

SKRIPSI

**DESAIN PENDAHULUAN TATA RUANG MODUL PANEL SURYA DAN
KOMPONEN PENDUKUNG PADA AREA 350 HEKTAR**



**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

OLEH:

DWIRIANSYAH ABDILAH

03041282025086

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
KONSENTRASI TEKNIK TENAGA LISTRIK
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2025

LEMBAR PENGESAHAN

**DESAIN PENDAHULUAN TATA RUANG MODUL PANEL SURYA DAN
KOMPONEN PENDUKUNG PADA AREA 350 HEKTAR**



SKRIPSI

**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

OLEH:

DWIRIANSYAH ABDILAH


03041282025086

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Indralaya, 25 Februari 2025

Pembimbing Tugas Akhir



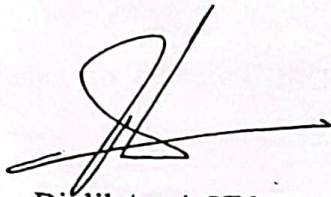
Ir. Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng.,
Ph.D., IRU, APEC., Eng.
NIP.197108141999031005



Ir. Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng.,
Ph.D., IPU, APEC., Eng.
NIP.197108141999031005

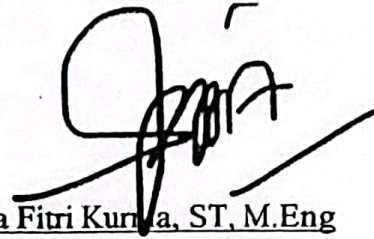
Palembang, 24 Februari 2025

Dosen Penguji 1



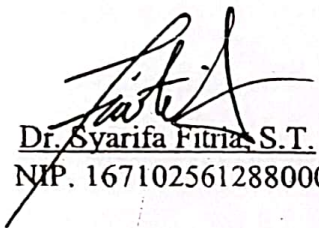
Djulil Amri, ST.MT
NIP. 196507131997021001

Dosen Penguji 2



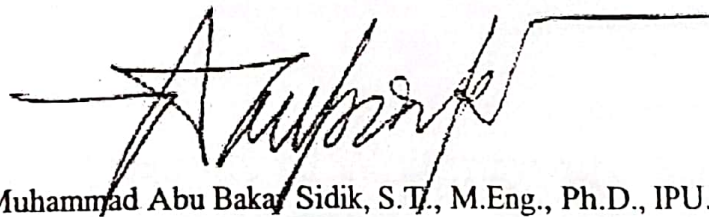
Rizda Fitri Kurnia, ST, M.Eng
NIP. 198705312008122002

Dosen Penguji 3



Dr. Syarifita Fitria, S.T.
NIP. 1671025612880004

Mengetahui,
Dosen Pembimbing



Ir. Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU.
APEC., Eng.
NIP. 197108141999031005



LEMBAR DEKLARASI INTEGRITAS

Yang Bertandatangan dibawah ini:

Nama : Dwiriansyah Abdilah
NIM : 03041282025086
Fakultas : Teknik
Program Studi/Jurusan : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya
Hasil pengecekan *software iThenticate/Turnitin* : 8%

Menyatakan bahwa karya ilmiah yang berjudul "**DESAIN PENDAHULUAN TATA RUANG MODUL PANEL SURYA DAN KOMPONEN PENDUKUNG PADA AREA 350 HEKTAR**" adalah hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari karya ilmiah ini merupakan hasil plagiat terhadap karya ilmiah orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan dan menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sadar dan tanpa paksaan.

Indralaya, 25 Februari 2025

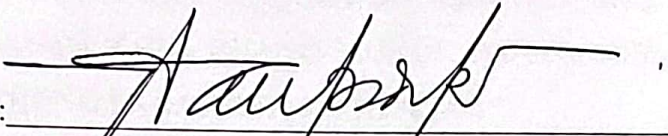


Dwiriansyah Abdilah

PERSETUJUAN

Saya, sebagai pembimbing dengan ini menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui tesis ini dan dalam pandangan saya ruang lingkup dan kualitas tesis ini cukup memadai sebagai tesis untuk mahasiswa program sarjana (S1).

Tanda Tangan



Pembimbing

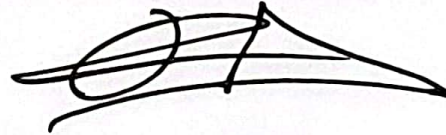
: Ir. Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU.
APEC.,Eng.

Tanggal

: _____ / _____ / _____

memberikan komentar dan saran yang membangun. Semoga upaya akhir ini bermanfaat bagi semua.

Indralaya, 25 Februari 2024

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right.

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Bismillahirrohmanirrohim

Segala puji bagi Allah SWT, Tuhan semesta alam

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT dan sholawat serta salam teriring kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga dan para sahabat. Berkat rahmat, karunia, dan ridho Allah SWT, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **"DESAIN PENDAHULUAN TATA RUANG MODUL PANEL SURYA DAN KOMPONEN PENDUKUNG PADA AREA 350 HEKTAR"**.

