

# SIMULASI SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK HIBRID TENAGA SURYA DAN ANGIN: STUDI KASUS DI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Hendra Hardianto Pradana<sup>1,a</sup> Husein Mubarak<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Universitas Islam Indonesia, Jl. Kaliurang KM 14,5, Umbulmartani, Ngemplak, Sleman, DIY  
<sup>a</sup>[14524130@students.uii.ac.id](mailto:14524130@students.uii.ac.id)

## Abstrak

Dalam melakukan aktifitas belajar mengajar di Fakultas Teknologi Industri memerlukan energi listrik.. Energi listrik yang digunakan merupakan suplai dari PLN yang berasal dari bahan bakar fosil. Untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil maka dibutuhkan pemanfaatan pembangkit listrik yang menggunakan sumber energi alternatif. Untuk memanfaatkan energi alternatif yang tersedia, peneliti menggunakan panel surya dan turbin angin sebagai pembangkit energi listrik energi terbarukan. Perangkat lunak HOMER digunakan dalam pembuatan simulasi sistem pembangkit hibrid serta digunakan untuk menentukan sistem pembangkit yang paling optimal serta dapat mengetahui nilai ekonomis dari sistem pembangkit yaitu Net Present Cost (NPC) dan Cost of Energy (COE). Hasil simulasi yang didapatkan dari perangkat lunak HOMER adalah sistem pembangkit hibrid dan panel surya mampu menghasilkan daya 39.099 kWh/tahun dan memiliki persentase penggunaan energi terbarukan sebesar 71 %. Dari sisi ekonomis pembangkit listrik tenaga angin dan surya memiliki nilai NPC yang lebih tinggi sebesar Rp 1.137.367.996,00 dibandingkan dengan pembangkit listrik dari PLN sebesar Rp 750.060.108,00. Namun sistem pembangkit hibrid energi alternatif memiliki COE yang rendah yaitu sebesar Rp 836,34 dan nilai COE dari PLN sebesar Rp 900,00.

**Kata kunci :** Renewable Energy, sel surya, Turbin angin, HOMER

## ABSTRACT

In conducting teaching and learning activities in the Faculty of Industrial Engineering requires electrical energy. The electricity used a supply of PLN from fossil fuels. To reduce dependence on fossil fuels, it is necessary to use power plants that use alternative energy sources. To utilize alternative energy available, researchers use solar panels and wind turbines as a renewable energy generator. The HOMER software is used in making hybrid generator system simulations and is used to determine the most optimal generator system and can determine the economic value of the generating system, namely the Net Present Cost (NPC) and Cost of Energy (COE). The simulation results obtained from the HOMER software are hybrid and solar panel generating systems capable of producing 39,099 kWh / year and having a percentage of renewable energy usage by 71%. From the economic side, wind and solar power plants have a higher NPC value of Rp. 1,137,367,996.00 compared to a PLN power plant of Rp. 750,060,108.00. However, the alternative energy hybrid power system has a low COE of Rp. 836.34 and a COE value from PLN of Rp. 900.00.

**Keywords :** Renewable energy, solar cell, wind turbine, HOMER

## 1. Pendahuluan

Energi listrik merupakan salah satu bentuk energi yang keberadaannya sangat penting bagi kehidupan umat manusia. Dalam proses pembangkitan sumber energi listrik, manusia masih bergantung kepada ketersediaan sumber daya alam fosil seperti batubara dan minyak bumi. Ketergantungan ini akan menjadi salah satu penyebab krisis energi dimasa mendatang, karena butuh waktu ribuan hingga jutaan tahun untuk menghasilkan batubara dan minyak bumi. Hal ini membuat manusia untuk mencari jalan alternatif untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Salah satunya adalah dengan memanfaatkan energi alternatif. Teknologi untuk memanfaatkan energi alternatif juga telah semakin berkembang sangat pesat. Oleh karena itu, energi alternatif atau energi terbarukan telah mulai digunakan. Beberapa teknologi telah diterapkan dengan berbagai sumber energi terbarukan diantaranya energi surya, energi angin, piko hidro dan biomassa [1] [2].

Pembangkit listrik hibrid adalah sistem pembangkit listrik yang menggunakan sumber energi yang berbeda untuk beban yang sama. Tujuan dari pembangkit listrik hibrid adalah untuk menjamin adanya sumber energi listrik sehingga produksi listrik dapat dilakukan terus menerus apabila salah satu pembangkitnya tidak mampu memproduksi energi listrik.

