisting of 60 kW wind power plant and 27 kW solar power plant. Hybrid power plant is expected to be implemented in remote areas that can not be reached by electricity.

This research aims to design system modal of hybrid power plant optimization. It simulated and optimized by using homer and tora software, then analyzed by comparing the result of both softwares based on the percentage contribution of wind turbine and solar cells. Analyzing economic value of Pantai Baru Pandansimo's hybrid power plant by calculating NPV and BCR, whether it feasible or not to be build.

The result showed that the most optimal model for homer software is 2.5 kW wind turbine, with the number of unit that used is 24 units, 27 kW solar cells. While for tora software is 1 kW, 2.5 kW and 10 kW wind turbine and 100 WP, 180 WP, and 220 WP solar cells. Homer simulation result is able to optimize the initial investment cost until U.S \$ 297.981 and the power that can be generated by hybrid power plant based on the existing source potential is 117.681 kW/year. While tora is able to optimize the initial investment cost until U.S \$ 297,981 and the power can be generated is 109.360 kW/year. Homer simulation is able to generated 33 % electrical energy of solar cells and 67 % electrical energy of wind turbine. While tora is able to generated 49% electrical energy of solar celles and 51% electrical energy of wind turbine. From hybrid power plant economic calculation showed that BCR value of the selling price of electricity in accordance with government regulation is 0,23 and BCR value of the selling price of electricity for Pantai Baru Pandansimo is 0,04. It can conclude that hybrid power plant is not feasible to be build. But this plant is still running for education purposed. It is expected to be applied in remote areas with high source potential of wind and solar energy.

## History:

Received: March 5, 2014

Accepted: November 26, 2014

First published online:

December 30, 2014

## Keywords:

Pantai Baru Pandansimo  
PLTH  
Homer  
Tora

## 1. Pendahuluan

Pantai Baru Pandansimo terletak di Kabupaten Bantul. Pantai Baru Pandansimo mempunyai potensi energi terbarukan yang melimpah, khususnya energi angin dan energi matahari. Berdasarkan sumber daya angin dan matahari yang ada di daerah tersebut, Pemerintah Kabupaten Bantul dan Kemenristek membuat energi terbarukan yaitu pembangkit listrik tenaga hibrid (PLTH) yang terdiri dari pembangkit listrik tenaga angina (PLTB), total kapasitas terpasang sebesar 60 kW dengan masing-masing turbin berkapasitas 10 kW sebanyak 2 unit, 2,5 kW sebanyak 6 unit, 1 kW sebanyak 25 unit dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) memiliki total kapasitas terpasang sebesar 27 kW dengan masing-masing PV berkapasitas 220 WP sebanyak 48 unit, 180 WP sebanyak 150 dan 100 WP sebanyak 20 unit.

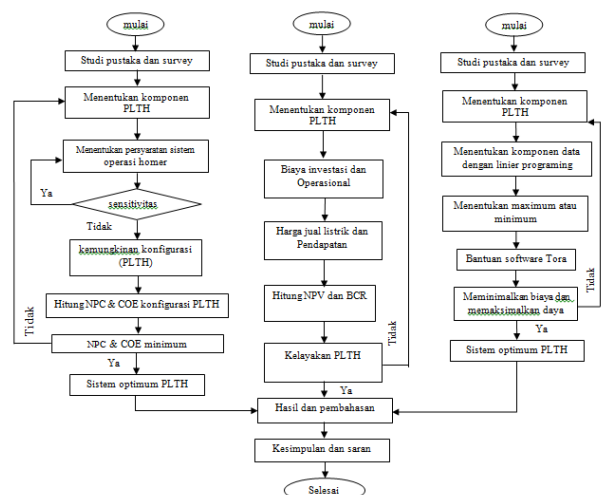
Pemanfaatan PLTH di Pantai Baru Pandansimo digunakan untuk penerangan jalan, pembuatan es kristal, pengairan, warung dan wisata di daerah tersebut. Tetapi saat ini PLTH tidak mampu mencukupi kebutuhan listrik untuk warung di sekitar Pantai Baru Pandansimo. Terlihat dari banyaknya warung yang menggunakan PLN untuk kelistrikkannya. Berdasarkan permasalahan diatas yang belum optimalnya pemanfaatan PLTH maka ada beberapa cara untuk merevaluasi optimalisasi desain PLTH agar lebih optimal dan menguntungkan, yang berbasis energi terbarukan, diantaranya dengan menggunakan bantuan *software Tora* dan *Software Homer*. dengan software tersebut bisa mengetahui ketersediaan sistem pembiayaan yang melibatkan investasi, penggantian, operasional dan perawatan juga kerugian dalam beban biaya.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Merancang model sistem optimalisasi Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PLTH) berdasarkan potensi alam di Pantai Baru Pandansimo.
2. Melakukan simulasi dan optimasi dengan memanfaatkan *Software Tora* dan *Homer*.
3. Menganalisa hasil simulasi dan optimasi dengan membandingkan *Software Tora* dan *Homer*, yaitu prosentase kontribusi PLTB dan PLTS.
4. Menganalisa keekonomian dari Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PLTH) di Pantai Baru Pandansimo.