Penyusunan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ayahanda (Andy Prasetya) dan Ibunda (Yulia Susilawati) selaku orang tua yang tidak pernah berhenti mendoakan dan memberikan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Ir. Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
3. Seluruh dosen Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan di Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Jurusan Teknik Elektro.
4. Anggota keluarga, saudari Febianti Yulanda Wulandari dan Indah Tri Wulandari secara konsisten mendoakan, memberikan nasihat, dan membantu selama ini.
5. Teman-teman mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.
6. Teman-teman sebimbingan Alif Pratama, Alif Wicaksono, Darmawan Fahreza, Rizki Aidil, dan Rizki Raihan.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak masalah dalam pembuatan tesis ini. Oleh karena itu, semua pihak yang berkepentingan sangat diharapkan untuk

memberikan komentar dan saran yang membangun. Semoga upaya akhir ini bermanfaat bagi semua.

Indralaya, 25 Februari 2024

Penulis

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai anggota akademisi Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dwiriansyah Abdilah
NIM : 03041282025086
Jurusan : Teknik Elektro
Tipe pekerjaan : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**DESAIN PENDAHULUAN TATA RUANG MODUL PANEL SURYA DAN
KOMPONEN PENDUKUNG PADA AREA 350 HEKTAR**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan), dengan Hak Bebas Royalti Non eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Palembang

Pada : 25 Februari
2025

Dengan ini,



Dwiriansyah Abdilah

NIM. 03041282025086

ABSTRAK

**DESAIN PENDAHULUAN TATA RUANG MODUL PANEL
SURYA DAN KOMPONEN PENDUKUNG PADA AREA 350 HEKTAR**

(Dwiriansyah Abdilah, 03041282025086, 2025, xix + 132 Halaman. + Lampiran)

Listrik menjadi kebutuhan utama di semua bidang kehidupan, termasuk energi dari sumber terbarukan. Indonesia berkomitmen meningkatkan kontribusi energi terbarukan hingga 23% dalam bauran energi nasional pada 2025. Salah satu langkah strategis adalah pengembangan PLTS besar seperti PLTS Cirata (145 MW) di Jawa Barat. Namun, kapasitas terpasang PLTS di Indonesia masih kecil dibandingkan potensi energi surya yang ada, khususnya di Sumatera, di mana kebutuhan listrik tumbuh 7% per tahun selama lima tahun terakhir. Penelitian ini bertujuan merancang PLTS 300 MW di Tanjung Pasir, Sumatera Selatan. Perancangan meliputi pembuatan *Single Line Diagram* (SLD) dan *Detailed Engineering Design* (DED), pengukuran kabel, *layout*, konfigurasi sistem, *wiring diagram*, hingga arsitektur SCADA menggunakan AutoCAD. Simulasi sistem dilakukan dengan PVsyst. Hasil simulasi menunjukkan lokasi Tanjung Pasir memiliki intensitas radiasi matahari tinggi dan karakteristik geografis optimal untuk mendukung pengembangan PLTS, yakni dengan *Global Horizontal Irradiation* (GHI) sebesar 1706.1 kWh/m². Hasil simulasi sistem PLTS ini menghasilkan produksi energi sebesar 464,838,089 kWh/tahun, dengan *specific production* mencapai 1456 kWh/kWp/tahun, dan *Performance Ratio* (PR) sebesar 82.63%. Penelitian ini menghasilkan rancangan PLTS skala besar pertama di Sumatera Selatan, yang diharapkan memenuhi kebutuhan listrik yang terus meningkat serta mendukung target transisi energi nasional menuju sumber yang lebih bersih dan berkelanjutan.

Kata kunci: PLTS; Energi Terbarukan; PVsyst; AutoCAD;

ABSTRACT**Preliminary Design of Solar Panel Layout and Supporting Components in a 350-Hectare Area****(Dwiriansyah Abdilah, 03041282025086, 2024, xix + 132 pages. + Attachment)**

Electricity has become a primary necessity in all aspects of life, including energy from renewable sources. Indonesia is committed to increasing the contribution of renewable energy to 23% in the national energy mix by 2025. One of the strategic steps is the development of large-scale solar power plants (PLTS) such as the Cirata PLTS (145 MW) in West Java. However, the installed capacity of PLTS in Indonesia is still small compared to the potential solar energy available, especially in Sumatra, where electricity demand has grown by 7% per year over the past five years. This research aims to design a 300 MW PLTS in Tanjung Paser, South Sumatra. The design includes the creation of a Single Line Diagram (SLD) and Detailed Engineering Design (DED), cable measurements, layout, system configuration, wiring diagrams, and SCADA architecture using AutoCAD. System simulations were conducted using PVsyst. The simulation results show that the Tanjung Paser location has high solar radiation intensity and optimal geographical characteristics to support the development of solar power plants (PLTS), with a Global Horizontal Irradiation (GHI) of 1706.1 kWh/m². The results of this PLTS system simulation produce an energy output of 464,838,089 kWh per year, with specific production reaching 1456 kWh/kWp/year, and a Performance Ratio (PR) of 82.63%. This study has produced the first large-scale PLTS design in South Sumatra, which is expected to meet the growing electricity demand and support the national energy transition target towards cleaner and more sustainable sources.

