

**ANALISIS OPTIMALISASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA *HYBRID*
BERBASIS PADA BEBAN DI PLTH BAYU BARU
PANDANSIMO, BANTUL, DIY**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat
Strata-1 Pada Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**



Disusun oleh :

YOGA NOVA DIANSYAH

20130120148

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
YOGYAKARTA**

2018

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Yoga Nova Diansyah

NIM : 20130120148

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Universitas : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi ini adalah asli karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 1 November 2017



Yang menyatakan,

Yoga Nova Diansyah

20130120148

MOTTO

“Bertakwalah pada Allah, maka Allah akan mengajarimu. Sesungguhnya Allah
Maha Mengetahui segala sesuatu’
(Q.S. Al-Baqarah : 282)

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya
bersama kesulitan itu ada kemudahan”
(Q.S. Al-Insyirah : 5-6)

“Barangsiapa yang keluar untuk mencari ilmu, maka ia berada di jalan Allah
sampai ia kembali”
(HR Tirmidzi)

“Satu-satunya hal yang harus kita takuti adalah ketakutan itu sendiri”
(Franklin D. Roosevelt)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, alhamdulillahirobil alamin atas kasih sayang dan rahmat Tuhan Yang Maha Kuasa yang senantiasa memberikan cinta dan kasih nyata pada hamba-hambanya. Bimbingan dan campur tangan-Mu selama kami menuntut ilmu membuahkan sedikit karya tulisan yang kupersembahkan untuk :

1. Kedua orangtua, Sukardi dan Fitriatun Muamanah terkasih yang telah mendukung setiap keputusan, mendoakan setiap langkah perjalanan dan mengorbankan segala kemampuan
2. Keluarga besar di Yogyakarta dan Sumatera, yang telah memberikan dukungan moril dan materil
3. Intan Dwi Davitri, yang selalu menyemangati untuk menyelesaikan tugas akhir ini dan menemani hingga larut dini hari.
4. Seluruh saudara-saudara ikatan, yang menjalani perjuangan dengan kegembiraan, ketegangan, kesalahan dan banyak pelajaran
5. Teman-teman satu kelas ELC 2013, yang telah bersama-sama berdiskusi, liburan dan kemudian satu persatu meninggalkan.

KATA PENGANTAR

Tugas akhir dengan judul Analisis Optimalisasi Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Berbasis pada Beban di PLTH Bayu Baru Pandansimo, Bantul, DIY dikerjakan dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Strata 1 Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Selain itu juga penulisan ini ialah sebagai usaha penulis untuk membantu memperbanyak literasi studi tentang Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid khususnya di Yogyakarta dan lebih luas di Indonesia.

Segala puji bagi Allah SWT yang sampai saat ini telah dan masih memberikan nikmat kehidupan bagi penulis, sehingga perencanaan hingga pengerjaan tugas akhir ini dapat terlaksana hingga selesai. Shalawat dan salam untuk nabi sekaligus rasul baginda Muhammad SAW yang telah menjadi panutan dalam kehidupan, termasuk dalam mengerjakan tugas akhir ini.

Selanjutnya penulis ingin mengucapkan terimakasih banyak untuk pihak-pihak yang sangat membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini :

1. Allah SWT yang memberikan sehat dan kekuatan untuk dapat menempuh pendidikan dan menyelesaikan amanah ini.
2. Bapak Dr. Ramadoni Syahputra, S.T., M.T. dan Bapak Muhamad Yusvin Mustar, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing I dan II tugas akhir ini, yang telah bersedia membimbing, dan memberi masukan ke penulis untuk dapat mengerjakan tugas akhir ini.
3. Bapak/Ibu Dosen dan Pengelola Laboratorium Teknik Elektro, yang telah bersedia membagi ilmu dan pengalamannya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini,
4. Staff Tata Usaha Fakultas Teknik yang telah bersedia membantu urusan administrasi sehingga dalam pengerjaan tugas akhir ini dapat berjalan dengan lancar.
5. Teman-teman kelas C, yang sudah bisa bekerjasama untuk menyelesaikan tugas-tugas kuliah, diskusi tentang tugas akhir ini dan bisa diajak memenuhi kebutuhan liburan.

