

**ANALISIS TEKNIK DAN EKONOMI PEMANFAATAN
ENERGI SURYA-PV UNTUK ALTERNATIF PASOKAN
LISTRIK PADA INSTALASI PENGOLAHAN AIR**

TESIS

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Magister Teknik dari
Universitas Darma Persada**

**Oleh
Irawan Wisnu Wardana**

NIM : 2023910009

(Program Studi Magister Teknik Energi Terbarukan)



**SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS DARMA PERSADA
JAKARTA
2025**

PERNYATAAN KEASLIAN

"Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis ini merupakan hasil karya sendiri dan sepanjang pengetahuan dan keyakinan saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagian bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Darma Persada atau Perguruan tinggi lainnya"

Jakarta, Juli 2025



Irawan Wisnu Wardana
NIM : 2023910009

ABSTRAK

IRAWAN WISNU WARDANA (2023910009). Analisis Teknik dan Ekonomi Energi Surya-PV untuk Alternatif Pasokan Listrik pada Instalasi Pengolahan Air. Dibawah Bimbingan Dr.Eng Aep Saepul Uyun, STp.M. Eng, Dr. Muhammad Syukri Nur, dan Dr. Muswar Muslim, MSc.

Air merupakan kebutuhan utama umat manusia untuk memenuhi segala kebutuhannya, terutama untuk minum, mengolah bahan makan, dan kegiatan rumah tangga lainnya. Sektor industri, perumahan, transportasi, pemukiman, dan perkantoran juga membutuhkan air bersih untuk semua aktivitasnya. Upaya penyediaan air bersih di perkotaan merupakan masalah karena berhadapan pada dua sisi. Sisi pertama kebutuhan air yang besar dan pada sisi lain kualitas bahan baku yang rendah sehingga memerlukan sistem pengolahan air bersih. Permasalahan penelitian ini terletak pada upaya penyediaan energi hijau sebagai alternatif daya selain penggunaan listrik dari jaringan PLN. Penelitian ini bertujuan mengkaji aspek teknis dan ekonomi dalam rencana pemanfaatan energi surya PV pada sistem pengolahan air bersih.

Metode penelitian ini menggunakan pemodelan dan simulasi menggunakan HomerPro melalui tiga tahapan utama. Pertama, identifikasi kebutuhan listrik seluruh aktivitas pengolahan air bersih, termasuk waktu penggunaannya. Kedua, penentuan lokasi dan areal terbuka seluas 22.000 m² yang dapat dimanfaatkan untuk panel Surya (Solar-PV). Langkah ketiga, penggunaan HomerPro untuk pemodelan dan simulasi kebutuhan listrik yang berasal dari panel surya.

Sistem fotovoltaiik di Jakarta berkisar 3.55 – 4.01 kWh/kWp per hari. Luaran sistem fotopoltaik untuk lokasi IPA Buaran juga mengikuti pola ini karena berada di wilayah Jakarta Raya. Akumulasi terbesar (50-75 Persen) berada kisaran 3.7-3,85 kWh/kWp, Skenario yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan variasi modal investasi untuk Solar Panel (PV) mulai dari kisaran 400 hingga 800 USD/kWp atau setara Rp6.400.000,- hingga Rp 12.800.000,- per satu kWp. Untuk target produksi 2000 kWp maka kebutuhan investasi awal berkisar Rp 12.8 Milyar hingga Rp 25,6 Milyar. Pendayagunaan energi surya sebagai alternatif pemasok listrik ke sistem pengolahan air bersih memberikan keuntungan ekonomi yang baik kendati di awal membutuhkan modal investasi yang cukup besar.

Pemilihan tipe panel surya, inverter/converter, serta pertimbangan harga peralatan dan nilai discount rate serta inflation rate juga perlu dipertimbangkan untuk kajian mendatang. Pemanfaatan energi surya untuk pasokan listrik pada sistem pengolahan air bersih juga perlu memperhatikan penggunaan baterai.

Kata kunci: renewable energy, energy simulation, Solar-PV, water treatment, TEA

ABSTRAK

IRAWAN WISNU WARDANA (2023910009). Technical and economic analysis of solar-pv energy as an alternative power supply for water treatment plants. Under the guidance of dr. Eng. Aep saepul uyun, stp.m.eng, dr. Muhammad syukri nur, and dr. Muswar muslim, msc.