Ketersediaan energi listrik ini sangat penting dan telah dimanfaatkan dalam berbagai bidang. Oleh karena itu, sistem pembangkit hibrid sangat diperlukan dalam proses produksi energi listrik. Dari sisi lain, dengan menggunakan sistem hibrid ini juga akan lebih efisien dan ekonomis [3]. Sistem pembangkit hibrid yang terdiri dari beberapa jenis pembangkit pada umumnya menggunakan baterai sebagai media penyimpanan energi dan pengendali yang mengoptimalkan pemakaian energi dan masing-masing sumber dan baterai disesuaikan dengan beban dan ketersediaan energi dari sumber yang digunakan [4].

Pada penelitian ini, penulis akan membuat simulasi perancangan pembangkit hibrid tenaga angin dan angin yang akan digunakan sebagai sumber listrik pada fasilitas elektronik di Fakultas Teknologi Industri. Perancangan ini akan menggunakan perangkat lunak HOMER (*Hybrid Optimization of Multiple Energy Resource*).

## 2. Metode Penelitian

### 2.1. Pembangkit Listrik Hibrid

Pembangkit listrik hibrid merupakan suatu sistem pembangkit dimana terdapat dua jenis atau lebih pembangkit yang digunakan untuk beban yang sama. Dalam pembangkit hibrid biasanya menggunakan sumber energi alternatif. Tujuan dari penggunaan sistem hibrid ini adalah untuk mendapatkan keandalan dari sumber energi alternatif. Penggunaan energi alternatif yang telah banyak digunakan adalah *photovoltaic* (PV) yang menggunakan energi surya dan turbin angin dengan sumber berupa energi angin. Sifat alami dari energi terbarukan seperti PV dan turbin angin yang dapat menghasilkan pada waktu tertentu menjadikan dasar penerapan pembangkit listrik hibrid [5]. Keuntungan dari penggunaan PV dan turbin angin adalah skalabilitas dan kemudahan penggunaan karena parameter input bersifat meteorologis dan konstruktif [6].

### 2.2. Modul Surya

Modul surya memiliki jenis yang berbeda. Masing – masing jenis modul surya memiliki kelemahan dan keuntungan tersendiri. Berikut adalah jenis – jenis modul surya :

#### a. Modul Surya Mono-Crystalline

Modul surya jenis mono-crystalline ini terbuat dari silikon kristal tunggal. Panel dari modul mono-crystalline ini lebih halus dibandingkan dengan jenis poly-crystalline. Pada panel mono-crystalline memiliki efisiensi sebesar 15% pada suhu 25 °C dan menurun menjadi 12 – 15 % pada suhu 50 °C. Modul jenis ini juga dapat menghemat biaya per watt rasio puncak dengan menerapkan struktur perangkap cahaya [7]. Contoh dari modul mono-crystalline adalah CanadianSolar All-Black CS6K-290MS, CanadianSolar MaxPower CS6U-340M dan lainnya

#### b. Modul surya Poly-Crystalline

Modul surya jenis poly-crystalline adalah jenis modul surya yang terbuat dari kristal silikon block-cast. Elektron yang ada akan terjebak dalam batas butir kristal individu dalam panel poly-crystalline, hal ini menyebabkan efisiensinya lebih rendah dibandingkan dengan mono-crystalline. Efisiensi yang dimiliki oleh modul jenis ini hanya berkisar 13,5% pada suhu 25 °C dan dapat mengalami penurunan hingga 15 -25% pada suhu 50 °C. contoh dari modul surya *poly-crystalline* adalah CanadianSolar Standard CS6P-260

### 2.3. Turbin Angin

Turbin angin pada prinsipnya dapat dibedakan menjadi dua jenis turbin berdasarkan arah putarannya yaitu :

#### a) *Horizontal Axis Wind Turbine* (HWAT)

HWAT atau *Horizontal Axis Wind Turbine* merupakan jenis turbin angin horisontal yang *design* mirip dengan kincir angin, memiliki *blade* yang mirip propeler dan berputar pada sumbu vertikal.