Key word: PLTS; Renewable Energy; PVSyst; AutoCAD;

DAFTAR ISI

COVER	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR DEKLARASI INTEGRITAS	iii
PERSETUJUAN	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR PERSAMAAN.....	xix
DAFTAR ISTILAH	xx
NOMENKLATUR.....	xxiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.1 Tujuan Penelitian	3
1.3 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
1.4 Hipotesis Penelitian.....	3

1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Prinsip Kerja Panel Surya	5
2.2 Material Sel Surya.....	5
2.3 Rangkaian Listrik dan Hubungan Seri-Paralel.....	6
2.4 Koneksi Listrik Pada Modul Surya	8
2.5 Komponen Kelistrikan dan Koneksi Modul Surya	10
2.5.1 Komponen Kelistrikan DC.....	10
2.5.2 Komponen Kelistrikan AC.....	10
2.6 Klasifikasi PV Mounting System.....	11
2.6.1 Optimum Tilt Angle of Fixed	11
2.6.2 Horizontal single axis tracking	11
2.6.3 Diagonal Single Axis Tracking.....	12
2.6.4 Dual Axis Tracking	12
2.7 Penentuan Kapasitas PLTS On-Grid.....	13
2.7.4 Software Perancangan PLTS	13
2.7.5 Kapasitas Panel Surya	13
2.7.6 Kapasitas Inverter	14
2.8 Desain Sistem Kelistrikan	14
2.9 Penentuan Kabel DC	15
2.10 Penentuan Kabel AC.....	15
2.11 Sistem SCADA	15
2.12 Simulasi Menggunakan Software PVSyst	17
2.13 Penelitian Terdahulu	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	22

3.1 Lokasi Penelitian.....	22
3.2 Waktu Penelitian.....	22
3.1 Pengumpulan Data.....	22
3.2 Perangkat.....	23
3.3 Pengukuran Kabel DC.....	25
3.3.1 Perhitungan Arus Untuk Kabel DC.....	25
3.3.2 Perhitungan Luas Penampang Konduktor Minimum.....	25
3.3.3 Penerapan Faktor De-Rating.....	26
3.3.4 Kapasitas Arus Kabel Setelah De-Rating.....	26
3.3.5 Pemilihan Jenis Isolasi Kabel.....	27
3.3.6 Perhitungan Jumlah Kabel Paralel.....	27
3.3.7 Kalkulasi Penurunan Tegangan.....	27
3.3.8 Kalkulasi Persentase Penurunan Tegangan.....	28
3.4 Pengukuran Kabel AC.....	28
3.4.1 Perhitungan Arus untuk Kabel AC.....	28
3.4.2 Perhitungan Luas Penampang Konduktor Minimum.....	29
3.4.3 Penerapan Faktor De-Rating.....	29
3.4.4 Kapasitas Arus Kabel Setelah De-Rating.....	29
3.4.5 Pemilihan Jenis Isolasi Kabel.....	30
3.4.6 Perhitungan Jumlah Kabel Paralel.....	30
3.4.7 Kalkulasi Penurunan Tegangan.....	30
3.4.8 Kalkulasi Persentase Penurunan Tegangan.....	31
3.5 Proses Simulasi pada PVSyst.....	31
3.6 Proses Simulasi pada Global Solar Atlas.....	33
3.7 Diagram penelitian.....	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1 Pengumpulan Data dan Penentuan Parameter Desain Awal PLTS 300 MW ...	35

4.1.1 Data Iklim dan Lokasi PLTS di Tanjung Pasir	35
4.1.2 Penentuan Sudut Kemiringan dan Arah Orientasi Modul PV	39
4.2 Pemilihan Komponen Utama dan Konfigurasi Array PV.....	40
4.2.1 Konfigurasi Azimuth, Sudut Kemiringan, dan Pemilihan Modul Surya ...	40
4.2.2 Penentuan Konfigurasi Array PV dan Kapasitas Inverter	41
4.2.3 Simulasi dan Analisis Performa Inverter Menggunakan Software PVsyst	43
4.2.4 Analisis Pemilihan Central Inverter Modular dan Tunggal pada PLTS	44
4.2.5 Desain Layout Blok 5MW	46
4.2.5.1 Konfigurasi Array dan String Blok 5MW.....	46
4.2.5.2 Pengaturan Jarak Array dan Substation PV Blok 5 MW	47
4.2.5.3 Routing DC Cable Layout Blok 5 MW	48
4.2.5.4 Desain Penempatan Array PV pada Blok 5 MW	50
4.2.6 Desain Layout PLTS 300 MW.....	51
4.2.7 Detail Spesifikasi Khusus Komponen Single Block Layout (5 MW).....	52
4.2.7.1 Modul Surya.....	52
4.2.7.2 Central Inverter	53
4.2.7.3 Transformer Medium Voltage.....	55
4.2.7.4 Struktur Penopang dan Pondasi Modul Fotovoltaik	57
4.2.7.5 Combiner Box	58
4.2.7.6 Final Combiner Box	61
4.2.7.7 Medium Voltage (MV) Switchgear	64
4.2.8 Spesifikasi Kabel DC	67
4.2.8.1 Spesifikasi kabel dari String PV menuju Combiner Box.....	67
4.2.8.2 Spesifikasi Kabel dari Combiner Box Menuju Final Combiner Box .	68
4.2.8.3 Spesifikasi Kabel dari Final Combiner Box menuju Central Inverter	69
4.2.9 Single Line Diagram of 1 Block Layout (5MW).....	70
4.2.10 Simulasi PVSyst Blok 5 MW.....	71
4.3 Detail Spesifikasi Khusus Komponen Substation.....	73
4.3.1 Spesifikasi Kabel AC	74