## 2. Metode Penelitian

Metodologi penelitian ini berisi tahapan-tahapan sistematis yang digunakan dalam penelitian ini. Tahapan berikut adalah kerangka berfikir penelitian sebagai landasan, agar proses penelitian berjalan sistematis, terstruktur, dan terarah.



Gambar 1 Diagram alir penelitian

2.1. Metode pengumpulan data

Metode pengumpulan data dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Metode observasi, yaitu pengumpulan data dengan melakukan pengamatan secara langsung PLTH di Pantai Baru Pandansimo.
2. Studi literatur, yaitu mengumpulkan data-data dari internet, buku referensi dan jurnal-jurnal yang relevan dengan topik penelitian.
3. Wawancara, yaitu pengumpulan data dengan melakukan tanya jawab langsung terhadap pegawai dan pengguna PLTH di Pantai Baru Pandansimo.

2.2. Menentukan komponen PLTH

2.2.1. Potensi Angin

Berdasarkan data yang diperoleh dari situs internet [www.eosweb.larc.nasa.gov](http://www.eosweb.larc.nasa.gov), rata-rata kecepatan angin di Pantai Baru Pandansimo adalah 3.3 m/s dapat dilihat pada tabel 3.1 dibawah ini.

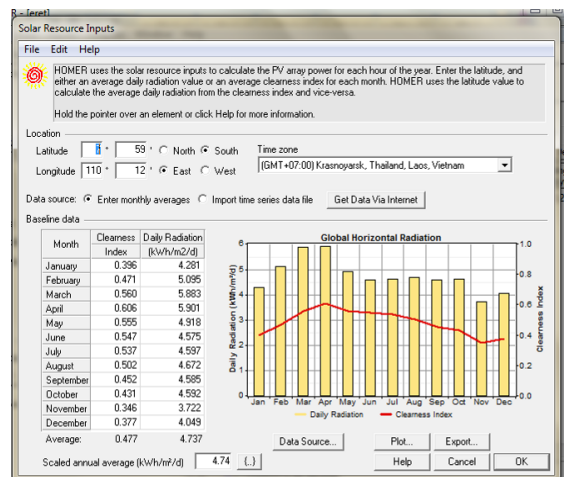
Tabel 1 Kecepatan angin rata-rata di Pantai Baru Pandansimo

| Bulan                      | Kecepatan Angin (m/s) |
|----------------------------|-----------------------|
| Januari                    | 3.0                   |
| Februari                   | 3.1                   |
| Maret                      | 2.3                   |
| April                      | 2.6                   |
| Mei                        | 3.6                   |
| Juni                       | 4.0                   |
| Juli                       | 4.6                   |
| Agustus                    | 4.7                   |
| September                  | 4.0                   |
| Oktober                    | 3.1                   |
| November                   | 2.6                   |
| Desember                   | 2.3                   |
| Rata-rata pertahun         | 3.3                   |
| Diukur pada ketinggian (m) | 10                    |

