



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**PERENCANAAN PLTS *HYBRID* DI *JETTY*
PT LOTTE CHEMICAL INDONESIA**

LAPORAN CAPSTONE PROJECT

Disusun oleh:

Akido Yusreen Mastiqar	2502432003
Iman Nur Fauzi	2502432017
Yoga Aditama Pralambang	2502432024
Zagas Ferdyan	2502432018

RENEWABLE ENERGY SKILLS DEVELOPMENT

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA KONVERSI
ENERGI**

JURUSAN TEKNIK MESIN

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2026



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN
LAPORAN CAPSTONE PROJECT

PERENCANAAN PLTS *HYBRID* DI *JETTY*
PT LOTTE CHEMICAL INDONESIA

Oleh:

Akido Yusreen Mastiqar

NIM. 2502432003

Program Studi D-IV Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Jurusan Teknik Mesin

Laporan *Capstone Project* telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

P. Jannus, M.T.

NIP. 1963042619988031004

Pembimbing 2

Ir. Benhur Nainggolan, M.T.

NIP. 196106251990031003

Pembimbing Industri

Agus Cahyadi

Ketua Program Studi

D4 Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Arifia Ekayuliana, S.T., M.T.

NIP. 199107212018032001



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN CAPSTONE PROJECT

PERENCANAAN PLTS *HYBRID* DI JETTY
PT LOTTE CHEMICAL INDONESIA

Oleh:

Akido Yusreen Mastiqar

NIM. 2502432003

Program Studi D-IV Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Jurusan Teknik Mesin

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang Tugas Akhir (*Capstone Project*) di Hadapan
Dewan Penguji pada tanggal 21 Juli 2026 dan diterima sebagai persyaratan untuk
memperoleh gelar Diploma IV / Sarjana Terapan pada Program Studi D-IV Teknologi
Rekayasa Konversi Energi
Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No.	Nama dan NIP	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	P. Jannus, M.T.	Moderator		3/8-2026
2.	Prof. Dr. Tatun Hayatun Nufus, M.Si	Penguji 1		3/8-26
3.	Arifia Ekayuliana, S.T., M.T.	Penguji 2		3/8-'26
4.	Dr. Muslimin, Ir., S.T., M.T., IWE.	Penguji 3		3/8-26

Depok, 30 Juli 2026

Disahkan Oleh:



Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si
NIP. 197602252000121002



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Akido Yusreen Mastiqar

NIM : 2502432003

Program Studi : D4 Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Menyatakan bahwa yang dituliskan dalam Capstone Project ini adalah hasil karya sendiri bukan plagiasi karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Capstone Project telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 21 Juli 2026



Akido Yusreen Mastiqar
NIM. 2502432003



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Perencanaan PLTS Hybrid di *Jetty* PT LOTTE Chemical Indonesia

Akido Yusreen Mastiqar¹⁾, Iman Nur Fauzi¹⁾, Yoga Aditama Pralambang¹⁾, Zagas Ferdyan¹⁾, P. Jannus¹⁾, Benhur Nainggolan¹⁾

¹⁾Program Studi D4-Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

Email: akido.yusreen.mastiqar.tm24@stu.pnj.ac.id;

iman.nur.fauzi.tm24@stu.pnj.ac.id;

yoga.aditama.pralambang.tm24@stu.pnj.ac.id; zagas.ferdyan.tm24@stu.pnj.ac.id

RANGKUMAN EKSEKUTIF

Perencanaan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Hybrid* PLN *rooftop* di *Jetty Control Building* PT Lotte Chemical Indonesia bertujuan mengurangi ketergantungan terhadap PLN untuk kebutuhan CCTV dan Penerangan Jalan Umum (PJU), dengan konfigurasi PLTS sebagai sumber utama, PLN sebagai cadangan pertama, dan baterai sebagai cadangan kedua. Sistem berkapasitas 7,2 kWp dirancang menggunakan 16 modul surya 450 Wp (2 *string*), inverter *hybrid* 6 kW 2 MPPT, dan baterai LiFePO₄ 100 Ah. Struktur *mounting rail-less* berbahan aluminium *anodized* dan *anchor bolt stainless steel* dengan kemiringan 10° dirancang tahan beban angin dan korosi lingkungan pesisir, sementara sistem proteksi mengikuti standar PUIL 2011. Simulasi PVsyst menunjukkan produksi energi 11,562 MWh/tahun dengan *Performance Ratio* 85,74%, jauh melebihi kebutuhan beban 4,38 MWh/tahun. Evaluasi ekonomi menunjukkan proyek layak direalisasikan, dengan NPV Rp41.096.872, BCR 1,555, ROR 55,53%, dan payback period 13 tahun. Analisis 21 risiko proyek menunjukkan seluruh risiko berskor tinggi berhasil diturunkan signifikan melalui mitigasi yang dirancang. Secara keseluruhan, sistem PLTS *Hybrid* PLN *rooftop* ini layak dipasang dan dapat menjadi model efisiensi energi pada fasilitas industri petrokimia di Indonesia.

Kata Kunci: PLTS, *Hybrid*, Energi Terbarukan, Kelayakan, *Jetty*.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Perencanaan PLTS Hybrid di *Jetty* PT LOTTE Chemical Indonesia

Akido Yusreen Mastiqar¹⁾, Iman Nur Fauzi¹⁾, Yoga Aditama Pralambang¹⁾, Zagas Ferdyan¹⁾, P. Jannus¹⁾, Benhur Nainggolan¹⁾