4.3.1.1 Spesifikasi Kabel AC dari Central Inverter ke MV Transformer	74
4.3.1.2 Spesifikasi Kabel AC dari MV Transformer ke MV Switchgear	75
4.3.1.3 Spesifikasi Kabel AC dari MV Switchgear ke Main Station	75
4.3.2 Substation to 20 kV Panel Connection Diagram	76
4.3.3 UAT Panel Connection Single line diagram	79
4.3.4 20/150 kV Substation (S/S).....	82
4.4 Desain Layout PLTS 300MW.....	86
4.5 Sistem SCADA 300MW.....	87
4.6 Sistem Komunikasi PLTS 300MW.....	89
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	91
5.1 Kesimpulan	91
5.2 Saran.....	91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Monocrystalline, Polycrystalline, dan Thin Film	6
Gambar 2. 2 PV modules connected in series and parallel	8
Gambar 2. 3 On grid Solar Panel Wiring Diagram	9
Gambar 2. 4 Off Grid Solar PV Wiring Diagram	9
Gambar 2. 5 Sudut Kemiringan Optimal Modul Surya	11
Gambar 2. 6 Horizontal Single Axis Tracking.....	12
Gambar 2. 7 Diagonal Single Axis Tracking	12
Gambar 2. 8 Dual Axis Tracking	13
Gambar 2. 9 Sistem SCADA pada PLTS	17
Gambar 3. 1 Software ETAP	23
Gambar 3. 2 Software PVSyst	24
Gambar 3. 3 Software AutoCAD	24
Gambar 3. 4 Global Solar Atlas	25
Gambar 3. 5 Flowchart dan Pengukuran pada Software PVSyst.....	32
Gambar 3. 6 Bagan Alir Penelitian	34
Gambar 4. 1 Layout Lokasi PLTS di Tanjung Pasir	36
Gambar 4. 2 Monthly Weather Data	37
Gambar 4. 3 Solar Path di Daerah Tanjung Pasir	38
Gambar 4. 4 Average Hourly Profiles dari Global Solar Atlas.....	39
Gambar 4. 5 Sub Array name and Sizing.....	40
Gambar 4. 6 Selection for The PV Module.....	41
Gambar 4. 7 Konfigurasi dengan Kapasitas Inverter 2.5 MW.....	42
Gambar 4. 8 Konfigurasi dengan Kapasitas Inverter 3 MW.....	42
Gambar 4. 9 Konfigurasi dengan Kapasitas Inverter 4 MW.....	42
Gambar 4. 10 Konfigurasi dengan Kapasitas Inverter 5 MW.....	43
Gambar 4. 11 <i>Layout Array PV</i>	46

Gambar 4. 12 Detail Konfigurasi String Wiring Array, (a) PV Configuration Type 1, dan (b) PV Configuration Type 2.	47
Gambar 4. 13 Jarak Horizontal dan Vertikal Antar Array PV	48
Gambar 4. 14 Jarak Substation terhadap Array PV	48
Gambar 4. 15 DC Cable Layout Blok 5 MW	49
Gambar 4. 16 Layout Blok 5MW PLTS	50
Gambar 4. 17 Pemetaan Blok Layout 300 MW Solar Plant	52
Gambar 4. 18 Dimensi Modul Surya	53
Gambar 4. 19 Central Inverter SMA Sunny	54
Gambar 4. 20 Transformer Medium Voltage.....	56
Gambar 4. 21 Dimension and Wiring Diagram Combiner Box	60
Gambar 4. 22 Schematic Diagram Combiner Box.....	61
Gambar 4. 23 Dimension and Wiring Diagram Final Combiner Box	63
Gambar 4. 24 Schematic Diagram Final Combiner Box	64
Gambar 4. 39. Single Line Diagram of 1 Block Layout (5MW)	71
Gambar 4. 25 Konfigurasi Single Block Layout (5MW) pada Software PVSyst.....	72
Gambar 4. 26 Hasil Simulasi Single Block (5MW) pada Software PVSyst.....	73
Gambar 4. 40 Desain Layout PLTS 300MW	87
Gambar 4. 41 Sistem SCADA PLTS 300MW	88
Gambar 4. 42 Sistem Komunikasi Single Block 5 MW	89
Gambar 4. 43 Sistem Komunikasi PLTS 300MW	90
Gambar 4. 27 Single Line Diagram 20kV Panel (a) Panel B21-B40, (b) Panel B21-40 (c) Panel B41-60	129
Gambar 4. 28 UAT Panel.....	130
Gambar 4. 29 Single Line Diagram Pooling Substation 150/20 kV (a) Pooling S/S 1(b) Pooling S/S 2 (c) Pooling S/S 3.....	133

