



**PERANCANGAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HIBRIDA
ANGIN-PV DI DAERAH PUGER MENGGUNAKAN
PERANGKAT LUNAK HOMER**

SKRIPSI

Oleh

**M. Aji Dwi Prasetyo
NIM 111910201098**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER**

2015



**PERANCANGAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HIBRIDA
ANGIN-PV DI DAERAH PUGER MENGGUNAKAN
PERANGKAT LUNAK HOMER**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk
menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

M. Aji Dwi Prasetyo

NIM 111910201098

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2015

PERSEMBAHAN

Dengan ini saya ingin mempersembahkan karya ini kepada:

1. Ibu Dyah Ertin dan Ayahanda Subekti tercinta, serta Kakak M. Adi Aribowo dan Adikku M. Danyago P yang tersayang.
2. Dosen-dosen Teknik Elektro Universitas Jember, yang telah memberikan saya ilmu selama ini.
3. Dosen-dosen pembimbing skripsi Bapak Samsul Bachri M., S.T., MM.T. dan Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. yang telah memberikan pengarahan dan kesabaran untuk membimbing saya demi terselesaikannya skripsi ini.
4. Pegawai SYAHBANDAR Jember yang telah memberikan ijin untuk mengambil data.
5. Keluarga besar Teknik Elektro angkatan 2011, terima kasih atas dukungan dan inspirasinya.
6. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

Man jadda wa jada (siapa yang bersungguh – sungguh akan berhasil)

Man shobaro zafiro (siapa yang bersabar akan beruntung)

Man saaro'ala darbi washola (siapa yang berjalan dijalanNya akan sampai)

(A.Fuadi)

Masa depan adalah milik mereka yang percaya akan indah nya mimpi

(Eleanor Roosevelt)

Kehidupan anda yang sesungguhnya dimulai saat anda bertindak mengatasi rasa
takut

Kesulitan itu sementara jika engkau memilih untuk merajinkan dirimu dalam
belajar dan bekerja

(Mario Teguh)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : M. Aji Dwi Prasetyo

NIM : 111910201098

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Angin-PV Di Daerah Puger Menggunakan Perangkat Lunak Homer” adalah benar-benar karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah ada disebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 13 Oktober 2015

Yang menyatakan,

M. Aji Dwi Prasetyo

NIM. 111910201098

SKRIPSI

**PERANCANGAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HIBRIDA
ANGIN-PV DI DAERAH PUGER MENGGUNAKAN
PERANGKAT LUNAK HOMER**

Oleh

M. Aji Dwi Prasetyo

NIM 111910201098

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Samsul Bachri M., S.T., MM.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “**Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Angin-PV Di Daerah Puger Menggunakan Perangkat Lunak Homer**” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Selasa, 13 Oktober 2015

tempat : Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

Tim Penguji :

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

Samsul Bachri M., S.T., MM.T.
NIP. 19640317 199802 1 001

Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.
NIP. 19700826 199702 1 001

Penguji I,

Penguji II,

Dedy Kurnia Setiawan, S.T., M.T.
NIP.19800610 200501 1 003

Dr. Ir. Bambang Sujanarko, MM.
NIP. 19631201 199402 1 002

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik,

Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP. 19610414 198902 1 001

**PERANCANGAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HIBRIDA
ANGIN-PV DI DAERAH PUGER MENGGUNAKAN
PERANGKAT LUNAK HOMER**

M. Aji Dwi Parsetiyo

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Produksi listrik dari PLN saat ini menggunakan bahan bakar fosil dimana bahan bakar tersebut jika terus digunakan akan cepat habis dan tidak dapat diperbarui. Pemanfaatan sumber energi terbarukan sebagai pembangkit listrik memiliki potensi yang sangat besar khususnya energi surya dan energi angin, karena letak Indonesia yang berada di daerah tropis dan tedapat banyak pantai. Berdasarkan permasalahan tersebut maka perlu untuk melakukan pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (PLTH) dengan sumber bahan bakar dari PLTH dapat diperbarui sehingga pada studi ini diusulkan perancangan sistem PLTH (Angin-PV). Pada perancangan sistem PLTH ini saya gunakan bantuan perangkat lunak HOMER versi 2.68. Perangkat lunak ini mengoptimasi berdasarkan nilai NPC terendah. Dari penelitian ini untuk perancangan sistem PLTH (Angin-PV) dilakukan di daerah Puger Kabupaten Jember, diintegrasikan dua sumber yaitu PLT Angin dan PLTS. Hasil simulasi dan optimasi menunjukkan bahwa secara keseluruhan kontribusi PLT Angin sebesar 87 %, PLTS 13 % dengan biaya total masa kini (*net present cost/NPC*) sebesar \$ 7.923.793, biaya rata - rata listrik (*cost of electricity/COE*) sebesar \$ 0.148/kWh dan biaya pengoperasian (*operating cost*) sebesar \$ 276.474/yr.

Kata Kunci: PLTH, HOMER, PLN, NPC, COE.

**DESIGN OF HYBRID POWER PLANT SYSTEM
WIND - PV AT PUGER USING
HOMER**

M. Aji Dwi Parsetiyo

*Electrical of Technology Departement, Technology of Faculty, Universitas
Jember*

ABSTRACT

Production of electricity is currently using fossil fuels which fuel if it continues to be used will be quickly exhausted and can not be updated. Utilization of renewable energy sources for generating electricity has a huge potential, especially solar energy and wind energy, because the location of Indonesia which are in the tropics and many beaches. Based on the problems it is necessary to carry out the manufacture of the Hybrid Power Plant (PLTH) in which a fuel source of PLTH can be updated so that in this study I propose the design of hybrid Power Plant system (Wind-PV). In designing the system of PLTH I use software HOMER version 2.68, this software optimize based on the value of the lowest NPC. From my research to design PLTH Wind-PV systems do in the Puger Jember, integrated two sources, namely Wind PLT and PLTS. Simulation and optimization results show that the overall contribution of Wind PLT amount 87%, PLTS amount 13% at a total cost of today (net present cost / NPC) amounted to \$ 7.923.793, the average electricity cost (cost of electricity / COE) amounted to \$ 0.148/kWh and operating costs (operating costs) amounted to \$ 276.474/yr.

Keywords: *PLTH, HOMER, PLN, NPC, COE.*

RINGKASAN

Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Angin-PV Di Daerah Puger Menggunakan Perangkat Lunak Homer; M. Aji Dwi Prasetyo; 111910201098; 2015: 72 Halaman; Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik; Universitas Jember.

Saat ini kebutuhan listrik di Indonesia semakin bertambah seiring dengan pesatnya pertumbuhan masyarakat dan penyediaan energi listrik hanya bersumber dari PLN. Produksi listrik dari PLN saat ini menggunakan bahan bakar fosil yang mana bahan bakar tersebut jika terus digunakan akan cepat habis dan tidak dapat diperbarui. Pemanfaatan sumber energi terbarukan sebagai pembangkit listrik memiliki potensi yang sangat besar khususnya energi surya dan energi angin, karena letak Indonesia yang berada di daerah tropis dan tedapat banyak pantai.

Berdasarkan permasalahan tersebut maka perlu untuk melakukan pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (PLTH) yang mana sumber bahan bakar dari PLTH ini dapat diperbarui sehingga pada studi ini diusulkan perancangan sistem PLTH (Angin-PV). Pada perancangan sistem PLTH ini digunakan bantuan perangkat lunak HOMER versi 2.68. Perangkat lunak ini mengoptimasi berdasarkan nilai NPC terendah. Perancangan tersebut dilakukan di daerah Puger Kabupaten Jember. Pada sistem PLTH ini beban yang terpasang berasal dari konsumsi beban listrik masyarakat puger. Dalam menentukan besarnya beban yang terpasang digunakan acuan Kepala Keluarga (KK). Jumlah kepala keluarga di daerah puger sebanyak 3565 KK. Untuk konsumsi beban listrik di daerah puger diasumsikan konsumsi beban listrik tiap kepala keluarga sebesar 450 watt. Dari perhitungan beban listrik tersebut dalam waktu 24 jam didapatkan beban kerja listrik pada pukul 23.00 – 07.00 sebesar 320,85 kWh, pukul 07.00 – 17.00 sebesar 962,55 kWh dan pada pukul 17.00 – 23.00 sebesar 1283,4 kWh.

Setelah menentukan beban listrik dan mendapatkan data radiasi matahari serta data kecepatan angin di daerah puger dilakukan simulasi dengan menggunakan perangkat lunak HOMER. Hasil simulasi dari perancangan PLTH

menggunakan perangkat lunak HOMER didapatkan susunan PLTH yang terdiri dari 7 buah turbin angin Fuhrlander FL 250, 800 kW PV, 300 baterai vision 6FM200D, 2.500 kW inverter, 2.500 kW rectifier dan modul PV Array sebanyak 1778 buah yang tersusun seri. Pada sistem PLTH tersebut kontribusi PLTS sebesar 13% sedangkan kontribusi PLT Angin sebesar 87%. Dari kedua pembangkit itu didapatkan total produksi listrik sebesar 6.033.643 kWh/yr sedangkan untuk konsumsi daya listrik sebesar 5.219.113 kWh/yr. Sehingga kelebihan listrik dari sistem PLTH tersebut sebesar 584.316 kWh/yr. Dari hasil simulasi tersebut didapatkan biaya masa kini (*Net Present Cost/NPC*) yang paling optimal sebesar \$ 7.923.793, biaya rata – rata listrik (*cost of electricity/COE*) sebesar \$ 0.148/kWh dan biaya pengoperasian (*operating cost*) sebesar \$ 276.474/yr.

PRAKATA

Bismillahirrohmanirrohim

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya serta shalawat dan salam kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW sebagai motivasi dan inspirasi untuk terus melangkah kedepan dengan penuh optimis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **"Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Angin-PV Di Daerah Puger Menggunakan Perangkat lunak Homer"**. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Terselesaikannya skripsi ini tidak lepas dari bantuan serta dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Dyah Ertin dan Ayahanda Subekti tercinta, serta Kakak M. Adi Aribowo dan Adikku M. Danyago P yang tersayang;
2. Ir. Widyono Hadi, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
3. Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember;
4. Dosen-dosen pembimbing skripsi Bapak Samsul Bachri M., S.T., MM.T. dan Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. yang telah memberikan pengarahan dan kesabaran untuk membimbing saya demi terselesaikannya skripsi ini;
5. Dosen-dosen penguji Bapak Dedy Kurnia Setiawan, S.T., M.T. selaku penguji 1 dan Bapak Dr. Ir. Bambang Sujanarko, MM., selaku penguji 2, terima kasih telah berperan dalam proses ujian skripsi saya;
6. Terima kasih kepada bapak Andi Setiawan, S.T., M.T., yang telah memberikan ilmunya dalam menyelesaikan tugas akhir ini;
7. Terima kasih kepada sahabat kontrakan U10 yang telah membantu saya mulai dari proses pengerjaan tugas akhir sampai terselesainya tugas akhir;

8. Pegawai SYAHBANDAR Jember yang telah memberikan ijin untuk mengambil data;
9. Keluarga besar Teknik Elektro angkatan 2011, terima kasih atas dukungan dan inspirasinya;
10. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin Ilmu Teknik Elektro, kritik dan saran diharapkan terus mengalir untuk lebih menyempurnakan proyek akhir ini dan diharapkan dapat dikembangkan untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

Jember, 13 Oktober 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL.....	i
PERSEMBAHAN.....	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBING.....	v
PENGESAHAN	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
RINGKASAN	ix
PRAKATA.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Pembahasan.....	3

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Energi Terbarukan	4
2.1.1 PLTS	4
2.1.2 Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLT Angin).....	4
2.2 HOMER.....	5
2.2.1 Photovoltaic	5
2.2.1.1 Rangkaian Sederhana <i>Photovoltaic</i>	6
2.2.1.2 Persamaan Dasar Sistem <i>Photovoltaic</i>	7
2.2.2 Baterai.....	9
2.2.3 Perangkat Lunak HOMER.....	10
2.2.4 NPC (Net Present Cost).....	11
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....	12
3.1 Tempat Penelitian	12
3.2 Tahapan Penelitian	12
3.2.1 Diagram Alir Analisis Data	Error! Bookmark not defined.
3.3 Blok Diagram sistem	15
3.4 Data Kecepatan Angin.....	15
3.5 Data Radiasi Matahari	16
3.6 Kebutuhan Beban	16
3.7 Pemodelan PLTH Menggunakan Perangkat lunak HOMER di Puger	18
3.8 Komponen Penyusun PLTH.....	19
3.8.1 Turbin Angin	19
3.8.2 Modul Surya	22
3.8.3 Baterai.....	23

3.8.4 Konverter	25
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1 Analisis Kelistrikan	28
4.1.1 Konfigurasi 1	28
4.1.2 Konfigurasi 2	29
4.1.3 Konfigurasi 3	30
4.1.4 Konfigurasi 4	31
4.1.5 PV Array	33
4.2 Analisis Ekonomi	34
4.2.1 Konfigurasi 1	35
4.2.2 Konfigurasi 2	35
4.2.3 Konfigurasi 3	36
4.2.4 Konfigurasi 4	36
4.2.5 Konfigurasi Paling Optimal	36
BAB 5. PENUTUP	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN.....	44

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Penentuan Hasil Beban Kerja Menurut Prosentase Beban.....	17
Tabel 3.2 Perhitungan Beban Dengan Jumlah KK.....	18
Tabel 4.1 Hasil Kelistrikan Beberapa Konfigurasi.....	33
Tabel 4.2 Keluaran Ekonomi Dari Beberapa Konfigurasi.....	37
Tabel 4.3 NPC (<i>Net Present Cost</i>).....	39
Tabel 4.4 <i>Annualized Cost</i>	40

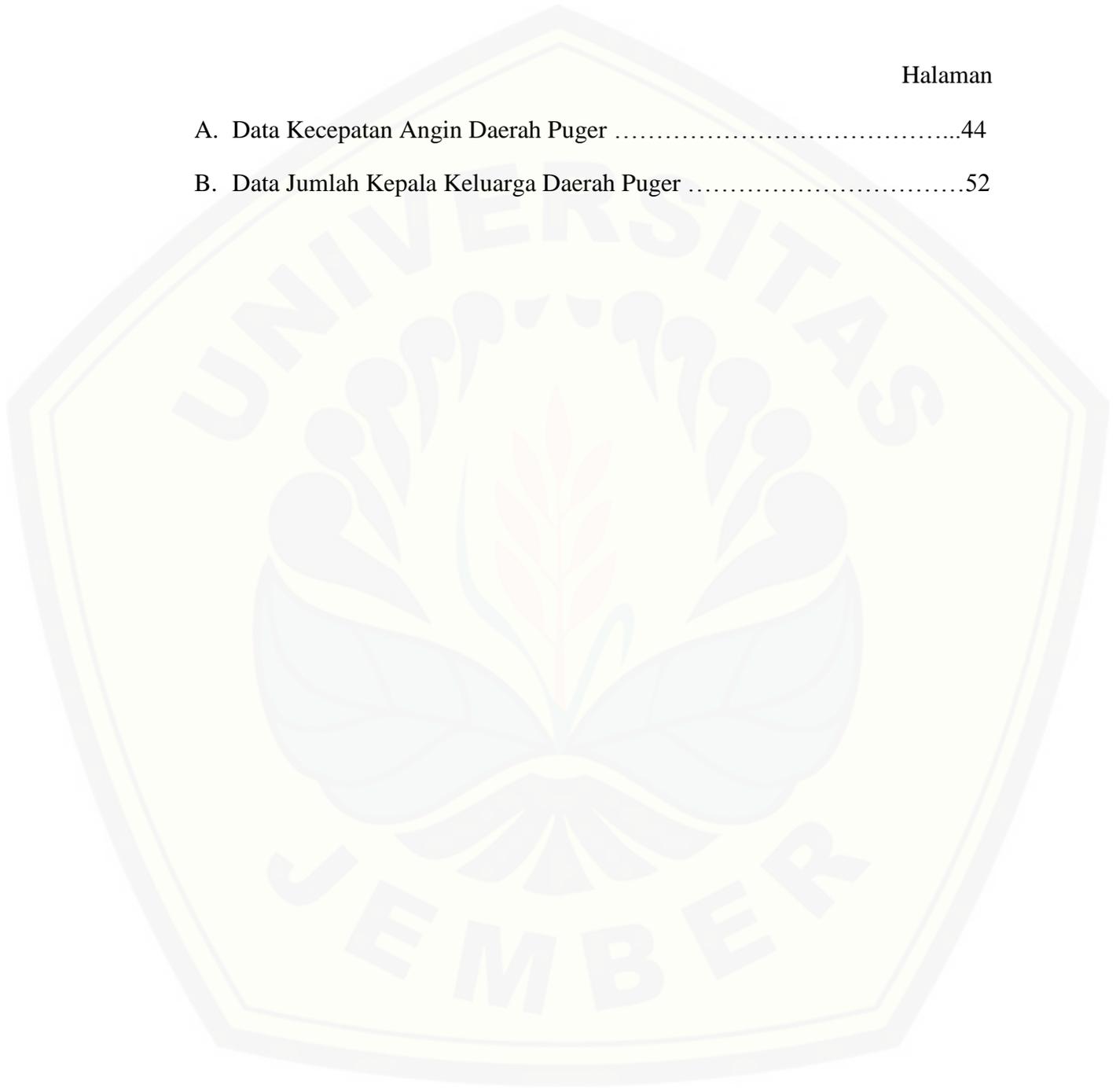
DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Model PLT Angin	5
Gambar 2.2 Cara Kerja Photovoltaic	6
Gambar 2.3 Rangkaian Ekuivalensi Sel Surya	6
Gambar 2.4 Baterai (Akumulator)	9
Gambar 2.5 Konfigurasi Pembangkit Ke Dalam Perangkat Lunak HOMER ...	10
Gambar 3.1 Pantai Puger	12
Gambar 3.2 Diagram Alir Analisis Data	14
Gambar 3.3 Blok Diagram Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (Angin - PV)	15
Gambar 3.4 Data Kecepatan Angin Daerah Puger	15
Gambar 3.5 Data Radiasi Matahari Daerah Puger	16
Gambar 3.6 Kurva Energi Harian Puger	18
Gambar 3.7 Turbin Angin Fuhrlander FL 250	21
Gambar 3.8 Detail <i>Wind Turbine</i>	21
Gambar 3.9 Susunan Modul Surya	22
Gambar 3.10 Detail PV Input Dan Spesifikasi Modul Surya	23
Gambar 3.11 Baterai Vision 6FM200D	24
Gambar 3.12 Detail <i>Battery Inputs</i>	25
Gambar 3.13 Detail Konverter Input	26
Gambar 4.1 Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (Angin - PV) Menggunakan Perangkat lunak HOMER	27
Gambar 4.2 Produksi Dan Konsumsi Daya Konfigurasi 1 Dari Hasil Simulasi PLTH Menggunakan HOMER	28
Gambar 4.3 Produksi Listrik Rata – Rata Perbulan Pada Konfigurasi 1	29