6. Teman-teman Teknik Elektro angkatan 2013, yang bersedia berbagi materi perkuliahan, bermain futsal bersama dan berbicara hal-hal mengenai Teknik Elektro.
7. Saudara-saudara IMM Komisariat Fakultas Teknik dan Pimpinan Cabang IMM Abdul Rozaq Fakhruddin yang telah bersama-sama berjuang untuk ikatan, menjalankan roda organisasi, ngopi dan berproses bersama.
8. Teman-teman KKN 83 JAYA ; Faisyal Hasan, Muhammad Iqbal, Dwi Atmodjo, Ismail Raazi, Aba Idris Shalatan, Fahrijal Fahrul Fadzillah, Mahkota Suci Zahara, Amoria Sang Indraswarikuswara, Renol Luvita Panggabean, yang telah sebulan bersama mengabdikan di desa.
9. Teman-teman yang kos/kontrakannya sering saya jadikan tempat *transit* ketika kuliah ataupun urusan organisasi.
10. *Special thanks for Intan Dwi Davitri, who always gives me a big support to finish this finale project, who's always fussy about this final project, who accompanies the writer to do this final project and her support always makes a big spirit.*
11. Semua pihak yang tidak bisa di sebutkan keseluruhan, yang telah membantu sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.

Tugas akhir tentu memiliki kekurangan dan ada bagian yang mesti disempurnakan, maka dari itu semoga tugas akhir ini dapat dimanfaatkan sebagaimana mestinya, dan dapat dijadikan referensi tulisan yang membantu.

Bantul, 1 November 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
INTISARI	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah	4
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	
2.1. Tinjauan Pustaka	6
2.2. Dasar Teori	7
2.2.1. Energi Terbarukan	7
2.2.2. Pembangkit Listrik Tenaga <i>Hybrid</i> (PLTH)	8
2.2.2.1. Konfigurasi Pembangkit Listrik Tenaga <i>Hybrid</i> (PLTH)	9

2.2.2.2. Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga	
<i>Hybrid (PLTH)</i>	11
2.2.3. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)	12
2.2.3.1. Potensi dan Hambatan Realisasi PLTS	
di Indonesia	13
2.2.3.2. Konfigurasi PLTS	15
2.2.3.3. Komponen PLTS	16
2.2.3.4. Prinsip Kerja PLTS	17
2.2.3.5. Perhitungan Dalam Pembangunan PLTS	17
2.2.3.6. <i>Maximum Power Point Tracker (MPPT)</i>	23
2.2.4. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB)	26
2.2.4.1. Potensi PLTB di Indonesia	26
2.2.4.2. Konfigurasi PLTB	28
2.2.4.3. Komponen PLTB di PLTH Bayu Baru	29
2.2.4.4. Prinsip Kerja PLTB	31
2.2.4.5. Konversi PLTB	32
2.2.5. <i>Software Hybrid Optimization Model for Energy Renewable</i>	
(HOMER)	36
2.2.5.1. Prinsip Kerja HOMER	36
2.2.5.1.1. Data dan Desain	37
2.2.5.1.2. Simulasi, Optimasi dan Analisis Sensitivitas ..	37
2.2.5.2. Implementasi Fisik Menggunakan <i>Software HOMER</i> ...	39
2.2.5.2.1. Beban	39
2.2.5.2.2. Sumber Energi Sistem Pembangkit	40
2.2.5.2.3. Komponen-Komponen Utama	
Sistem Pembangkit	42
2.2.5.2.4. Sistematisasi Energi	45

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Alat dan Bahan Penelitian	47
3.1.1. Alat Penelitian	47
3.1.2. Bahan Penelitian	48
3.2. Metodologi Penelitian	48
3.3. Lokasi Penelitian	49
3.4. Langkah-Langkah Penelitian	49

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PLTH) Bayu Baru	54
4.2. Data-data	55
4.2.1. Data Keseluruhan Beban PLTH Bayu Baru	55
4.2.2. Data Kecepatan Angin dan Intensitas Radiasi Matahari	59
4.3. Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PLTH) Bayu Baru	62
4.3.1. Hasil Pengukuran Kinerja PLTH Bayu Baru	64
4.3.2. Perhitungan Daya Optimal dan Efisiensi PLTH Bayu Baru	69
4.3.2.1. Daya Optimal dan Efisiensi Sistem 240 V	70
4.3.2.2. Daya Optimal dan Efisiensi Sistem 48 V	76
4.4. Konsumsi Beban PLTH Bayu Baru	84
4.5. Analisis Perbandingan Produksi dan Konsumsi Energi Listrik PLTH Bayu Baru	88
4.6. Optimalisasi Sistem PLTH Bayu Baru Menggunakan <i>Software</i> HOMER	92
4.6.1. Konfigurasi PLTH Bayu Baru Dengan Beban Warung Kuliner Barat, Tengah, Timur Dan Kantor PLTH	93
4.6.1.1. Produksi Energi Listrik	94
4.6.1.2. Ringkasan Biaya	96
4.6.2. Konfigurasi PLTH Bayu Baru Dengan Beban Penerangan Jalan Umum	97
4.6.2.1. Produksi Energi Listrik	98
4.6.2.2. Ringkasan Biaya	99