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Hasil Penelitian Sebelumnya	20
Tabel 4. 1 Tabel Klasifikasi dan Perbandingan Performa Inverter Hasil Simulasi	44
Tabel 4. 2 Spesifikasi Modul Surya	52
Tabel 4. 3 Input Data Direct Current (DC) Central Inverter	54
Tabel 4. 4 Output Data Alternatic Current (AC) Central Inverter	54
Tabel 4. 5 Tabel Spesifikasi Transformer Medium Voltage	56
Tabel 4. 6 Struktur Penopang dan Pondasi Modul <i>PV</i>	57
Tabel 4. 7 Karakteristik Kelistirkan Combiner Box	58
Tabel 4. 8 Komponen Utama Combiner Box	59
Tabel 4. 9 Karakteristik Kelistrikan <i>Final Combiner Box</i>	61
Tabel 4. 10 Komponen Utama Final Combiner Box	62
Tabel 4. 11 System Voltage & Insulation Class MV Switchgear	65
Tabel 4. 12 Enclosure MV Switchgear	65
Tabel 4. 13 Busbar and Earthing Switch MV Switchgear	66
Tabel 4. 14 Protection Relay MV Switchgear	66
Tabel 4. 15 Meter and Operation Button MV Switchgear	66
Tabel 4. 16 Komponen Lainnya MV Switchgear	67
Tabel 4. 17 Spesifikasi kabel String PV menuju Combiner Box	68
Tabel 4. 18 Spesifikasi Kabel dari combiner box menuju final combiner box	68
Tabel 4. 19 Spesifikasi Kabel dari final combiner box menuju central inverter	69
Tabel 4. 20 System Voltage & Insulation Class MV Switchgear	76
Tabel 4. 21 Enclosure MV Switchgear	77
Tabel 4. 22 Busbar and Earthing Switch MV Switchgear	77
Tabel 4. 23 Protection Relay MV Switchgear	78
Tabel 4. 24 Meter and Operation Button MV Switchgear	78
Tabel 4. 25 Spesifikasi Komponen Lain MV Switchgear	78
Tabel 4. 26 Spesifikasi Current Transformer (CT)	79

Tabel 4. 27 Spesifikasi dan Rating Sistem Tegangan & Kelas Isolasi Switchgear UAT Panel.....	80
Tabel 4. 28 Komponen Incoming Feeders	80
Tabel 4. 29 Spesifikasi Busbar dan Earthing Switch MV Switchgear UAT panel.....	80
Tabel 4. 30 Komponen Outgoing Feeder	81
Tabel 4. 31 Spesifikasi Meter dan Operation Button MV Switchgear UAT Panel. ...	81
Tabel 4. 32 Spesifikasi Komponen lain MV Switchgear UAT Panel.....	81
Tabel 4. 33 Spesifikasi Current Transformer (CT) UAT Panel	82
Tabel 4. 34 Spesifikasi dan Rating Sistem Tegangan & Kelas Isolasi Switchgear 20/150 kV Substation.....	83
Tabel 4. 35 Spesifikasi Enclosure MV switchgear 150/20 V Pooling Substation	83
Tabel 4. 36 Spesifikasi Busbar dan Earthing Switch MV Siwtchgear 150/20 kV Pooling Substation	84
Tabel 4. 37 Spesifikasi Protection Relay MV switchgear 150/20 kV Pooling Substation.....	84
Tabel 4. 38 Spesifikasi Meter dan Operation Button MV Switchgear 150/20 kV Pooling Substation	85
Tabel 4. 39 Spesifikasi Komponen Lain MV Switchgear 150//20 kV Pooling Substation.....	85
Tabel 4. 40 Spesifikasi Current Transformer (CT) 150/20 kV Pooling Substation....	85

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan (2.1).....	7
Persamaan (2.2).....	7
Persamaan (2.3).....	7
Persamaan (2.4).....	7
Persamaan (2.5).....	14
Persamaan (2.6).....	14
Persamaan (2.7).....	14
Persamaan (3.1).....	25
Persamaan (3.2).....	26
Persamaan (3.3).....	26
Persamaan (3.4).....	26
Persamaan (3.5).....	27
Persamaan (3.6).....	28
Persamaan (3.7).....	28
Persamaan (3.8).....	28
Persamaan (3.9).....	29
Persamaan (3.10).....	29
Persamaan (3.11).....	30
Persamaan (3.12).....	30
Persamaan (3.13).....	31

DAFTAR ISTILAH

Accuracy	: Tingkat keakuratan suatu pengukuran.
Alternating Current (AC)	: Arus listrik yang besar dan arahnya berubah secara berkala.
Ampere Clamp	: Alat untuk mengukur arus tanpa memutuskan rangkaian.
Amplitude	: Nilai maksimum suatu gelombang.
Array	: Kumpulan modul surya yang dihubungkan bersama.
Attenuation	: Penurunan intensitas sinyal saat melewati media tertentu.
Bandwidth	: Rentang frekuensi yang dapat dilewati oleh sinyal.
Beban Non-Linear	: Beban yang tidak memiliki impedansi tetap.
Blok	: Bagian modular dalam sistem tenaga surya.
Casting	: Transformasi atau pencetakan suatu bahan atau bentuk data.
Channels	: Saluran komunikasi atau transmisi data.
Combiner Box	: Kotak penggabung output dari panel surya.
Current (Arus)	: Aliran muatan listrik dalam satu arah tertentu.
De-Rating Factor	: Faktor pengurang kapasitas akibat kondisi lingkungan.
Direct Current (DC)	: Arus listrik yang alirannya searah.
Efficiency	: Rasio energi yang digunakan terhadap energi yang dihasilkan.
Frequency	: Jumlah siklus per detik dalam sinyal listrik.