#### b) *Vertical Axis Wind Turbine* (VWAT)

VAWT atau *vertical axis wind turbine* merupakan turbin angin yang memiliki shaf rotor vertikal. Fungsi utama dari penempatan rotor ini adalah agar turbin angin tidak perlu diarahkan ke arah angin bertiup. Hal ini sangat berguna untuk daerah yang memiliki intensitas angin yang variatif

### 2.4. Hybrid Inverter System

*Hybrid Inverter System* adalah inverter tipe khusus yang dapat digunakan untuk mengkonversi tegangan DC (*direct current*) menjadi tegangan AC (*Alternating Current*) yang berasal dari energi terbarukan [3]. *Hybrid inverter system* juga dikenal dengan *synchronous inverter* dan perangkat ini tidak dapat bekerja dengan sendiri karena harus terhubung dengan jaringan yang telah ada (PLN) [8].

## 2.5. Baterai

Baterai adalah salah satu komponen dalam sistem pembangkit hibrid yang berguna untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan dari sistem pembangkit energi terbarukan yang dapat digunakan saat sistem pembangkit sedang tidak bekerja

## 2.6. Net Present Cost

*Net present cost* (NPC) merupakan semua biaya yang digunakan dalam pembangunan komponen baik dalam pemasangan maupun pengoperasian suatu proyek. *Net present cost* dapat diketahui dengan persamaan (1).

$$NPC = Capital\ Cost + Replacement\ cost + O\&M\ cost + Fuel\ cost - salvage \quad (1)$$

Dimana

*Capital cost* = biaya komponen

*Replacement cost* = biaya pergantian komponen

*O&M* = biaya operasional dan perawatan

*Fuel cost* = biaya bahan bakar (generator)

*Salvage* = biaya yang tersisa dari komponen

## 2.7. Cost of Energy

*Cost of energy* adalah biaya yang dikeluarkan untuk menghasilkan energi listrik per 1 kWh. COE dapat diketahui dengan membagi biaya tahunan dengan produksi energi tahunan pembangkit hibrid. Nilai COE dapat diketahui dengan persamaan (2).

$$COE = \frac{TAC}{E_{tot.served}} \quad (2)$$

Dimana

TAC (*total annualized cost*) = biaya total tahunan pembangkit hibrid

$E_{tot.served}$  = total energi tahunan beban (kWh)

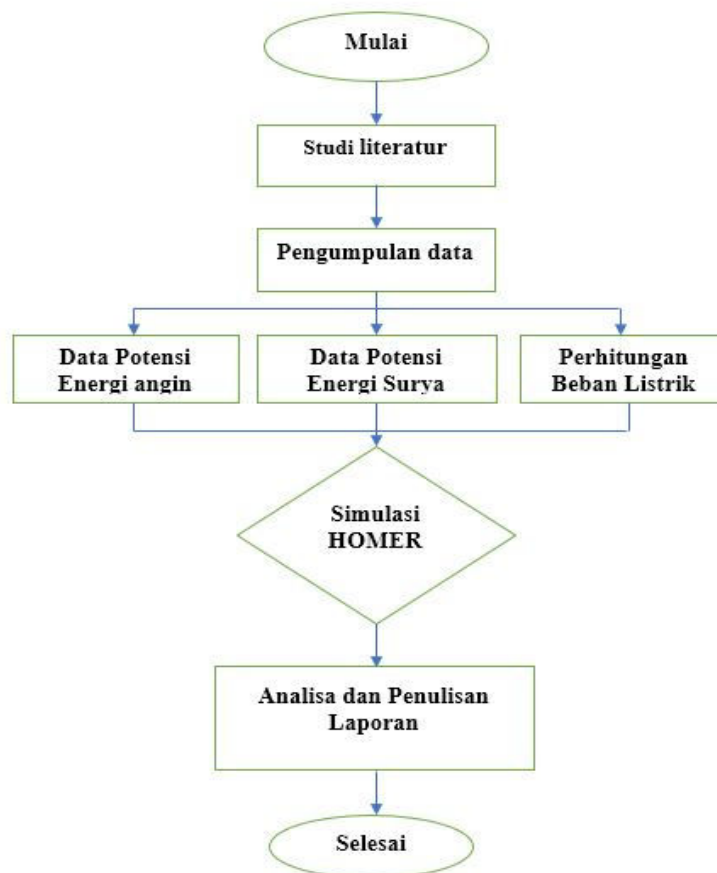
## 2.8. HOMER

HOMER adalah perangkat lunak yang digunakan untuk merancang dan menganalisa suatu sistem pembangkit listrik yang menggunakan sumber energi terbarukan.

