

## **TUGAS AKHIR**

# **RANCANG BANGUN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA TERHUBUNG DENGAN JARINGAN LISTRIK PLN PADA KANTOR DI BINTARO - JAKARTA SELATAN**

DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI PERSYARATAN GUNA MEMPEROLEH  
GELAR SARJANA TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
PEMINATAN TEKNIK ENERGI LISTRIK

Oleh:

**BRILLIANT**  
1452050001



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA  
JAKARTA  
2019**

**LEMBARAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR**  
**RANCANG BANGUN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA**  
**SURYA TERHUBUNG DENGAN JARINGAN LISTRIK PLN PADA**  
**KANTOR DI BINTARO - JAKARTA SELATAN**

**Jakarta, 29 Agustus 2019**

**Menyetujui,**

  
**Prof. Atmonobudi Soebagio, Ph.D**

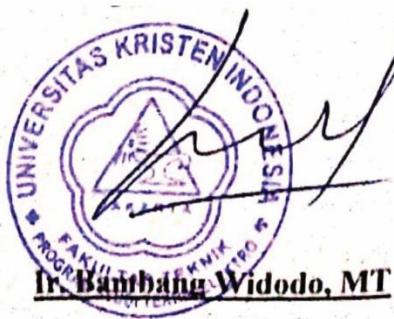
**Pembimbing I**

  
**Ir. Robinson Purba, MT**

**Pembimbing II**

**Mengetahui,**

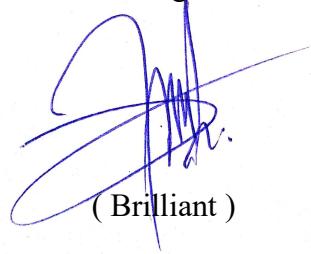
**Ketua Program Studi Teknik Elektro**



## **PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sungguh bahwa tugas akhir dengan judul "**RANCANG BANGUN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA TERHUBUNG DENGAN JARINGAN LISTRIK PLN PADA KANTOR DI BINTARO - JAKARTA SELATAN**", adalah hasil karya saya sendiri. Karya tulis ini bukan merupakan hasil duplikasi karya tulis yang sudah pernah dipublikasikan atau yang sudah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas lain, kecuali pada bagian-bagian dimana sumber informasi dicantumkan dengan cara referensi yang semestinya.

Jakarta, 02 Agustus 2019



( Brilliant )