Sumber : (eosweb.larc.nasa.gov, 2013)

2.2.2. Potensi Radiasi Matahari

Data yang diperlukan *Homer* untuk melakukan optimasi sistem pembangkit tenaga listrik adalah *clearness index* dan *daily radiation* (kWh/m<sup>2</sup>/day) selama satu tahun di Pantai Baru Pandansimo. Data indek kecerahan (*clearness index*) dan radiasi matahari (*solar radiation*) adalah rata-rata global radiasi matahari pada permukaan horizontal, dinyatakan dalam kWh/m<sup>2</sup>, untuk setiap hari dalam tahun. *Clearness index* rata-rata sebesar 0.477 dan *daily radiation* rata-rata untuk di Pantai Baru Pandansimo adalah 4.74 kWh/m<sup>2</sup>/day. Sumber data dapat diperoleh dengan pengukuran langsung atau melalui bantuan *Homer* yang akan menghubungkan ke satelit NASA melalui koneksi internet dengan memberikan letak lintang dan bujur lokasi penelitian.



Gambar 2. Potensi radiasi matahari

2.3. Simulasi

1. mensimulasi dengan menggunakan *Software Homer* untuk mengetahui energy listrik yang dihasilkan, *Net Present Cost* dan *Cost Of Electricity* dari konfigurasi PLTH, sehingga didapatkan sistem PLTH yang optimum.
2. mensimulasi dengan menggunakan *Software Tora* untuk mengetahui energy listrik yang dihasilkan dan meminimalkan biaya serta memaksimalkan daya sehingga didapatkan sistem PLTH yang optimum.
3. mensimulasi nilai keekonomian dari PLTH dengan menghitung nilai *Net Present Value* dan *Benefit Cost Ratio* untuk mengetahui studi kelayakan dan harga jual listrik PLTH di Pantai Baru Pandansimo.

2.4. Biaya Pembangkitan

Untuk mengetahui berapa besar biaya untuk membangkitkan tenaga listrik per kWh perlu diketahui terlebih dahulu jumlah biaya yang telah dikeluarkan atau diperkirakan akan dikeluarkan untuk kurun waktu tertentu misalnya satu tahun. Kemudian jumlah biaya pembangkitan satu tahun ini dengan produksi atau jumlah tenaga listrik. Adapun macam-macam biaya itu adalah:

- a. Biaya tetap yang terdiri atas investasi (modal) pembangkit termasuk juga biaya pegawai, suku bunga dan lain-lain.
- b. Biaya variable yang terdiri atas biaya operasional dan pemeliharaan.

2.5. Net Present Value (NPV)

NPV adalah metode perhitungan selisih harga sekarang dari aliran kas bersih (*Net Cash Flow*) di masa datang dengan harga sekarang dari investasi awal pada tingkat bunga tertentu (Sullivan, 2011). Untuk menghitung NPV dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$NPV = \sum_{t=1}^N \frac{Bt - Ct}{1 + i^t} \tag{1}$$

- dengan:
- Bt = Penghasilan
  - Ct = Biaya
  - i = Tingkat bunga yang berlaku
  - n = Masa waktu sistem
  - t = Periode ( t = 1,2,3,4, dst).

2.6. Benefit Cost Ratio (BCR)

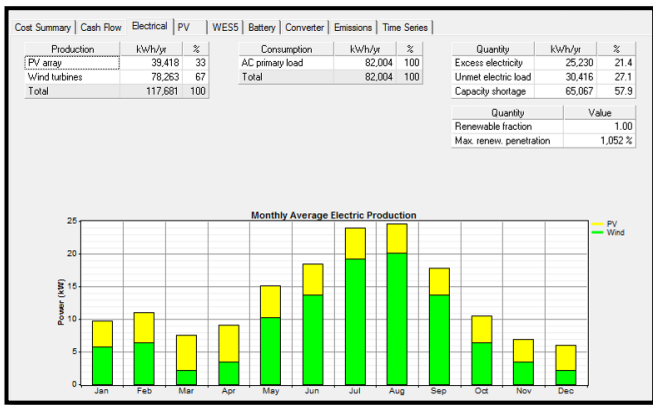
Metode BCR pada dasarnya menggunakan data ekuivalensi nilai sekarang dari penerimaan dan pengeluaran, yang dalam hal ini BCR adalah merupakan perbandingan antara nilai sekarang dari penerimaan atau pendapatan yang diperoleh dari kegiatan investasi dengan nilai sekarang dari pengeluaran (biaya) selama investasi tersebut berlangsung dalam kurun waktu tertentu. Kriteria kelayakannya adalah bila nilai BC Ratio > 1 dan dirumuskan dengan:

$$BCR = \frac{\sum_{t=1}^N \frac{Bt}{1+i^t}}{\sum_{t=1}^N \frac{Ct}{1+i^t}} \quad (2)$$

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1. Analisis Pembangkitan Energi PLTH

Hasil simulasi dengan *Homer* didapatkan konfigurasi PLTH yang optimal adalah PLTS dan PLTB menunjukkan kontribusi masing-masing pembangkit tiap bulan selama setahun. Dalam satu tahun, kontribusi PLTS sebesar 33% dan PLTB sebesar 67%, dengan total produksi listrik dari kedua pembangkit sebesar 117.681 kWh/tahun dan kelebihan listrik yang tidak dimanfaatkan (*excess electricity*) adalah 25.230 kWh/tahun atau 21.4% dari keseluruhan produksi listrik PLTH.



Gambar 3. Hasil simulasi dan Optimalisasi PLTH

3.2. Biaya-Biaya PLTH

Perhitungan biaya yang didapatkan dari hasil model simulasi PLTH dengan *software Homer* meliputi biaya modal awal yang di investasikan sebesar US \$ 297. 981, biaya pengoperasian per tahun sebesar US \$ 10.218, nilai bersih sekarang (NPC) sebesar US \$ 407.057, dan biaya listrik (COE) sebesar US \$ 0,453 per kWh.

|  | PV (kW) | WESS | 6FM200D | Conv. (kW) | Initial Capital | Operating Cost (\$/yr) | Total NPC  | COE (\$/kWh) | Ren. Frac. | Capacity Shortage | Batt. Lf. (yr) |
|--|---------|------|---------|------------|-----------------|------------------------|------------|--------------|------------|-------------------|----------------|
|  | 24      | 192  | 30      |            | \$ 190,523      | 8,797                  | \$ 284,427 | 0.449        | 1.00       | 0.91              | 10.0           |
|  | 27      | 24   | 192     | 30         | \$ 297,981      | 10,218                 | \$ 407,057 | 0.453        | 1.00       | 0.53              | 7.3            |

Gambar 4. Biaya hasil perhitungan simulasi *Homer*

3.3. Perbandingan hasil simulasi antara *software Homer* dan *Tora*

Dari hasil simulasi kedua metode didapatkan nilai keluaran daya pembangkit tenaga matahari (PLTS) dan pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) yang berbeda seperti terlihat pada Tabel 2 dan 3 hal ini dikarenakan *Homer* menghitung daya keluaran pada PLTS berdasarkan total yaitu dengan daya keluaran sebesar 4,5 kW atau sekitar 16,7 % dari total kapasitas terpasang sebesar 27 kW dan keluaran daya PLTB sebesar 8,93 kWh/d atau sekitar 14,9 % dari total kapasitas terpasang sebesar 60 kW. Sedangkan *Tora* menghitung keluaran daya berdasarkan masing-masing kapasitas PLTS yang terpasang yaitu 100 WP, 180 WP dan 220 WP, dengan jumlah total daya keluaran sebesar 6,063 kW atau 22,5 % dari total kapasitas yang terpasang sebesar 27 kW dan PLTB berdasarkan masing-masing kapasitas yang terpasang yaitu 1kW, 2,5 kW dan 10 kW, dengan jumlah total daya keluaran sebesar 6,42 kW atau 10,7 % dari total kapasitas yang terpasang sebesar 27 kW