¹⁾Program Studi D4-Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

Email: akido.yusreen.mastiqar.tm24@stu.pnj.ac.id;

iman.nur.fauzi.tm24@stu.pnj.ac.id;

yoga.aditama.pralambang.tm24@stu.pnj.ac.id; zagas.ferdyan.tm24@stu.pnj.ac.id

EXECUTIVE SUMMARY

The design of a Hybrid Rooftop Solar Power Plant (PLTS) connected to the PLN grid at the Jetty Control Building of PT Lotte Chemical Indonesia aims to reduce dependency on PLN for the CCTV and Public Street Lighting (PJU) power needs, with a configuration in which the PLTS serves as the primary source, PLN as the first backup, and battery storage as the second backup. The 7.2 kWp system is designed using 16 units of 450 Wp solar modules (2 strings), a 6 kW hybrid inverter with 2 MPPT channels, and a LiFePO₄ 100 Ah battery. The rail-less mounting structure, made of anodized aluminum and stainless-steel anchor bolts with a 10° tilt angle, is designed to withstand wind loads and resist corrosion from the coastal environment, while the protection system complies with the PUIL 2011 standard. PVsyst simulation shows an annual energy production of 11.562 MWh with a Performance Ratio (PR) of 85.74%, far exceeding the 4.38 MWh/year load requirement. Economic evaluation indicates the project is feasible, with an NPV of IDR 41,096,872, a BCR of 1.555, an ROR of 55.53%, and a payback period of 13 years. An analysis of 21 project risks shows that all high-scoring risks were significantly reduced through the designed mitigation strategies. Overall, this hybrid rooftop PLTS system is feasible for installation and can serve as a model for energy efficiency in petrochemical industrial facilities in Indonesia.

Keywords: Solar Power Plant (PLTS), Hybrid, Renewable Energy, Feasibility, Jetty.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Laporan *Capstone Project* yang berjudul **"Perencanaan PLTS Hybrid di Jetty PT Lotte Chemical Indonesia"** ini dengan baik dan tepat waktu.

Capstone project ini disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan pendidikan pada Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, dan membahas perencanaan sistem PLTS *hybrid* di area *jetty* PT Lotte Chemical Indonesia, mulai dari perhitungan kapasitas, proteksi dan *grounding*, struktur mekanikal, simulasi PVsyst, analisis ekonomi, hingga manajemen risiko proyek.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak P. Jannus, M.T. selaku *Project Coach 1*, atas bimbingan dan arahan selama penyusunan laporan.
2. Bapak Ir. Benhur Nainggolan, M.T. selaku *Project Coach 2*, atas bimbingan dan arahan selama penyusunan laporan.
3. PT Lotte Chemical Indonesia selaku *client*, atas data dan kesempatan yang diberikan.
4. Seluruh dosen dan staf Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Politeknik Negeri Jakarta, atas ilmu yang telah diberikan.
5. Keluarga dan rekan-rekan yang telah mendukung penyelesaian *capstone project* ini.

Penulis menyadari laporan ini masih jauh dari sempurna, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga laporan ini bermanfaat bagi PT Lotte Chemical Indonesia serta pembaca lain yang membutuhkan referensi perencanaan sistem PLTS *hybrid*.

Depok, 15 Juli 2026

Tim Capstone Project



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Metode Penyelesaian	5
1.6 Manfaat Penulisan	7
1.7 Sistematika Penulisan.....	8
BAB II.....	9
DESKRIPSI SITUASI AWAL	9
2.1 Informasi Umum Proyek	9
2.2 Gambaran Umum Lokasi Proyek	11
2.2.1 Lokasi Proyek	11
2.2.2 Kondisi Area Proyek.....	11
2.3 Kondisi Eksisting Sistem Kelistrikan.....	12
2.3.1 Sistem Penerangan Jalan Umum.....	13
2.3.2 Sistem <i>Closed Circuit Television</i> (CCTV).....	13
2.3.3 Diagram Sistem Kelistrikan Eksisting	13
2.4 Hasil Observasi dan Pengumpulan Data	14
2.4.1 Potensi Energi Surya.....	15
2.4.2 Kondisi Lingkungan (Angin, Kelembapan, dan Potensi Korosi)	17
2.5 Deskripsi Sistem PLTS Hybrid PLN.....	19
2.6 Pemangku Kepentingan (<i>Stakeholder</i>)	22
BAB III	25
TINJAUAN PUSTAKA DAN METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)	25
3.1.1 Prinsip Kerja Panel Surya (Fotovoltaik)	25
3.1.2 Jenis-jenis Modul Panel Surya	26
3.1.3 Karakteristik Modul Panel Surya	28
3.1.4 Jenis Sistem PLTS	30



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.2	Komponen Utama Sistem PLTS Hybrid	32
3.2.1	Panel Surya	32
3.2.2	Inverter Hybrid.....	33
3.2.3	Baterai	33
3.2.4	<i>Automatic Transfer Switch (ATS)</i>	34
3.3	Sistem Kelistrikan dan Proteksi	35
3.3.1	DC Isolator Switch	35
3.3.2	MCB (<i>Miniatur Circuit Breaker</i>).....	36
3.3.3	SPD (<i>Surge Protection Device</i>).....	37
3.3.4	Fuse	37
3.3.5	Kabel Listrik.....	38
3.3.6	Sistem Pentanahan (<i>Grounding System</i>)	40
3.4	Metode Perhitungan Kapasitas Sistem PLTS Hybrid	40
3.4.1	Penentuan Daya Puncak Optimal.....	41
3.4.2	Penentuan Jumlah Panel Surya	41
3.4.3	Perhitungan dan Pemilihan Inverter	42
3.4.4	Perhitungan dan Pemilihan Baterai	43
3.4.5	Rating DC Isolator Switch	44
3.4.6	Rating Fuse	44
3.4.7	Rating MCB	44
3.4.8	Rating SPD.....	45
3.4.9	Rating Automatic Transfer Switch (ATS)	45
3.4.10	Kemampuan Hantar Arus (KHA) Kabel	46
3.4.11	Kabel Grounding	46
3.5	Metode Analisa Mekanikal.....	47
3.5.1	Tujuan Analisis	47
3.5.2	Data Perancangan.....	47
3.5.3	Metode Analisis Tegangan Lentur	49
3.5.4	Metode Analisis Lendutan / Defleksi.....	51
3.5.5	Penentuan Sudut Kemiringan dan Arah Hadap Panel.....	52
3.5.6	Analisis Struktur Mounting PLTS Menggunakan <i>Solidwork</i>	52
3.5.7	Visualisasi Desain Menggunakan SketchUp	54