Water is a primary human need, especially for drinking, food preparation, and other household activities. The industrial, residential, transportation, settlement, and office sectors also require clean water for all their activities. Providing clean water in urban areas is problematic due to two factors: the large water demand and the low quality of raw materials, necessitating a clean water treatment system. The problem of this research lies in the provision of green energy as an alternative power source to electricity from the pln grid. This study aims to examine the technical and economic aspects of the proposed utilization of solar pv energy in clean water treatment systems.

This research method utilizes modeling and simulation using homerpro through three main stages. First, identify the electricity needs for all clean water treatment activities, including usage times. Second, determine the location and open area of 22,000 m² that can be utilized for solar pv. The third step involves using homerpro to model and simulate the electricity needs generated by solar panels. Photovoltaic systems in jakarta range from 3.55 to 4.01 kwh/kwp per day. The output of the photovoltaic system for the buaran wtp site also follows this pattern, as it is located in the greater jakarta area. The largest accumulation (50-75 percent) is in the range of 3.7-3.85 kwh/kwp. The scenario used in this study uses varying investment capital for solar panels (pv) ranging from 400 to 800 usd/kwp, equivalent to idr 6,400,000 to idr 12,800,000 per kwp. For a production target of 2,000 kwp, the initial investment requirement ranges from idr 12.8 billion to idr 25.6 billion. Utilizing solar energy as an alternative electricity supply for clean water treatment systems offers good economic benefits, despite requiring a substantial initial investment.

The selection of solar panel types, inverters/converters, and considerations of equipment prices, discount rates, and inflation rates also need to be considered in future studies. Utilizing solar energy for electricity supply in clean water treatment systems also requires consideration of battery usage.

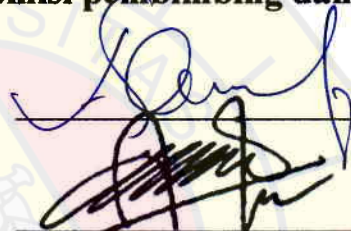
Keywords: renewable energy, energy simulation, solar-pv, water treatment, TEA

LEMBAR PERSETUJUAN TESIS


Judul Tesis : Analisis Teknik dan Ekonomi Energi Surya-PV
untuk Alternatif Pasokan Listrik pada Instalasi
Pengolahan Air
Nama : Irawan Wisnu Wardana
NIM : 2023910009

Telah disetujui oleh komisi pembimbing dan penguji

Dr. Eng. Aep Saepul Uyun, S.Tp., M.Eng.
(Pembimbing Utama/Penguji)




Dr. Muhammad Syukri Nur, M.Si
(Anggota/Penguji)




Dr. Asy'ari Daryus, MT
(Anggota/Penguji)

Ir. Erkata Yandri, M.Sc.rer.net
(Anggota/Penguji)



Mengetahui

Ketua Program Studi



(Dr. Eng. Aep Saepul Uyun, S.Tp., M.Eng.)

Direktur Pascasarjana

(Dr. Ir. As Natio Lasman)

Tanggal Ujian : 18 Juli 2025
Tanggal Yudisium :

KATA PENGANTAR

Penyediaan air bersih merupakan upaya pemerintah kota untuk memberikan layanan terbaik kepada warganya. Air bersih merupakan kebutuhan utama umat manusia untuk mendukung aktivitasnya. Kebutuhan air bersih berkisar 2,5 -50 liter perhari. Oleh karena itu, dibangun infrastruktur pengolahan air bersih di beberapa lokasi untuk mampu memenuhi kebutuhan air bagi warga kota. Permasalahan di instalasi pengolahan air bersih (IPA) masih menggunakan energi fosil yang berasal dari sistem listrik dengan sistem pembangkit listrik berbahan bakar batubara. Penelitian ini terfokus pada upaya penyediaan energi terbarukan yang berasal dari energi surya sebagai penggerak dalam proses penjernihan air yang diperoleh dari sumbernya yang umumnya telah mengalami pencemaran dari berbagai aktivitas warga juga. Kendati penelitian ini masih dalam tahap perancangan sumber energi namun akan mampu mendekati kondisi aktual karena menggunakan pendekatan pemodelan dan simulasi seperti HOMER PRO yang handal dan banyak digunakan oleh para ahli energi. Dua aspek penting yaitu teknis dan finansial (ekonomi) menjadi inti kajian dalam pemodelan tersebut dan akan memberikan solusi terbaik dalam penyediaan energi bagi IPA.

