

**ANALISA PENGGUNAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
SURYA PADA BANGUNAN KOMERSIAL DI JAKARTA
UNTUK MENGURANGI EMISI CO₂**

TESIS

Oleh

BELLY BERTO PATTIASINA

2005190005



PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO

PROGRAM PASCASARJANA

UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA JAKARTA

2022

**ANALISA PENGGUNAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
SURYA PADA BANGUNAN KOMERSIAL DI JAKARTA
UNTUK MENGURANGI EMISI CO₂**

TESIS

Diajukan untuk memenuhi persyaratan akademik guna memperoleh gelar Magister Teknik (M.T.)
Pada Program Magister Teknik Elektro Pasca Sarjana Universitas Kristen Indonesia

Oleh

BELLY BERTO PATTIASINA

2005190005



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA JAKARTA
2022**



PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Belly Berto Pattiasina
NIM : 2005190005
Program Studi : Magister Teknik Elektro
Fakultas : Program Pasca Sarjana

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis tesis yang berjudul **“Analisa Penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Bangunan Komersial Di Jakarta Untuk Mengurangi Emisi CO₂”**

adalah :

1. Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan hasil kuliah, tinjauan lapangan, buku-buku dan jurnal acuan yang tertera di dalam referensi pada karya tugas akhir saya
2. Bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasi atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar Magister Teknik Elektro (M.T) di universitas lain, kecuali pada bagian –bagian sumber informasi yang dicantumkan dengan cara referensi yang semestinya.
3. Bukan merupakan karya terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera di dalam referensi pada tugas

Kalau terbukti saya tidak memenuhi apa yang dinyatakan di atas, maka karya tugas akhir ini dianggap batal.

Jakarta, 12 Juli 2022



Belly Berto Pattiasina



**UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS PROGRAM PASCASARJANA**

PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TESIS

**ANALISA PENGGUNAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA
PADA BANGUNAN KOMERSIAL DI JAKARTA UNTUK
MENGURANGI EMISI CO₂**

Oleh:

Nama : Belly Berto Pattiasina
NIM : 2005190005
Program Studi : Magister Teknik Elektro
Fakultas : Program Pascasarjana

Telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan dan dipertahankan dalam sidang Tesis guna mencapai gelar Magister Teknik pada Program Studi Magister Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia

Jakarta, 12 Juli 2022

Menyetujui:

Pembimbing I

Pembimbing II

Prof. Atmonobudi Soebagio, MSEE., Ph.D. Drs. Leonard Lisapaly, M.Si., Ph.D.

Ketua Program Studi

Direktur

Magister Teknik Elektro

Program Pasca Sarjana



Drs. Leonard Lisapaly, M.Si., Ph.D.



Dr. Bintang R. Simbolon, M.Si.



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS PROGRAM PASCASARJANA

PERSETUJUAN TIM PENGUJI TESIS

Pada 12 Juli 2022 telah diselenggarakan Sidang Tesis untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik guna memperoleh gelar Magister Teknik Strata dua pada Program Studi Magister Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia, atas nama :

Nama : Belly Berto Pattiasina
NPM : 2005190005
Program Studi : Magister Teknik Elektro
Fakultas : Program Pasca Sarjana

Termasuk ujian Tugas Akhir yang berjudul “ANALISA PENGGUNAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA PADA BANGUNAN KOMERSIAL DI JAKARTA UNTUK MENGURANGI EMISI CO₂” oleh tim penguji yang terdiri dari :

Nama Penguji	Jabatan Penguji	Tanda Tangan
1. Prof. Atmonobudi S, MSEE., Ph.D.	Dosen Penguji 1	
2. Drs. Leonard Lisapaly, M.Si., Ph.D.	Dosen Penguji 2	
3. Ir. Bambang Widodo, M.T.	Dosen Penguji 3	

Jakarta, 12 Juli 2022



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS PROGRAM PASCASARJANA

PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Belly Berto Pattiasina
NIM : 2005190005
Fakultas : Program Pasca Sarjana
Program Studi : Magister Teknik Elektro
Jenis Tugas Akhir : Tesis
Judul : Analisa Penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Bangunan Komersial Di Jakarta Untuk Mengurangi Emisi CO₂

Menyatakan bahwa:

1. Tesis tersebut adalah benar karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar akademik di perguruan tinggi manapun.
2. Tesis tersebut bukan merupakan plagiat dari hasil karya pihak lain, dan apabila saya mengutip dari karya orang lain maka akan dicantumkan sebagai referensi sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
3. Saya memberikan Hak Noneksklusif Tanpa Royalti kepada Universitas Kristen Indonesia yang berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan Tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilih hak cipta

Apabila di kemudian hari ditemukan pelanggaran Hak Cipta dan Kekayaan Intelektual atau Peraturan Perundang-undangan Republik Indonesia lainnya dan integritas akademik dalam karya tersebut, maka saya bersedia menanggung secara pribadi segala bentuk tuntutan hukum dan sanksi akademis yang timbul serta membebaskan Universitas Kristen Indonesia dari segala tuntutan hukum yang berlaku.

Dibuat di Jakarta

12 Juli 2022



Belly Berto Pattiasin

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus, karena atas kasih dan karunianya penulis dapat menyelesaikan karya tulis tesis dengan judul “Analisa Penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Bangunan Komersial Di Jakarta Untuk Mengurangi Emisi Co₂ “

Penulisan ini dibuat dan disusun untuk memenuhi syarat yang harus dipenuhi guna menempuh sidang ujian magister serta untuk mendapatkan gelar Magister Teknik Elektro Program Studi Teknik Elektro Program Pasca Sarjana Universitas Kristen Indonesia.

Penulis menyadari bahwa tesis ini jauh dari sempurna, oleh karena itu dengan segala kerendahan hati penulis pun berharap adanya saran atau masukan demi perbaikan tesis ini.

Pada kesempatan ini izinkan penulis berterima kasih kepada para pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini, antara lain:

1. Dr. Dhaniswara K. Harjono, S.H., M.H., MBA, selaku Rektor Universitas Kristen Indonesia.
2. Dr. Bintang R. Simbolon, M.Si. selaku Direktur Program Pasca Sarjana.
3. Drs. Leonard Lisapaly, M.Si., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro.
4. Prof. Atmonobudi Soebagio, Ph.D., Drs. Leonard Lisapaly, M.Si., Ph.d. selaku pembimbing dan Ir. Bambang Widodo, M.T. selaku penguji yang di tengah kesibukannya telah memberikan waktu dan berkenan memberikan saran dan perbaikan terhadap pembuatan tesis ini.
5. Seluruh dosen atau pengajar pada Program Studi Magister Teknik Elektro yang telah membimbing dan memberikan pengetahuan serta pengalaman selama masa perkuliahan.

6. Seluruh karyawan pada Program Studi Magister Teknik Elektro yang telah membantu Penulis dalam hal-hal administratif.
7. Kepada istri dan kedua anak saya yang selalu memberi semangat dan doanya terutama dalam menyelesaikan penulisan tesis ini. Saya ucapkan terimakasih yang sebesar - besarnya.
8. Kepada MTE Angkatan 2020 yang selalu saling mendukung selama menempuh pendidikan di Program Magister; Pak Winston, Pak Dian, Pak Firmandus, Pak Dedi, Pak Rikmanto, dan Pak Raymond Simanjorang.
9. Kepada semua orang yang telah berperan dalam membantu penyusunan laporan Tugas Akhir ini, yang tidak bisa penulis sebutkan semuanya satu persatu

Akhirnya Penulis berharap tesis ini dapat bermanfaat bagi kita semua untuk menambah sudut pandang lain dalam pemanfaatan energi terbarukan di Indonesia.