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.6	Simulasi Pvsyst.....	54
3.6.1	Deskripsi Perangkat Lunak PVsyst.....	55
3.6.2	Parameter Keluaran Simulasi PVsyst.....	56
3.7	Analisis Ekonomi	56
3.7.1	Biaya Investasi PLTS	57
3.7.2	Biaya Tidak Tetap	57
3.7.3	Biaya Siklus Hidup (<i>Life Cycle Cost</i>)	58
3.7.4	Faktor Pemulihan Modal (<i>Capital Recovery Factor</i>)	58
3.7.5	Menghitung Energi PLTS	58
3.7.6	Perhitungan Biaya Energi	58
3.7.7	Net Present Value.....	59
3.7.8	<i>Benefit Cost Ratio (BC-R)</i>	59
3.7.9	<i>Discounted Payback Ratio</i>	59
3.7.10	<i>Analisis Rate of Return</i>	60
3.7.11	Tarif Listrik PLN.....	60
3.7.12	Perbandingan Biaya Energi Antar Sumber Pembangkit	62
3.8	Diagram Alir.....	63
3.9	Penjelasan Tahapan Penelitian.....	64
3.9.1	Audit Beban	64
3.9.2	Desain Sistem PLTS	64
3.9.3	Verifikasi Kesesuaian Desain	64
3.9.4	Analisis Simulasi Struktur Mounting.....	64
3.9.5	Perhitungan Keekonomian PLTS.....	65
3.9.6	Rekomendasi Client	65
3.9.7	Pembuatan Laporan.....	66
3.10	Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	66
BAB IV		67
HASIL DAN PEMBAHASAN		67
4.1	Perhitungan Kapasitas Sistem PLTS Hybrid.....	67
4.1.1	Daya Puncak Optimal	67
4.1.2	Jumlah Panel Surya.....	67
4.1.3	Kapasitas Inverter.....	68



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.1.4	Kapasitas Baterai.....	69
4.2	Perancangan Sistem Proteksi dan Grounding	70
4.2.1	Rating DC Isolator Switch	70
4.2.2	Rating Fuse	70
4.2.3	Rating MCB	70
4.2.4	Rating SPD.....	71
4.2.5	Rating Automatic Transfer Switch (ATS)	71
4.2.6	Kemampuan Hantar Arus (KHA) Kabel.....	71
4.2.7	Kabel Grounding.....	72
4.3	Perancangan Struktur Mekanikal Mounting Panel Surya	73
4.3.1	Penentuan Sudut Kemiringan dan Arah Hadap Panel.....	73
4.3.2	Hasil Perhitungan dan Analisa Mekanik.....	74
4.3.3	Visualisasi Desain Menggunakan <i>SketchUp</i>	77
4.3.4	Hasil Simulasi Menggunakan Solidwork.....	80
4.4	Analisis Pvsyst	80
4.4.1	Parameter Keluaran Simulasi Pvsyst	83
4.5	Analisis Ekonomi	83
4.5.1	Biaya Investasi PLTS.....	83
4.5.2	Biaya Tidak Tetap (Present Word)	84
4.5.3	Biaya Siklus Hidup (Life Cycle Cost)	85
4.5.4	Faktor Pemulihan Modal (Capital Recovery Factor)	85
4.5.5	Menghitung Energi PLTS dalam Setahun.....	86
4.5.6	Perhitungan Biaya Energi (Cost of Energy).....	87
4.5.7	Studi Kelayakan PLTS.....	87
4.5.8	Net Present Value (NPV).....	89
4.5.9	Benefit Cost Ratio (BC-R).....	91
4.5.10	Discounted Payback Period.....	91
4.5.11	Analisis Rate of Return (IRR)	92
4.5.12	Nilai Penyusutan Aset	93
4.5.13	Perbandingan Biaya Energi PLTS dengan Sumber Energi Lain..	94
4.6	Manajemen Risiko.....	95
BAB V.....		101



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

REKOMENDASI UNTUK CLIENT	101
5.1 Rekomendasi Teknis	101
5.2 Rekomendasi Ekonomi dan Investasi.....	102
5.3 Rekomendasi Implementasi dan Operasional	103
5.4 Rekomendasi Manajemen Risiko	104
5.5 Rekomendasi Kajian Lanjutan	104
DAFTAR PUSTAKA	106





DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Lokasi Area Jetty PT Lotte Chemical Indonesia.....	11
Gambar 2. 2 Jetty Control Building	12
Gambar 2. 3 Penerangan Jalan Umum (PJU)	13
Gambar 2. 4 Closed Circuit Television (CCTV)	13
Gambar 2. 5 Diagram Sistem Kelistrikan Eksisting	14
Gambar 2. 6 Data Global Horizontal Irradiance (GHI) Tahun 2023-2024.....	16
Gambar 2. 7 Data Temperatur Rata-rata Bulanan Tahun 2023-2024.....	17
Gambar 2. 8 Data Kecepatan Angin Rata-rata Bulanan Tahun 2023-2024.....	18
Gambar 2. 9 Diagram Sistem PLTS Hybrid PLN.....	20
Gambar 3. 1 Struktur Dasar Sel Surya.....	26
Gambar 3. 2 Jenis Modul Panel Surya.....	27
Gambar 3. 3 Kurva Karakteristik I-V dan P-V Modul Surya	29
Gambar 3. 4 Sistem PLTS On-grid.....	30
Gambar 3. 5 Sistem PLTS Off-grid	31
Gambar 3. 6 Sistem PLTS Hybrid	32
Gambar 3. 7 DC Isolator Switch.....	36
Gambar 3. 8 MCB (Miniatur Circuit Breaker).....	36
Gambar 3. 9 Komponen Fuse	38
Gambar 3. 10 Kabel NYY.....	39
Gambar 3. 11 Kabel NYAF	39
Gambar 3. 12 Kabel PV1-F.....	40
Gambar 3. 13 Sistem Pertanahan Bumi	40
Gambar 3. 14 Software SketchUp.....	54
Gambar 3. 15 Software PVsyst.....	55
Gambar 3. 16 Tarif Listrik PLN.....	61
Gambar 3. 17 Diagram Alir	63
Gambar 4. 1 Surge Protection Device.....	37
Gambar 4. 3 Tampilan Isometrik Bangunan Jetty Control Building dengan Sistem PLTS Rooftop	78
Gambar 4. 4 Tampak Atas (Top View) Tata Letak Panel Surya pada Rooftop JCB	78