4.6.3. Rekonfigurasi Dan Optimalisasi PLTH Bayu Baru	100
4.6.3.1. Produksi Energi Listrik	101
4.6.3.2. Ringkasan Biaya	103

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan	104
5.2. Saran	106

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

Lampiran A	Data Hasil Pengukuran Produksi dan Konsumsi Listrik PLTH Bayu Baru
Lampiran B	Data Perhitungan Daya Optimal dan Efisiensi PLTH Bayu Baru
Lampiran C	Data Teknis Komponen <i>Photovoltaic Module</i> dan Turbin Angin
Lampiran D	Hasil Simulasi <i>Software HOMER</i>

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Skema pembangkit tenaga <i>hybrid</i> (PLTS-PLTB)	9
Gambar 2.2.	Skema sistem PLTS	15
Gambar 2.3.	Proses terjadinya energi listrik dari <i>solar cell</i>	17
Gambar 2.4.	Hubungan <i>cell</i> , <i>module</i> dan <i>array</i>	18
Gambar 2.5.	Kurva I-V pada <i>photovoltaic module</i>	21
Gambar 2.6.	Schneider Electric Conext MPPT 60 150 Charge Controller ..	23
Gambar 2.7.	Kurva modul <i>solar cell</i> P-V dengan intensitas cahaya yang berbeda-beda	24
Gambar 2.8.	Kurva panel surya P-V dengan menggunakan MPPT dan tidak menggunakan MPPT	25
Gambar 2.9.	Peta potensi energi angin di Indonesia	26
Gambar 2.10.	Bentuk konstruksi turbin angin berdasarkan sumbu rotor	28
Gambar 2.11.	Konstruksi sistem turbin angin HAWT	29
Gambar 3.1.	Peta lokasi penelitian	48
Gambar 3.2.	Diagram alir penelitian	49
Gambar 4.1.	Grafik kecepatan angin selama tiga hari pengamatan	58
Gambar 4.2.	Grafik intensitas radiasi matahari selama tiga hari Pengamatan	59
Gambar 4.3.	Grafik hasil pengukuran kinerja PLTH Bayu Baru sistem 240 V	63
Gambar 4.4.	Grafik hasil pengukuran kinerja PLTH Bayu Baru sistem 48 V	65
Gambar 4.5.	Konfigurasi sistem 48 V dengan beban warung kuliner barat, tengah, timur dan kantor PLTH	91
Gambar 4.6.	Hasil simulasi dari pemodelan sistem 48 V dengan beban warung kuliner barat, tengah, timur dan kantor	92
Gambar 4.7.	Produksi listrik ketika semua komponen beroperasi	92
Gambar 4.8.	Ringkasan biaya total komponen sistem 48 V	94

Gambar 4.9. Konfigurasi sistem 240 V dengan beban penerangan jalan umum	95
Gambar 4.10. Hasil simulasi dari pemodelan sistem 240 V dengan beban penerangan jalan umum	95
Gambar 4.11. Produksi listrik ketika semua komponen beroperasi	96
Gambar 4.12. Ringkasan biaya total komponen sistem 240 V	97
Gambar 4.13. Konfigurasi sistem PLTH Bayu Baru dengan keseluruhan beban	98

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Kapasitas Total Terpasang Pembangkit (MW)	8
Tabel 2.2.	Intensitas radiasi matahari di Indonesia	14
Tabel 2.3.	Tabel jumlah daya dari beberapa pembangkit listrik	27
Tabel 4.1.	Data beban kantor PLTH Bayu Baru	54
Tabel 4.2.	Data beban warung kuliner	55
Tabel 4.3.	Data beban penerangan jalan umum	57
Tabel 4.4.	Data beban total PLTH Bayu Baru	57
Tabel 4.5.	Data teknis PLTH Bayu Baru	61
Tabel 4.6.	Data rekapitulasi produksi sitem 240 V PLTH Bayu Baru	64
.....		66
Tabel 4.7.	Data rekapitulasi produksi sitem 48 V PLTHBayu Baru	
Tabel 4.8.	Data rekapitulasi daya optimal dan efisiensi <i>photovoltaic array</i> 15kW/240V	69
Tabel 4.9.	Data rekapitulasi daya optimal dan efisiensi turbin angin 4kW/240V	73
Tabel 4.10.	Data rekapitulasi daya optimal dan efisiensi <i>photovoltaic array</i> 10kW/48V dan 4kW/48V	76
Tabel 4.11.	Data rekapitulasi daya optimal dan efisiensi turbin angin 4kW/48V	80
		83
Tabel 4.12.	Rekapitulasi konsumsi beban 240 V	85
Tabel 4.13.	Rekapitulasi konsumsi beban 48 V	86
Tabel 4.14.	Perbandingan produksi dan konsumsi beban 240 V	88
Tabel 4.15.	Perbandingan produksi dan konsumsi beban 48 V	
Tabel 4.16.	Produksi energi listrik dari <i>photovoltaic array</i> dan turbin angin	93
		93
Tabel 4.17.	Total biaya NPC semua komponen	
Tabel 4.18.	Produksi energi listrik dari <i>photovoltaic array</i> dan turbin angin	96
		97
Tabel 4.19.	Total biaya NPC semua komponen	