Gambar 4.4	Produksi Dan Konsumsi Daya Konfigurasi 2 Dari Hasil Simulasi PLTH Menggunakan Perangkat Lunak HOMER	29
Gambar 4.5	Produksi Listrik Rata – Rata Perbulan Pada Konfigurasi 2	30
Gambar 4.6	Produksi Dan Konsumsi Daya Konfigurasi 3 Dari Hasil Simulasi PLTH Menggunakan Perangkat Lunak HOMER	31
Gambar 4.7	Produksi Listrik Rata – Rata Perbulan Pada Konfigurasi 3	31
Gambar 4.8	Produksi Dan Konsumsi Daya Konfigurasi 4 Dari Hasil Simulasi PLTH Menggunakan Perangkat Lunak HOMER	32
Gambar 4.9	Produksi Listrik Rata – Rata Perbulan Pada Konfigurasi 4	32
Gambar 4.10	<i>Cash Flow</i>	38
Gambar 4.11	<i>NPC (Net Present Cost)</i>	38
Gambar 4.12	<i>Annualized Cost</i>	40

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Data Kecepatan Angin Daerah Puger	44
B. Data Jumlah Kepala Keluarga Daerah Puger	52



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan listrik di Indonesia semakin bertambah seiring dengan pesatnya pertumbuhan masyarakat. Penyediaan energi listrik oleh PT. PLN (Perusahaan Listrik Negara) sampai saat ini belum dapat memenuhi kebutuhan listrik secara keseluruhan, karena kondisi geografis negara Indonesia yang terdiri atas banyak pulau sehingga instalasi dan perawatan dengan jaringan transmisi membutuhkan biaya besar, hal ini tidak sebanding dengan kebutuhan listrik yang rendah di daerah-daerah tersebut. Pemanfaatan sumber energi terbarukan sebagai pembangkit listrik memiliki potensi yang sangat besar khususnya energi surya dan energi angin, karena letak Indonesia yang berada di daerah tropis dan terdapat banyak pantai. Sumber energi terbarukan menawarkan persediaan energi listrik di daerah-daerah terpencil yang ramah lingkungan (Akella A.K, et. al., 2007).

Studi ini dilakukan di daerah puger, untuk pasokan listrik di puger hanya didapat dari PT. PLN (Perusahaan Listrik Negara) dan belum ada penggunaan energi alternatif. Untuk mendukung kebutuhan listrik yang ada di daerah tersebut bisa dengan memanfaatkan penggunaan energi alternatif atau energi terbarukan, yaitu dengan penggabungan pembangkit listrik yang terdiri atas energi angin dan energi surya. Daerah tersebut terletak di pesisir pantai dengan potensi angin yang baik untuk digunakan sebagai pembangkit listrik, juga memiliki potensi surya yang baik untuk dapat dimanfaatkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya.

PLTH (Angin-PV) diharapkan dapat menjadi solusi terbaik untuk membantu suplai daya dan mengurangi penggunaan bahan bakar fosil di daerah tersebut. Selain cocok dengan kontur lokasinya, pembangkit listrik hibrida ini juga ramah lingkungan sehingga tetap bisa menjaga ekosistem biota laut yang selama ini menjadi mata pencaharian warga di sana.

Sistem hibrida atau PLTH (Angin – PV) menggunakan simulasi perangkat lunak HOMER (Hibrida *Optimization Model for Electric Renewable*). HOMER

merupakan model optimasi pembangkit listrik hibrida yang mensimulasikan pengoperasian sistem 8760 jam dalam setahun berdasarkan biaya NPC (*Net Present Cost*) yang terendah (Lambert et. al., 2006).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka diambil rumusan masalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana perancangan sistem PLTH (Angin-PV) menggunakan perangkat lunak HOMER.
- b. Bagaimana kombinasi dari sistem PLTH yang dapat menghasilkan energi listrik dengan biaya rendah dan jumlah produksi yang optimal.
- c. Bagaimana analisis ekonomi dan hasil optimasi dari sistem PLTH pada perangkat lunak HOMER.

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan masalah dalam skripsi ini lebih fokus pada tercapainya tujuan penelitian maka ada beberapa batasan masalah sebagai berikut:

- a. Perencanaan sistem PLTH (Angin-PV) berupa skema pada HOMER.
- b. Tipe turbin angin yang digunakan adalah turbin angin Fuhrlander 250.
- c. Analisis ekonomi pada sistem PLTH menggunakan acuan NPC (*Net Present Cost*).
- d. Pembangkit listrik yang diintegrasikan adalah PLT Angin dan PLTS.
- e. Tidak ada garansi pada peralatan – peralatan yang digunakan pada sistem PLTH (Angin-PV).
- f. Pada skripsi ini tidak dibahas mengenai jumlah personil dan biaya asuransi dalam perancangan PLTH dan hanya membahas mengenai simulasi perancangan PLTH menggunakan perangkat lunak HOMER.

1.4 Tujuan

Dalam penelitian yang diusulkan untuk skripsi ini memiliki tujuan utama sebagai berikut:

- a. Mengetahui optimasi sistem PLTH (Angin-PV).
- b. Mengetahui perencanaan sistem PLTH (Angin-PV).
- c. Mengetahui analisis ekonomi pada sistem PLTH.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dengan adanya penelitian ini adalah diperoleh suatu model simulasi PLTH (Angin – PV) sebagai referensi dalam melakukan analisis ekonomi dan optimasi daya pada sistem PLTH.

1.6 Sistematika Pembahasan

Secara garis besar penyusunan proposal skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB 1. PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, tujuan pembahasan, rumusan masalah, batasan masalah, dan sistematika pembahasan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Berisi penjelasan tentang teori yang berhubungan dengan penelitian.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan tentang metode yang digunakan untuk menyelesaikan skripsi.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi hasil penelitian dan analisis hasil penelitian.

BAB 5. PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan dan saran dari penulis.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energi Terbarukan

2.1.1 PLTS

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah suatu teknologi pembangkit listrik yang mengkonversi energi foton dari surya menjadi energi listrik. Konversi ini dilakukan pada panel surya yang terdiri dari sel – sel *Photovoltaic*.

PLTS memanfaatkan cahaya matahari untuk menghasilkan listrik DC (*direct current*), yang dapat diubah menjadi listrik AC (*alternating current*) apabila diperlukan. Oleh karena itu meskipun cuaca mendung, selama masih terdapat cahaya, maka PLTS tetap dapat menghasilkan listrik. PLTS pada dasarnya adalah pecatu daya (alat yang menyediakan daya), dan dapat dirancang untuk mencatu kebutuhan listrik yang kecil sampai dengan besar, baik secara mandiri, maupun dengan Hibrida, baik dengan metoda desentralisasi (satu rumah satu pembangkit) maupun dengan metoda sentralisasi (listrik didistribusikan dengan jaringan kabel).

2.1.2 Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLT Angin)

Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLT Angin) adalah suatu teknologi pembangkit listrik yang merubah potensi energi angin menjadi energi listrik. Angin adalah udara yang bergerak/mengalir, sehingga memiliki kecepatan, tenaga dan arah. Penyebab dari pergerakan ini adalah pemanasan bumi oleh radiasi matahari. Udara di atas permukaan bumi selain dipanaskan oleh matahari secara langsung, juga mendapat pemanasan oleh radiasi matahari bumi tidak homogen, maka jumlah energi matahari yang diserap dan dipancarkan kembali oleh bumi berdasarkan tempat dan waktu adalah bervariasi. Hal ini menyebabkan perbedaan temperatur pada atmosfer, yang menyebabkan perbedaan kerapatan dan tekanan atmosfer. Udara memiliki sifat untuk selalu mencapai kesetimbangan tekanan,

karena itu perbedaan kecepatan dan tekanan atmosfer ini menyebabkan udara bergerak dari daerah yang bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah. Perhitungan daya yang dapat dihasilkan oleh sebuah turbin angin adalah sebagai berikut.



Gambar 2.1 Model PLT Angin (Miharja, Farid. 2013)

$$P = 1/2 \cdot A \cdot \rho_a \cdot v^3 \text{ Watt} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dengan :

ρ_a : kerapatan angin pada waktu tertentu ($1,2 \text{ kg/m}^3$)

v : kecepatan angin pada waktu tertentu (m/s)

2.2 HOMER

2.2.1 Photovoltaic

Photovoltaic (biasanya disebut juga sel surya) adalah piranti semikonduktor yang dapat merubah cahaya secara langsung menjadi menjadi arus listrik searah (DC) dengan menggunakan kristal *silicon* (Si) yang tipis. Sistem kerja *Photovoltaic* diperlihatkan pada Gambar 2.2.

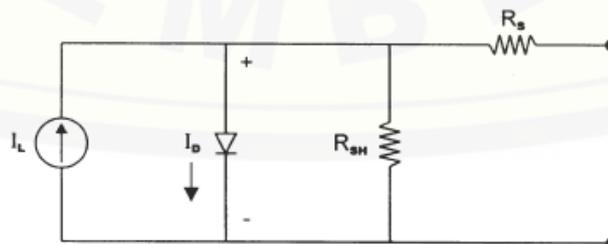


Gambar 2.2 Cara kerja *Photovoltaic* (Nurhian Syah, Rhama, 2014)

Pada dasarnya sel surya *Photovoltaic* merupakan suatu dioda semikonduktor yang berkerja dalam proses tak seimbang dan berdasarkan efek *Photovoltaic*. Dalam proses itu sel surya menghasilkan tegangan 0,5-1 volt tergantung intensitas cahaya dan jenis zat semikonduktor yang dipakai. Sementara itu intensitas energi yang terkandung dalam sinar matahari yang sampai ke permukaan bumi besarnya sekitar 1000 Watt. Tapi karena daya guna konversi energi radiasi menjadi energi listrik berdasarkan efek *Photovoltaic* baru mencapai 25%, maka produksi listrik maksimal yang dihasilkan sel surya baru mencapai 250 Watt per m^2 . (Messenger, R., and Ventre, J, 2000)

2.2.1.1 Rangkaian Sederhana *Photovoltaic*

Rangkaian ekivalen ditunjukkan pada Gambar 2.3. Kurva karakteristik sel surya *Photovoltaic* dapat ditentukan dengan menghitung pembawa minoritas terkumpul dan kemudian secara terpisah menghitung karakteristik arus-tegangan dioda. Superposisi dapat digunakan untuk mengkombinasikannya.



Gambar 2.3 Rangkaian Ekivalen Sel Surya

Arus maksimum untuk sel surya tergantung pada lebar pita penyerapan semikonduktor dan spektrum surya. Setiap foton dengan energi lebih besar dari lebar pita dapat diharapkan untuk membangkitkan satu pasang elektron-hole, yang menyebabkan satu pembawa minoritas dapat terkumpul. Penentuan ketebalan yang diperlukan untuk menyerap cahaya surya dengan energi lebih besar dari celah pita adalah koefisien penyerapan bahan semikonduktor. Sebagai contoh ketebalan silicon 0,5 mm akan menyerap 93 % dari cahaya surya dengan sebuah energi diatas lebar pitanya.

(L.L. Kazmerski, 1997)

2.2.1.2 Persamaan Dasar Sistem *Photovoltaic*

Perhitungan kebutuhan ukuran solar modul dan baterai untuk sistem ini dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu perhitungan kasar dengan menggunakan asumsi penyinaran efektif matahari rata-rata dalam satu hari dan dengan menggunakan perhitungan yang lebih detail dengan memasukkan data statistik penyinaran matahari selama satu tahun.

Nilai rata-rata penyinaran matahari dalam satu hari (12 jam) untuk Indonesia adalah 4.8 kWh/m². Dengan mengasumsikan daya maksimum yang mungkin dihasilkan penyinaran adalah 1000W/m², maka wajar jika dianggap bahwa penyinaran matahari efektif diasumsikan sebagai 4 - 4.5 jam dalam satu hari.

Dengan demikian, kebutuhan daya array untuk mencatu energi beban yang besarnya E_{load} dapat dihitung sebagai:

$$P_{Array} = \frac{E_{Load}}{4.5}(\text{watt-peak}) \dots \dots \dots (2.1)$$

dimana :

P_{Array} = daya array total yang dibutuhkan untuk mecatu beban

4 - 4.5 = koefisien jam efektif penyinaran matahari dalam satu hari

Perhitungan kebutuhan baterai penyimpan dilakukan dengan terlebih dahulu menentukan sistem tegangan yang akan digunakan. Jika sistem tegangan DC adalah V_{sys} , maka kebutuhan baterai dihitung sebagai berikut:

$$Ah_{bank} = \frac{ELoad}{V_{sys}}(Ah) \dots \dots \dots (2.2)$$

dimana :

Ah_{bank} = nilai Ah battery bank yang diperlukan untuk back-up beban dalam 1hari

V_{sys} = tegangan sistem DC

Untuk menentukan jumlah panel surya yang diperlukan, diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Jumlah panel surya} = \frac{P_{array} (Wp)}{P_{\text{satu panel surya}} (W)} \dots \dots \dots (2.3)$$

Untuk menentukan keluaran harian modul diperlukan data lamanya modul mendapatkan sinar global dan data radiasi yang paling rendah, dengan tujuan pada kondisi radiasi terendah modul masih dapat mensuplai arus sesuai kebutuhan beban. Persamaan yang digunakan untuk mendapatkan lamanya modul mendapatkan sinar global adalah sebagai berikut.

Lamanya modul Mendapatkan Sinar Global (hour) =

$$\frac{\text{Jumlah sinar global (Wh/m2)}}{\text{Maksimum Sinar Global (1000)}} \dots \dots \dots (2.4)$$

(Kessler,1995:16)

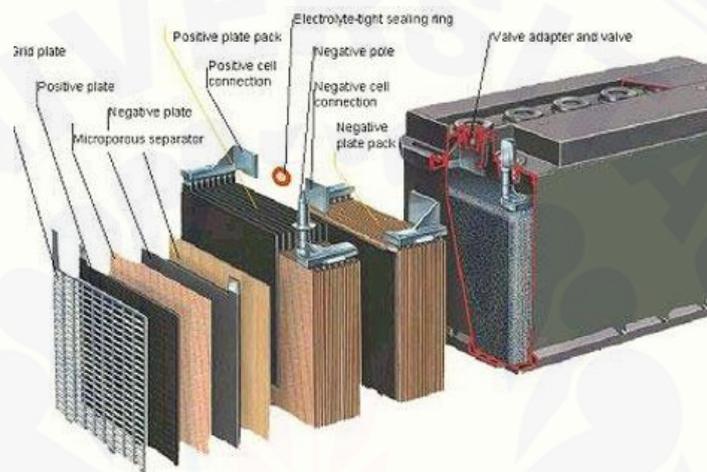
Setelah mendapatkan persamaan lamanya modul mendapatkan sinar global maka kita dapat menentukan keluaran harian modul dengan persamaan.

$$\text{Daya nominal modul} = \frac{E_{\text{modul surya}}}{t_{\text{modul mendapat sinar}}} \dots\dots\dots (2.5)$$

(Kessler,1995:16)

2.2.2 Baterai

Akumulator (*accu, aki*) adalah sebuah alat yang dapat menyimpan energi (umumnya energi listrik) dalam bentuk energi kimia. Contoh-contoh akumulator adalah baterai dan kapasitor.



Gambar 2.4 Baterai (Akumulator) (WordPress.com)

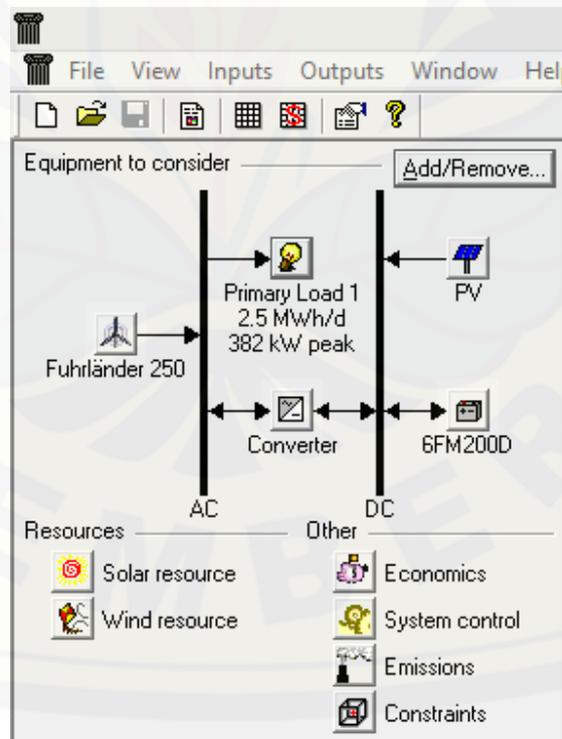
Pada umumnya di Indonesia, kata akumulator (sebagai aki atau accu) hanya dimengerti sebagai "baterai" mobil. Sedangkan di bahasa Inggris, kata akumulator dapat mengacu kepada baterai, kapasitor, kompulsator, dll.