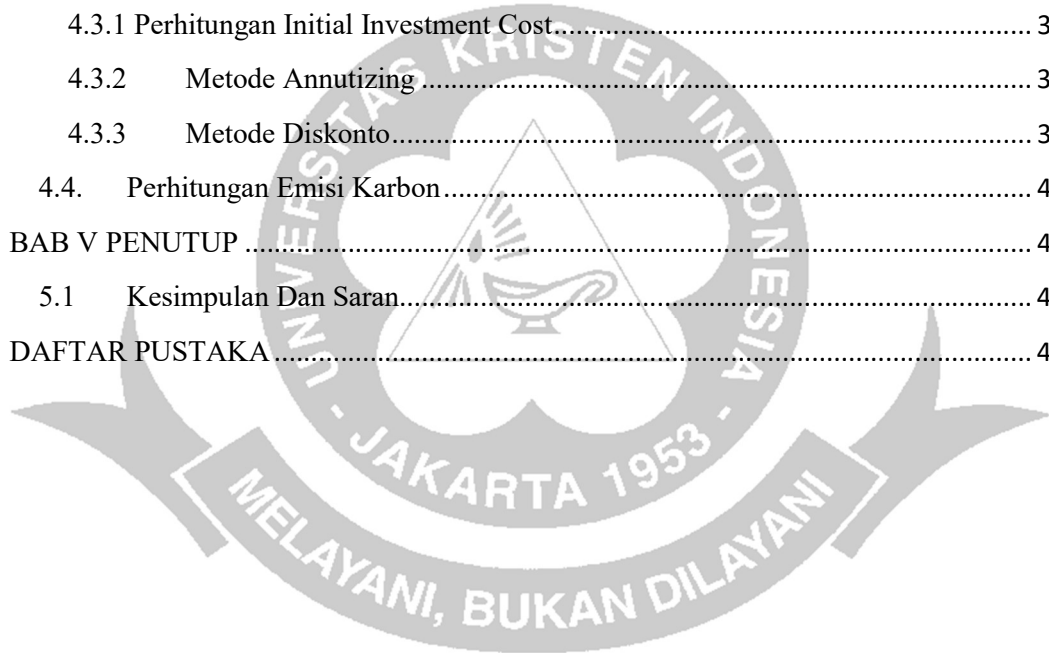
Jakarta, 12 Juli 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	i
HALAMAN PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TESIS	ii
HALAMAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI TESIS	iii
HALAMAN PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
ABSTRAK.....	x
ABSTRACT.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	1
1.3 Pembatasan Masalah.....	1
1.4 Perumusan Masalah.....	2
1.5 Tujuan Penelitian.....	2
1.6 Manfaat Penelitian.....	2
1.7 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
BAB II LANDASAN TEORI.....	4
2.1 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.2 PERHITUNGAN POTENSI TENAGA SURYA.....	5
2.2.1. Estimasi Potensi Tenaga Surya.....	5
2.2.2. Perhitungan Jarak Antar Susunan Panel	6
2.2.3. Perhitungan Jumlah Panel Berdasarkan Area Yang Tersedia.....	8
2.3. PERHITUNGAN PEMBANGKIT TENAGA SURYA	11
2.3.1 Perhitungan Daya Yang Dihasilkan Panel Surya.....	11
2.3.2. Perhitungan Kebutuhan Solar Inverter.....	13
2.4. Analisa Ekonomi Dengan <i>Levelized Cost of Energy</i>	14

2.5.	Perhitungan Emisi Karbon	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		18
3.1	Metodologi Penelitian	18
3.2	Diagram Alir Penelitian	19
BAB IV PERANCANGAN DAN ANALISIS		20
4.1.	Perhitungan Potensi Tenaga Surya	20
4.2	Perhitungan Pembangkit Tenaga Surya	24
4.2.1	Perhitungan Total Power Output Pertahun	26
4.2.2.	Perhitungan Kebutuhan Solar Inverter	28
4.3	Perhitungan <i>Levelized Cost of Energy</i>	30
4.3.1	Perhitungan Initial Investment Cost	31
4.3.2	Metode Annutizing	32
4.3.3	Metode Diskonto	36
4.4.	Perhitungan Emisi Karbon	40
BAB V PENUTUP		41
5.1	Kesimpulan Dan Saran	41
DAFTAR PUSTAKA		43



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Intensitas Radiasi Matahari di Indonesia (https://litbang.esdm.go.id/)	5
Gambar 2.2. Global Solar Atlas DKI Jakarta (https://globalsolaratlas.info)	6
Gambar 2.3. Jarak Antara PV Panel.....	8
Gambar 2.4. Tampak Atas Susunan Panel.....	8
Gambar 3. 1. Diagram Alur Penelitian.....	9
Gambar 4. 1. Posisi Panel Untuk Perhitungan.....	20
Gambar 4. 2. Tapak.....	23
Gambar 4. 3. PV Power Output 97 kWp (Cengkareng - Jakarta Barat).....	25