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4. 5 Tampilan Isometrik Jarak Dekat pada Susunan Modul Surya di Rooftop.....	79
Gambar 4. 6 ampak Atas Detail Susunan Dua String Modul Surya	79
Gambar 4. 7 Main Results Grafik Normalized Productions dan Performance Ratio Simulasi Pvsyst.....	81
Gambar 4. 8 Balances and Main Results Simulasi PVsyst	82
Gambar 4. 9 Grafik Kumulatif PVNCF Terhadap Tahun Proyek	90
Gambar 4. 10 Grafik Penyusutan Aset Terhadap Nilai Proyek	93
Gambar 4. 11 Kurva Batas Risiko (Limit Curve) dan Pergerakan Titik Risiko Sebelum-Sesudah Mitigasi.....	99





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Informasi Capstone Project.....	9
Tabel 2. 2 Data Client	9
Tabel 2. 3 Informasi Project Coach 1.....	10
Tabel 2. 4 Informasi Project Coach 2.....	10
Tabel 2. 5 Informasi Member Project	10
Tabel 2. 6 Data Beban Listrik	15
Tabel 2. 7 Pemangku Kepentingan (Stakeholder).....	23
Tabel 3. 1 Luas Penampang Minimum Kabel Grounding Berdasarkan Luas Penampang Kabel Fasa	46
Tabel 3. 2 Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	66
Tabel 4. 1 Parameter Lokasi dan Sudut Pemasangan Panel Surya	74
Tabel 4. 2 Kebutuhan Material Struktur Mounting.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 3 Biaya Investasi PLTS.....	84
Tabel 4. 4 Cashflow Proyek PLTS Hybrid	89
Tabel 4. 5 Hasil Analisa Kelayakan Investasi.....	93
Tabel 4. 6 Perbandingan Biaya Energi PLTS dengan Sumber Energi Lain	95
Tabel 4. 7 Skala Penilaian Resiko.....	96
Tabel 4. 8 Identifikasi Risiko dan Strategi Mitigasi Proyek PLTS Area Jetty PT Lotte Chemical Indonesia	98



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan utama dalam menunjang kegiatan operasional pada sektor industri. Seiring dengan meningkatnya aktivitas industri, kebutuhan energi listrik juga mengalami peningkatan yang signifikan. Hingga saat ini, sebagian besar kebutuhan energi listrik masih dipenuhi oleh sumber energi fosil yang memiliki keterbatasan cadangan dan memberikan dampak terhadap lingkungan melalui emisi gas rumah kaca. Kondisi ini sejalan dengan target Kebijakan Energi Nasional (RUEN) yang menetapkan porsi energi terbarukan sebesar 23% dalam bauran energi nasional pada tahun 2025, sebagai upaya mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil [1]. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk meningkatkan pemanfaatan energi terbarukan sebagai sumber energi alternatif yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan di Indonesia adalah energi surya. Letak geografis Indonesia yang berada di wilayah khatulistiwa menyebabkan intensitas radiasi matahari relatif tinggi sepanjang tahun, sebagaimana ditunjukkan pada studi perencanaan PLTS di Gedung ICT Universitas Diponegoro yang mencatat tingkat radiasi rata-rata sebesar 5,52 kWh/m²/hari berdasarkan data NASA Power Data Access Viewer [2]. sehingga memberikan peluang yang baik untuk penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Pemanfaatan energi surya melalui PLTS tidak hanya dapat membantu mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil, tetapi juga mendukung program pemerintah dalam meningkatkan bauran energi baru dan terbarukan [1].

PT Lotte Chemical Indonesia merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri petrokimia dan memiliki berbagai fasilitas pendukung operasional, salah satunya adalah area *jetty*. Area *jetty* memiliki peran penting dalam mendukung aktivitas logistik perusahaan sehingga memerlukan sistem kelistrikan yang andal untuk menunjang operasional, penerangan, serta sistem keamanan. Studi



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

perencanaan sistem *hybrid* pada fasilitas pelabuhan menunjukkan bahwa penerapan pembangkit *hybrid* pada area kepelabuhanan mampu menekan konsumsi bahan bakar hingga 67% dibandingkan sistem konvensional berbasis diesel generator [3], yang menegaskan relevansi penerapan sistem serupa pada fasilitas *jetty* yang memiliki karakteristik operasional sebanding. Keandalan pasokan energi listrik pada area tersebut menjadi faktor yang sangat penting untuk menjaga keselamatan kerja dan kelancaran aktivitas operasional perusahaan.

Salah satu alternatif yang dapat diterapkan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi dan keandalan sistem kelistrikan adalah dengan memanfaatkan sistem PLTS *hybrid*. Sistem PLTS *hybrid* pada perencanaan ini menempatkan energi surya sebagai sumber utama, jaringan PLN sebagai sumber cadangan pertama, dan baterai sebagai sumber cadangan kedua yang bekerja apabila pasokan dari PLTS maupun PLN sama-sama tidak tersedia atau mengalami gangguan. Konfigurasi ini memungkinkan sistem tetap dapat beroperasi secara optimal meskipun terjadi perubahan kondisi cuaca maupun gangguan pada salah satu sumber energi, mengingat secara konseptual sistem *hybrid* merupakan penggabungan dua atau lebih sumber listrik yang saling melengkapi untuk mencapai keandalan pasokan yang lebih baik [4] [5].