Di dalam standar internasional setiap satu *cell* akumulator memiliki tegangan sebesar 2 volt. sehingga aki 12 volt, memiliki 6 *cell* sedangkan aki 24 volt memiliki 12 *cell*. Aki merupakan sel yang banyak kita jumpai karena banyak digunakan pada sepeda motor maupun mobil. Aki termasuk sel sekunder, karena selain mengeluarkan arus listrik, aki juga dapat diisi arus listrik kembali. Secara sederhana aki merupakan sel yang terdiri dari elektrode Pb sebagai anoda dan PbO₂ sebagai katoda dengan elektrolit H₂SO₄ (asam sulfat). (Wikipedia.com)

2.2.3 Perangkat Lunak HOMER

Homer adalah suatu model Micropower untuk mempermudah dalam mengevaluasi desain dari jaringan tunggal (*grid-off*) maupun jaringan yang terkoneksi dengan sistem (*grid-connected*). Dalam merancang sistem pembangkit harus diperhatikan mengenai konfigurasi sistem, diantaranya : komponen apa saja yang tidak dapat dimasukkan dalam konfigurasi sistem, berapa banyak dan dan berapa ukuran masing- masing komponen yang harus digunakan, banyaknya pilihan teknologi dalam penghitungan biaya dan ketersediaan sumber daya energi yang ada, optimasi Homer dan algoritma analisis yang sensitif dapat lebih mudah untuk mengevaluasi konfigurasi sistem dan banyak kemungkinan.

Model ini dapat menganalisis *stand alone* sistem dengan menggunakan beberapa komponen energi angin dan PV, daya yang dihasilkan PV diubah menjadi AC dan disalurkan ke Bus AC, daya yang dihasilkan *wind turbin* secara langsung dialirkan ke Bus AC, dan kelebihan daya akan disimpan di baterai.



Gambar 2.5 Konfigurasi Pembangkit ke dalam perangkat lunak HOMER

2.2.4 NPC (Net Present Cost)

Biaya Net Total Masa Kini (*Total Net Present Cost/NPC*) adalah keluaran ekonomi yang paling utama untuk nilai suatu sistem PLTH, HOMER akan mengurutkan data hasil keluaran simulasi dan optimasi berdasarkan nilai NPC terendah. NPC digunakan untuk mengetahui biaya investasi yang paling optimal dari segi keluaran ekonomi dari sebuah pembangkit. NPC dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut : $NPC (\$) = \frac{TAC}{CRF} \dots\dots\dots(2.7)$

Keterangan :

TAC : Biaya total tahunan

CRF : Faktor pemulihan modal

CRF dapat dicari menggunakan rumus :

$$CRF(\$) = \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

N : Tahun

i : Tingkat suku bunga tahunan (%)

(Aris Budi Harsanto dan Sudarno 2012)

Biaya Net Total Masa Kini (*Total Net Present Cost; NPC*) adalah keluaran ekonomi paling utama untuk sistem PLTH, HOMER mengurutkan hasil keluaran simulasi dan optimasi berdasarkan nilai NPC terendah, (Gilman, P., 2005).

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat Penelitian

Tempat penelitian dilakukan di pantai puger Kabupaten Jember, setelah pelaksanaan seminar proposal. Letak koordinat geografis pantai puger yaitu $8^{\circ}22'29,63''$ lintang selatan dan $113^{\circ}26'50,56''$ bujur timur. Gambar 3.1 adalah tampilan pantai puger dilihat dari map.



Gambar 3.1 Pantai Puger

3.2 Tahapan Penelitian

Dalam penelitian yang akan dilakukan terdapat serangkaian tahap yang harus dilewati, demi mencapai tujuan penelitian yang diharapkan. Dalam penelitian yang telah dilakukan didapatkan diagram alir analisis data seperti gambar 3.2. Tahap – tahap dalam penelitian ini secara garis besarnya meliputi:

1. Tahap studi literatur.

Pertama-tama dilakukan studi literatur untuk menemukan variabel-variabel yang akan diteliti. Studi literatur yang digunakan berasal dari jurnal – jurnal tentang PLTH.

2. Tahap pengumpulan data.

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang diperlukan dari masalah yang akan diteliti. Data yang didapat berasal dari beberapa sumber yang menyediakan data kecepatan angin, data radiasi matahari dan data kepala keluarga

daerah puger. Data kepala keluarga ini digunakan untuk pengasumsian data beban harian.

3. Tahap pengumpulan data radiasi matahari dari NASA, beban listrik dan kecepatan angin dari SYAHBANDAR.

Pada proses pengambilan data dilakukan 3 proses pengambilan data, pertama dilakukan pengambilan data radiasi matahari dari NASA, data beban di daerah yang akan dilakukan penelitian menggunakan acuan kepala keluarga dengan asumsi perhitungan sesuai jurnal dan yang ketiga dilakukan pengumpulan data kecepatan angin dari SYAHBANDAR.

4. Tahap perencanaan sistem PLTH (Angin-PV) dengan perangkat lunak HOMER.

Pada tahap ini dilakukan input data radiasi matahari, beban listrik dan kecepatan angin pada simulasi HOMER. Setelah mendapatkan data yang dibutuhkan selanjutnya dilakukan simulasi dengan menggunakan perangkat lunak HOMER. Pada simulasi dengan perangkat lunak HOMER data radiasi matahari, kecepatan angin dan beban yang telah didapat di masukkan pada HOMER. Setelah memasukkan semua data selanjutnya dilakukan perancangan sistem PLTH.

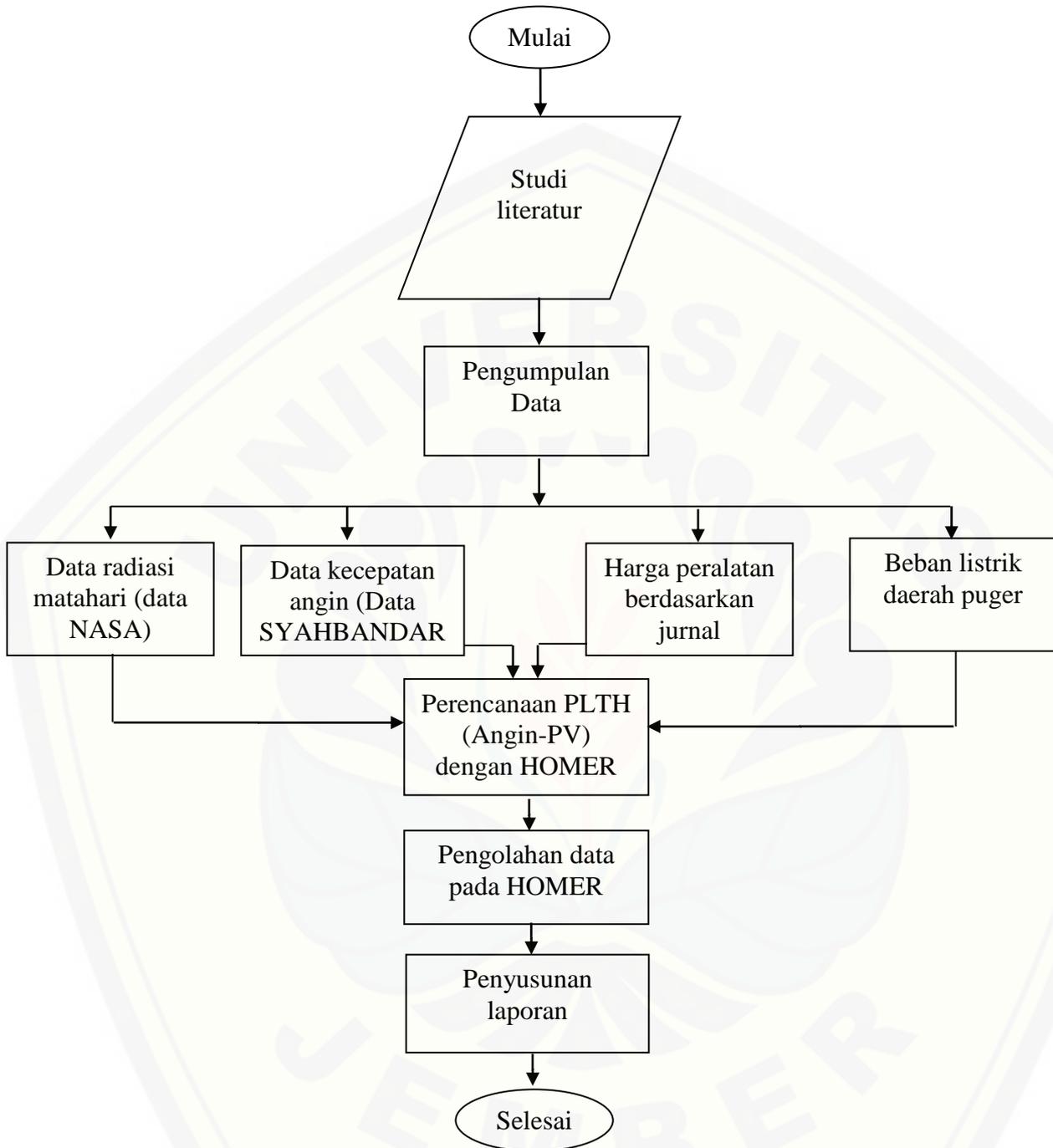
5. Tahap pengolahan data pada simulasi perangkat lunak HOMER.

Setelah simulasi selesai dilakukan akan didapatkan data hasil simulai untuk selanjutnya dianalisis. Analisis data hasil simulasi berupa analisis biaya investasi dalam HOMER disebut aliran biaya (*cash flow*).

6. Tahap penyusunan laporan

Saat data selesai dianalisis dan diolah akan dilakukan tahap akhir yaitu penyusunan laporan.

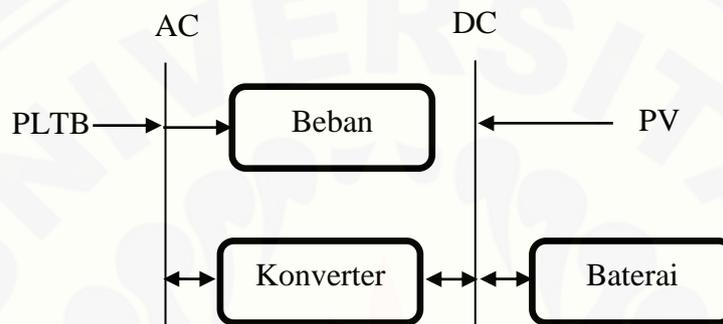
Secara garis besar langkah – langkah dalam tahap di atas digambarkan pada diagram alir di gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram Alir Analisis Data

3.3 Blok Diagram sistem

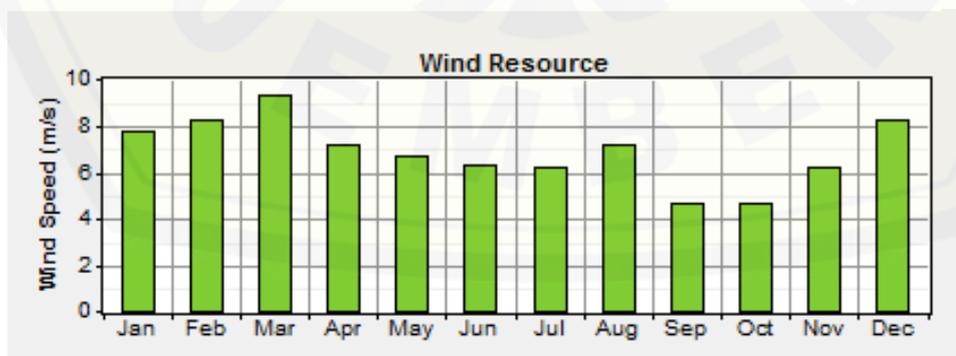
Sistem PLTH (Angin-PV) terlihat seperti gambar 3.3, output daya dari PLT Angin dan PV akan disimpan terlebih dahulu sebelum disalurkan ke beban. Hal tersebut dilakukan karena daya yang dihasilkan PLTH (Angin-PV) tidak tetap tergantung faktor kecepatan angin dan radiasi matahari, ketika PLTH (Angin-PV) mendapatkan kecepatan angin atau radiasi matahari yang besar maka kelebihan daya akan disimpan di baterai untuk digunakan saat terjadi beban puncak.



Gambar 3.3 Blok Diagram Sistem PLTH (Angin-PV)

3.4 Data Kecepatan Angin

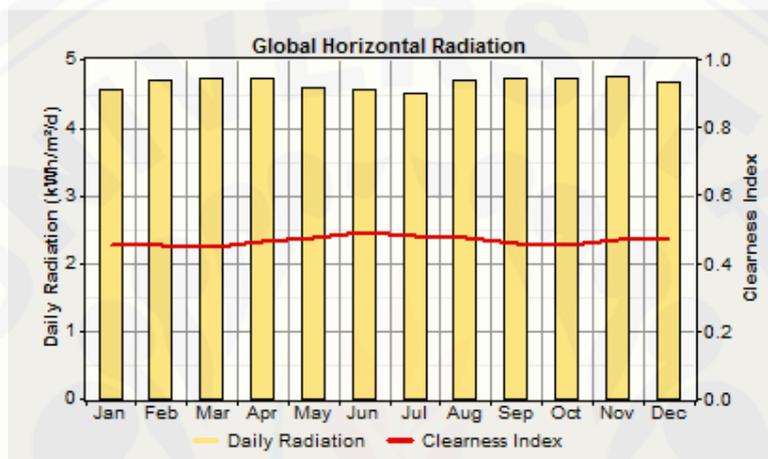
Kecepatan angin di daerah puger didapatkan dari data SABANDAR. Pada gambar 3.4 merupakan data kecepatan angin per bulan pada perangkat lunak HOMER. Pada perangkat lunak HOMER dibutuhkan data kecepatan angin selama setahun untuk dapat mensimulasikan sebuah PTL Angin. Data per bulan ini didapatkan dari SYAHBANDAR. Dari data SYAHBANDAR tersebut didapat data rata – rata perbulan seperti gambar 3.4 berikut :



Gambar 3.4 Data Kecepatan Angin Daerah Puger

3.5 Data Radiasi Matahari

Data radiasi matahari di daerah puger didapatkan melalui NASA dengan bantuan HOMER yang akan menghubungkan ke satelit NASA melalui internet dengan memberikan letak lintang dan bujur lokasi penelitian. Data radiasi matahari pada simulasi perangkat lunak HOMER diperlukan data setahun untuk dapat membuat sebuah PLTS. Dari data NASA tersebut didapat data radiasi matahari per bulan seperti gambar 3.5 berikut :



Gambar 3.5 Data Radiasi Matahari Daerah Puger

3.6 Kebutuhan Beban

Data beban harian ini diambil dari data kepala keluarga kecamatan Puger Kabupaten Jember, untuk beban harian ini diasumsikan setiap kepala keluarga membutuhkan daya sebesar 450 watt, berikut cara perhitungan penentuan beban dasar harian suatu wilayah :

1. Jumlah kepala keluarga Kecamatan Puger 3565 (BkkbN., 2011)
2. Penentuan prosentase beban :

Pada tabel 3.1 dijelaskan mengenai penentuan beban kerja menurut prosentase beban. Pada perhitungan hasil beban kerja tersebut untuk penentuan prosentasinya diasumsikan sesuai jurnal yang digunakan sebagai referensi dan untuk beban kerjanya diasumsikan ada 3 macam beban yaitu beban malam, beban jam kerja dan beban puncak. Untuk beban malam diasumsikan prosentasinya sebesar 20%, untuk beban jam kerja diasumsikan prosentase sebesar 60 %, dan

untuk beban puncak diasumsikan 80 %. Hasil dari prosentase beban kerja tersebut adalah beban yang dikonsumsi tiap kepala keluarga yaitu pada beban malam sebesar 90 W, pada beban jam kerja konsumsi tiap kepala keluarga sebesar 270 W dan pada beban puncak konsumsi tiap kepala keluarga sebesar 360 W. Setelah melakukan perhitungan beban kerja menurut prosentase beban selanjutnya dilakukan perhitungan beban menurut kepala keluarga sebelum mendapatkan hasil beban yang digunakan pada PLTH (Angin - PV).

Tabel 3.1 Penentuan hasil beban kerja menurut prosentase beban (Miharja, Farid. 2012)

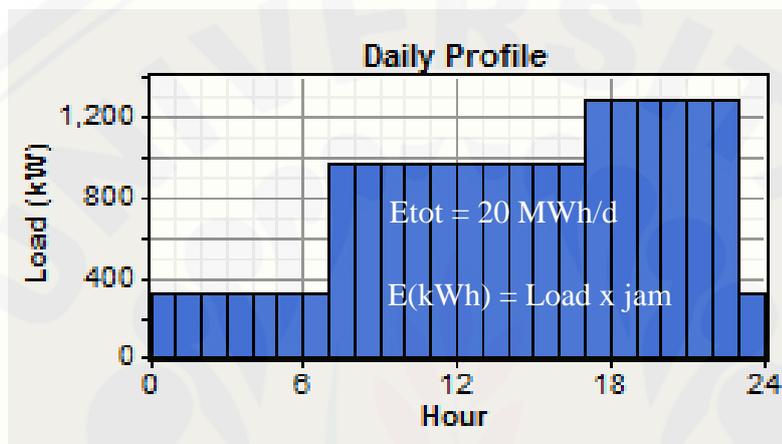
Beban Kerja	Prosentase Beban x 450 W	Hasil Prosentase Beban Kerja
Beban Malam	20% x 450 W	90 W
Beban Jam Kerja	60 % x 450 W	270 W
Beban Puncak	80 % x 450 W	360 W

3. Penentuan beban dengan jumlah KK :

Pada tabel 3.2 adalah tabel perhitungan hasil beban kerja yang digunakan untuk beban pada PLTH (Angin - PV). Pada perhitungan tersebut didapatkan dari perkalian antara hasil prosentase beban kerja dengan jumlah Kepala Keluarga. Pada hasil perhitungan tersebut untuk jam kerjanya dibagi menurut waktunya yaitu pada beban malam pukul 23.00 – 07.00, pada beban jam kerja pukul 07.00 – 17.00 dan pada beban puncak pukul 17.00 – 23.00. Pada penentuan waktu tersebut juga menggunakan asumsi sesuai jurnal yang sama dengan perhitungan prosentase beban kerja. Jadi hasil beban kerja ini merupakan beban kerja yang akan di konsumsi semua kepala keluarga. Pada pukul 23.00 – 07.00 yaitu pada beban malam dengan konsumsi beban semua kepala keluarga sebesar 320.85 kWh. Pada pukul 07.00 – 17.00 yaitu beban jam kerja dengan konsumsi beban sebesar 962.55 kWh. Pada pukul 17.00 – 23.00 yaitu beban puncak dengan konsumsi beban sebesar 1283.4 kWh. Gambar 3.6 adalah kurva beban harian kebutuhan penduduk.