DAFTAR TABEL

Table 2.1. Tabel Lebar lahan.....	10
Table 2.2. Tabel Jumlah Panel	10
Table 2.3. Data perhitungan daya panel surya dengan Specific Photovoltaic Power Output.....	12
Table 2.4. PV Output Panel Surya	12
Table 2.5. Data Inverter	13
Table 2.6. Factor Emisi Karbon Sistem Kelistrikan di Indonesia.....	16
Table 4. 1. Hasil Perhitungan Kebutuhan Lebar lahan.....	22
Table 4. 2. Luas Lahan.....	23
Table 4. 3. Jumlah Panel Ukuran 1960 mm x 995 mm (nomor 2).....	24
Table 4. 4. Jumlah Panel Ukuran 2024 mm x 1002 mm (nomor 3).....	24
Table 4. 5. PV Output (2024 mm x 1002 mm).....	26
Table 4. 6. PV Output (1960 mm x 995 mm).....	26
Table 4. 7. Hasil Akhir PV Output dengan perhitungan rugi - rugi sistem (2024 mm x 1002 mm).....	27
Table 4. 8. Hasil Akhir PV Output dengan perhitungan rugi - rugi sistem (1960 mm x 995 mm).....	28
Table 4. 9. Hasil Perhitungan Inverter.....	29
Table 4. 10. Perhitungan Initial Investment Cost 390 Wp.....	31
Table 4. 11. Perhitungan Initial Investment Cost 410 Wp.....	31
Table 4. 12. Metode Annutizing Based on Year Warranty 390 Wp.....	32
Table 4. 13. Metode Annutizing Based on Year Line Power Output Warranty 390 Wp.....	33
Table 4. 14. Metode Annutizing Based on Year Product Warranty 410 Wp.....	34
Table 4. 15. Metode Annutizing Based on Year Line Power Ouput Warranty 410 Wp.....	35
Table 4. 16. Metode Diskonto Based on Year Product Warranty 390 Wp.....	36
Table 4. 17. Metode Diskonto Based on Year Line Ouput Warranty 390 Wp.....	37
Table 4. 18. Metode Diskonto Based on Year Product Warranty 410 Wp.....	38
Table 4. 19. Metode Diskonto Based on Year Line Power Output Warranty 410 Wp.....	39
Table 4. 20. Pengurangan Emisi Karbon Pertahun.....	40
Table 4. 21. Pengurangan Emisi Karbon Per luas Lahan Per tahun.....	40
Table 4. 22. Pengurangan Emisi Karbon Per kWp Solar Panel.....	40
Table 5. 1. Tabulasi LCOE.....	41
Table 5. 2. Perbandingan LCOE dan Tarif PLN.....	42
Table 5. 3. Tabulasi Emisi Karbon Dari Hasil Analisa.....	42

ABSTRAK

Pertumbuhan ekonomi di Jakarta dan kota - kota besar lainnya yang sangat pesat tentunya diikuti dengan meningkatnya kebutuhan akan konsumsi energi. Konsumsi energi yang tinggi masih didominasi oleh bahan bakar fosil baik minyak, gas maupun batubara. Peningkatan konsumsi bahan bakar fosil ini tentunya diikuti dengan meningkatnya emisi CO₂. Salah satu cara untuk mengurangi emisi carbon adalah dengan memanfaatkan energi terbarukan dimana salah satunya adalah energi surya. Tetapi pemanfaatan energi surya ini membutuhkan analisis ekonomis salah satunya adalah melalui Levelized Cost of Energy berdasarkan perhitungan potensi energi surya yang disesuaikan dengan ketersediaan lahan sehingga biaya yang dibutuhkan bisa mendekati kondisi sebenarnya.



Kata Kunci: Energi Surya, Levelized Cost of Energy, Emisi CO₂.

ABSTRACT

The rapid economic growth in Jakarta and other big cities is followed by the increasing demand for energy consumption. High energy consumption is still dominated by fossil fuels, oil, gas, and coal. The increase in fossil fuel consumption is of course followed by an increase in CO₂ emissions. One way to reduce carbon emissions is to utilize renewable energy, one of which is solar energy. However, the use of solar energy requires an economic analysis, one of which is through the Levelized Cost of Energy based on the calculation of the potential for solar energy that is adjusted to the availability of land so that the costs required can approach the actual conditions.



Keywords: *Solar Energy, Levelized Cost of Energy, CO₂ Emission*