Selain meningkatkan keandalan pasokan energi, penggunaan sistem PLTS *hybrid* juga dapat mengoptimalkan pemanfaatan energi surya yang dihasilkan pada siang hari, sementara jaringan PLN menjaga kontinuitas pasokan saat produksi PLTS menurun, dan baterai berperan sebagai lapisan cadangan terakhir untuk menjaga kelangsungan operasional area *jetty* pada kondisi kritis. Dengan adanya integrasi antara panel surya, jaringan PLN, dan baterai, sistem *hybrid* mampu memberikan fleksibilitas operasi yang lebih baik dibandingkan sistem PLTS konvensional, sebagaimana ditunjukkan pada penerapan sistem *hybrid* tiga sumber (PLN sebagai sumber utama, PLTS sebagai sumber kedua, dan genset sebagai cadangan) yang mampu menjaga kontinuitas pasokan listrik pada beban-beban prioritas [6]. Konsep fleksibilitas serupa juga diterapkan pada smart *microgrid* kawasan industri terpadu yang menggunakan sistem manajemen energi (*Energy Management System*) untuk mengatur aliran daya dan menjaga stabilitas tegangan



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

maupun frekuensi baik pada mode terhubung jaringan (*grid-connected*) maupun mode mandiri (*islanded*) [7].

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan suatu perencanaan sistem PLTS hybrid yang sesuai dengan kebutuhan operasional pada area jetty PT Lotte Chemical Indonesia. Perencanaan ini dilakukan untuk menentukan konfigurasi sistem, kapasitas komponen utama, serta kebutuhan peralatan pendukung, mengacu pada pendekatan perencanaan PLTS *hybrid* yang mengintegrasikan perhitungan kapasitas modul surya, baterai, dan inverter [2] [8], sehingga diperoleh rancangan sistem yang andal, efisien, dan mampu mendukung pemanfaatan energi terbarukan di lingkungan industri.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam capstone project ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan kapasitas sistem PLTS *hybrid* yang sesuai dengan kebutuhan beban di area *jetty* PT Lotte Chemical Indonesia, dengan konfigurasi PLTS sebagai sumber utama, PLN sebagai cadangan pertama, dan baterai sebagai cadangan kedua?
2. Bagaimana merancang sistem proteksi dan *grounding internal* pada sistem PLTS *hybrid* agar aman dari gangguan tegangan lebih, sambaran petir, serta risiko bahaya kelistrikan bagi personel dan peralatan di area *jetty*?
3. Bagaimana merancang struktur *mounting* panel surya pada area *jetty* PT Lotte Chemical Indonesia yang mampu menahan beban angin dan tahan terhadap korosi akibat kondisi lingkungan pesisir dan industri?
4. Bagaimana hasil simulasi produksi energi sistem PLTS *hybrid* menggunakan perangkat lunak Pvsyst berdasarkan kondisi geografis dan iklim di lokasi *jetty* PT Lotte Chemical Indonesia?
5. Bagaimana kelayakan investasi dari perancangan sistem PLTS *hybrid* di *jetty* PT Lotte Chemical Indonesia ditinjau dari aspek ekonomi?



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari capstone project ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan kapasitas sistem PLTS *hybrid* yang sesuai dengan kebutuhan beban di area jetty PT Lotte Chemical Indonesia, dengan konfigurasi PLTS sebagai sumber utama, PLN sebagai cadangan pertama, dan baterai sebagai cadangan kedua.
2. Merancang sistem proteksi dan *grounding internal* pada sistem PLTS *hybrid* agar aman dari gangguan tegangan lebih, sambaran petir, serta risiko bahaya kelistrikan bagi personel dan peralatan di area *jetty*.
3. Merancang struktur *mounting* panel surya pada area *jetty* PT Lotte Chemical Indonesia yang mampu menahan beban angin dan tahan terhadap korosi akibat kondisi lingkungan pesisir dan industri.
4. Mendapatkan hasil simulasi produksi energi sistem PLTS *hybrid* menggunakan perangkat lunak PVsyst berdasarkan kondisi geografis dan iklim di lokasi *jetty* PT Lotte Chemical Indonesia.
5. Menganalisis kelayakan investasi dari perencanaan sistem PLTS *hybrid* di *jetty* PT Lotte Chemical Indonesia ditinjau dari aspek ekonomi.

1.4 Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam capstone project ini lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan yang telah ditetapkan, maka permasalahan dibatasi sebagai berikut:

1. Perencanaan ini dilakukan khusus pada area jetty PT Lotte Chemical Indonesia dan tidak mencakup area operasional lain di lingkungan perusahaan.
2. Sistem PLTS *hybrid* yang dirancang menggunakan konfigurasi PLTS sebagai sumber utama, jaringan PLN sebagai sumber cadangan pertama, dan baterai sebagai sumber cadangan kedua.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Penentuan kapasitas sistem PLTS hybrid didasarkan pada data kebutuhan beban di area jetty, tanpa membahas perencanaan jaringan distribusi listrik di luar area tersebut.
4. Perancangan sistem proteksi dibatasi pada Surge Protection Device (SPD) dan pengaman arus lebih pada sisi PLTS, serta sistem grounding internal, tanpa membahas sistem proteksi pada jaringan distribusi PLN eksisting secara keseluruhan.
5. Perancangan struktur *mounting* panel surya dibatasi pada aspek pemilihan material tahan korosi dan perhitungan kekuatan struktur terhadap beban angin, tanpa membahas analisis struktur bangunan jetty secara keseluruhan (dermaga, pondasi, dan konstruksi sipil lainnya).
6. Simulasi produksi energi dilakukan menggunakan perangkat lunak PVsyst dengan data iklim dan radiasi matahari pada lokasi jetty PT Lotte Chemical Indonesia.
7. Analisis ekonomi mencakup estimasi biaya investasi awal (*capital expenditure*) untuk pengadaan komponen utama sistem PLTS hybrid, biaya operasional dan perawatan, serta hasil simulasi produksi energi, yang selanjutnya dievaluasi menggunakan parameter Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), dan Discounted Payback Period (DPP), tanpa membahas skema pembiayaan atau pendanaan proyek secara mendetail.
8. Perencanaan ini bersifat studi teknis dan tidak sampai pada tahap pengadaan, instalasi, maupun implementasi fisik di lapangan.