Tabel 3.2 Perhitungan beban dengan jumlah KK (Miharja, Farid. 2012)

Waktu	Hasil Prosentase Beban Kerja x Jumlah KK	Hasil Beban Kerja
23.00 – 07.00	90 W x 3565	320.85 kW
07.00 – 17.00	270 W x 3565	962.55 kW
17.00 – 23.00	360 W x 3565	1283.4 kW



Gambar 3.6 Kurva Beban Harian Puger

3.7 Pemodelan PLTH Menggunakan Perangkat lunak HOMER di Puger

Pada penentuan sumber utama untuk PLTH (Angin - PV) didasarkan sesuai dengan potensi angin dan potensi surya yang ada di puger. Angin memiliki potensi yang lebih banyak daripada surya, hal ini dikarenakan pada malam hari angin masih memiliki potensi untuk tetap ada. Sedangkan untuk surya pada malam hari sudah tidak ada potensi untuk bersinar. Sehingga dari hal itu ditentukan sumber utama dari PLTH (Angin - PV) adalah turbin angin. Sesuai dengan kurva beban yang digunakan maka turbin angin akan memasok listrik pada beban kerja mulai pukul 23.00 sampai pukul 17.00 karena pada jam tersebut yang memiliki potensi untuk memasok listrik adalah turbin angin dan untuk PV akan bekerja pada siang hari saat potensi surya mulai ada. Pada siang hari pasokan listrik dari PV akan disimpan di baterai untuk digunakan memasok beban puncak.

Pada beban puncak akan mendapatkan pasokan listrik dari produksi listrik turbin angin dan PV yang telah disimpan di baterai.

Pada pemodelan ini diambil empat konfigurasi untuk mendapatkan konfigurasi yang paling optimal. Pada keempat konfigurasi ini yang membedakan adalah besar kapasitas dari PV dan turbin angin. Pada konfigurasi pertama menggunakan PV dengan kapasitas 600 kW dan turbin angin 1500 kW. Untuk konfigurasi kedua dengan menggunakan PV berkapasitas 500 kW dan kapasitas turbin angin sebesar 1500 kW. Pada konfigurasi ketiga menggunakan PV dengan kapasitas 300 kW dan kapasitas turbin angin sebesar 1750 kW. Sedangkan untuk konfigurasi keempat menggunakan kapasitas PV sebesar 600 kW dan kapasitas turbin angin sebesar 2000 kW.

3.8 Komponen Penyusun PLTH

Komponen – komponen penyusun PLTH terdiri dari panel *Photovoltaic*, turbin angin, konverter dan baterai. Semua harga yang digunakan pada simulasi ini didapat dari jurnal yang digunakan sebagai referensi dalam pengerjaan tugas akhir ini.

3.8.1 Turbin Angin

Dalam penentuan turbin angin dilakukan dengan menggunakan perhitungan manual menurut efisiensi kecepatan angin di daerah puger. Pada data sheet turbin fuhrlander 250 didapatkan nominal kecepatan angin sebesar 15 m/s dan pada daerah puger kecepatan angin sebesar 9 m/s. Sesuai data sheet tersebut maka kecepatan angin di daerah puger memiliki efisiensi sebesar 60 %. Berikut perhitungan dari efisiensi kecepatan angin.

$$x = \frac{900 \%}{15}$$

$$x = 60 \%$$

Selain itu juga perlu memperhatikan kapasitas dan data sheet dari turbin angin yang akan digunakan karena jika turbin angin dengan kapasitas yang besar bisa memperkecil modal yang akan dikeluarkan untuk pembuatan PLTH (Angin - PV) dengan kapasitas turbin yang besar akan memperkecil jumlah turbin angin yang akan digunakan pada PLTH (Angin - PV). Selanjutnya dilakukan perhitungan dengan asumsi kapasitas turbin angin yang dibutuhkan untuk memasok beban jam kerja sebesar 900 kW, karena sesuai dengan beban saat beban jam kerja sebesar 962.55 kW. Berikut perhitungan kapasitas turbin sesuai efisiensi kecepatan angin.

$$P = P_{T_{pem}} \times \frac{100}{60}$$

$$\text{kapasitas turbin} = 900 \text{ kW} \times \frac{100}{60}$$

$$\text{kapasitas turbin} = \frac{90000}{60} = 1500 \text{ kW}$$

Keterangan :

P : Kapasitas Turbin

$P_{T_{pem}}$: Kapasitas Turbin Pemasok

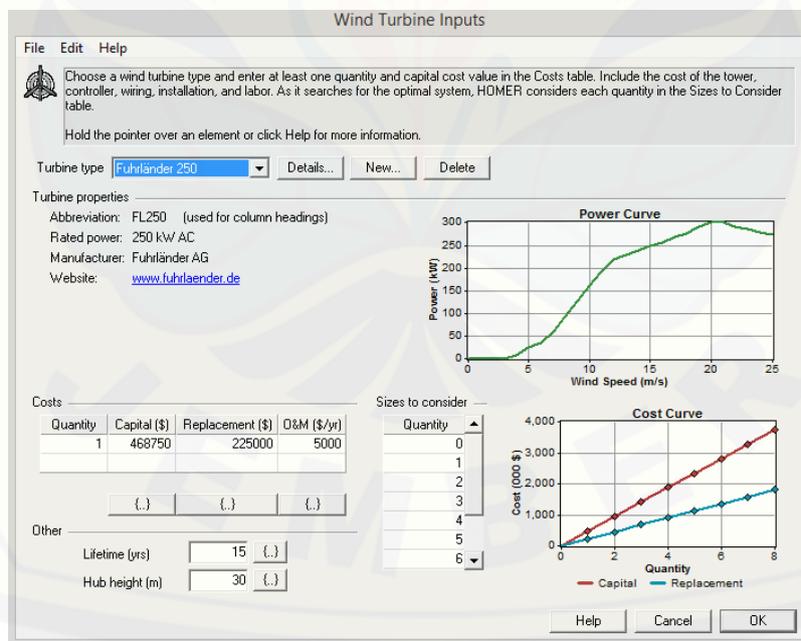
Sehingga dari perhitungan tersebut didapatkan kapasitas turbin yang dibutuhkan yaitu sebesar 1500 kW. Dengan kapasitas turbin sebesar 1500 kW dan efisiensi angin 60 % maka kapasitas turbin yang digunakan untuk memasok beban jam kerja sebesar 900 kW sesuai dengan asumsi sebelumnya.

Turbin angin yang digunakan adalah turbin angin fuhrlander 250 memiliki daya nominal 250 KW AC tiap satu unit. Kebutuhan pemasangan turbin 6 unit untuk memenuhi kapasitas daya yang dibutuhkan. Harga satu unit modul adalah sebesar \$ 468.750, biaya pergantian \$ 225.000, biaya operasi dan pemeliharaan per tahun diasumsikan sebesar \$ 5000. Masa pakai turbin ini selama 15 tahun dan pemasangan turbin angin di ketinggian 30 meter dari permukaan tanah. Pada gambar 3.7 adalah gambar tampilan fisik turbin fuhrlander FL250 dari jerman

yang digunakan pada PLTH dan untuk gambar 3.8 adalah tampilan input turbin angin yang ada pada perangkat lunak HOMER. Turbin yang digunakan memiliki rating sebesar 250 kW.



Gambar 3.7 Turbin Angin Fuhrländer FL250



Gambar 3.8 Detail Wind Turbine

3.8.2 Modul Surya

Pada modul surya ini memiliki efisiensi sebesar 60 % sehingga perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan kapasitas modul surya yaitu :

$$P = P_{Mpem} \times \frac{100}{60}$$

$$\text{kapasitas modul surya} = 600 \text{ kW} \times \frac{100}{60}$$

$$\text{kapasitas modul} = \frac{60000}{60} = 1000 \text{ kW}$$

Keterangan :

P : Kapasitas Modul Surya

P_{Mpem} : Kapasitas Modul Surya Pemasok

Jadi dari perhitungan tersebut diperlukan kapasitas modul surya sebesar 1000 kW dengan efisiensi modul 60 % dan kapasitas yang dibutuhkan untuk memasok listrik diasumsikan sebesar 600 kW. Pengasumsian kapasitas untuk memasok listrik diasumsikan sebesar 600 kW karena potensi surya yang baik hanya terdapat pada siang hari sehingga dengan besar kapasitas 600 kW bisa digunakan untuk memasok pada beban puncak.

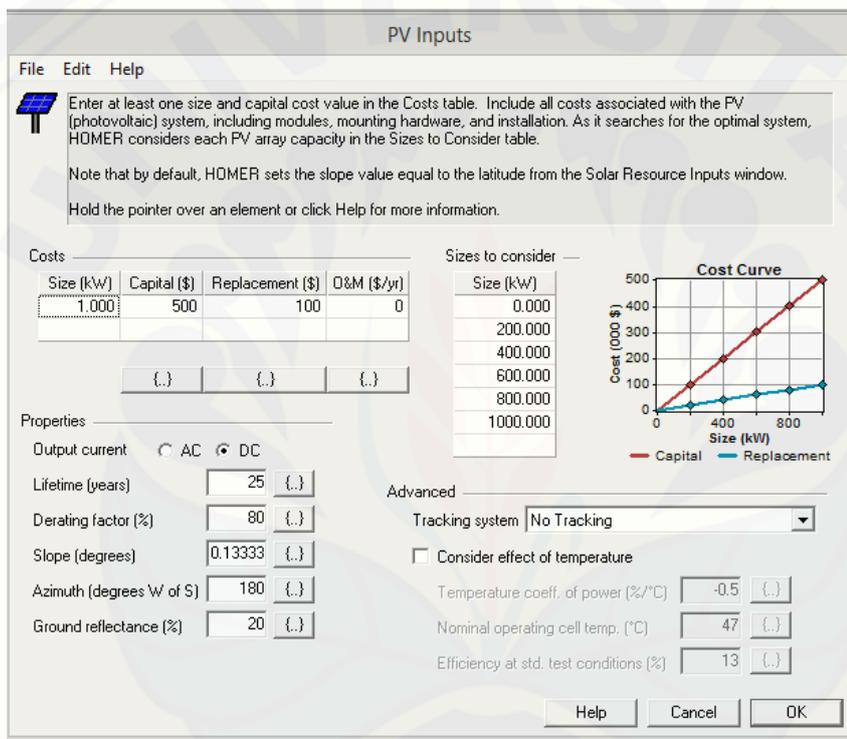
Modul surya terdiri dari panel yang tersusun seri dan diparalelkan, kapasitas tiap modul surya adalah 100 Wp, PLTS ini memiliki kapasitas daya 1000 KW sesuai dengan perhitungan. Harga per modul surya adalah \$ 500, biaya pergantian sebesar \$ 100, biaya operasional dan pemeliharaan diasumsikan tidak ada biaya karena sudah termasuk biaya pergantian dengan masa pakai modul surya selama 25 tahun. Pada gambar 3.9 adalah gambar susunan modul surya yang akan digunakan pada PLTH ini. Modul surya yang digunakan memiliki rating sebesar 1MW.



Gambar 3.9 Susunan Modul Surya (teknologisurya.wordpress.com)

Data spesifikasi modul yang digunakan adalah (Miharja, Farid. 2013) :

- Panjang : 156 inch
- Lebar : 156 inch
- Daya puncak (Ppp) : 224 W
- Tegangan saat daya puncak (Vpp) : 30.2 V
- Arus saat daya puncak (Ipp) : 7.42 A



Gambar 3.10 Detail PV Inputs Dan Spesifikasi Modul Surya

3.8.3 Baterai

Kapasitas baterai dapat ditentukan dengan perhitungan antara beban puncak dengan kapasitas turbin yang digunakan. Karena baterai digunakan untuk memasok saat terjadi beban puncak dan saat siang hari beban jam kerja masih dapat dipasok dari turbin angin. Berikut adalah perhitungan kapasitas baterai. :

$$P_B = P_{LP} - P_{T pem}$$

kapasitas baterai = beban puncak – kapasitas turbin pemasok

$$kapasitas\ baterai = 1.283,4\ kW - 900\ kW = 383,4\ kW$$

Keterangan :

P_B : Kapasitas Baterai

P_{LP} : Kapasitas Beban Puncak

P_{Tpem} : Kapasitas Turbin Pemasok

Dari perhitungan tersebut didapatkan kapasitas baterai sebesar 383,4 kW.

Sehingga jika digunakan untuk memasok saat beban puncak perhitungannya yaitu:

$$E_B = P_B \times t_{LP}$$

$$kapasitas\ baterai = 383,4\ kW \times 6\ jam = 2.300,4\ kWh$$

Keterangan :

E_B : Kapasitas Energi Baterai

P_B : Kapasitas Baterai

t_{LP} : Waktu Beban Puncak

Dari perhitungan tersebut digunakan kapasitas baterai untuk memasok saat beban puncak yaitu sebesar 2.300,4 kWh. Pada gambar 3.11 adalah gambar baterai *vision 6FM200D* dan gambar 3.12 menunjukkan window detail *battery input* PLTS. Dengan menggunakan tegangan nominal 12 volt. Untuk jumlah baterai per string kita gunakan 200 baterai. Sehingga didapatkan tegangan stringnya 2400 volt. Baterai yang digunakan adalah Vision 6FM200D dengan kapasitas 12V 200Ah, dengan harga 1 baterai US \$265. Baterai yang digunakan memiliki rating sebesar 2,4 MW.



Gambar 3.11 Baterai *Vision 6FM200D* (batteryguru.com.au)

File Edit Help

Choose a battery type and enter at least one quantity and capital cost value in the Costs table. Include all costs associated with the battery bank, such as mounting hardware, installation, and labor. As it searches for the optimal system, HOMER considers each quantity in the Sizes to Consider table.

Hold the pointer over an element or click Help for more information.

Battery type: Vision 6FM2000 Details... New... Delete

Battery properties:

Manufacturer: Vision Battery
Website: www.vision-batt.com
Nominal voltage: 12 V
Nominal capacity: 200 Ah (2.4 kWh)
Lifetime throughput: 917 kWh

Costs:

Quantity	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/yr)
1	265	265	0.00

Sizes to consider:

Strings: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8

Advanced:

Batteries per string: 30 (360 V bus)
 Minimum battery life (yr): 4

Cost Curve:

Cost (000 \$) vs Quantity

Legend: Capital (red line), Replacement (blue line)

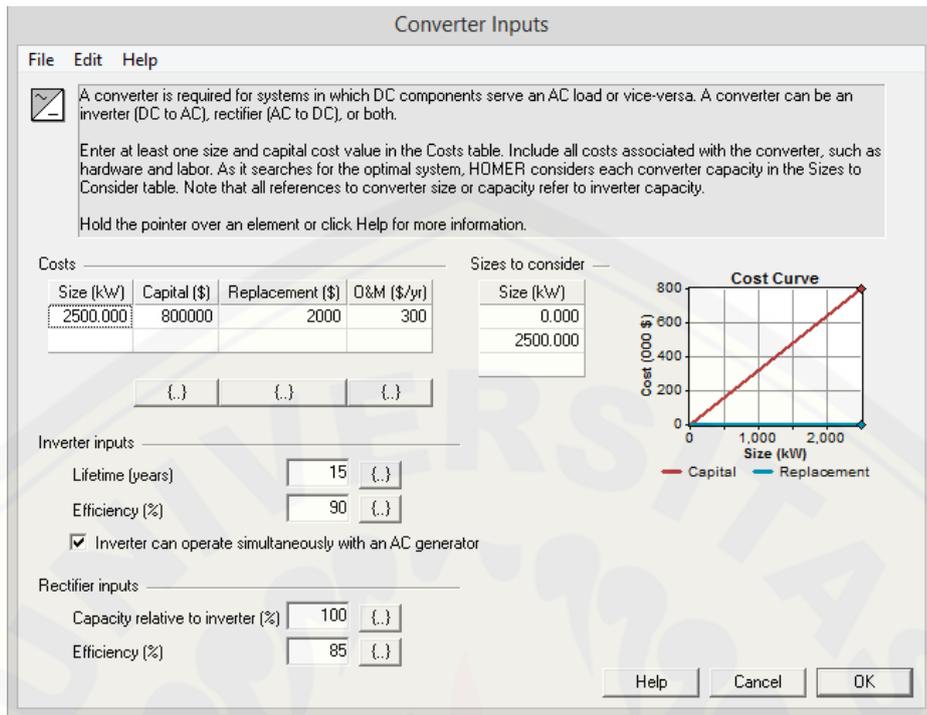
Help Cancel OK

Gambar 3.12 Detail *Battery Inputs*

3.8.4 Konverter

Dalam penentuan kapasitas konverter ini dilakukan dengan melihat kapasitas dari turbin angin dan modul surya. Pada turbin angin kapasitas keseluruhan adalah 1500 kW dan pada modul surya kapasitas keseluruhan sebesar 1000 kW. Sehingga dari kedua sumber tersebut didapatkan kapasitas konverter sebesar 2500 kW.

Gambar 3.13 menunjukkan *window* detail konverter *input*. Untuk konverter menggunakan 2500 kW. Sehingga jika dibutuhkan 2500 kW, maka biayanya sebesar US \$ 800.000, biaya pergantian sebesar \$ 2000 dan biaya operasional sebesar \$ 300. Selanjutnya, setelah memasukkan data pada setiap komponen maka simulasi dijalankan. Konverter yang digunakan memiliki rating sebesar 2,5 MW.