## **ABSTRAK**

Makalah ini membahas tentang perancangan dan pembangunan sebuah sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) pada gedung kantor 3 lantai di kawasan bintaro, selain itu juga dibahas tentang biaya yang dikeluarkan untuk membangun PLTS serta menganalisa nilai investasinya menggunakan *software* RETScreen Expert. Dalam perancangan dilakukan perhitungan-perhitungan untuk mendapatkan kapasitas PLTS yang akan dipasang berdasarkan luas lahan tempat pemasangan modul *photovoltaic* (PV) dan berdasarkan beban yang akan disuplai. Untuk mengetahui nilai investasi dalam pemasangan PLTS ini dilakukan penghitungan biaya yang dikeluarkan untuk membangkitkan PLTS sehingga bisa disimulasikan kedalam *software* RETScreen. Hasil dari penelitian ini adalah dibangun tiga sistem PLTS yang terintegrasi dengan jaringan listrik PLN untuk melayani beban pada kantor untuk masing-masing lantai. Total modul PV yang digunakan sebanyak 30 modul dengan kapasitas masing-masing 305Wp. Satu sistem PLTS dapat membangkitkan 272,15kWh dalam satu bulan. Tiap-tiap sistem PLTS yang dibangun bekerja dengan normal, tidak terjadi kegagalan sistem seperti trip pada beban, inverter yang *error* karena *input* dari PV, baterai, maupun PLN bermasalah, dan sebagainya. Nilai investasi yang disimulasikan menggunakan *software* RETScreen dengan asumsi penggantian baterai setiap 3 dan 10 tahun, pelunasan pinjaman selama 10 tahun dengan uang muka 50%, suku bunga sebesar 5,75% dan inflasi sebesar 3,28%, didapatkan hasil untuk sistem dimana penggantian baterai dilakukan setiap 3 tahun sekali selama 30 tahun umur PLTS belum dapat mengembalikan biaya modal dari pembangunan PLTS, sedangkan untuk sistem dimana penggantian baterai dilakukan setiap 10 tahun sekali selama 30 tahun umur PLTS, pada tahun ke-25 biaya modal dari pembangunan PLTS sudah didapatkan sehingga tahun ke-26 dan seterusnya adalah keuntungan menggunakan listrik gratis.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yesus Kristus atas penyertaan dan anugerah-Nya hingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul: “**RANCANG BANGUN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA TERHUBUNG DENGAN JARINGAN LISTRIK PLN PADA KANTOR DI BINTARO - JAKARTA SELATAN**” dengan baik. Penulis menyadari bahwa dalam proses penyelesaian tugas akhir ini, penulis telah banyak menerima dukungan baik secara moral maupun materiil. Dalam kesempatan ini dengan penuh rasa hormat, penulis megucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Atmonobudi Soebagio, Ph.D selaku dosen pembimbing I dan Bapak Ir. Robinson Purba, MT selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan waktu, tenaga dan pikirannya dalam membimbing penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Ir. Bambang Widodo, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia, yang telah memberikan dorongan dan semangat untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Andry Gustamar, ST selaku alumni dan pemilik PT. Kipra Sarana Duta Agung yang telah memberikan beasiswa untuk menempuh pendidikan Strata-1 Teknik Elektro di Universitas Kristen Indonesia, memfasilitasi tempat dan peralatan penelitian, serta membantu membiayai penelitian ini.
4. Ibu Paula Yunise Bawuoh, ST yang telah mempercayakan kantor miliknya dipasang PLTS.
5. Saudara Rizky dan Irawan selaku karyawan dari kantor tempat penelitian, yang sudah membantu dalam pengambilan data PLTS.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana Teknik Universitas Kristen Indonesia. Dengan segala hormat dan kerendahan hati, penulis menyadari keterbatasan kemampuan, pengetahuan, dan pengalaman yang dimiliki, baik dari materi maupun teknik penyajiannya. Oleh, karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat Penulis harapkan. Semoga karya tulis ilmiah ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Jakarta, 02 Agustus 2019

( Brilliant )

# **DAFTAR ISI**

## **JUDUL TUGAS AKHIR**

## **LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR**

## **PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS**

## **ABSTRAK**

## **KATA PENGANTAR**

**DAFTAR ISI** ..... i

**DAFTAR GAMBAR** ..... iv

**DAFTAR TABEL** ..... v

**DAFTAR LAMPIRAN** ..... vi

## **BAB I PENDAHULUAN**

1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Metodologi Penelitian .....	3
1.5. Sistematika Penulisan.....	3

## **BAB II LANDASAN TEORI**

2.1. Pendahuluan .....	7
2.2. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) .....	12
2.2.1. Energi Surya .....	12
2.2.2. Modul Surya ( <i>Photovoltaic Module</i> ) .....	14
2.2.3. <i>Inverter</i> .....	22
2.2.4. Baterai Penyimpanan ( <i>Storage</i> ).....	23
2.3. Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	23
2.3.1. Sistem PLTS <i>Offgrid</i> .....	23
2.3.2. Sistem PLTS <i>Ongrid</i> .....	24
2.3.3. Sistem PLTS <i>Hybrid</i> .....	25
2.4. RETScreen Expert.....	26

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1. Umum .....	28
3.2. Flow Chart Penelitian .....	29
3.3. Waktu dan Tempat Penelitian.....	30
3.4. Perancangan PLTS pada Atap Gedung Kantor.....	30
3.4.1. Kebutuhan Daya Listrik pada Gedung Kantor.....	30
3.4.2. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	31
3.5. Pemasangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	33
3.6. Pengujian Tahap Awal.....	38
3.7. Pengaturan <i>Mode Inverter</i> Menggunakan <i>Software</i> .....	38
3.8. Pengujian Tahap Akhir .....	41
3.9. Material dan Alat Kerja .....	42
3.10. Simulasi Penghitungan Nilai Investasi Menggunakan RETScreen Expert.....	43
3.11. Metode Pengumpulan Data.....	44
3.12. Analisa Data.....	44
3.13. Penarikan Kesimpulan .....	44