1.5 Metode Penyelesaian

Metode penyelesaian yang digunakan dalam capstone project ini meliputi:

1. Studi Literatur

Tahap ini dilakukan dengan mengumpulkan dan mempelajari referensi terkait sistem PLTS hybrid, meliputi konsep dasar PLTS, sistem proteksi dan grounding, perancangan struktur *mounting*, simulasi PVsyst, serta analisis kelayakan ekonomi, yang bersumber dari jurnal ilmiah, buku, standar teknis (SNI/IEC/PUIL), dan datasheet komponen.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan meliputi data primer dan sekunder, antara lain:

- Data kebutuhan beban listrik di area jetty PT Lotte Chemical Indonesia.
- Data geografis, iklim, dan intensitas radiasi matahari lokasi jetty.
- Data kondisi lingkungan (kecepatan angin, kelembapan, dan paparan udara pesisir) untuk kebutuhan analisis mekanikal.
- Data spesifikasi teknis komponen PLTS (panel surya, inverter, baterai, dan peralatan proteksi).
- Data harga komponen dan biaya operasional untuk kebutuhan analisis ekonomi.

3. Perancangan Sistem Elektrikal

Menentukan kapasitas sistem PLTS hybrid berdasarkan profil beban, merancang sistem proteksi (SPD dan pengaman arus lebih), serta merancang sistem grounding internal sesuai standar yang berlaku.

4. Perancangan Struktur Mekanikal

Merancang struktur *mounting* panel surya, meliputi pemilihan material tahan korosi dan perhitungan kekuatan struktur terhadap beban angin, berdasarkan kapasitas dan jumlah panel yang telah ditentukan pada tahap perancangan elektrikal.

5. Simulasi PVsyst

Melakukan simulasi produksi energi sistem PLTS menggunakan perangkat lunak PVsyst berdasarkan data geografis, iklim, konfigurasi array, serta rugi-rugi sistem, untuk memvalidasi kapasitas dan estimasi energi tahunan yang dihasilkan.

6. Analisis Kelayakan Ekonomi

Menghitung estimasi biaya investasi awal, biaya operasional dan perawatan, serta melakukan analisis kelayakan investasi menggunakan parameter Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), dan Discounted Payback Period (DPP) berdasarkan hasil simulasi produksi energi pada tahap sebelumnya.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

7. Penarikan Kesimpulan

Menyusun kesimpulan berdasarkan hasil perancangan dan analisis dari keempat aspek (mekanikal, elektrik, PVsyst, dan ekonomi) untuk menjawab rumusan masalah dan tujuan penelitian yang telah ditetapkan.

1.6 Manfaat Penulisan

Manfaat yang diharapkan dari penyusunan capstone project ini adalah:

1. Bagi Mahasiswa

Penulisan capstone project ini diharapkan dapat menambah wawasan dan pemahaman mengenai teknologi energi terbarukan, khususnya sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Hybrid. Selain itu, kegiatan ini juga dapat meningkatkan kemampuan dalam melakukan analisis, perancangan, dan evaluasi sistem kelistrikan berbasis energi surya yang diterapkan pada sektor industri.

2. Bagi Institusi Pendidikan

Penulisan *capstone project* ini diharapkan dapat menjadi referensi akademik yang dapat digunakan dalam kegiatan pembelajaran maupun penelitian di bidang energi terbarukan dan sistem kelistrikan industri.

3. Bagi Perusahaan

Hasil dari *capstone project* ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pengembangan sistem energi berbasis energi terbarukan di lingkungan perusahaan. Selain itu, perancangan yang dihasilkan dapat menjadi alternatif solusi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi serta keandalan sistem kelistrikan pada area *jetty* PT Lotte Chemical Indonesia.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan *capstone project* ini disusun untuk memudahkan pembahasan dan memberikan gambaran mengenai isi laporan secara keseluruhan. Adapun sistematika penulisan laporan ini adalah sebagai berikut:

1. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metode penyelesaian, manfaat penulisan, dan sistematika penulisan yang menjadi dasar pelaksanaan *capstone project*.

2. BAB II DESKRIPSI SITUASI AWAL

Bab ini berisi gambaran umum mengenai PT Lotte Chemical Indonesia dan area jetty sebagai objek perancangan. Selain itu, bab ini menjelaskan kondisi eksisting sistem kelistrikan, identifikasi permasalahan, kebutuhan energi, serta potensi penerapan sistem PLTS Hybrid pada area jetty.

3. BAB III TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi teori-teori yang mendukung pelaksanaan *capstone project*, meliputi energi surya, Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), sistem PLTS Hybrid, modul surya, inverter hybrid, baterai, sistem proteksi, perancangan mekanikal, perangkat lunak PVsyst, analisis ekonomi, serta penelitian terdahulu yang relevan.

4. BAB IV HASIL ANALISA DAN DISKUSI

Bab ini berisi hasil analisis dan pembahasan yang meliputi analisis kebutuhan energi listrik, perancangan teknis sistem PLTS Hybrid, perancangan mekanikal, hasil simulasi menggunakan perangkat lunak PVsyst, serta analisis ekonomi dan evaluasi hasil perancangan yang diperoleh.