Kami menyadari bahwa tahapan penelitian ini masih banyak hal yang perlu disempurnakan untuk mendapatkan hasil perencanaan yang prima. Pemikiran dan kritik dari pembaca akan meningkatkan kualitas penelitian ini dimasa mendatang. Semoga hasil penelitian memberikan kontribusi pada kemajuan sistem dan teknologi pengolahan air bersih di Indonesia.

Jakarta, Mei 2025

Penulis



Irawan Wisnu Wardana S.T.

RIWAYAT HIDUP



Irawan Wisnu Wardana S.T. Dilahirkan di Klaten pada tanggal 25 Desember 1971, sebagai anak bungsu dari pasangan Daliman dan Suyatmi. Pada tahun 1984 tamat SDN 1 Delanggu, kemudian tahun 1987 tamat dari SMPN 1 Delanggu, dan tahun 1990 tamat dari SMAN 1 Surakarta, kemudian penulis diterima di Universitas Negeri Sebelas Maret Surakarta, Jurusan Teknik Arsitektur dan tamat pada tahun 1997. Pada tahun 2023 Tercatat sebagai Mahasiswa Pascasarjana Universitas Darma Persada, Jakarta.

Saat ini penulis bekerja sebagai Senior Manager Produksi (dari 2023 sampai sekarang) di PT Air Bersih Jakarta, Perusahaan Nasional yang bergerak di bidang Pengelolaan

Air Bersih, sebelumnya sebagai Senior Manager Production dan Trunk Main di PT Aetra Air Jakarta (2021 – 2023), di Perusahaan yang sama sebagai Senior Manager Infrastructure And Delivery Project Management (2019 – 2021). Penulis juga pernah menjadi Member of Baseline Study, Technical Service Assistance Team, PT. Acuatico for Hanoi Project, Pernah mengikuti Pelatihan Ahli Manajemen Air Minum Tingkat Madya yang diselenggarakan oleh Lembaga Diklat Profesi Bidang Air Minum, Yayasan Pendidikan Tirta Dharma Pamsi dan Persatuan Perusahaan Air Minum Seluruh Indonesia.

LEMBAR PERSEMBAHAN

*Dipersembahkan untuk kepada Ayahnda dan
Ibunda serta keluarga saya
di Klaten, dan Jakarta.*

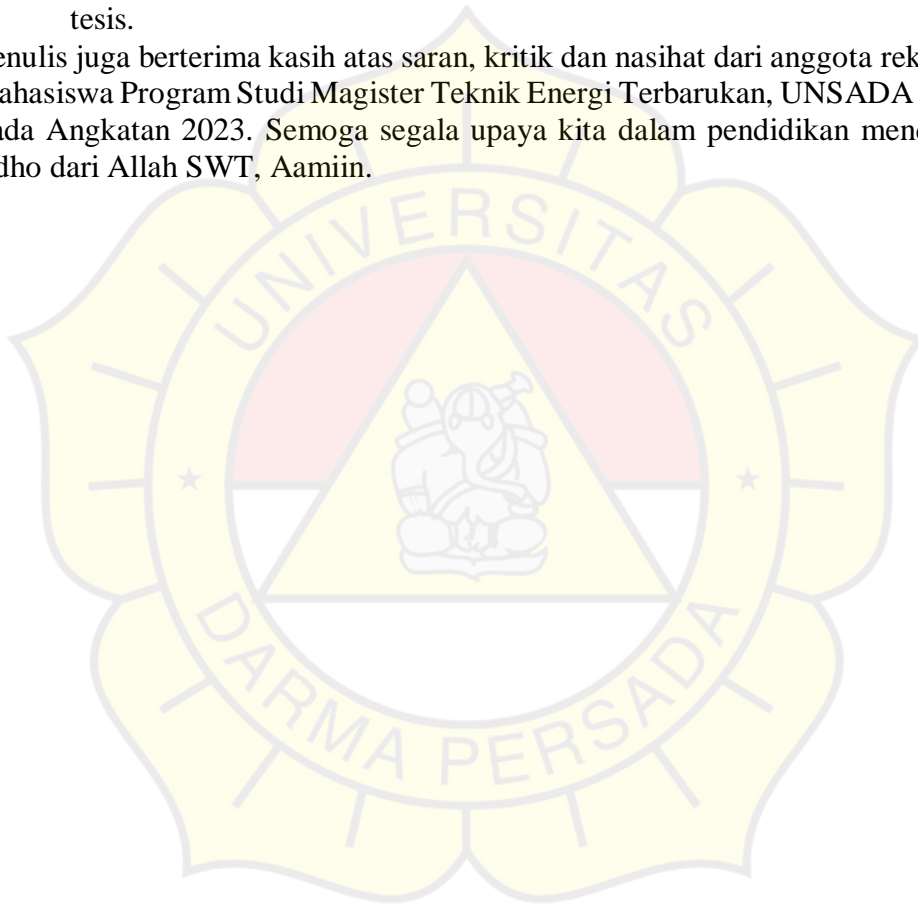


UCAPAN TERIMA KASIH

Kepada kesempatan penulis mengucapkan terimakasih kepada Tim Pembimbing dan Penguji Tesis, terutama kepada yang terhormat:

1. Dr. Eng Aep Saipul Uyun, S.Tp. M.Eng selaku pembimbing pertama yang telah memberikan arahan, bimbingan dan saran-saran dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan tesis ini.
2. Dr. Muhammad Syukri Nur, selaku pembimbing kedua yang telah memberikan arahan penulis dengan sabar dan tekun untuk pelaksanaan penelitian dan penulisan tesis.
3. Dr. Muswar Muslim, M.Sc selaku pembimbing ketiga yang telah memberikan arahan dan kritik dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan tesis.

Penulis juga berterima kasih atas saran, kritik dan nasihat dari anggota rekan-rekan mahasiswa Program Studi Magister Teknik Energi Terbarukan, UNSADA terutama pada Angkatan 2023. Semoga segala upaya kita dalam pendidikan mendapatkan ridho dari Allah SWT, Aamiin.



DAFTAR ISI

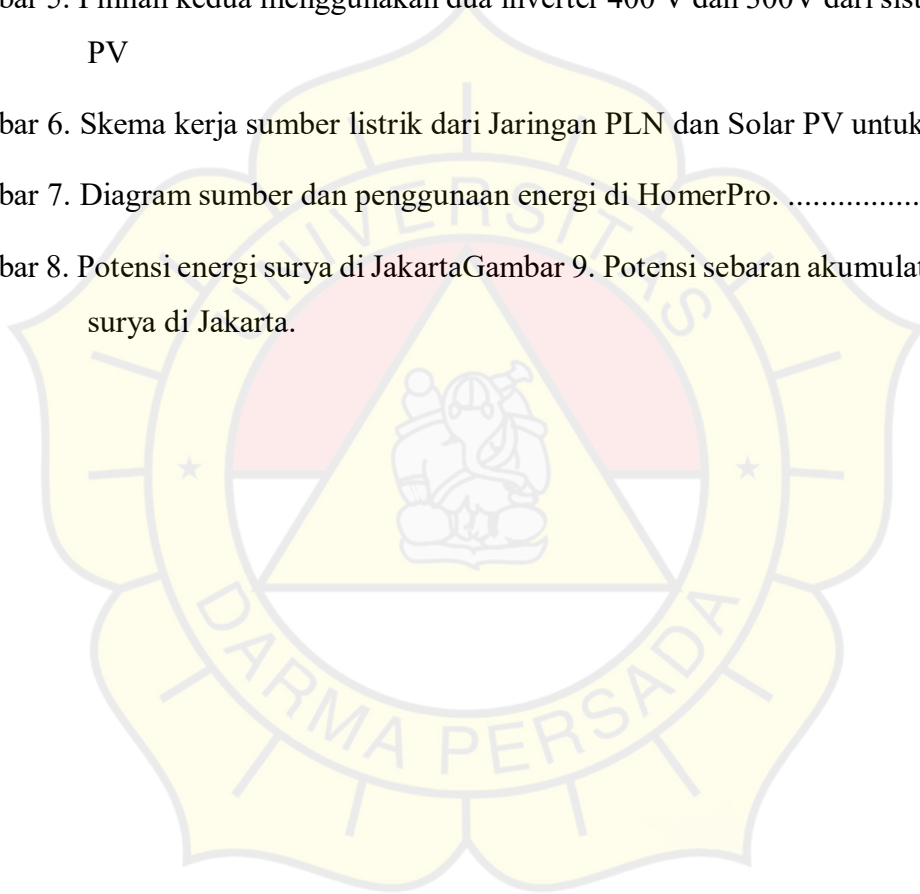
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
ABSTRAK	iii
LEMBAR PERSETUJUAN TESIS	v
KATA PENGANTAR	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
BAB 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.1.1 Kebutuhan air bersih umat manusia	1
1.2 Masalah Penyediaan Air Bersih di Kota Besar dunia	2
1.3 Penyediaan air bersih untuk warga kota Jakarta.....	3
1.1.2 Permasalahan dan Solusi Penyediaan Air Bersih Bagi Warga Jakarta:	3
1.1.3 Tantangan Lingkungan dalam Penyediaan Air Bersih bagi Warga Jakarta: ..	4
1.1.4 Dampak Sosial dan Ekonomi Akibat Penyediaan Air Bersih yang Tidak Memadai di Jakarta:	4
1.1.5 Inovasi Teknologi untuk Penyediaan Air Bersih di Wilayah Perkotaan seperti Jakarta:	4
1.1.6 Isu Kebijakan dan Tata Kelola yang Mempengaruhi Penyediaan Air Bersih di Jakarta: 4	
1.4 Perumusan Masalah	5
1.5 Tujuan Penelitian	5
1.6 Ruang Lingkup Penelitian	5
BAB 2 Tinjauan Pustaka	7
2.1 Air untuk Kehidupan.....	7
2.2 Air Bersih untuk Perkotaan	8
2.3 Masalah dan Alternatif Solusi Air Bersih Perkotaan	9
2.1.1 Penyebab Utama Kontaminasi Air di Daerah Perkotaan	9
2.1.2 Sistem Air Limbah dan Pembuangan Limbah.....	9
2.1.3 Sampah Kota dan Tempat Pembuangan Akhir (TPA).....	9
2.4 Tantangan Infrastruktur Air di Wilayah Perkotaan yang Berkembang Pesat	
11	
2.2.1 Tantangan Finansial	11
2.2.2 Tantangan Teknis	11
2.2.3 Tantangan Lingkungan.....	11
2.2.4 Tantangan Tata Kelola dan Perencanaan	11