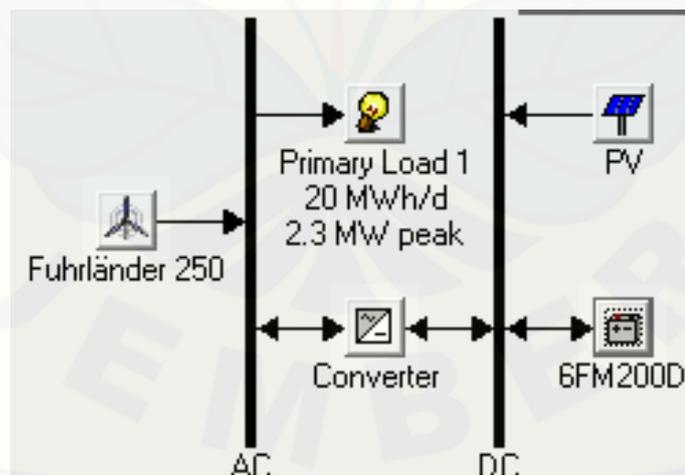


Gambar 3.13 Detail Konverter *Inputs*

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari penentuan beberapa konfigurasi yang telah dijelaskan pada bab 3 sehingga dilakukan simulasi dari keempat konfigurasi menggunakan HOMER. Dari hasil simulasi tersebut didapatkan hasil kelistrikan dan hasil keluaran ekonomi.

Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak HOMER didapatkan perencanaan sistem PLTH (Angin – PV) seperti gambar 4.1, dalam perencanaan PLTH (Angin - PV) menggunakan beban 2.5 MW. Untuk pemasok energi listrik didapat dari dua sumber yaitu turbin angin dan panel surya. Sumber pertama yaitu turbin angin Fuhrländer 250 dengan nominal daya 250 KW per turbin angin. Sedangkan sumber kedua berupa PV. Untuk menyalurkan output daya dari turbin angin ke baterai digunakan konverter dengan kapasitas 2.5 MW, sedangkan untuk baterai digunakan jenis baterai 6FM200D dengan tegangan nominal 12 V dan memiliki kapasitas 2.4 KW.



Gambar 4.1 Perancangan Sistem PLTH (Angin - PV) menggunakan perangkat lunak HOMER di Puger

4.1 Analisis Kelistrikan

4.1.1 Konfigurasi 1

Pada konfigurasi 1 dilakukan simulasi dengan kapasitas PV sebesar 600 kW dan kapasitas turbin angin sebesar 1500 kW didapatkan hasil simulasi sebagai berikut ;

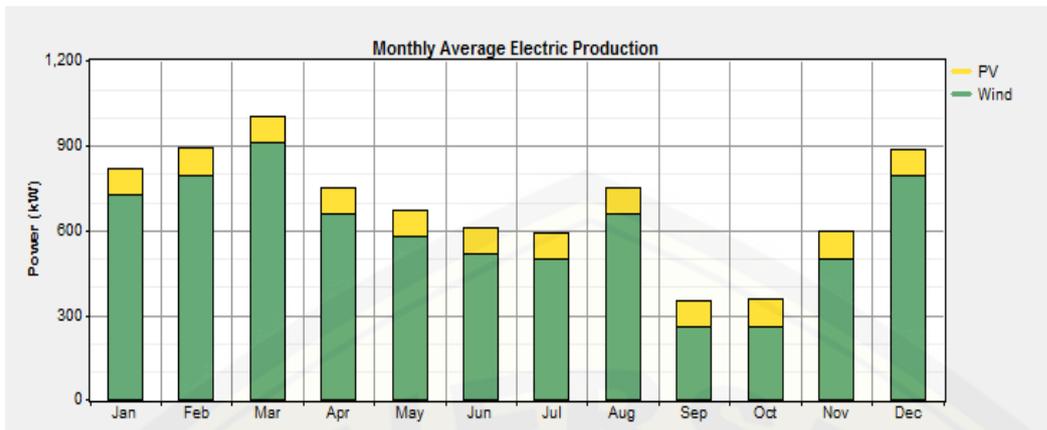
Pada hasil simulasi konfigurasi 1 didapatkan kombinasi yang paling optimal yaitu berupa PV 600 KW, 6 fuhrlander 250, 4000 vision 6FM200D, 2500 KW inverter dan 2500 KW dan didapatkan produksi dan konsumsi daya yang optimal pada kombinasi PLTH seperti gambar 4.2. Produksi listrik yang dihasilkan yaitu produksi listrik dari PV *array* sebesar 814.531 kWh/yr dengan fraksi 13% , produksi listrik dari turbin angin sebesar 5.219.113 kWh/yr dengan fraksi 87%. Total produksi listrik yang dihasilkan sebesar 6.033.643 kWh/yr.

Sedangkan konsumsi daya yang berasal dari beban primer AC sebesar 5.001.319 kWh/yr. Dengan produksi listrik tahunan yang dihasilkan lebih banyak daripada konsumsi daya tahunan sehingga didapatkan kelebihan tenaga listrik sebesar 584.316 kWh/yr.

System Architecture: 600 kW PV		2,500 kW Inverter		Total NPC: \$ 7,923,793							
6 Fuhrlander 250		2,500 kW Rectifier		Levelized COE: \$ 0.148/kWh							
4,000 Vision 6FM200D				Operating Cost: \$ 276,474/yr							
Cost Summary	Cash Flow	Electrical	PV	FL250	Battery	Converter	Emissions	Hourly Data			
Production		kWh/yr	%	Consumption		kWh/yr	%	Quantity		kWh/yr	%
PV array		814,531	13	AC primary load		5,001,319	100	Excess electricity		584,316	9.7
Wind turbines		5,219,113	87	Total		5,001,319	100	Unmet electric load		2,193,904	30.5
Total		6,033,643	100					Capacity shortage		3,216,714	44.7
								Quantity		Value	
								Renewable fraction		1.00	

Gambar 4.2 Produksi dan Konsumsi Daya Konfigurasi 1 Dari Hasil Simulasi PLTH Menggunakan HOMER

Pada konfigurasi 1 terlihat bahwa terdapat produksi listrik yang optimal yaitu di bulan januari, februari, maret dan desember seperti gambar 4.3. Produksi listrik yang paling optimal di bulan maret dengan produksi listrik mencapai 1100 kW. Sedangkan produksi listrik terendah terjadi pada bulan september dan oktober dimana pada dua bulan itu produksi listrik sebesar 400 kW.



Gambar 4.3 Produksi Listrik Rata – Rata Perbulan Pada Konfigurasi 1

4.1.2 Konfigurasi 2

Pada konfigurasi 2 dilakukan simulasi dengan kapasitas PV sebesar 500 kW dan kapasitas turbin angin sebesar 1500 kW didapatkan hasil simulasi sebagai berikut ;

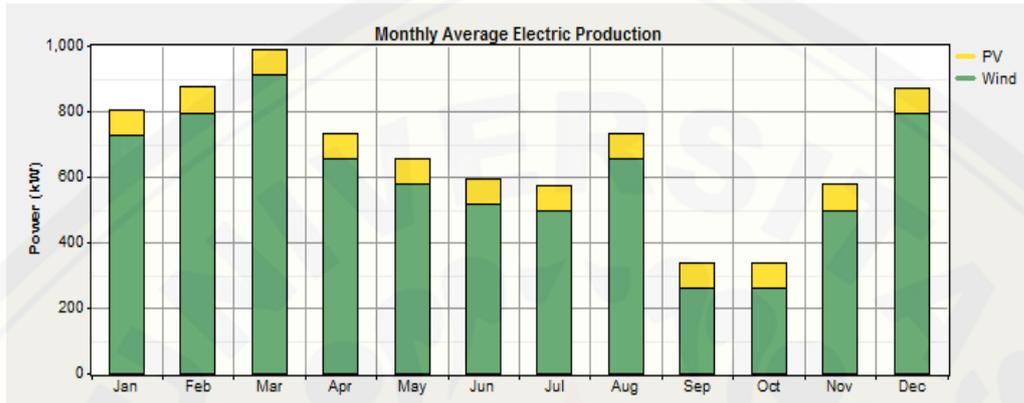
Pada hasil simulasi konfigurasi 2 didapatkan kombinasi yang paling optimal yaitu berupa PV 500 KW, 6 fuhrlander 250, 5000 vision 6FM200D, 2500 KW inverter dan 2500 KW dan didapatkan produksi dan konsumsi daya yang optimal pada kombinasi PLTH seperti gambar 4.4. Produksi listrik yang dihasilkan yaitu produksi listrik dari PV array sebesar 678.777 kWh/yr dengan fraksi 12% , produksi listrik dari turbin angin sebesar 5.219.113 kWh/yr dengan fraksi 88%. Total produksi listrik yang dihasilkan sebesar 5.897.890 kWh/yr.

Sedangkan konsumsi daya yang berasal dari beban primer AC sebesar 4.975.395 kWh/yr. Dengan produksi listrik tahunan yang dihasilkan lebih banyak daripada konsumsi daya tahunan sehingga didapatkan kelebihan tenaga listrik sebesar 454.330 kWh/yr.

Production			Consumption			Quantity		
	kWh/yr	%		kWh/yr	%		kWh/yr	%
PV array	678,777	12	AC primary load	4,975,395	100	Excess electricity	454,330	7.7
Wind turbines	5,219,113	88	Total	4,975,395	100	Unmet electric load	2,219,827	30.9
Total	5,897,890	100				Capacity shortage	3,240,905	45.0
							Quantity	Value
							Renewable fraction	1.00

Gambar 4.4 Produksi dan Konsumsi Daya Konfigurasi 2 Dari Hasil Simulasi PLTH Menggunakan HOMER

Pada konfigurasi 2 terlihat bahwa terdapat produksi listrik yang optimal yaitu di bulan januari, februari, maret dan desember seperti gambar 4.5. Produksi listrik yang paling optimal di bulan maret dengan produksi listrik mencapai 1000 kW. Sedangkan produksi listrik terendah terjadi pada bulan september dan oktober, pada dua bulan itu produksi listrik mencapai 300 kW.



Gambar 4.5 Produksi Listrik Rata – Rata Perbulan Pada konfigurasi 2

4.1.3 Konfigurasi 3

Pada konfigurasi 3 dilakukan simulasi dengan kapasitas PV sebesar 300 kW dan kapasitas turbin angin sebesar 1750 kW didapatkan hasil simulasi sebagai berikut ;

Pada hasil simulasi konfigurasi 3 didapatkan kombinasi yang paling optimal yaitu berupa PV 300 KW, 7 fuhrlander 250, 6000 vision 6FM200D, 2500 KW inverter dan 2500 KW dan didapatkan produksi dan konsumsi daya yang optimal pada kombinasi PLTH seperti gambar 4.6. Produksi listrik yang dihasilkan yaitu produksi listrik dari PV *array* sebesar 407.265 kWh/yr dengan fraksi 6% , produksi listrik dari turbin angin sebesar 6.088.969 kWh/yr dengan fraksi 94%. Total produksi listrik yang dihasilkan sebesar 6.496.235 kWh/yr.

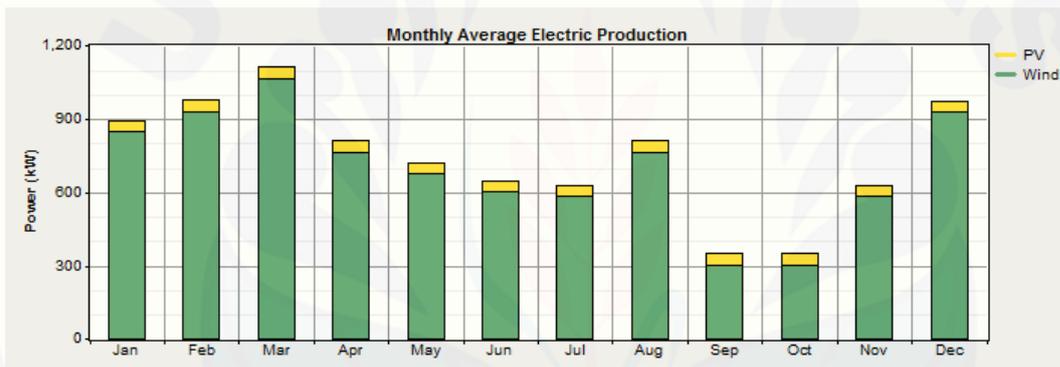
Sedangkan konsumsi daya yang berasal dari beban primer AC sebesar 5.229.902 kWh/yr. Dengan produksi listrik tahunan yang dihasilkan lebih banyak daripada konsumsi daya tahunan sehingga didapatkan kelebihan tenaga listrik sebesar 717.445 kWh/yr.

Production			Consumption			Quantity		
	kWh/yr	%		kWh/yr	%		kWh/yr	%
PV array	407,265	6	AC primary load	5,229,902	100	Excess electricity	717,445	11.0
Wind turbines	6,088,969	94	Total	5,229,902	100	Unmet electric load	1,965,331	27.3
Total	6,496,235	100				Capacity shortage	2,842,568	39.5

Quantity	Value
Renewable fraction	1.00

Gambar 4.6 Produksi dan Konsumsi Daya Konfigurasi 3 Dari Hasil Simulasi PLTH Menggunakan HOMER

Pada konfigurasi 3 terlihat bahwa terdapat produksi listrik yang optimal yaitu di bulan februari, maret dan desember seperti gambar 4.7. Produksi listrik yang paling optimal di bulan maret dengan produksi listrik mencapai 1100 kW. Sedangkan produksi listrik terendah terjadi pada bulan september dan oktober dimana pada dua bulan itu produksi listrik sebesar 350 kW.



Gambar 4.7 Produksi Listrik Rata – Rata Perbulan Pada Konfigurasi 3

4.1.4 Konfigurasi 4

Pada konfigurasi 4 dilakukan simulasi dengan kapasitas PV sebesar 600 kW dan kapasitas turbin angin sebesar 2000 kW didapatkan hasil simulasi sebagai berikut ;

Pada hasil simulasi konfigurasi 4 didapatkan kombinasi yang paling optimal yaitu berupa PV 600 KW, 8 fuhrlander 250, 6000 vision 6FM200D, 2500 KW inverter dan 2500 KW dan didapatkan produksi dan konsumsi daya yang optimal pada kombinasi PLTH seperti gambar 4.8. Produksi listrik yang dihasilkan yaitu produksi listrik dari PV array sebesar 814.531 kWh/yr dengan

fraksi 10% , produksi listrik dari turbin angin sebesar 6.958.823 kWh/yr dengan fraksi 90%. Total produksi listrik yang dihasilkan sebesar 7.773.354 kWh/yr.

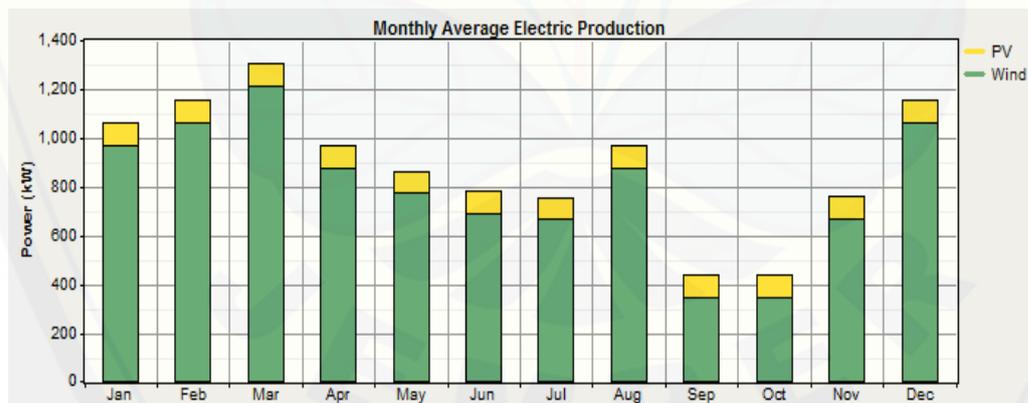
Sedangkan konsumsi daya yang berasal dari beban primer AC sebesar 5.705.745 kWh/yr. Dengan produksi listrik tahunan yang dihasilkan lebih banyak daripada konsumsi daya tahunan sehingga didapatkan kelebihan tenaga listrik sebesar 1.451.386 kWh/yr.

Production			Consumption			Quantity		
	kWh/yr	%		kWh/yr	%		kWh/yr	%
PV array	814,531	10	AC primary load	5,705,745	100	Excess electricity	1,451,386	18.7
Wind turbines	6,958,823	90	Total	5,705,745	100	Unmet electric load	1,489,489	20.7
Total	7,773,354	100				Capacity shortage	2,165,585	30.1

Quantity	Value
Renewable fraction	1.00

Gambar 4.8 Produksi dan Konsumsi Daya Konfigurasi 4 Dari Hasil Simulasi PLTH Menggunakan HOMER

Pada konfigurasi 4 terlihat bahwa terdapat produksi listrik yang optimal yaitu di bulan januari, februari, maret dan desember seperti gambar 4.9. Produksi listrik yang paling optimal di bulan maret dengan produksi listrik mencapai 1300 kW. Sedangkan produksi listrik terendah terjadi pada bulan september dan oktober dimana pada dua bulan itu produksi listrik sebesar 450 kW.