### **BAB IV PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS**

4.1. Umum .....	45
4.2. Rancangan Pembangunan PLTS.....	45
4.2.1. Data Beban Gedung Kantor .....	45
4.2.2. Kebutuhan Modul <i>Photovoltaic</i> .....	47
4.2.3. Menentukan <i>Inverter</i> yang digunakan .....	48
4.2.4. Kebutuhan Baterai ( <i>Storage</i> ) .....	49
4.2.5. Boks Pengaman.....	50
4.2.6. Bagan Instalasi Sistem PLTS Gedung Kantor .....	52
4.2.7. Pengoperasian Sistem PLTS .....	53
4.3. Data-data Pengujian Sistem PLTS.....	54
4.3.1. Data Pengukuran <i>Input</i> dan <i>Output Inverter</i> .....	54
4.3.2. Data Pembangkitan Energi yang Dihasilkan oleh Satu Sistem PLTS .....	57
4.3.3. Perbandingan Energi yang Dihasilkan Oleh Masing-masing Sistem PLTS .....	58

4.4. Biaya Pembangunan PLTS Gedung Kantor .....	61
4.5. Simulasi Perhitungan Nilai <i>Investasi</i> Menggunakan <i>RETScreen Expert</i> .....	62
4.6. Analisis .....	77
 <b>BAB V KESIMPULAN</b>	
5.1. Kesimpulan .....	80
 <b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	
81	
 <b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b> .....	
83	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Emisi GRK Pembangkit di Indonesia .....	9
Gambar 2.2. Potensi Energi Matahari di Indonesia .....	10
Gambar 2.3. Solar Spektrum AM1 setelah efek penyerapan.....	13
Gambar 2.4. Sel Solar, Modul Solar, dan Rangkaian Modul Solar.....	14
Gambar 2.5. Perpindahan Hole dari Semikonduktor tipe-p ke tipe-n .....	15
Gambar 2.6. Jenis-jenis Photovoltaic .....	17
Gambar 2.7. PLTS sistem Offgrid .....	24
Gambar 2.8. PLTS sistem Ongrid.....	25
Gambar 2.9. PLTS sistem Hybrid.....	26
Gambar 3.1. Flow Chart Penelitian .....	29
Gambar 3.2. Peta Lokasi dan Penampakan Gedung Kantor.....	30
Gambar 3.3. Diagram Sistem PLTS Dengan Penyimpanan Baterai.....	31
Gambar 3.4. Rangkaian 3 Sistem PLTS Dengan Penyimpanan Baterai .....	31
Gambar 3.5. Rancangan Bracket PV pada Reng Rangka Atap Gedung.....	34
Gambar 3.6. Pemasangan Bracket pada Rangka Atap.....	34
Gambar 3.7. Desain dan Penempatan Rangka PV pada Atap Gedung Kantor.....	35
Gambar 3.8. Pemasangan Rangka PV pada Atap Gedung Kantor .....	35
Gambar 3.9. Pemasangan Modul PV pada Atap Gedung Kantor.....	36
Gambar 3.10. Posisi Kabel Koneksi pada PV .....	36
Gambar 3.11. Connecting Tiap Modul PV .....	36
Gambar 3.12. Pemasangan Sistem PV didalam Ruangan .....	37
Gambar 3.13. CD/DVD Software Inverter .....	38
Gambar 3.14. Tampilan Dasar Aplikasi Inverter.....	39
Gambar 3.15. Membuka Menu Pengaturan Inverter .....	39
Gambar 3.16.Pengaturan Pada Inverter .....	40
Gambar 3.17. Tampilan Awal RETScreen .....	43
Gambar 4.1. Rangkaian Penyambung Baterai .....	49
Gambar 4.2. Boks PengamanAC & DC .....	52
Gambar 4.3. Bagan Instalasi Sistem PLTS Gedung Kantor .....	52
Gambar 4.4. Pengukuran Voc modul-modul PV .....	54