2.5	Solusi Solusi Inovatif untuk Air Bersih di Daerah Perkotaan	12
2.3.1	Sistem Pengolahan Air Terdesentralisasi	12
2.3.2	Elektrolisis Air Limbah Perkotaan.....	12
2.3.3	Penggunaan Kembali Air Abu-abu	13
2.3.4	Pemanenan Air Hujan dan Pengelolaan Air Limbah Berkelanjutan.....	13
2.3.5	Kota Air Cerdas (Smart Water Cities/SWCs)	13
2.3.6	Infrastruktur Hijau (GI)	13
2.3.7	Filtrasi Membran dan Proses Oksidasi Lanjutan (AOP)	13
2.6	Energi Surya untuk Instalasi Pengolahan Air (IPA)	14
2.4.1	Strategi Pemasangan Energi Surya untuk IPA	14
2.4.2	Dampak Lingkungan dari Pemasangan Sistem Panel Surya:	15
2.4.3	Pertimbangan Ekonomi yang Terlibat dalam Pemasangan Sistem Panel Surya: 15	
2.4.4	Tantangan Teknis dalam Pemasangan Sistem Panel Surya:	15
2.4.5	Tindakan Keselamatan yang Diperlukan Selama Pemasangan Sistem Panel Surya: 15	
2.7	Tahapan Pekerjaan Terkait dengan Pemasangan Sistem Panel Surya	16
2.8	Tantangan Teknis Integrasi Energi Surya Fotovoltaik (PV) ke dalam Sistem Pengolahan Air 17	
2.8.1	Tantangan Manajemen Energi	17
2.12.1	Tantangan Desain Sistem	17
2.12.2	Tantangan Operasional.....	18
2.9	Tantangan Ekonomi dan Regulasi	18
2.10	Manfaat Penggunaan Energi Surya untuk IPA	19
2.12.3	Keuntungan Menggunakan Energi Surya Fotovoltaik (PV) untuk Proses Pengolahan Air:	19
2.12.4	Manfaat Pemasangan Solar PV pada Lingkungan IPA.....	20
2.11	Contoh penggunaan energi surya – PV untuk IPA	21
2.12	HomerPro untuk Perencanaan Solar PV	22
2.13	Fitur Utama HomerPro untuk PV Surya dalam Instalasi Pengolahan Air: 23	
2.14	Optimalisasi Sistem PV Surya untuk Instalasi Pengolahan Air:	23
2.15	Keuntungan Menggunakan HomerPro untuk PV Surya dalam Instalasi Pengolahan Air	23
2.16	Keterbatasan Penggunaan HomerPro untuk PV Surya dalam Instalasi Pengolahan Air:	23
2.17	Fitur-fitur utama HomerPro untuk Solar PV	24
2.18	Persyaratan Utama Integrasi HomerPro dengan Surya PV	25