Grounding	: Proses menghubungkan sistem ke tanah untuk keamanan.
Grounding System	: Sistem untuk menyalurkan arus gangguan ke tanah.
Harmonics	: Komponen gelombang dengan frekuensi kelipatan dari dasar.
Impedance	: Hambatan total dalam sirkuit AC.
Inverter	: Perangkat yang mengubah arus DC menjadi AC.
Irradiance	: Intensitas energi matahari yang diterima permukaan panel.
Kapasitas Inverter	: Kapasitas maksimum daya yang ditangani inverter.
KWH (Kilowatt-Hour)	: Satuan pengukuran konsumsi daya listrik.
Losses	: Kehilangan daya pada sistem kelistrikan.
Module	: Unit dasar dalam sistem tenaga surya.
Ohm's Law	: Hukum yang menghubungkan tegangan, arus, dan resistansi.
Open Circuit Voltage (Voc)	: Tegangan maksimum dalam keadaan terbuka.
Parallel Connection	: Koneksi modul yang meningkatkan arus tanpa mengubah tegangan.
Panel Surya	: Perangkat yang mengubah energi matahari menjadi listrik.
PLTS	: Pembangkit Listrik Tenaga Surya.
Power Factor	: Ukuran efisiensi daya dalam sirkuit listrik.
PVsyst	: Software untuk simulasi dan desain sistem PV.
Resistivitas Tanah	: Hambatan listrik tanah terhadap aliran arus.

SCADA	: Sistem kontrol dan pengawasan untuk pengelolaan data real-time.
Series Connection	: Koneksi modul yang meningkatkan tegangan tanpa mengubah arus.
Single Line Diagram (SLD)	: Representasi diagramatik dari sistem kelistrikan.
String	: Kumpulan modul PV yang dihubungkan seri.
System Voltage	: Tegangan operasi sistem listrik.
Tilt Angle	: Sudut kemiringan panel untuk efisiensi maksimum.
Tracking System	: Sistem yang mengikuti posisi matahari.
Transformer	: Perangkat yang menaikkan atau menurunkan tegangan.
Voltage Drop	: Penurunan tegangan sepanjang penghantar.
Wiring Diagram	: Diagram untuk hubungan antar komponen.
Solar Path Diagram	: Diagram jalur matahari sepanjang waktu.
Combiner Box Wiring	: Diagram pengkabelan untuk combiner box.
Simulasi ETAP	: Analisis kelistrikan menggunakan software ETAP.
Optimum Configuration	: Konfigurasi terbaik untuk performa optimal.
Grid	: Jaringan distribusi listrik.
Thermal Overload	: Peningkatan suhu akibat arus lebih pada sistem.
Load Balancing	: Distribusi beban untuk efisiensi sistem.
Faktor Derating	: Penyesuaian kapasitas kabel atau komponen berdasarkan suhu.
Overcurrent Protection	: Sistem perlindungan terhadap arus berlebih.
Voltage Regulation	: Proses menjaga tegangan tetap stabil.

Fault Current	: Arus abnormal yang terjadi selama gangguan.
Cable Tray	: Jalur penataan kabel untuk instalasi.
Perbedaan Arus	: Perbedaan aliran dalam kabel paralel.
Single Axis Tracking	: Sistem pelacakan satu poros untuk efisiensi.

NOMENKLATUR

I	: Arus listrik (Current).
V	: Tegangan (Voltage).
P	: Daya listrik (Power).
R	: Resistansi (Resistance).
ρ	: Resistivitas bahan (Material resistivity).
L	: Panjang kabel (Cable length).
ΔV_{ac}	: Penurunan tegangan tiga fasa AC (Voltage drop for 3-phase AC).
ΔV_{dc}	: Penurunan tegangan tiga fasa DC (Voltage drop for 3-phase DC).
F_{suhu}	: Faktor penyesuaian suhu kabel (Temperature adjustment factor).
$F_{instalasi}$: Faktor penyesuaian metode instalasi kabel (Installation adjustment factor).
η	: Efisiensi (Efficiency).
T	: Suhu operasi (Operating temperature).
α	: Sudut fasa (Phase angle).
C	: Kapasitas arus kabel (Cable current capacity).
V_{oc}	: Tegangan sirkuit terbuka (Open-circuit voltage).
V_{sc}	: Arus hubung singkat (Short-circuit current).
G	: Radiasi matahari (Solar irradiance).
Z	: Impedansi kabel (Cable impedance).
S	: Luas penampang kabel (Cable cross-sectional area).

k	: Konstanta material untuk konduktivitas (Material constant for conductivity).
$\%V_{3\phi-dc}$: Persentase penurunan tegangan pada sistem DC (Voltage drop percentage for DC).
$\%V_{3\phi-ac}$: Persentase penurunan tegangan pada sistem AC (Voltage drop percentage for AC).
P_{loss}	: Daya yang hilang (Power loss).
U_{max}	: Tegangan maksimum (Maximum voltage).

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia saat ini sedang mengalami lonjakan kebutuhan energi terbarukan, yang mendorong pengembangan proyek pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dengan kapasitas besar. Salah satu proyek besar yang telah beroperasi adalah PLTS Cirata di Jawa Barat, yang memiliki kapasitas 145 MW, dan telah menjadi simbol keberhasilan dalam pemanfaatan energi surya di tanah air (Pusat Data dan Informasi ESDM) [1]. Meski demikian, permintaan listrik yang terus meningkat, terutama di Pulau Sumatera, menuntut pengembangan PLTS yang lebih besar. Selama lima tahun terakhir, permintaan listrik di Sumatera tumbuh sekitar 7% per tahun, didorong oleh pertumbuhan ekonomi yang signifikan di wilayah tersebut, yang berdampak pada peningkatan kebutuhan listrik untuk sektor industri, komersial, dan rumah tangga (PLN Wilayah Sumatera) [2].