Gambar 4.9 Produksi Listrik Rata – Rata Perbulan Pada Konfigurasi 4

Dari keempat konfigurasi tersebut dapat dibandingkan analisis kelistrikannya dalam bentuk tabel seperti tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.1 Hasil Kelistrikan Beberapa Konfigurasi

Hasil Kelistrikan	Konfigurasi 1	Konfigurasi 2	Konfigurasi 3	Konfigurasi 4
PV (kW)	600	500	300	600
Turbin Angin (kW)	1500	1500	1750	2000
Baterai (Unit)	4000	5000	6000	6000
Produksi PV (kWh/yr)	814.531	678.777	407.265	814.531
Produksi Turbin Angin (kWh/yr)	5.219.113	5.219.113	6.088.969	6.958.823
Konsumsi Daya (kWh/yr)	5.001.319	4.975.395	5.229.902	5.705.745
Kelebihan Listrik (kWh/yr)	584.316	454.330	717.445	1.451.386

4.1.5 PV Array

Pada perhitungan jumlah solar modul yang digunakan langsung menggunakan konfigurasi yang paling optimal yaitu dengan menggunakan solar modul yang berkapasitas 600 kW. Jumlah kapasitas PV Array didapatkan dari beban (jumlah total daya) yang terpasang di daerah puger dengan koefisiensi jam efektif penyinaran matahari dalam satu hari. Eload PV Array didapatkan sebesar 600 kW dari daya total yang dibutuhkan PV untuk menjadi sumber dari beban yang ada di daerah puger.

$$\begin{aligned}
 P \text{ Array} &= \frac{E\text{Load}}{4.5} \\
 &= \frac{600}{4.5} \\
 &= 133,333 \text{ kWp}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan nilai daya PV Array yang dibutuhkan pada sistem tersebut yaitu, P Array = 133.333 kWp. Sedangkan untuk spesifikasi satu solar modul adalah 100 Wp, sehingga didapatkan perhitungan sebagai berikut :

Jumlah solar modul = P Array / P satu solar modul

$$= 133333 / 100$$

$$= 1333,33$$

$$= 1334 \text{ buah}$$

Dari perhitungan jumlah solar modul yang dibutuhkan dengan daya satu solar modul 100 Wp, yaitu 1334 buah solar modul yang tersusun seri. Penyusunan secara seri dimaksudkan agar mendapatkan optimal daya yang maksimal.

4.2 Analisis Ekonomi

Simulasi dan optimasi dengan menggunakan HOMER menghasilkan beberapa konfigurasi yang berbeda sesuai dengan kontribusi energi terbarukan. Dari konfigurasi tersebut diambil 4 buah konfigurasi untuk menentukan konfigurasi yang paling optimal. Pada konfigurasi 1 kapasitas turbin sebesar 1500 kW dan kapasitas PV sebesar 600 kW. Konfigurasi 2 dengan kapasitas turbin sebesar 1500 kW dan kapasitas PV sebesar 500 kW. Konfigurasi 3 dengan kapasitas turbin sebesar 1750 kW dan kapasitas PV sebesar 300 kW. Sedangkan untuk konfigurasi 4 dengan kapasitas turbin sebesar 2000 kW dan kapasitas PV sebesar 600 kW. Nilai CRF pada tiap konfigurasi bernilai sama karena nilai i (suku bunga tahunan) dan nilai n (tahun) adalah sama dan CRF didapat dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$CRF = \frac{i (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}$$

$$CRF = \frac{0.08 (1 + 0.08)^{25}}{(1 + 0.08)^{25} - 1}$$

$$CRF = 0.094$$

Setelah mendapatkan nilai CRF selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai TAC. TAC dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$TAC = NPC \times CRF$$

4.2.1 Konfigurasi 1

Dari konfigurasi 1 diperoleh *Total Net Present Cost* (NPC) sebesar \$ 7.923.793, TAC sebesar \$ 742.291/yr, *Levelized Cost Of Energy* (COE) sebesar \$ 0.148/kWh dan *operating cost* sebesar \$ 276.474/yr. Dalam perhitungan secara teori didapat dua perhitungan yaitu perhitungan untuk menentukan nilai CRF dan nilai TAC. Pada tiap konfigurasi hanya dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai TAC karena nilai CRF tiap konfigurasi sama sesuai dengan perhitungan pada subbab 4.2. TAC dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}TAC &= NPC_1 \times CRF \\TAC &= \$ 7.923.794 \times \$ 0.094 \\TAC &= \$ 744.836,636\end{aligned}$$

Dari perhitungan TAC menggunakan rumus dengan TAC hasil simulasi HOMER didapat nilai TAC hampir sama dengan nilai error kecil sebesar 0,34 %.

4.2.2 Konfigurasi 2

Pada konfigurasi 2 diperoleh *Total Net Present Cost* (NPC) sebesar \$ 8.151.692, TAC sebesar \$ 763.641/yr, *Levelized Cost Of Energy* (COE) sebesar \$ 0.153/kWh dan *operating cost* sebesar \$ 277.682/yr. Nilai TAC juga dapat dihitung secara teori yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned}TAC &= NPC_2 \times CRF \\TAC &= \$ 8.151.692 \times \$ 0.094 \\TAC &= \$ 766.259,048\end{aligned}$$

Dari perhitungan TAC menggunakan rumus dengan TAC hasil simulasi HOMER didapat nilai TAC hampir sama dengan nilai error kecil sebesar 0,34 %.

4.2.3 Konfigurasi 3

Dari konfigurasi 3 diperoleh *Total Net Present Cost* (NPC) sebesar \$ 9.282.127, TAC sebesar \$ 869.538/yr, *Levelized Cost Of Energy* (COE) sebesar \$ 0.166/kWh dan *operating cost* sebesar \$ 324.246/yr.

$$\begin{aligned}TAC &= NPC_3 \times CRF \\TAC &= \$ 9.282.127 \times \$ 0.094 \\TAC &= \$ 872.519,938\end{aligned}$$

Dari perhitungan TAC menggunakan rumus dengan TAC hasil simulasi HOMER didapat nilai TAC hampir sama dengan nilai error kecil sebesar 0,34 %.

4.2.4 Konfigurasi 4

Pada konfigurasi 4 diperoleh *Total Net Present Cost* (NPC) sebesar \$ 10.439.362, TAC sebesar \$ 977.947/yr, *Levelized Cost Of Energy* (COE) sebesar \$ 0.171/kWh dan *operating cost* sebesar \$ 374.655/yr.

$$\begin{aligned}TAC &= NPC_4 \times CRF \\TAC &= \$ 10.439.362 \times \$ 0.094 \\TAC &= \$ 981.300,028\end{aligned}$$

Dari perhitungan TAC menggunakan rumus dengan TAC hasil simulasi HOMER didapat nilai TAC hampir sama dengan nilai error kecil sebesar 0,34 %.

4.2.5 Konfigurasi Paling Optimal

Untuk mendapatkan konfigurasi yang paling optimal dapat dilakukan dengan membandingkan keluaran ekonomi dari tiap – tiap konfigurasi. Hasil keluaran ekonomi dari tiap konfigurasi dapat dibandingkan dalam bentuk tabel seperti pada tabel 4.2.

Dalam menentukan konfigurasi yang paling optimal dapat dilihat dari nilai NPC pada tiap – tiap konfigurasi. Konfigurasi dapat dikatakan paling optimal yaitu dengan nilai NPC terendah. Karena nilai NPC ini meliputi biaya modal awal (*capital*), biaya operasional (*operating cost*), biaya perbaikan (O&M) dan biaya pengembalian (*salvage*).

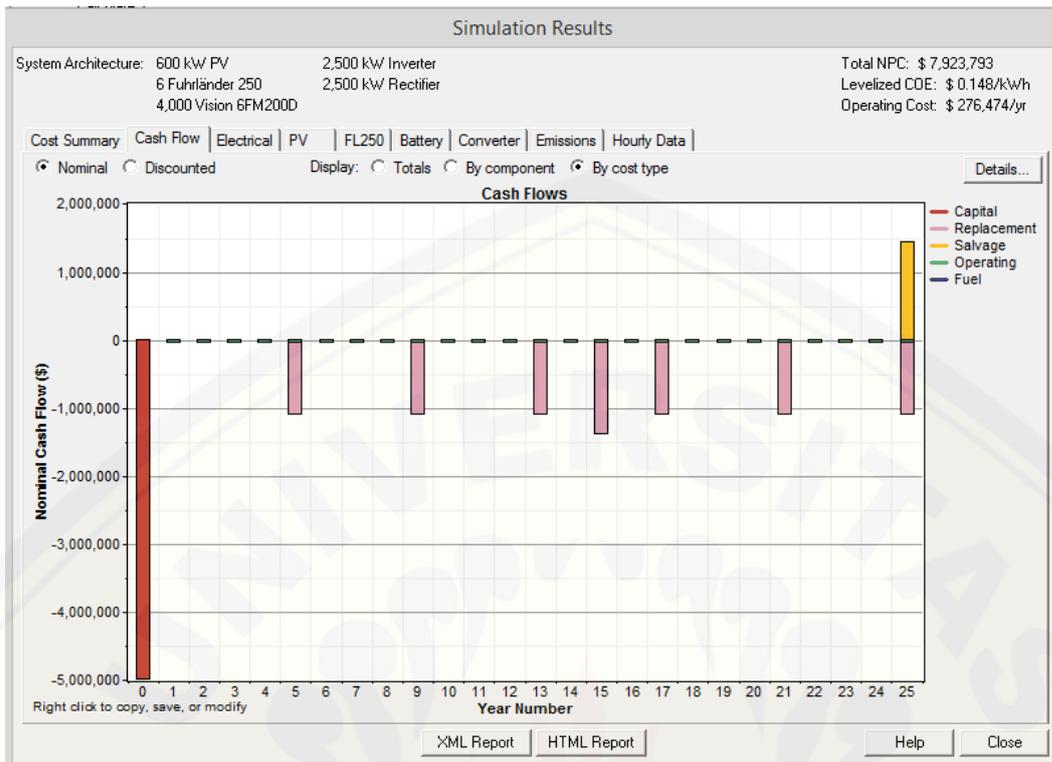
Tabel 4.2 Keluaran Ekonomi Dari Beberapa Konfigurasi

Hasil Kelistrikan	Konfigurasi 1	Konfigurasi 2	Konfigurasi 3	Konfigurasi 4
NPC (\$)	7.923.794	8.151.692	9.282.127	10.439.362
TAC (\$)	742.291	763.641	869.538	977.947
CRF (\$)	0.094	0.094	0.094	0.094
COE (\$/kWh)	0.148	0.153	0.166	0.171
Operating Cost (\$)	276.474	277.682	324.246	374.655
i (%)	8	8	8	8
n (tahun)	25	25	25	25

Dari tabel 4.2 terlihat bahwa konfigurasi 1 memiliki nilai NPC paling rendah dengan kata lain bahwa konfigurasi 1 adalah konfigurasi yang paling optimal. Sehingga untuk perancangan PLTH (Angin-PV) menggunakan konfigurasi 1 yang terdiri dari PV 600 kW dan turbin angin 1500 kW.

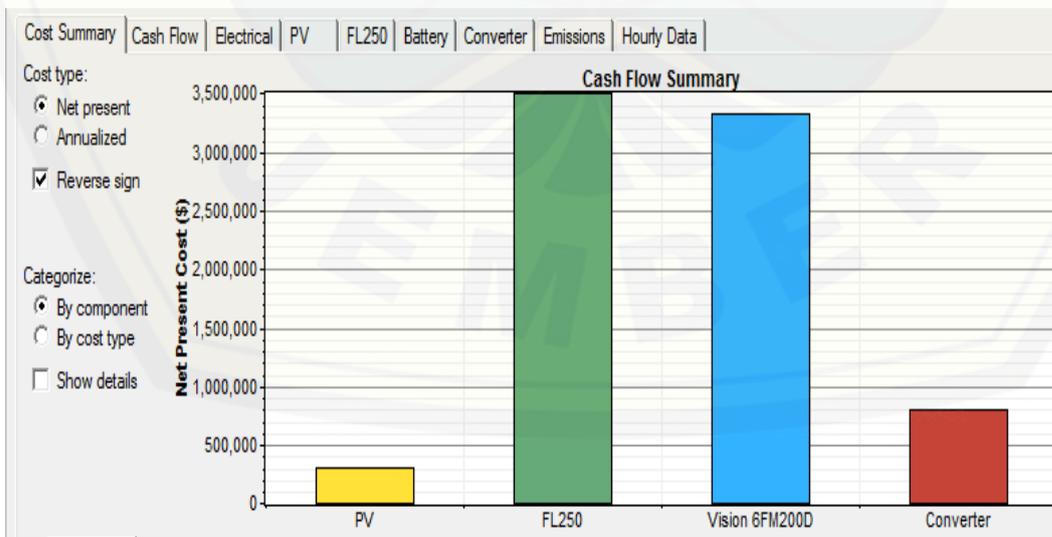
Dalam simulasi menggunakan HOMER dengan konfigurasi yang paling optimal didapatkan analisis ekonomi dari perancangan PLTH berupa *cash flow* seperti pada gambar 4.10.

Pada gambar 4.10 terlihat bahwa untuk pembangunan PLTH (Angin – PV) diperlukan modal awal yang sangat besar mencapai \$ 4.972.500 tetapi untuk tahun – tahun selanjutnya hanya membutuhkan biaya yang rendah karena hanya mengeluarkan biaya perawatan dan untuk biaya perawatan terjadi di tahun ke 5, 9, 13, 15, 17, 21 dan 25. Pada tahun ke 15 hanya melakukan pergantian turbin angin. Untuk baterai dilakukan pergantian tiap 4 tahun mulai tahun ke 5. Untuk pembangunan PLTH ini akan mengalami *salvage* / sudah dirasakan keuntungannya pada tahun ke 25.



Gambar 4.10 Cash Flow

Selain cash flow analisis ekonomi pada hasil simulasi menggunakan HOMER yaitu berupa NPC (*Net Present Cost*). NPC akan menunjukkan jumlah biaya yang akan dikeluarkan dalam pembangunan PLTH berupa besar biaya *capital*, *replacement*, O&M, dan *salvage* seperti pada gambar 4.11.



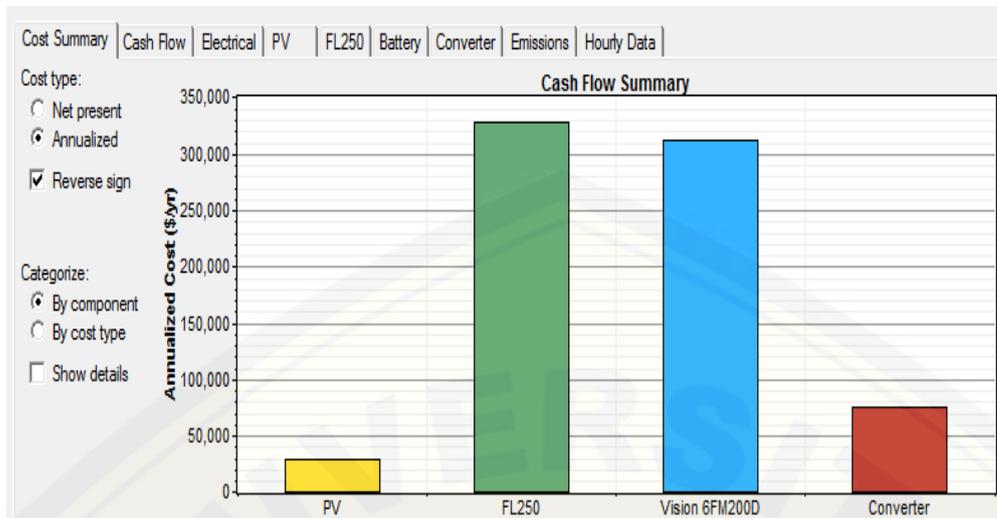
Gambar 4.11 NPC (*Net Present Cost*)

Pada tabel 4.3 terlihat bahwa nilai NPC dari kombinasi PLTH (Angin - PV). Pada tabel tersebut meliputi nilai dari *capital*, *replacement*, O&M, dan *salvage*. Pada tabel NPC terlihat modal awal yang dikeluarkan untuk pengadaan turbin angin paling tinggi yaitu sebesar \$ 2.812.500 dan untuk modal awal terendah sebesar \$ 300.000 yaitu modal awal untuk pengadaan PV. Dari tabel tersebut diketahui modal awal dari sistem sebesar \$ 4.972.500, modal sistem didapat dari penjumlahan semua komponen yang terdiri dari PV, turbin angin Fuhrlander 250, baterai vision 6FM200D, dan konverter.

Tabel 4.3 NPC (*Net Present Cost*)

Component (\$)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$)	Fuel (\$)	Salvage (\$)	Total (\$)
PV	300.000	0	0	0	0	300.000
Fuhrlander 250	2.812.500	425.576	320.243	0	-65.708	3.492.612
Vision 6FM200D	1.060.000	2.413.420	0	0	-145.975	3.327.445
Konverter	800.000	630	3.202	0	-97	803.736
Sistem	4.972.750	2.839.627	323.446	0	-211.781	7.923.794

Pada simulasi ini juga didapatkan biaya pertahun (*Annual Cost*), data per tahun berupa data *capital*, *replacement*, O&M, dan *salvage* seperti pada gambar 4.12. Terlihat pada grafik *annualized cost* bahwa modal (*capital*) dari turbin angin FL250 paling besar dan modal awal untuk pengadaan baterai *vision* 6FM200D yang paling rendah.



Gambar 4.12 Annual Cost

Pada tabel 4.4 Merupakan ringkasan biaya pertahun dari kombinasi PLTH (Angin – PV) yang meliputi *capital*, *replacement*, *O&M*, *fuel*, dan *salvage*. Terlihat dari tabel 4.4 bahwa biaya *capital* dari sistem yaitu sebesar \$ 465.818/yr atau Rp 6.277.363.368/tahun. Untuk biaya *replacement* dari sistem sebesar \$ 266.013/yr atau Rp 3.584.791.188/tahun. Biaya *O&M* sebesar \$ 30.300/yr atau Rp 408.322.800/tahun dan penyelamatan biaya (*salvage*) sebesar \$ 19.839/yr atau 267.350.364/tahun. Sedangkan bahan bakar (*fuel*) tidak ada dikarenakan semua energi yang dihasilkan berasal dari PLTS dan PLT Angin tanpa menggunakan bahan bakar fosil.