2.12.5	Desain dan Konfigurasi Sistem (System Design and Configuration)	25
2.12.6	Alat Pengoptimalan dan Simulasi (Optimization and Simulation Tools) .	25
2.12.7	Spesifikasi Komponen (Component Specifications).....	25
2.12.8	Pertimbangan Ekonomi dan Lingkungan (Economic and Environmental Considerations).....	26
2.12.9	Aspek Operasional dan Pemeliharaan (Operational and Maintenance Aspects)	26
2.19	Manfaat Penggunaan HomerPro	27
2.12.10	Pengoptimalan dan Analisis Ekonomi (Optimization and Economic Analysis)	27
2.12.11	Keandalan dan Stabilitas Sistem (System Reliability and Stability).....	27
2.12.12	Manfaat Lingkungan dan Keberlanjutan (Environmental and Sustainability Benefits).....	27
BAB 3	Metode Penelitian	29
3.1	Paradigma sistem energi berkelanjutan.....	29
3.2	Lokasi Penelitian.....	29
3.3	Waktu Penelitian.....	31
3.4	Bahan dan Peralatan.....	31
3.5	Alur dan Tahapan Penelitian	31
BAB 4	Hasil dan Pembahasan	34
4.1	Hasil	34
4.1.1	Alokasi Ruang Pemanfaatan Energi Surya.....	34
4.1.2	Desain Sistem PLTS untuk IPA.....	35
4.1.3	Desain Sistem PLTS dan Pemodelan di HomerPro	36
4.1.4	Karakteristik Limpanan Energi Surya.....	37
4.1.5	Potensi Energi Surya PV di Jakarta	38
4.1.6	Indikator Teknis dan Ekonomi PLTS.....	38
4.2	Pembahasan	39
4.2.1	Analisa Desain Solar PV untuk Penyediaan Energi Listrik	39
4.2.2	Penilaian Teknis dan Ekonomi Sistem panel Surya.....	40
4.2.3	Strategi Pemanfaatan PLTS secara Berkelanjutan.....	41
BAB 5	Kesimpulan dan Saran	45
5.1	Kesimpulan.....	45
5.2	Saran-Saran.....	45
	Daftar Pustaka	46

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1. Lokasi penelitian di instalasi pengolahan air bersih di Jakarta Timur
- Gambar 2. Distribusi penggunaan listrik dalam sistem pengolahan air bersih.
- Gambar 3. Pemanfaatan area untuk penempatan panel surya PV.
- Gambar 4. Pilihan pertama menggunakan hanya satu inverter 400 V dari sistem solar PV.
- Gambar 5. Pilihan kedua menggunakan dua inverter 400 V dan 300V dari sistem solar PV
- Gambar 6. Skema kerja sumber listrik dari Jaringan PLN dan Solar PV untuk IPA
- Gambar 7. Diagram sumber dan penggunaan energi di HomerPro.
- Gambar 8. Potensi energi surya di Jakarta
- Gambar 9. Potensi sebaran akumulatif energi surya di Jakarta.



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Ringkasan Kebutuhan Air Harian	1
Tabel 2 Ringkasan Kebutuhan Air Harian	7
Tabel 3. Ringkasan Penyebab Pencemaran air di perkotaan.....	10
Tabel 4. Ringkasan Solusi Inovatif untuk air bersih di perkotaan.....	14
Tabel 5. Tahapan Kegiatan dalam Pemasangan Panel Surya - PV.....	17
Tabel 6. Ringkasan tantangan untuk integrasi surya PV dengan IPA	18
Tabel 7. Ringkasan Manfaat Penggunaan Surya PV pada IPA.....	19
Tabel 8. Rangkuman Manfaat Lingkungan.....	21
Tabel 9. Contoh penggunaan sistem fotovoltaik (PV) untuk pengolahan air.	22
Tabel 10. Tipe analisis fungsi fitur utama Homer Pro	24
Tabel 11. Ringkasan Komponen Sistem Surya PV	26
Tabel 12. Manfaat Penggunaan Homer Pro untuk Kajian Surya-PV di IPA	28
Tabel 13. Tahapan penelitian pemanfaatan surya PV untuk pengolahan air bersih	32
Tabel 14. Hasil simulasi nilai ekonomi dari variasi modal investasi untuk Solar Panel.....	39
Tabel 15. Konsumsi dan biaya listrik per tahun untuk IPA di Jakarta	41