## 2.9. Alur Penelitian

Penelitian ini dikerjakan dengan beberapa tahapan, hal tersebut dapat diketahui sesuai diagram pada Gambar 1. Pada Gambar 1, tahapan yang dilakukan selama penelitian adalah:

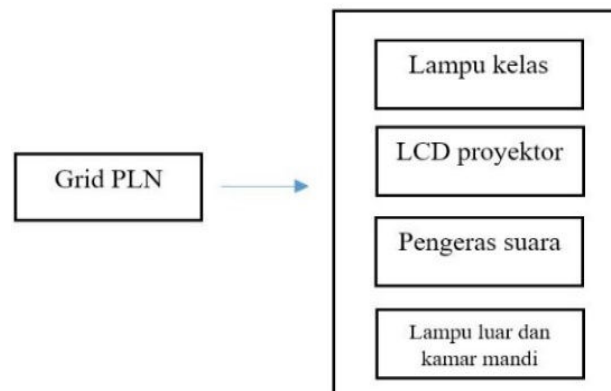
1. Mencari literatur yang digunakan untuk mempelajari dasar-dasar mengenai topik yang akan dibahas.
2. Melakukan pengumpulan data berupa data potensi energi terbarukan yang akan dibahas yaitu energi angin dan surya serta mengumpulkan data beban listrik.
3. Menganalisa potensi energi terbarukan apabila sesuai akan dilanjutkan ke simulasi. Selain menganalisa potensi energi terbarukan juga dilakukan perhitungan beban dan akan disesuaikan dengan pembangkit listrik.
4. Melakukan simulasi dengan perangkat lunak HOMER hingga mendapatkan hasil yang paling optimal. Kemudian, apabila simulasi telah sesuai maka akan dilakukan penyusunan laporan.
5. Jika laporan telah dikerjakan maka penelitian selesai.



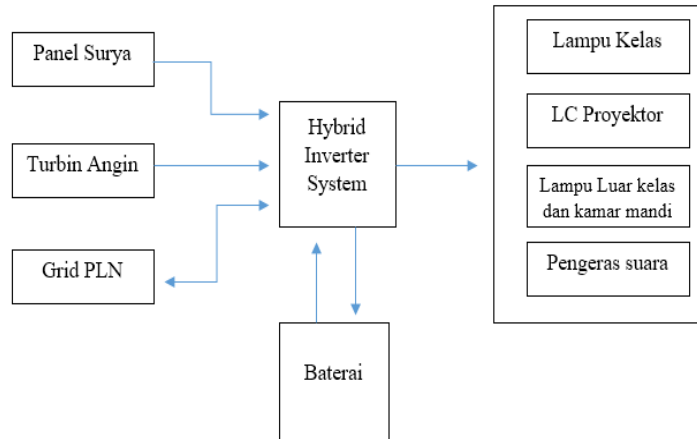
Gambar 1 Diagram alir penelitian

### 2.10. Perancangan Simulasi Sistem Pembangkit Hibrid Tenaga Angin dan Surya

Simulasi akan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak HOMER. Terdapat 2 skenario dalam simulasi. Skenario 1 terdiri dari Grid PLN dan beban dapat dilihat pada gambar 2. Sedangkan skenario 2 terdiri dari Grid, turbin angin, panel surya, *konverter*, baterai dan beban listrik dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2 block diagram skenario 1



Gambar 3 block diagram skenario 2

### 2.11. Komponen Utama Sistem

- a) Grid  
Merupakan sistem jaringan listrik yang berasal dari pembangkit pusat (PLN). Pada sistem ini tarif dasar listrik pada institusi pendidikan khususnya universitas sebesar Rp 900,00 [9]
- b) Beban listrik  
Beban listrik yang digunakan pada sistem ini adalah lampu, LCD proyektor, *amplifier*, *speaker* yang memiliki kapasitas 16.285 W.
- c) Turbin angin  
Turbin angin yang digunakan adalah AWS HC 3,3 kW dengan biaya Rp 330.000.000,00 dan biaya perawatan Rp 13.208.000,00 untuk 3 buah turbin. Serta Pika T701 1,5 kW dengan biaya Rp 261.000.000,00 dan biaya perawatan Rp 10.440.000,00.
- d) Panel surya  
Panel surya yang digunakan adalah Canadian Solar All-Black-290MS dengan kapasitas 15 kW dan biaya sebesar Rp 152.000.000,00 serta biaya perawatan Rp 6.080.000,00.
- e) Baterai  
Baterai yang digunakan adalah LG Chem RESU dengan kapasitas 19,2 kW dengan harga Rp 186.000.000,00 dan biaya perawatan Rp 7.440.000,00.
- f) Konverter  
Konverter yang digunakan adalah Solax SK5000E yang memiliki total kapasitas 15 kW. Biaya yang dikeluarkan sebesar Rp 96.000.000,00 dan biaya perawatan Rp 3.840.000,00.