Tabel 4.4 Annualized Cost

Component (\$/yr)	Capital (\$/yr)	Replacement (\$/yr)	O&M (\$/yr)	Fuel (\$/yr)	Salvage (\$/yr)	Total (\$/yr)
PV	28.104	0	0	0	0	28.104
Fuhrlander 250	263.472	39.867	30.000	0	-6.155	327.184
Vision 6FM200D	99.300	226.086	0	0	-13.675	311.711
Konverter	74.943	59	300	0	-9	75.293
Sistem	465.818	266.013	30.300	0	-19.839	742.291

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diperoleh beberapa kesimpulan, antara lain:

1. PLTH yang paling optimal pada simulasi menggunakan HOMER terdiri dari 6 buah turbin angin Fuhrlander 250, 600 kW PV, 4000 baterai Vision 6FM200D, 2.500 kW inverter, 2.500 kW rectifier dan modul PV Array sebanyak 1334 buah tersusun seri.
2. Pada konfigurasi yang optimal kontribusi PLTS terhadap sistem PLTH sebesar 13 %, sedangkan kontribusi PLT Angin terhadap sistem PLTH sebesar 87 %.
3. Konfigurasi yang paling optimal berdasarkan nilai NPC terendah yaitu sebesar \$ 7.923.793, biaya listrik rata – rata per kWh \$ 0.148 dan kelebihan energi tiap tahun 583.316 kWh/yr.
4. Dari konfigurasi yang paling optimal pada bulan maret produksi listrik rata – rata perbulan paling optimal yaitu sebesar 1.100 kW.
5. Dari konfigurasi yang paling optimal pada september dan oktober produksi listrik rata – rata perbulan paling rendah yaitu sebesar 400 kW.

5.2 Saran

- A. Perlu adanya upaya dari pemerintah untuk mendorong realisasi program pembangunan PLTH di daerah puger. Upaya yang diharapkan terutama dalam membuka usaha yang baik, perbaikan dan pembukaan sarana, prasarana serta infrastruktur agar terbuka peluang investasi ketenagalistrikan dari PT. PLN maupun dari pihak investor swasta.
2. Dengan menggunakan tipe turbin angin yang lain diharapkan dapat membandingkan hasil NPC yang memiliki hasil optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Aris Budiman, Agus Supardi, Muhibbur Rohman. 2012. Perancangan Solar Home System Menggunakan Homer. Simposium Nasional RAPI XI FT UMS-2012. ISSN : 1412-9612
- Chemistryadha Wijaya, Taufik; Facta, Mochammad; Yuningtyastuti. (2012). “Optimasi Potensi Energi Terbarukan Untuk Sistem Pembangkit Listrik Hibrid Di Desa Margajaya Bengkulu Utara Menggunakan Perangkat Lunak Homer”. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Deepak K.L , Bibhuti B.D, A.K. Akella, 2011, *Optimization Of PV/Wind/Micro-Hydro/Diesel Hibrida Power Sistem in HOMER for the Study Area*, International Journal on Elektrical Engineering and informatics – volume 3, Number 3.
- Fahmi, Rizal; Hamdani; Edhy S, Sarwo. (2013). “Optimasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Surya/Angin/Diesel Untuk Desa Pulo Pusong Kota Langsa Menggunakan Perangkat lunak HOMER”. Universitas Syiah kuala.
- Gilman, Paul., Lilienthal Peter., Micro power System Modeling with Homer. Mistaya Engineering Inc, National Renewable Energy Laboratory of US, 2006.
- Lambert, Tom, *dkk.*, "Micropower System Modeling with HOMER", *Integration of Alternative Sources of Energy*, United States of America : John Wiley & Sons Inc., April 2006, bab 15, hal. 379-418.

Messenger, R., and Ventre, J., *Photovoltaic Systems Engineering*, CRC Press, Boca Raton USA.

Miharja, Farid. (2013). "Perencanaan dan Manajemen Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (Angin/Surya/*Fuel Cell*)". Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.

Nasa, " *Surface Meteorology And Solar Energy*", <http://eosweb.larc.nasa.gov>, 2009

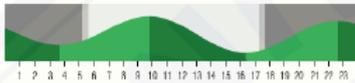
Nurhian Syah, Rhama. (2014). "Studi Kelayakan Penggunaan Atap Sel Surya Sebagai Sumber Energi Listrik Di Stasiun Kereta Api Jember". Jember: Universitas Jember.

LAMPIRAN

A. Data Kecepatan Angin Daerah Puger

	Surf	Swell Rating	Primary Swell	Wind	Prob.
Friday 03/07					
13am	0.6-1m	★★	1m 6s	1 km/h	24% 100%
3am	0.7-1m	★★	1m 6s	4 km/h	24% 100%
6am	0.7-1m	★★	1m 6s	5 km/h	24% 100%
9am	0.6-1m	★★	1m 6s	15 km/h	26% 100%
Noon	0.7-1.1m	★★	1.1m 6s	20 km/h	27% 100%
3pm	0.7-1.1m	★★	1.2m 6s	22 km/h	27% 100%
6pm	0.8-1.2m	★★	1.3m 6s	18 km/h	26% 100%
9pm	0.8-1.2m	★★★	1.3m 6s	16 km/h	25% 100%

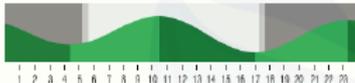
Tide and daylight times for Barjuzwangi, Bali Str



Low	3:39AM	1.02m	First Light	5:13AM
High	9:46AM	2.49m	Sunrise	5:35AM
Low	4:19PM	0.64m	Sunset	5:17PM
High	10:37PM	2.26m	Last Light	5:40PM

	Surf	Swell Rating	Primary Swell	Wind	Prob.
Saturday 04/07					
13am	0.8-1.2m	★★★	1.3m 6s	14 km/h	25% 89%
3am	0.7-1.2m	★★★	1.2m 6s	9 km/h	25% 89%
6am	0.7-1.1m	★★★	1.1m 15s	6 km/h	24% 100%
9am	0.7-1.1m	★★	1.1m 6s	16 km/h	26% 100%
Noon	0.8-1.2m	★★★★	1.2m 15s	21 km/h	27% 100%
3pm	0.8-1.3m	★★★★	1.3m 15s	20 km/h	27% 100%
6pm	0.8-1.3m	★★★★	1.5m 15s	13 km/h	26% 100%
9pm	0.8-1.3m	★★★★	1.5m 15s	10 km/h	25% 100%

Tide and daylight times for Barjuzwangi, Bali Str

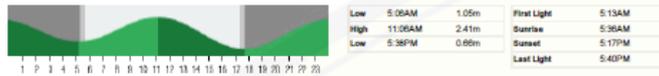


Low	4:22AM	1.02m	First Light	5:13AM
High	10:26AM	2.47m	Sunrise	5:36AM
Low	4:58PM	0.63m	Sunset	5:17PM
High	11:19PM	2.28m	Last Light	5:40PM

Sunday 05/07

12am	0.8-1.2m	★★★	☉	1.5m	14.	↖	2 ¹⁵ / ₁₀	☾	24%	100%
3am	0.8-1.2m	★★★	☉	1.5m	14.	↖	2 ¹⁵ / ₁₀	☾	23%	100%
6am	0.8-1.2m	★★★	☉	1.5m	14.	↖	2 ¹⁵ / ₁₀	☀	23%	100%
9am	0.7-1.1m	★★★	☉	1.3m	14.	↖	11 ¹⁵ / ₁₀	☀	26%	100%
12pm	0.7-1.1m	★★★	☉	1.2m	6.	↗	17 ¹⁵ / ₁₀	☀	26%	100%
3pm	0.8-1.2m	★★★	☉	1.2m	7.	↗	21 ¹⁵ / ₁₀	☀	27%	100%
6pm	0.8-1.2m	★★★	☉	1.3m	7.	↗	19 ¹⁵ / ₁₀	☾	26%	100%
9pm	0.8-1.3m	★★★★	☉	1.5m	16.	↖	16 ¹⁵ / ₁₀	☾	25%	100%

Tide and daylight times for Berjombang, Ball Str



Monday 06/07

12am	0.8-1.3m	★★★★	☉	1.5m	15.	↖	12 ¹⁵ / ₁₀	☾	25%	100%
3am	0.9-1.4m	★★★★	☉	1.5m	15.	↖	8 ¹⁵ / ₁₀	☾	24%	100%
6am	0.8-1.2m	★★★★	☉	1.5m	15.	↖	3 ¹⁵ / ₁₀	☀	24%	100%
9am	0.8-1.2m	★★★	☉	1.4m	14.	↖	17 ¹⁵ / ₁₀	☀	26%	100%
12pm	0.7-1.1m	★★★	☉	1.3m	14.	↖	22 ¹⁵ / ₁₀	☀	27%	100%
3pm	0.7-1.2m	★★★	☉	1.4m	14.	↖	22 ¹⁵ / ₁₀	☀	27%	100%
6pm	0.7-1.1m	★★★	☉	1.3m	14.	↖	17 ¹⁵ / ₁₀	☾	25%	100%
9pm	0.7-1.1m	★★★	☉	1.4m	14.	↖	12 ¹⁵ / ₁₀	☾	25%	100%

Tide and daylight times for Berjombang, Ball Str



Tuesday 07/07

12am	0.7-1.1m	★★★	☉	1.3m	14.	↖	6 ¹⁵ / ₁₀	☾	24%	100%
3am	0.8-1.2m	★★★★	☉	1.4m	15.	↖	3 ¹⁵ / ₁₀	☾	24%	100%
6am	0.8-1.2m	★★★	☉	1.4m	15.	↖	4 ¹⁵ / ₁₀	☀	24%	100%
9am	0.8-1.2m	★★★	☉	1.4m	15.	↖	15 ¹⁵ / ₁₀	☀	25%	100%
12pm	0.7-1.2m	★★★	☉	1.4m	14.	↖	21 ¹⁵ / ₁₀	☀	25%	100%
3pm	0.7-1.2m	★★★	☉	1.3m	14.	↖	21 ¹⁵ / ₁₀	☀	25%	100%
6pm	0.7-1.1m	★★★	☉	1.3m	14.	↖	15 ¹⁵ / ₁₀	☾	25%	100%
9pm	0.7-1.1m	★★★	☉	1.1m	6.	↗	13 ¹⁵ / ₁₀	☾	24%	100%

Tide and daylight times for Berjombang, Ball Str

7/2/2015 Tanjung Kucur Surf Report, Surf Forecast and Live Surf Webcams

12am	0.7-1.1m	★★★★	●	1.3m	14.	↖	12	☁	24%	100%
3am	0.7-1.1m	★★★★	●	1.2m	13.	↖	13	☁	24%	100%
6am	0.7-1m	★★★★	●	1.2m	13.	↖	15	☁	24%	100%
9am	0.6-1m	★★★★	●	1.2m	13.	↖	18	☁	25%	100%
12pm	0.6-1m	★★★★	●	1.2m	13.	↖	18	☁	25%	80%
3pm	0.7-1m	★★★★★	●	1m	17.	↖	15	☁	25%	80%
6pm	0.9-1.4m	★★★★★	●	1.3m	13.	↖	12	☁	25%	80%
9pm	0.9-1.3m	★★★★★	●	1.2m	12.	↖	7	☁	24%	80%

Tide and daylight times for Banjauwagi, Bali Str

High	1:45AM	2.18m	First Light	5:13AM
Low	7:45AM	1.27m	Sunrise	5:36AM
High	1:31PM	2.02m	Sunset	5:18PM
Low	8:00PM	0.67m	Last Light	5:41PM

Thursday 05/07

12am	1.1-1.6m	★★★★★	●	2m	16.	↖	2	☁	24%	80%
3am	1-1.5m	★★★★★	●	1.8m	16.	↖	8	☁	22%	80%
6am	1-1.5m	★★★★★	●	1.9m	16.	↖	9	☁	21%	71%
9am	1.3-2m	★★★★★	●	2.3m	19.	↖	6	☁	24%	71%
12pm	1.3-2m	★★★★★	●	2.4m	18.	↖	14	☁	25%	81%
3pm	1.3-2m	★★★★★	●	2.4m	18.	↖	15	☁	25%	81%
6pm	1.3-2m	★★★★★	●	2.4m	17.	↖	9	☁	24%	80%
9pm	1.2-1.9m	★★★★★	●	2.4m	17.	↖	4	☁	24%	80%

Tide and daylight times for Banjauwagi, Bali Str

High	2:40AM	2.13m	First Light	5:13AM
Low	9:04AM	1.32m	Sunrise	5:36AM
High	2:40PM	1.88m	Sunset	5:18PM
Low	9:03PM	1.00m	Last Light	5:41PM

Friday 10/07

12am	1.3-2.1m	★★★★★	●	2.6m	17.	↖	6	☁	22%	85%
3am	1.3-2m	★★★★★	●	2.5m	16.	↖	9	☁	22%	84%
6am	1.2-1.9m	★★★★★	●	2.4m	16.	↖	5	☁	22%	100%
9am	1.2-1.8m	★★★★★	●	2.3m	16.	↖	9	☁	25%	100%
12pm	1.3-2m	★★★★★	●	2.3m	16.	↖	20	☁	25%	100%
3pm	1.2-1.9m	★★★★★	●	2.2m	16.	↖	19	☁	25%	100%
6pm	1.2-1.9m	★★★★★	●	2.2m	16.	↖	13	☁	25%	85%
9pm	1.1-1.6m	★★★★★	●	2m	16.	↖	6	☁	24%	85%

7/2/2015 Tanjung Kucur Surf Report, Surf Forecast and Live Surf Webcams

12am	1.3-2m	★★★★★	●	2.1m	15.	↖	5	☁	24%	88%
3am	1.2-2m	★★★★★	●	2.1m	15.	↖	3	☁	22%	88%
6am	1.3-2.1m	★★★★★	●	2.1m	14.	↖	3	☁	22%	88%
9am	1.3-2m	★★★★★	●	2.1m	14.	↖	9	☁	25%	88%
12pm	1.4-2.1m	★★★★★	●	2.1m	14.	↖	18	☁	27%	88%
3pm	1-1.5m	★★★★	●	1.8m	14.	↖	14	☁	27%	88%
6pm	1-1.5m	★★★★	●	1.7m	14.	↖	14	☁	25%	78%
9pm	1-1.6m	★★★★	●	1.6m	14.	↖	12	☁	25%	78%

Tide and daylight times for Banjauwagi, Bali Str

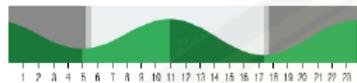
High	5:17AM	2.13m	First Light	5:14AM
Low	12:05PM	1.23m	Sunrise	5:36AM
High	5:53PM	1.70m	Sunset	5:19PM
Low	11:40PM	1.22m	Last Light	5:41PM

Sunday 12/07

12am	0.9-1.4m	★★★★	●	1.3m	8.	↗	10	☁	25%	87%
3am	1.1-1.7m	★★★	●	1.6m	8.	↗	5	☁	24%	87%
6am	1.1-1.7m	★★★	●	1.6m	8.	↗	6	☁	24%	87%
9am	1.1-1.7m	★★	●	1.6m	8.	↗	4	☁	27%	88%
12pm	1.1-1.7m	★★	●	1.7m	8.	↗	7	☁	25%	N/A
3pm	1.2-1.8m	★★★	●	1.8m	8.	↗	13	☁	25%	N/A
6pm	1.2-1.9m	★★★	●	1.9m	8.	↗	18	☁	25%	N/A

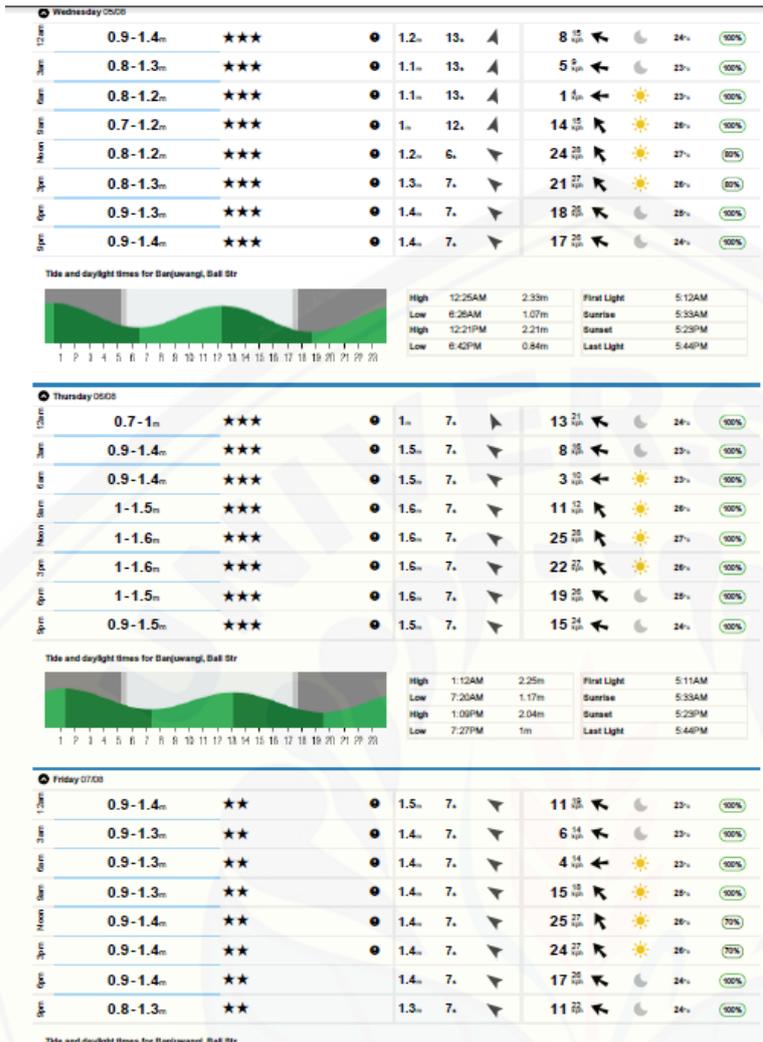
	Surf	Swell Rating	Primary Swell	Wind	Prob.
Monday 03/08					
12am	0.9-1.4 _m	★★★★	1.7 _m 13. ↙	2 _{kn} ↙ ☾ 23%	100%
3am	0.9-1.4 _m	★★★★	1.7 _m 13. ↙	2 _{kn} → ☾ 22%	100%
6am	0.9-1.4 _m	★★★★	1.6 _m 13. ↙	2 _{kn} ↗ ☀ 22%	100%
9am	0.9-1.3 _m	★★★★	1.6 _m 13. ↙	17 _{kn} ↗ ☀ 25%	100%
12pm	0.9-1.4 _m	★★★★	1.5 _m 13. ↙	25 _{kn} ↗ ☀ 26%	100%
3pm	0.9-1.4 _m	★★★★	1.5 _m 12. ↙	25 _{kn} ↗ ☀ 25%	100%
6pm	0.8-1.3 _m	★★★★	1.4 _m 12. ↙	19 _{kn} ↙ ☾ 24%	100%
9pm	0.8-1.2 _m	★★★★	1.3 _m 12. ↙	19 _{kn} ↙ ☾ 24%	100%