Gambar 4.5. Pengukuran Tegangan Input PV pada Inverter .....	54
Gambar 4.6. Pengukuran Arus Yang Mengalir Kepada Beban.....	55
Gambar 4.7. Display Inverter Saat Sore Hari .....	55
Gambar 4.8. Display Inverter Saat Malam Hari .....	56
Gambar 4.9. Display Inverter Saat Siang Hari .....	56
Gambar 4.10. Total Energi Harian 1 Sistem Yang Di Bangkitkan PLTS .....	57
Gambar 4.11. Total Energi Bilanan 1 Sistem Yang Di Bangkitkan PLTS.....	58
Gambar 4.12. Perbandingan Energi Yang Di Bangkitkan selama Satu Bulan .....	59
Gambar 4.13. Perbandingan Energi Yang Di Bangkitkan Satu Hari.....	59
Gambar 4.14 Kondisi Suhu, Kecepatan Angin, dan Ketebalan Awan .....	59
Gambar 4.15 Posisi Masing-masing Array PV pada Atap Gedung Kantor.....	60
Gambar 4.16 Informasi Lokasi dan Bangunan yang di-input pada RETScreen.....	62
Gambar 4.17 Informasi Model Rangka PV, Nilai Slope, dan Azimuth .....	63
Gambar 4.18 Spesifikasi Modul PV, Inverter dan Biaya Maintenance.....	63
Gambar 4.19 Harga Pembangunan PLTS yang diuraikan di Form <i>Cost</i> .....	65
Gambar 4.20 Nilai Finansial yang ditetapkan pada RETScreen .....	68
Gambar 4.21 Memasukan Nilai Finansial pada Aplikasi RETScreen.....	69
Gambar 4.22 Grafik Pendapatan Terhadap Pengeluaran Tiap Tahun .....	70
Gambar 4.23 Grafik Akumulasi Pengeluaran.....	70
Gambar 4.24 <i>Periodic Cost</i> Komponen Baterai tiap 3 Tahun .....	71
Gambar 4.25 Hasil Analisa Finansial Setelah Dimasukan Harga Penggantian Baterai.....	72
Gambar 4.26 Grafik Pendapatan Terhadap Pengeluaran Setelah Penambahan Biaya Periodik Cost....	73
Gambar 4.27 Grafik Akumulasi Pengeluaran Setelah Penambahan Periodic Cost.....	73
Gambar 4.28 <i>Periodic Cost</i> Komponen Baterai tiap 10 Tahun .....	74
Gambar 4.29 Hasil Analisa Finansial Setelah Penggantian tiap 10 Tahun .....	75
Gambar 4.30 Grafik Pendapatan Terhadap Biaya Maintenance dan Periodic Cost .....	76
Gambar 4.31 Grafik Cummulative Cash Flow PLTS.....	76

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1. Kapasitas Terpasang Pembangkit Listrik di Indonesia.....	7
Tabel 3.1 Daftar Material dan Alat Kerja .....	42
Tabel 4.1 Data Total Pemakaian Beban Maksimal 1 hari .....	45
Tabel 4.2 Data Luas Gedung dan Modul PV .....	47
Tabel 4.3 Data Spesifikasi Inverter.....	48
Tabel 4.4 Data Spesifikasi PV .....	51
Tabel 4.5 Data Beban PLTS Setelah Dikurangi .....	53
Tabel 4.6 Biaya Pembangunan PLTS	

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1. Tarif Listrik Gedung Kantor B-1/TR .....	83
Lampiran 2. Brosur dan Spesifikasi Modul Photovoltaic.....	84
Lampiran 3. Brosur dan Spesifikasi Inverter Hybrid.....	85
Lampiran 4. Foto-foto Pemasangan PLTS .....	86
Lampiran 5. Foto Kunjungan Dosen Pembimbing ke Lokasi Pengujian PLTS .....	87
Lampiran 6. Lembar Kegiatan Bimbingan Tugas Akhir .....	88
Lampiran 7. <i>Originality Report:</i> Hasil Test TURNITin .....	89