Tabel 2. Hasil simulasi daya keluaran PLTS dengan *Homer* dan *Tora*

| Quantity         | Homer  | Tora   | Units  |
|------------------|--------|--------|--------|
| Rate Capacity    | 60     | 60     | kW     |
| Mean Output      | 8,93   | 6,42   | kW     |
| Mean Output      | 214,3  | 154,1  | k/d    |
| Capacity Factor  | 14,9   | 10,7   | %      |
| Total Production | 78.263 | 56.248 | kWh/yr |

Tabel 3. Hasil simulasi daya keluaran PLTB dengan *Homer* dan *Tora*

| Quantity         | Homer  | Tora   | Units  |
|------------------|--------|--------|--------|
| Rate Capacity    | 27     | 27     | kW     |
| Mean Output      | 4,5    | 6,06   | kW     |
| Mean Output      | 108    | 145,5  | kWh/d  |
| Capacity Factor  | 16,7   | 22,5   | %      |
| Total Production | 39.418 | 53.112 | kWh/yr |

3.4. Keekonomian PLTH Dengan Menghitung NPV dan BCR

3.4.1. Harga Jual Listrik

Menurut Peraturan Menteri (Permen) ESDM No.17/2013 untuk harga jual listrik PLTS di Indonesia dijual ke PLN dengan harga US \$ 25 cen per kWh, sedangkan PLTB dengan harga US \$ 12 cen per kWh.

Dari seluruh daya yang dihasilkan pembangkit listrik, hanya 80% saja yang terpakai atau terjual. Daya PLTS sebesar 39.418 kWh/tahun x 25 x 80% = US \$ 7.884 per tahun. Dan daya yang dihasilkan PLTB sebesar 78263 kWh/tahun x 12 x 80% = US \$ 7.513 per tahun. Total pendapatan sebesar US \$ 15.397 per tahun. Penjualan energi listrik per kWh di Pantai Baru Pandansimo sebesar US \$ 3 sen, dari hasil perhitungan didapat 117681 kWh/tahun x 3 x 80% = US \$ 2.824.

3.4.2. Perhitungan *Net Present Value* (NPV)

Perhitungan selisih harga sekarang dari aliran kas bersih (*Net Cash Flow*) untuk masa proyek selama 25 tahun dengan harga sekarang dari investasi awal pada tingkat

bunga 8% dan harga jual sesuai dengan peraturan pemerintah didapat nilai NPV sebesar US \$ -73.118 sedangkan untuk harga jual listrik di Pantai Baru Pandansimo nilai NPV sebesar US \$ -85.691.

### 3.4.3. Perhitungan *Benefit Cost Ratio* (BCR)

Hasil perhitungan nilai BCR dari perbandingan antara nilai sekarang dari penerimaan atau pendapatan yang diperoleh dari kegiatan investasi dengan nilai sekarang dari pengeluaran (biaya) selama investasi tersebut berlangsung dalam kurun waktu 25 tahun adalah sebesar 0.23 berdasarkan harga jual listrik sesuai dengan peraturan pemerintah sebesar US \$ 25 sen per kWh, sedangkan harga jual listrik di Pantai Baru Pandansimo US \$ 3 sen per kWh nilai BCR-Nya sebesar 0,04, untuk harga jual listrik yang ideal berdasarkan perhitungan simulasi Homer didapatkan harga jual sebesar US \$ 45 sen per kWh. Kriteria kelayakannya adalah bila nilai BCR lebih besar dari 1. Jadi dari hasil perhitungan keekonomian proyek PLTH di Pantai Baru Pandansimo tidak layak dibangun. Tetapi proyek ini tetap di bangun hanya sebagai daerah percontohan dan untuk pendidikan, yang nantinya untuk diterapkan di daerah atau pulau terpencil yang mempunyai potensi angin dan matahari.