## 3. Hasil dan Analisis

### Hasil Analisis

Pada perancangan ini membandingkan sistem pembangkit hibrid yang telah dirancang dengan sistem jaringan listrik yang berasal dari PLN. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan energi listrik yang ramah lingkungan serta mendapatkan keuntungan baik dari sisi ekonomis maupun dari sisi penggunaan energi. Analisa yang dilakukan pada perancangan menggunakan perangkat lunak HOMER memiliki jangka waktu 25 tahun.

### Hasil Simulasi Pembangkit Listrik Hibrid tenaga Surya dan Angin

Hasil simulasi yang didapat merupakan hasil yang paling optimal yang didapatkan melalui perhitungan otomatis oleh perangkat lunak HOMER. Hasil simulasi skenario 1 pada perangkat lunak Homer dapat dilihat pada Gambar 4 dan hasil simulasi skenario 2 dapat dilihat pada Gambar 5.

Architecture			Cost				System	Grid	
Grid (kW)	Dispatch	COE (Rp)	NPC (Rp)	Operating cost (Rp)	Initial capital (Rp)	Ren. Frac (%)	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)	
999,999	CC	Rp900,00	Rp750M	Rp30,0M	Rp0,00	0,0	33,336	0	

Gambar 4 Hasil simulasi skenario 1

Architecture										Cost				System
Grid (kW)	Dispatch	COE (Rp)	NPC (Rp)	Operating cost (Rp)	Initial capital (Rp)	Ren. Frac (%)	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)	Ren. Frac (%)	COE (Rp)	NPC (Rp)	Operating cost (Rp)	Initial capital (Rp)	Ren. Frac (%)
11,6	3	3	20,0	15,0	CC	Rp804,12	Rp791M	Rp6,51M	Rp570M	65				
11,6	3	3	20,0	15,0	CC	Rp663,38	Rp605M	Rp2,63M	Rp839M	71				
11,6	3	3	20,0	15,0	CC	Rp693,21	Rp690M	Rp28,18M	Rp249M	40				
11,6	3	3	20,0	15,0	CC	Rp820,57	Rp1,025	Rp10,4M	Rp761M	65				
11,6	3	3	20,0	15,0	CC	Rp974,00	Rp1,068	Rp22,1M	Rp509M	51				
11,6	3	3	20,0	15,0	CC	Rp899,34	Rp1,148	Rp4,40M	Rp1,038	71				
11,6	3	3	20,0	15,0	CC	Rp1,164	Rp1,193	Rp30,0M	Rp434M	40				
11,6	3	3	20,0	15,0	CC	Rp1,188	Rp1,298	Rp24,0M	Rp695M	51				

Gambar 5 hasil simulasi pada skenario 2

### Analisa Nilai Ekonomis Pada Sistem Pembangkit

#### a) Skenario 1

Nilai ekonomis pada skenario 1 yang hanya memanfaatkan jaringan listrik PLN dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 nilai ekonomis dari Skenario 1

Parameter	Nilai
Konsumsi energi (kWh/tahun)	33.336
Net present cost (Rp)	750.060.108
Cost of Energy (Rp/kWh)	900
Renewable penetration	0

Nilai konsumsi energi merupakan pemakaian beban listrik selama 1 tahun sebesar 33.336 kWh. NPC sebesar Rp 750.060.108,00 berasal dari kalkulasi otomatis perangkat lunak HOMER dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2. Net Present Cost Skenario 1

Component	Capital	Replacement	O&M	Fuel	Salvage	Total
Grid	0	0	750.060.108	0	0	750.060.108
HOMER cycle Charging System	0	0	0	0	0	0
System	0	0	750.060.108	0	0	750.060.108