Tide and daylight times for Banjuwangi, Bali Str



Low	4:55AM	0.93m	First Light	5:12AM
High	10:56AM	2.46m	Sunrise	5:34AM
Low	5:20PM	0.61m	Sunset	5:22PM
High	11:42PM	2.38m	Last Light	5:44PM

	Surf	Swell Rating	Primary Swell	Wind	Prob.
Tuesday 04/08					
12am	0.8-1.2 _m	★★★★	1.2 _m 12. ↙	18 _{kn} ↙ ☁ 24%	65%
3am	0.8-1.3 _m	★★★★	0.9 _m 15. ↙	17 _{kn} ↙ ☁ 24%	65%
6am	0.8-1.2 _m	★★★★	1 _m 15. ↙	17 _{kn} ↙ ☀ 24%	100%
9am	0.8-1.3 _m	★★★★	1 _m 14. ↙	18 _{kn} ↗ ☀ 25%	100%
12pm	0.8-1.3 _m	★★★★	1 _m 14. ↙	22 _{kn} ↗ ☀ 26%	100%
3pm	1-1.5 _m	★★★★	1.3 _m 14. ↙	21 _{kn} ↗ ☀ 26%	100%
6pm	0.9-1.5 _m	★★★★	1.3 _m 13. ↙	16 _{kn} ↗ ☾ 25%	100%
9pm	0.9-1.4 _m	★★★★	1.2 _m 13. ↙	13 _{kn} ↙ ☾ 24%	100%

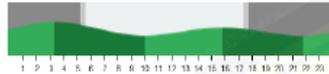


8/2/2015

Tanjung Kukur Surf Report, Surf Forecast and Live Surf Webcams

12am	0.8-1.2m	★★	1.3m	7.	▼	4 1/2	☁	23%	100%
3am	0.8-1.2m	★★★★	1.2m	7.	▼	2 1/2	☁	22%	100%
6am	0.7-1.1m	★★	1.2m	7.	▼	2 1/2	☁	22%	100%
9am	0.7-1.1m	★★	1.1m	7.	▼	11 1/2	☁	26%	100%
12pm	0.7-1.1m	★★	1.1m	7.	▼	21 1/2	☁	26%	100%
3pm	0.7-1.1m	★★	1.1m	7.	▼	19 1/2	☁	26%	100%
6pm	0.7-1.1m	★★	1.1m	7.	▼	13 1/2	☁	24%	100%
9pm	0.7-1m	★★	1.	7.	▼	10 1/2	☁	24%	100%

Tide and daylight times for Banjarwangi, Bal Str



High	3:15AM	2.00m	First Light	5:11AM
Low	9:50AM	1.32m	Sunrise	5:33AM
High	3:47PM	1.74m	Sunset	5:23PM
Low	9:44PM	1.3m	Last Light	5:44PM

Sunday 08/02

12am	0.6-1m	★★	1m	7.	▼	9 1/2	☁	23%	100%
3am	0.6-1m	★★	1m	7.	▼	8 1/2	☁	23%	100%
6am	0.6-1m	★★	1m	6.	▼	7 1/2	☁	23%	100%
9am	0.6-1m	★★	1m	6.	▼	14 1/2	☁	24%	100%
12pm	0.6-1m	★★	1m	6.	▼	20 1/2	☁	26%	100%
3pm	0.6-1m	★★	1m	6.	▼	18 1/2	☁	25%	100%
6pm	0.6-1m	★★	1m	6.	▼	14 1/2	☁	24%	75%
9pm	0.7-1m	★★	1.1m	6.	▼	12 1/2	☁	24%	75%

Tide and daylight times for Banjarwangi, Bal Str



High	4:42AM	2.02m	First Light	5:11AM
Low	11:45AM	1.27m	Sunrise	5:32AM
High	5:48PM	1.74m	Sunset	5:23PM
Low	11:28PM	1.35m	Last Light	5:44PM

Monday 10/02

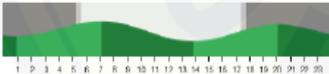
12am	0.7-1m	★★	1.1m	6.	▼	9 1/2	☁	23%	75%
3am	0.7-1.1m	★★★★	1.2m	6.	▼	7 1/2	☁	23%	75%
6am	0.8-1.2m	★★★★★	1.2m	6.	▼	12 1/2	☁	24%	85%
9am	0.8-1.3m	★★★★★	1.4m	17.	▲	17 1/2	☁	25%	85%
12pm	1-1.6m	★★★★★	1.6m	17.	▲	22 1/2	☁	25%	85%
3pm	1.1-1.8m	★★★★★	1.6m	17.	▲	20 1/2	☁	25%	85%
6pm	1.3-2m	★★★★★	2.2m	17.	▲	18 1/2	☁	24%	85%
9pm	1.5-2.3m	★★★★★	2.5m	16.	▲	16 1/2	☁	24%	85%

8/2/2015

Tanjung Kukur Surf Report, Surf Forecast and Live Surf Webcams

12am	1.0-1.4m	★★★★★	1.0m	15.	▲	14 1/2	☁	24%	85%
3am	1.6-2.5m	★★★★★	2.5m	15.	▲	14 1/2	☁	24%	85%
6am	1.6-2.5m	★★★★★	2.5m	15.	▲	14 1/2	☁	24%	85%
9am	1.6-2.5m	★★★★★	2.5m	15.	▲	21 1/2	☁	25%	85%
12pm	1.5-2.4m	★★★★★	2.8m	15.	▲	22 1/2	☁	25%	85%
3pm	1.8-2.8m	★★★★★	2.5m	15.	▲	22 1/2	☁	25%	85%
6pm	1.7-2.7m	★★★★★	2.8m	15.	▲	15 1/2	☁	24%	100%
9pm	1.7-2.7m	★★★★★	2.8m	15.	▲	11 1/2	☁	24%	100%

Tide and daylight times for Banjarwangi, Bal Str



Low	12:48AM	1.32m	First Light	5:10AM
High	7:04AM	2.12m	Sunrise	5:33AM
Low	1:46PM	1.04m	Sunset	5:23PM
High	8:03PM	1.94m	Last Light	5:44PM

Wednesday 12/02

12am	1.4-2.2m	★★★★★	2.5m	14.	▲	14 1/2	☁	24%	100%
3am	1.3-2.1m	★★★★★	2.3m	14.	▲	14 1/2	☁	24%	100%
6am	1.4-2.2m	★★★★★	2.3m	14.	▲	16 1/2	☁	24%	100%
9am	1.2-1.9m	★★★★★	2.1m	14.	▲	22 1/2	☁	25%	100%
12pm	1.3-2m	★★★★★	2.1m	14.	▲	25 1/2	☁	25%	85%
3pm	1.3-2m	★★★★★	2.1m	14.	▲	23 1/2	☁	25%	85%
6pm	1.2-1.9m	★★★★	1.9m	14.	▲	20 1/2	☁	25%	85%

	Surf	Swell Rating	Primary Swell	Wind	Prob.
Friday 1408					
12am	0.9-1.3m	★★★★	1.3m 13.0	11 km/h	24% 100%
3am	1.1-1.7m	★★★★★	1.6m 16.0	7 km/h	24% 100%
6am	1.1-1.7m	★★★★★	1.6m 15.0	5 km/h	24% 100%
9am	1.1-1.7m	★★★★★	1.5m 15.0	13 km/h	27% 100%
Noon	1-1.6m	★★★★	1.5m 15.0	18 km/h	28% 100%
3pm	1-1.6m	★★★★	1.5m 14.0	18 km/h	27% 100%
6pm	1-1.6m	★★★★	1.4m 14.0	11 km/h	28% 100%
9pm	1-1.5m	★★★★	1.4m 14.0	6 km/h	25% 100%
Tide and daylight times for Banjwangi, Bali Str					
		Low 2:56AM 1.13m	High 8:57AM 2.31m	First Light 5:09AM	Sunrise 5:31AM
		Low 3:24PM 0.79m	High 9:41PM 2.2m	Sunset 5:23PM	Last Light 5:44PM
Saturday 1508					
12am	0.9-1.5m	★★★	1.4m 14.0	5 km/h	25% 100%
3am	0.9-1.4m	★★★	1.3m 14.0	3 km/h	24% 100%
6am	0.8-1.3m	★★★	1.3m 13.0	2 km/h	24% 100%
9am	0.9-1.3m	★★★	1.3m 14.0	4 km/h	27% 100%
Noon	0.8-1.3m	★★★	1.3m 14.0	12 km/h	28% 100%
3pm	0.8-1.3m	★★★	1.3m 14.0	16 km/h	27% 100%
6pm	0.8-1.2m	★★★	1.2m 13.0	16 km/h	28% 100%
9pm	0.8-1.2m	★★★	1.3m 6.0	19 km/h	25% 100%
Sunday 1608					
12am	0.8-1.3m	★★★	1.4m 6.0	14 km/h	25% 100%
3am	0.8-1.3m	★★	1.4m 7.0	8 km/h	24% 100%
6am	0.9-1.4m	★★	1.5m 7.0	3 km/h	24% 100%
9am	0.9-1.4m	★★★	1.5m 7.0	6 km/h	27% 100%
Noon	0.9-1.4m	★★★	1.5m 7.0	18 km/h	28% 100%
3pm	0.9-1.5m	★★★	1.6m 7.0	25 km/h	27% 100%
6pm	0.9-1.4m	★★★	1.5m 7.0	22 km/h	28% 100%
9pm	0.9-1.4m	★★★	1.5m 7.0	20 km/h	25% 100%
Tide and daylight times for Banjwangi, Bali Str					
		Low 3:57AM 1.05m	High 9:56AM 2.34m	First Light 5:06AM	Sunrise 5:30AM
		Low 4:19PM 0.74m	High 10:35PM 2.27m	Sunset 5:23PM	Last Light 5:44PM
Monday 1708					
12am	0.9-1.4m	★★★	1.5m 7.0	18 km/h	25% 100%
3am	0.9-1.4m	★★★	1.5m 7.0	16 km/h	25% 100%
6am	0.9-1.4m	★★★	1.5m 7.0	17 km/h	25% 100%
9am	0.9-1.4m	★★★	1.5m 7.0	21 km/h	28% 100%
Noon	0.8-1.3m	★★★	1.4m 7.0	26 km/h	27% 100%
3pm	0.8-1.3m	★★★	1.4m 7.0	26 km/h	28% 100%
6pm	0.8-1.3m	★★★	1.4m 7.0	21 km/h	25% 100%
9pm	0.8-1.3m	★★★	1.4m 7.0	18 km/h	25% 100%
Tide and daylight times for Banjwangi, Bali Str					
		Low 4:26AM 1.04m	High 10:26AM 2.52m	First Light 5:06AM	Sunrise 5:29AM
		Low 4:44PM 0.78m	High 11:05PM 2.27m	Sunset 5:23PM	Last Light 5:44PM
Tuesday 1808					
12am	0.8-1.3m	★★★	1.4m 7.0	14 km/h	25% 100%
3am	0.8-1.3m	★★★	1.4m 7.0	13 km/h	24% 100%
6am	0.8-1.3m	★★★	1.4m 7.0	12 km/h	25% 100%
9am	0.8-1.3m	★★	1.4m 7.0	19 km/h	28% 100%
Noon	0.8-1.3m	★★	1.4m 7.0	26 km/h	27% 100%
3pm	0.8-1.3m	★★	1.4m 7.0	26 km/h	28% 100%
6pm	0.8-1.3m	★★	1.4m 7.0	21 km/h	25% 100%
9pm	0.8-1.3m	★★★	1.4m 7.0	16 km/h	24% 100%

8/14/2015 Tanjung Kucur Surf Report, Surf Forecast and Live Surf Webcams

Open	12:00	0.8-1.2m	★★★	●	1.3m	7.	↘	10	☁	24%	100%
Open	3:00	0.8-1.2m	★★★	●	1.3m	6.	↘	8	☁	24%	100%
Open	6:00	0.8-1.2m	★★★	●	1.3m	6.	↘	9	☀	24%	100%
Open	9:00	0.7-1.2m	★★★	●	1.2m	6.	↘	16	☀	25%	100%
Open	12:00	0.7-1.1m	★★★	●	1.2m	6.	↘	23	☀	27%	100%
Open	3:00	0.7-1.1m	★★★	●	1.2m	6.	↘	24	☀	28%	100%
Open	6:00	0.7-1.2m	★★	●	1.2m	7.	↘	19	☁	25%	100%
Open	9:00	0.7-1.1m	★★	●	1.1m	7.	↘	13	☁	24%	100%

Tide and daylight times for Banjauwang, Ball Str



Thursday 20/08

Open	12:00	0.7-1.1m	★★	●	1.1m	6.	↘	6	☁	24%	100%
Open	3:00	0.6-1m	★	●	1m	6.	↘	1	☁	23%	100%
Open	6:00	0.6-1m	★★	●	1.1m	13.	↘	0	☀	23%	100%
Open	9:00	0.6-0.9m	★★	●	1.1m	13.	↘	16	☀	25%	100%
Open	12:00	0.6-1m	★★	●	1.2m	13.	↘	23	☀	26%	100%
Open	3:00	0.6-0.9m	★★	●	1m	13.	↘	22	☀	26%	100%
Open	6:00	0.6-0.9m	★★	●	1m	13.	↘	14	☁	25%	100%
Open	9:00	0.6-1m	★★	●	1.2m	13.	↘	12	☁	24%	100%

Tide and daylight times for Banjauwang, Ball Str



Friday 21/08

Open	12:00	0.5-0.9m	★★	●	0.8m	6.	↘	9	☁	24%	100%
Open	3:00	0.5-0.8m	★★	●	0.8m	6.	↘	4	☁	23%	100%
Open	6:00	0.5-0.8m	★★	●	0.8m	6.	↘	2	☀	23%	100%
Open	9:00	0.6-0.9m	★★	●	1m	13.	↘	14	☀	25%	100%
Open	12:00	0.6-0.9m	★★	●	0.9m	13.	↘	22	☀	26%	100%
Open	3:00	0.5-0.8m	★★	●	0.9m	11.	↘	22	☀	26%	100%
Open	6:00	0.5-0.7m	★★	●	0.8m	11.	↘	14	☁	25%	100%
Open	9:00	0.5-0.8m	★★	●	0.8m	12.	↘	10	☁	24%	100%

8/14/2015 Tanjung Kucur Surf Report, Surf Forecast and Live Surf Webcams

Open	12:00	0.6-1m	★★★	●	1.1m	14.	↘	3	☁	24%	100%
Open	3:00	0.6-0.9m	★★★	●	1m	14.	↘	1	☁	23%	100%
Open	6:00	0.6-0.9m	★★★	●	1m	14.	↘	4	☀	23%	100%
Open	9:00	0.5-0.8m	★★	●	1m	14.	↘	16	☀	25%	100%
Open	12:00	0.4-0.7m	★★	●	0.8m	13.	↘	22	☀	26%	100%
Open	3:00	0.6-0.9m	★★	●	1m	13.	↘	19	☀	26%	100%
Open	6:00	0.6-0.9m	★★	●	1m	13.	↘	13	☁	25%	100%
Open	9:00	0.6-0.9m	★★	●	1.1m	13.	↘	9	☁	25%	100%

Tide and daylight times for Banjauwang, Ball Str



Sunday 23/08

Open	12:00	0.7-1m	★★★	●	1.3m	15.	↘	2	☁	24%	100%
Open	3:00	0.7-1.1m	★★★	●	1.4m	15.	↘	1	☁	23%	100%
Open	6:00	0.8-1.2m	★★★★	●	1.5m	16.	↘	1	☀	23%	100%
Open	9:00	0.8-1.3m	★★★★★	●	1.7m	16.	↘	13	☀	26%	100%
Open	12:00	1-1.5m	★★★★★	●	1.7m	17.	↘	22	☀	27%	100%
Open	3:00	1-1.6m	★★★★★	●	1.8m	17.	↘	20	☀	26%	100%
Open	6:00	0.8-1.3m	★★★★	●	1.5m	15.	↘	15	☁	25%	100%

LAMPIRAN

B. Jumlah Kepala Keluarga Daerah Puger

Negara : Republik Indonesia
 Provinsi : 35 - JAWA TIMUR Kab/Kota : 09 - Jember Kecamatan : 08 - Puger
 Desa/ Kel : Semua kelurahan Dusun/ RW : Semua RW RT : Semua RT

Lihat Laporan

1 of 1 Find | Next

TABEL 55 : JUMLAH KEPALA KELUARGA DAN JUMLAH JIWA DALAM KELUARGA MENURUT JENIS KELAMIN BERDASARKAN TAHAPAN KS

Wilayah : Puger

NO	TAHAPAN KELUARGA	JUMLAH KEPALA KELUARGA						JUMLAH JIWA DALAM KELUARGA			
		LAKI-LAKI		PEREMPUAN		TOTAL		LAKI-LAKI		PEREMPUAN	
		JUMLAH	%	JUMLAH	%	JUMLAH	%	JUMLAH	%	JUMLAH	%
1	SEJAHTERA										
1	Pra S	249	95,04%	13	4,96%	262	100,00%	524	54,24%	442	45,7
2	KS I	220	83,02%	45	16,98%	265	100,00%	313	48,60%	331	51,4
3	KS II	1584	90,21%	172	9,79%	1756	100,00%	2906	50,49%	2850	49,5
4	KS III	1137	96,27%	44	3,73%	1181	100,00%	2132	50,19%	2116	49,8
5	KS III+	98	97,03%	3	2,97%	101	100,00%	179	48,64%	189	51,3
	JUMLAH	3288	92,23%	277	7,77%	3565	100,00%	6054	50,53%	5928	49,4