## 4. Kesimpulan dan Saran

Rancangan model yang optimal untuk *software Homer* didapatkan jumlah turbin yang optimal adalah 24 unit dengan kapasitas daya 2,5 kW dan jumlah kapasitas solar sel yang digunakan adalah 27 kW. Sedangkan untuk model *Tora* didapatkan jumlah turbin dengan kapasitas masing-masing 1 kW seanyak 25 unit, 2,5 kW sebanyak 6 unit dan 10 kW sebanyak 2 unit, dengan total kapasitas 60 kW dan jumlah solar sel dengan masing-masing kapasitas 220 WP sebanyak 48 unit, 180 WP sebanyak 150 unit dan 100 WP sebanyak 20 unit, dengan total kapasitas 27 kW.

Hasil prosentase energi listrik yang dihasilkan dari simulasi Homer didapatkan kontribusi PLTS sebesar 33 % dan PLTB sebesar 67 %, dengan kapasitas produksi listrik dari kedua pembangkit sebesar 117.681 kWh/tahun, dengan biaya investasi awal sebesar US \$ 297.981, sedangkan dari hasil simulasi *Tora* didapatkan prosentase kontribusi listrik yang dihasilkan PLTS sebesar 49% dan PLTB sebesar 51%, dengan kapasitas produksi listrik dari kedua pembangkit sebesar 109.360 kWh/tahun, dengan biaya investasi awal sebesar US \$ 297.981.

Hasil perhitungan keekonomian, untuk harga jual listrik yang ideal adalah US \$ 45 Sen/kWh, sedangkan kondisi di lapangan harga jual listrik sebesar US \$ 3 Sen/kWh atau Rp. 5000/bulan, dan harga jual pemerintah sebesar US \$ 25

Sen/kWh. Dengan demikian maka proyek PLTH dikatakan tidak layak dibangun. Tetapi proyek ini tetap dibangun hanya sebagai riset dan untuk pendidikan, yang nantinya untuk diterapkan di daerah atau pulau terpencil yang mempunyai potensi angin dan matahari.

Ada beberapa saran dari penelitian ini diantaranya, yang pertama berdasarkan pengamatan di lapangan sering terlihat turbin angin tidak berputar, hal ini dimungkinkan karena PLTB terhalang oleh pepohonan sehingga kecepatan angin berkurang dan membuat turbin angin sering tidak berputar. Diharapkan untuk perencanaan proyek turbin angin selanjutnya, penempatan turbin angin skala kecil sebaiknya di tempatkan depan pantai agar tidak terhalang oleh pepohonan atau bangunan supaya hasilnya lebih optimal dan yang kedua sebelumnya penangkal petir hanya ada pada solar sel atau PLTS saja, sekarang sudah ada penangkal petir pada PLTB tetapi hanya satu titik saja, karena turbin angin bangunannya paling tinggi daripada sekitarnya, sebaiknya diberi penangkal petir di beberapa titik untuk menjaga agar turbin tidak tersambar petir.

## Daftar Pustaka

- Fauzi, Syukri, M., Hamdani, 2012, "Pengukuran Performansi Turbin Angin Hummer 10 KW Pada Pembangkit Listrik Hibrid Bayu-Diesel Di Pidie Jaya", Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Aceh.
- Gilman, P., Lambert, T.,(2006), *HOMER The Micropower Optimization Model Software Started Guide*, National Renewable Energi Laboratory of United States Government.
- Herlina, 2009, "Analisa Dampak Lingkungan Dan Biaya Pembangkit Listrik, Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid Di Pulau Sebesi Lampung Selatan", Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok.
- Kunaifi, 2010, "Program Homer Untuk Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Hibrid Di Propinsi Riau", Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Islam Negri Sultan Syarif Kasim Riau, ISSN: 1979-2328.
- Lambert, T., P. Gilman, dan P. Lilienthal., 2006, *Micropower System Modeling With HOMER*, dalam *Integration Of Alternative Sources Of Energi*, Ed Felix A. Farret dan M. Godoy Simoes, John Wiley & Sons.
- Nasa, 2013, " *Surface Meteorology And Solar Energi*" <http://eosweb.larc.nasa.gov>.
- Soetedjo.A., Lomi A., Nakhoda Y.i., 2010, "Pemodelan Sistem Pembangkit Listrik Hibrid Angin Dan Surya", Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Malang, Malang.