Cost of energy pada skenario 1 sebesar Rp 900,00. Dapat diketahui dengan perhitungan dengan persamaan (2.4). Data dari Total annualized cost diperoleh dari hasil simulasi HOMER dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 total annualized cost skenario

Component	Capital	Replacement	O&M	Fuel	Salvage	Total
Grid	0	0	30.002.404	0	0	30.002.404
HOMER cycle Charging System	0	0	0	0	0	0
System	0	0	30.002.404	0	0	30.002.404

$$COE = \frac{Rp\ 30.002.404}{33.336\ kWh}$$

$$COE = Rp\ 900,00 / kWh$$

*Renewable penetration* bernilai 0 dikarenakan sistem ini hanya menggunakan sistem jaringan listrik dari PLN.

b) Skenario 2

Nilai ekonomis yang didapatkan pada skenario 2 yang merupakan pembangkit listrik hibrid tenaga surya dan angin dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 nilai ekonomis skenario 2

Parameter	Nilai
Total produksi (kWh/tahun)	55.090
<i>Net present cost</i> (Rp)	1.137.367.996
<i>Cost of energy</i> (Rp/kWh)	836,342
<i>Renewable penetration</i>	71 %

Energi listrik yang dihasilkan dengan menggunakan pembangkit listrik tenaga surya dan angin selama 1 tahun adalah sebesar 55.090 Kwh. Hasil produksi tiap jenis pembangkit dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5 nilai total produksi energi per tahun

Komponen	Produksi (kWh)
Panel surya	16.902
Turbin angin	22.197
Grid PLN	15.990

*Net present cost* yang didapatkan pada skenario 2 ini adalah sebesar Rp 1.137.367.996,00. Hasil ini merupakan kalkulasi dari HOMER yang dapat dilihat pada Tabel 6

Tabel 6 Net present cost skenario 2

Component	Capital	Replacement	O&M	Fuel	Salvage	Total
Canadiansolar All-Black CSBK-290MS	152.000.000	0	38.000.000			190.000.000
Pika T701 [1,5KW]	261.000.000	0	65.250.000			326.250.000
AWS HC 3.3KW	330.000.000	0	82.500.000			412.500.000
Wind Turbine						
Grid	0	0	143.882.004			143.882.004
HOMER cycle	0	0	0			0
Charging						
LGChem RESU	196.000.000	0	40.500.000			232.500.000
[6,4KWh]						
SolaX SK	96.000.000	0	24.000.000			120.000.000
SU5000E Copy						
System	1.025.000.000	0	112.367.996			1.137.367.996

*Cost of energy* pada skenario 2 adalah sebesar Rp 836,342 yang dapat dihitung dengan persamaan (2.4). dengan data *total annualized cost* pada Tabel 7.

Tabel 7 total annualized cost skenario 2

Component	Capital	Replac ement	O&M	Fuel	Salvag e	Total
Canediansolar All-Black CSBK-290MS	6.080.000	0	1.520.000	0	0	7.600.000
Pika T701 [1,5KW]	10.440.000	0	2.610.000	0	0	13.050.000
AWS HC 3.3KW	13.200.000	0	3.300.000	0	0	16.500.000
Wind Turbine						
Grid	0	0	-5.755.280	0	0	-5.755.280
HOMER cycle	0	0	0	0	0	0
Charging						
LGChem RESU [6,4KWh]	7.440.000	0	1.860.000	0	0	9.300.000
SolaX SK	3.840.000	0	960.000	0	0	4.800.000
SU5000E Copy System	41.000.000	0	4.494.720	0	0	45.494.720

$$COE = \frac{Rp\ 45.494.720}{54.397\ kWh}$$

$$COE = Rp\ 836,34$$

- c) Perbandingan nilai ekonomis skenario 1 dengan skenario 2  
Perbandingan hasil simulasi antara skenario 1 dan skenario 2 dapat dilihat pada Tabel 8

Tabel 8 Perbandingan skenario 1 dengan skenario 2

Parameter	Sistem Pembangkit	
	Skenario 1	Skenario 2
Total produksi	33.336 kWh	55.090 kWh
Produksi Grid	33.336 kWh	15.990 kWh
Produksi <i>renewable energy</i>	0	39.099
Konsumsi energi	33.336	33.528
<i>Grid slaes</i>	0	20.869 kWh
<i>Net present cost</i> (Rp)	750.060.108	1.137.367.996
<i>Cost of energy</i> (Rp/kWh)	900	836,34
<i>Renewable fraction</i>	0	71 %