5. BAB V REKOMENDASI CLIENT

Bab ini berisi rekomendasi yang diberikan kepada PT Lotte Chemical Indonesia berdasarkan hasil analisis dan perancangan yang telah dilakukan. Rekomendasi tersebut mencakup usulan implementasi sistem PLTS Hybrid, pertimbangan teknis dan ekonomi, serta pengembangan sistem di masa mendatang.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

REKOMENDASI UNTUK CLIENT

Berdasarkan hasil perancangan, analisis teknis, evaluasi kelayakan ekonomi, simulasi PVsyst, dan manajemen risiko yang telah dibahas pada Bab III dan Bab IV, bab ini menyajikan rekomendasi bagi PT Lotte Chemical Indonesia sebagai klien terkait rencana implementasi sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Hybrid PLN rooftop* di Area *Jetty Control Building*.

5.1 Rekomendasi Teknis

1. Kapasitas sistem. Sistem PLTS *Hybrid PLN* direkomendasikan dibangun dengan kapasitas terpasang 7,2 kWp (16 unit modul surya 450 Wp, konfigurasi 2 *string* × 8 modul), sesuai hasil perhitungan kapasitas pada subbab 4.1. Kapasitas ini disesuaikan dengan luas area *rooftop* yang tersedia di *Jetty Control Building*, dan terbukti lebih dari cukup untuk memenuhi kebutuhan sistem CCTV dan PJU (Penerangan Jalan Umum) berdasarkan hasil simulasi PVsyst pada subbab 4.4.
2. Berdasarkan hasil analisis simulasi struktur mounting PLTS menggunakan SolidWorks Simulation, struktur yang dirancang menunjukkan respons deformasi yang relatif kecil terhadap beban yang diberikan dan memenuhi kriteria batas lendutan $L/200$. Dengan demikian, desain struktur mounting yang terdiri dari railing aluminium, penyangga, dan baseplate direkomendasikan untuk digunakan dalam pemasangan PLTS rooftop sesuai dengan konfigurasi dan parameter desain yang telah dianalisis. Namun, untuk memastikan keandalan struktur selama masa operasional, disarankan agar pelaksanaan pemasangan mengikuti spesifikasi desain, metode instalasi, dan sistem pengencangan yang telah ditentukan, serta dilakukan pemeriksaan berkala terhadap kondisi railing, penyangga, baseplate, dan sambungan untuk memastikan tidak terjadi kelonggaran, deformasi, atau kerusakan akibat beban lingkungan dan kondisi operasional.
3. Sistem proteksi. Seluruh sistem kelistrikan agar dilengkapi proteksi DC Isolator, MCB, Fuse, SPD (pada sisi DC, AC keluaran inverter, dan AC

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

masuk PLN), serta sistem *grounding* sesuai standar PUIL 2011, mengingat area *jetty* merupakan area terbuka dengan risiko sambaran petir yang relatif tinggi.

4. Kapasitas penyimpanan baterai. Baterai LiFePO₄ 48VDC 100Ah yang direncanakan sudah memadai untuk menampung surplus energi dari kebutuhan CCTV dan PJU, mengingat hasil simulasi PVsyst menunjukkan produksi tahunan sistem jauh melebihi kebutuhan beban tersebut (subbab 4.4). Skema *hybrid* dengan PLN memastikan pasokan listrik tetap andal saat produksi PLTS tidak mencukupi (malam hari atau cuaca mendung), sementara baterai menampung surplus energi pada siang hari. Klien disarankan mengevaluasi kapasitas baterai secara berkala apabila beban CCTV/PJU bertambah di masa mendatang.
5. Validasi lapangan sebelum konstruksi. Klien direkomendasikan untuk melakukan survei ulang (*on-site measurement*) guna memvalidasi kesesuaian antara hasil desain (sudut kemiringan, dimensi *rooftop*, kondisi struktur atap eksisting) dengan kondisi aktual di lapangan sebelum tahap konstruksi dimulai, sebagaimana juga telah diidentifikasi sebagai salah satu risiko utama pada subbab 4.6 (Risiko No. 1 dan No. 3).

5.2 Rekomendasi Ekonomi dan Investasi

1. Kelayakan investasi. Berdasarkan hasil analisis ekonomi pada subbab 4.5, seluruh indikator kelayakan investasi (NPV, BCR, DPP, dan IRR) menunjukkan hasil positif, sehingga investasi PLTS *Hybrid* PLN ini direkomendasikan untuk dilanjutkan ke tahap implementasi. Periode pengembalian modal (DPP) yang relatif singkat dibandingkan umur proyek (25 tahun) menunjukkan risiko finansial yang terkendali.
2. Skema pendanaan. Mengingat total investasi awal yang dibutuhkan, klien disarankan mempertimbangkan skema pendanaan melalui pinjaman perbankan dengan tingkat suku bunga yang kompetitif, sebagaimana asumsi yang digunakan dalam perhitungan kelayakan pada penelitian ini (5,75%).
3. Anggaran cadangan. Mengacu pada risiko kenaikan harga material tidak terduga dan potensi anggaran minimum (subbab 4.6, Risiko No. 11 dan No. 12), klien disarankan menyediakan alokasi anggaran cadangan (*contingency*

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

budget) sebesar 10–15% dari total investasi awal untuk mengantisipasi fluktuasi harga komponen pada saat pengadaan.