Pertumbuhan permintaan listrik ini sejalan dengan komitmen Indonesia untuk meningkatkan kontribusi energi terbarukan dalam bauran energi nasional, yang ditargetkan mencapai 23% pada tahun 2025 (Rencana Umum Energi Nasional, 2017) [3]. Saat ini, kapasitas terpasang PLTS di Indonesia masih relatif kecil dibandingkan potensi yang ada, yang berarti perlu ada upaya signifikan untuk mencapai target yang lebih ambisius (*International Renewable Energy Agency*) [4]. Selain itu, Indonesia juga memiliki potensi besar dalam energi matahari, dengan rata-rata intensitas radiasi matahari mencapai 4,8 kWh/m²/hari [5].

Dalam hal ini, pengembangan PLTS berkapasitas 300 MW di Sumatera memiliki peran yang sangat penting. Proyek ini diharapkan tidak hanya dapat memenuhi kebutuhan listrik yang terus meningkat di wilayah tersebut, tetapi juga berkontribusi signifikan

dalam upaya nasional untuk transisi energi menuju sumber yang lebih bersih dan berkelanjutan. Tanjung Pasir, yang terletak di Provinsi Sumatera Selatan, dipilih sebagai lokasi proyek ini berdasarkan penilaian awal terhadap ketersediaan lahan serta karakteristik geografis yang dianggap mendukung pengembangan PLTS. Pemilihan awal ini kemudian diperkuat melalui simulasi yang dilakukan dengan *Global Solar Atlas*, serta analisis lebih lanjut menggunakan *software* PVsyst yang memanfaatkan data iklim dari Meteonorm 8.1. Hasil simulasi menunjukkan bahwa wilayah Tanjung Pasir memiliki tingkat radiasi matahari yang cukup tinggi serta kondisi geografis yang sesuai. Dengan demikian, lokasi ini dinilai memiliki potensi yang optimal untuk mendukung efisiensi dan efektivitas sistem PLTS [6], [7].

1.2 Perumusan Masalah

Indonesia terus mengalami peningkatan permintaan akan energi terbarukan, mendorong pengembangan proyek pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) berkapasitas besar. Salah satu PLTS terbesar saat ini adalah PLTS Cirata di Jawa Barat dengan kapasitas 145 MW (Pusat Data dan Informasi ESDM) [1]. Namun, dengan meningkatnya kebutuhan listrik di Sumatera yang tumbuh sekitar 7% per tahun dalam lima tahun terakhir [2], diperlukan PLTS yang lebih besar untuk memenuhi permintaan energi dan mendukung tujuan nasional dalam meningkatkan kontribusi energi terbarukan. Wilayah Sumatera mengalami pertumbuhan ekonomi signifikan, mendorong peningkatan kebutuhan listrik untuk industri, komersial, dan rumah tangga. Sebagai bagian dari transisi energi menuju sumber yang lebih bersih dan berkelanjutan, PLTS dengan kapasitas besar dapat menjadi sebuah solusi di Sumatera.

Berdasarkan kajian literatur yang dilakukan pada penelitian sebelumnya, dimana masih terdapat beberapa pembahasan yang belum dilakukan secara komprehensif termasuk sistem SCADA dan komponen PLTS dengan kapasitas diatas 200 MW di Indonesia, maka penelitian ini akan berfokus pada perancangan PLTS dengan skala 300 MW.

1.1 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Melakukan perancangan PLTS skala besar pertama di Sumatera Selatan
2. Mensimulasikan kebutuhan sistem dan komponen pendukung PLTS *on grid* yang optimal dari sisi kinerja dan pembiayaan

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Lingkup penelitian ini mencakup:

1. Membuat *Single Line Diagram* (SLD) dan *Detailed Engineering Design* (DED) untuk PLTS 300 MW, mencakup pengukuran kabel AC dan DC, *layout*, konfigurasi sistem, *string wiring* diagram modul surya, dan *SCADA system architecture*, disusun menggunakan AutoCAD.
2. Melakukan simulasi sistem PLTS menggunakan PVsyst.
3. Melakukan pengukuran kabel AC dan DC, konfigurasi sistem.

1.4 Hipotesis Penelitian

Sistem PLTS dengan skala dibawah 200 MW sudah dikembangkan di Indonesia. Dengan menggunakan sejumlah *software* pendukung yang dapat digunakan juga untuk merancang sistem PLTS dengan skala lebih besar. Karena itu, dalam perancangan sistem PLTS skala 300 MW memungkinkan dilakukan dengan menggunakan *software* yang sama dan hasilnya dapat diperbandingkan dengan PLTS yang telah ada seperti di waduk Cirata yang berkapasitas 145 MW.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika yang digunakan dalam penulisan Tugas Akhir ini terdiri dari lima bab yang secara garis besar diuraikan sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini merupakan pendahuluan yang berisi tentang latar belakang masalah, pembatasan masalah, perumusan masalah, tujuan penulisan, metodologi penulisan, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka ini mencakup teori-teori yang berkaitan dengan penelitian, termasuk cara pengukuran dan perhitungan, serta penelitian terkait yang telah dilakukan sebelumnya. Adapun teori-teori tersebut meliputi penjelasan mengenai kualitas daya listrik.