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan simulasi sistem pembangkit hibrid tenaga surya dan angin di Fakultas Teknologi Industri dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Energi alternatif di Fakultas Teknologi Industri khususnya tenaga angin dan tenaga surya memiliki potensi yang cukup untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik dengan menggunakan panel surya dan turbin angin. Hal ini dapat dilihat dari produksi energi listrik yang berasal dari sel surya dan turbin angin mencapai 33 kWh dengan kapasitas pembangkit 26 kW.
- Dari sisi ekonomi, nilai NPC dari skenario 2 lebih tinggi dari NPC skenario 1. Hal ini dikarenakan pada skenario 2 membutuhkan jumlah komponen yang lebih banyak dibandingkan dengan skenario 1. Namun, nilai COE pada skenario 2 lebih rendah dibandingkan dengan skenario 1 sebesar 7,07 %, hal ini dikarenakan sebagian besar energi listrik yang digunakan berasal dari pembangkit listrik energi terbarukan



### Ucapan Terimakasih

Dalam pembuatan paper ini banyak pihak yang membantu penulis sehingga dapat menyelesaikan paper ini, untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Husein Mubarak S.T., M.Eng. selaku pembimbing yang selalu memberikan bimbingan kepada penulis.
2. Orang tuaku, Bapak Dwijo W. dan Ibu Sri Soeharti serta adik Hanun H. Pramudya yang selalu memberikan semangat, motivasi, dan inspirasi dalam bentuk apapun.
3. Sheni Herdina yang selalu memberikan semangat, motivasi dan inspirasi dalam bentuk apapun.
4. Saudara-saudara Teknik Elektro UII pada umumnya dan khususnya angkatan 2014 atas doa dan dukungannya.
5. Pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian paper ini.

### Daftar Pustaka

- [1] Isheng Wang; M Hashem Nehrir; "Power Management of a Stand-Alone Wind/photovoltaic/Energy System," *IEEE Transaction On Energy Conversion*, vol. 23, p. NO. 3, September 2008.
- [2] S Rehman, A M Mahbub, Meyer and L M Al-Hadhrami, "Feasibility Study Of A Wind-Pv-Diesel Hybrid Power System For A Village," Dhahran-31261, Saudi Arabia, 2010.
- [3] Hongxiang Yang, Lin Lu dan Wei Zhou, "Solar Energy," *A Novel Optimization Sizing Model for Hybrid Solar-Wind Power Generation System*, vol. 81, no. 1, pp. 76-84, January 2007.
- [4] M H Nehrir, C Wang, K Strunz, H Aki, R Ramakumar, J Bing, Z Miao and Z Salameh, "A Review of Hybrid Renewable/Alternative Energy System for Electric Power Generation: Configurations, Control, and Applications," *IEEE Transactions On Sustainable Energy*, vol. 2, p. NO. 4, October 2011.
- [5] Hendrayana, "Sistem Hibrid Pembangkit Energi Surya , Angin dan Gneretor Untuk Mengoptimalkan Pemanfaatan Daya Energi Terbarukan," vol. 1, no. 1, pp. 26-43, 2017.
- [6] M. Puianu, R.-O. Flangea, N. Arghira and S. S. Iliescu, "PV Panel - Wind Turbine Hybrid System Modelling," *International Conference on Control System and Computer, CSCS 2017*, pp. 636-640, 2017.
- [7] S. Zhang, X. Pan, H. Jiao, W. Deng, J. Xu, Y. Chen, P. P. Altermatt, Z. Feng and P. J. Verlinden, "335-W World-Record p-Type Monocrystalline Module With 20.6 % Efficient PERC Solar Cells," *IEEE Journal of Photovoltaics*, vol. 6, no. 1, pp. 145-152, 2016.
- [8] A. S. Arota, H. S. Kolibu and B. M. Lumi, "Perancangan Sistem pembangkit Hibrida (Energi Angin dan Matahari) Menggunakan Hybrid Optimization Model For Electric Renewable (HOMER)," vol. 2, no. 2, pp. 145-150, 2013.
- [9] Listrik.org, "listrik.org," 5 March 2018. [Online]. Available: <http://listrik.org/pln/tarif-dasar-listrik-pln/>. [Accessed 9 August 2018].