5.3 Rekomendasi Implementasi dan Operasional

1. Pemilihan vendor dan kontraktor. Klien direkomendasikan memilih vendor/EPC (*Engineering, Procurement, Construction*) yang memiliki pengalaman dan rekam jejak yang baik dalam pembangunan PLTS *Hybrid* PLN *rooftop*, disertai perjanjian kerja sama (MoU) yang mencakup jaminan kualitas komponen dan garansi produk.
2. Standar Operasional Prosedur (SOP). Perlu disusun SOP instalasi, SOP keselamatan kerja (K3), serta SOP operasional dan pemeliharaan (O&M) sebelum pelaksanaan konstruksi, guna meminimalkan risiko kecelakaan kerja dan kesalahan instalasi yang telah diidentifikasi pada manajemen risiko (subbab 4.6).
3. Pelatihan dan dokumentasi. Klien disarankan memastikan tim operasional internal (atau pihak yang ditunjuk) menerima pelatihan pengoperasian sistem PLTS *Hybrid* PLN, termasuk mekanisme perpindahan (*transfer*) antara sumber PLTS, baterai, dan PLN, serta menerima dokumen *manual book* yang lengkap, untuk mencegah kesalahan pengoperasian yang dapat memperpendek umur pakai sistem.
4. Pemeliharaan berkala. Mengingat lokasi *jetty* yang rentan terhadap debu, garam, dan kelembapan tinggi, direkomendasikan jadwal pembersihan modul surya secara berkala (disarankan setiap 2–4 minggu) serta inspeksi rutin terhadap kekencangan *bracket*, kondisi kabel, dan performa inverter.
5. Pemanfaatan surplus energi. Mengingat hasil simulasi PVsyst menunjukkan produksi energi PLTS jauh melebihi kebutuhan CCTV dan PJU, klien disarankan mempertimbangkan pemanfaatan surplus energi tersebut untuk beban tambahan lain di sekitar area *jetty*, agar kapasitas terpasang dapat dimanfaatkan secara lebih optimal sebelum disalurkan kembali ke PLN atau disimpan di baterai.
6. Sistem monitoring. Klien disarankan mengintegrasikan sistem *monitoring* performa (misalnya melalui aplikasi *monitoring* bawaan inverter) untuk memantau produksi energi PLTS, status pengisian baterai, dan konsumsi

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

dari PLN secara *real-time*, sehingga penurunan performa akibat *shading*, kotoran, atau kerusakan komponen dapat terdeteksi lebih dini.

5.4 Rekomendasi Manajemen Risiko

Mengacu pada hasil analisis manajemen risiko pada subbab 4.6, terdapat beberapa risiko dengan skor tertinggi (skor 25 sebelum mitigasi) yang memerlukan perhatian khusus dari klien, yaitu:

1. Perancangan alat di bawah standar kebutuhan (Risiko No. 3) — klien perlu memastikan proses desain divalidasi melalui dua metode (perhitungan *software* dan manual) serta pengukuran lapangan.
2. Barang rusak saat pengadaan (Risiko No. 4) — klien disarankan menetapkan klausul *quality control* dan garansi dalam kontrak pengadaan dengan vendor.
3. Kecelakaan kerja dan kegagalan struktur atap (Risiko No. 7 dan No. 8) — klien wajib memastikan kontraktor menerapkan standar K3 yang ketat serta melakukan analisis struktur (*stress analysis*) sebelum konstruksi.
4. Keterbatasan anggaran (Risiko No. 12) — klien disarankan menyiapkan skema pendanaan alternatif sejak tahap perencanaan awal.

Seluruh strategi mitigasi yang telah dirancang pada Tabel 4.7 disarankan untuk diterapkan secara konsisten sepanjang siklus proyek, mulai dari tahap perencanaan hingga operasional pasca-instalasi.

5.5 Rekomendasi Kajian Lanjutan

Beberapa aspek berikut disarankan untuk dikaji lebih lanjut sebelum implementasi akhir, guna meningkatkan akurasi dan keandalan hasil perencanaan:

1. Sinkronisasi spesifikasi modul surya. Terdapat perbedaan spesifikasi modul antara hasil perhitungan kapasitas manual (450 Wp) dengan hasil simulasi PVsyst (485 Wp). Klien disarankan memastikan spesifikasi modul final sebelum pengadaan, dan melakukan penyesuaian ulang pada perhitungan produksi energi serta analisis ekonomi apabila terjadi perubahan spesifikasi.
2. Validasi sudut kemiringan pada simulasi PVsyst. Simulasi PVsyst pada penelitian ini menggunakan orientasi *horizontal plane* (0°), sedangkan

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

desain akhir mekanikal menetapkan sudut kemiringan 10° . Disarankan dilakukan simulasi ulang PVsyst dengan parameter sudut kemiringan aktual (10°) dan orientasi menghadap utara, agar estimasi produksi energi lebih representatif terhadap desain akhir yang akan diimplementasikan.

3. Verifikasi golongan tarif listrik PLN. Nilai tarif listrik yang digunakan dalam analisis ekonomi (Rp1.444,70/kWh) mengacu pada golongan tarif rumah tangga/bisnis kecil. Mengingat PT Lotte Chemical Indonesia merupakan fasilitas industri, klien disarankan memverifikasi golongan tarif PLN yang berlaku secara aktual pada meteran area *jetty*, karena golongan industri umumnya memiliki tarif yang berbeda, yang dapat memengaruhi hasil perhitungan penghematan biaya dan kelayakan investasi.
4. Penyesuaian nilai ESH (*Equivalent Sun Hours*). Disarankan dilakukan pengukuran iradiasi matahari secara langsung di lokasi (*on-site measurement*) selama minimal satu tahun untuk memperoleh nilai ESH yang lebih akurat dibandingkan estimasi berbasis data satelit, guna meningkatkan keandalan proyeksi produksi energi jangka panjang.
5. Kejelasan skenario beban. Klien disarankan memastikan kejelasan skenario beban yang dilayani sistem PLTS *Hybrid* PLN ini — apakah terbatas pada kebutuhan CCTV dan PJU (4.380 kWh/tahun) sebagaimana asumsi pada simulasi PVsyst, atau juga mencakup beban lain di area *jetty* agar perencanaan kapasitas, mekanisme *hybrid switching* dengan PLN, dan pemanfaatan surplus energi ke depan dapat direncanakan secara lebih terarah.