Tabel 4.20.	Produksi energi listrik total pembangkit PLTH Bayu Baru ...	99
Tabel 4.21.	Ringkasan biaya seluruh komponen sistem PLTH Bayu Baru	100
Tabel 5.1.	Daya optimal sistem 240 V	104
Tabel 5.2.	Daya optimal sistem 48 V	105
Tabel 5.3.	Efisiensi sistem 240 V	105
Tabel 5.4.	Efisiensi sistem 48 V	105

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

PLN	: Pembangkit Listrik Negara
MW	: Mega Watt
GWh	: Giga Watt hour
PLTH	: Pembangkit Listrik Tenaga <i>Hybrid</i>
DIY	: Daerah Istimewa Yogyakarta
kW	: Kilo Watt
PLTS	: Pembangkit Listrik Tenaga Surya
PLTB	: Pembangkit Listrik Tenaga Bayu
PV	: <i>Photovoltaic</i>
AC	: <i>Alternating Current</i>
DC	: <i>Direct Current</i>
E	: Energi surya yang dihasilkan (Watt)
I	: Isolasi/intensitas radiasi surya rata-rata yang diterima selama satu jam (Watt/jam)
A	: Luas area (m ²)
J_s	: Jumlah seri modul surya
V_{Inv}	: Tegangan masuk <i>inverter</i> (Volt)
V_{MF}	: Tegangan maksimum modul surya (Volt)
V_{GPV}	: Tegangan modul surya (Volt)
J_p	: Jumlah <i>string</i> modul <i>photovoltaic</i>
P'_{GPV}	: Daya <i>photovoltaic</i> (Watt)
V_{GPV}	: Tegangan <i>photovoltaic</i> (Volt)
I_{MF}	: Arus maksimum modul <i>photovoltaic</i> (Ampere)
AH	: Kapasitas baterai (Ampere/hour)
ET	: Total pemakaian energi (Watt/hour)
V_s	: Tegangan baterai (Volt)
C_b	: Kapasitas baterai (Ampere/hour)
I_{maks}	: Arus maksimal dari <i>photovoltaic</i> (Ampere)
P_{maks}	: Daya maksimal dari <i>photovoltaic</i> (Watt)

k : Konstanta boltzmann (1.30×10^{-16} erg)
 q : Konstanta muatan elektron (1.602×10^{-19} C)
 T : Suhu (Kelvin)
 I_L : Arus konstan (Ampere)
 G : Tingkat generasi
 L_n : Panjang difusi elektron
 L_p : Panjang difusi hole
 FF : *Fill Factor*
 η : Nilai efisiensi (%)
 P_{maks} : Daya maksimal pada modul *photovoltaic* (Watt)
 G : Intensitas radiasi matahari (W/m^2)
 A : Luas penampang (m^2)
MPPT : *Maximu Power Point Tracker*
 E : Energi massa potensial (Joule)
 m : Massa udara (kg)
 V : Kecepatan angin (m/s)
 ρ : Massa jenis udara (kg/m^3)
 v : Volume udara (m^3)
 A : Luas penampang bidang putar turbin (m^2)
 x : Lintasan yang ditempuh angin dalam suatu waktu (m)
 P : Daya spesifik angin (W/m^2)
 p : Tekanan udara (pascal = $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ J/m}^3 = 1 \text{ kg/m.s}^2$)
 C_p : Konstanta betz ($16/27 = 59.3\%$)
 ρ : Kerapatan udara rata-rata (kg/m^3)
NREL : *National Renewable Energy Laboratory*
NPC : *Net Present Cost*
COE : *Cost Of Energy*