BAB III METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menguraikan langkah-langkah penelitian yang hendak di tempuh, meliputi penetapan tempat dan waktu penelitian, metode penulisan, dan penyusunan laporan.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bagian ini berisi tentang analisa hasil penelitian dan pembahasan mengenai penelitian yang telah dilakukan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bagian penutup ini berisi tentang kesimpulan dan saran atas hasil penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agus Cahyono Adi, “Wujud Etalase Percepatan Transisi Energi, PLTS Terapung Cirata Bakal Resmi Beroperasi,” Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (EBTKE). Accessed: Dec. 09, 2024. [Online]. Available: <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/wujud-etalase-percepatan-transisi-energi-plts-terapung-cirata-bakal-resmi-beroperasi>
- [2] Kurniawati Hasjanah, “Indonesia’s Electricity Challenges, How to Overcome Excess Electricity Supply?,” Institute for Essential for Services Reform. Accessed: Dec. 09, 2024. [Online]. Available: <https://iesr.or.id/en/indonesias-electricity-challenges-how-to-overcome-excess-electricity-supply/>
- [3] Pemerintah Republik Indonesia, “Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional,” Jakarta, 2017.
- [4] International Renewable Energy Agency (IRENA), “Renewable Capacity Statistics 2023,” Abu Dhabi, 2023. Accessed: Dec. 09, 2024. [Online]. Available: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Mar/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2023.pdf
- [5] Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral, “Matahari untuk PLTS Indonesia,” Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. Accessed: Dec. 09, 2024. [Online]. Available: <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/matahari-untuk-plts-di-indonesia>
- [6] Meteotest AG, “Meteonorm Version 8.1,” Nov. 2024, *Meteotest AG, Bern, Switzerland*: 8.1.
- [7] PVsyst SA, “PVsyst Software Version 7.4,” Jun. 26, 2023, *PVsyst SA, Geneva, Switzerland*: 7.3.

- [8] A. Ilmar Ramadhan, E. Diniardi, and S. Hari Mukti, “Analisis Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 WP,” vol. 37, no. 2, pp. 59–63, 2016, doi: 10.14710/teknik.v37n2.9011.
- [9] M. Anggara and W. Saputra, “Analisis Kinerja Sel Surya Monocrystalline dan Polycrystalline di Kabupaten Sumbawa NTB,” vol. 14, no. 1, pp. 7–12.
- [10] D. Ji, C. Zhang, M. Lv, Y. Ma, and N. Guan, “Photovoltaic array fault detection by automatic reconfiguration,” *Energies (Basel)*, vol. 10, no. 5, 2017, doi: 10.3390/en10050699.
- [11] Essentra Components, “How to wire solar panels,” Essentra Components. Accessed: Dec. 09, 2024. [Online]. Available: <https://www.essentracomponents.com/en-gb/news/industries/renewable-energy/how-to-wire-solar-panels>
- [12] E. Franklin, “Solar Photovoltaic (PV) System Components,” Tucson, Arizona, Jun. 2018. Accessed: Dec. 09, 2024. [Online]. Available: <https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1742-2018.pdf>
- [13] Tiger, “Memilih Kualitas Inverter PLTS Terbaik untuk Atap Gedung Anda,” AtoEnergi. Accessed: Dec. 06, 2024. [Online]. Available: <https://atonerji.com/memilih-kualitas-inverter-plts-terbaik-untuk-atap-gedung-anda/>
- [14] H. Ni, L. U. Wenfan, L. Haoyang, Z. Yongpei, W. Xingxing, and Z. Minqi, “Research Progress of PV Mounting System for Solar Power Station,” in *International Conference on Chemical, Material and Food Engineering*, Atlantis press, Jan. 2015. doi: 10.2991/cmfe-15.2015.70.
- [15] N. H. Umar, B. Bora, C. Banerjee, N. Umar, and B. S. Panwar, “Comparison of different PV power simulation softwares: case study on performance analysis of 1 MW grid-connected PV solar power plant,” *International Journal of Engineering Science Invention (IJESI)*, vol. 7, no. 7, pp. 11–24, Jul. 2018.
- [16] R. Dwi Jayanti Kartika Sari and A. Murdianto, “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Skala Industri Berbasis PVsyst,” *Journal homepage: Journal of*

- Electrical Engineering and Computer (JEECOM)*, vol. 5, no. 2, Oct. 2023, doi: 10.33650/jecom.v4i2.
- [17] T. Nina Arwanti, A. Santoso, U. H. Muhammadiyah Lampung JI Zainal Abidin Pagar Alam No, and B. Lampung, “Studi Pemilihan Inverter pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Kebutuhan Daya Setara 450VA,” *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro UML (JITRO-UML)*, vol. 06, no. 01, pp. 14–19, 2023.
- [18] Sylvester Emeka Abonyi, Kingsley Chibueze Obute, and Anthony Amaechi Okafor, “Design and Implementation of A Solar Power System,” *Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD)*, vol. 6, no. 3, Apr. 2022, [Online]. Available: www.ijtsrd.com
- [19] FRCABLE, “Solar DC Cables : A Full Comprehensive Guide,” FRCABLE. Accessed: Dec. 06, 2024. [Online]. Available: <https://www.frcable.com/post/solar-dc-cables-a-full-comprehensive-guide>
- [20] Solis, “How to Section AC Cable for Solar PV systems,” Solis. Accessed: Dec. 06, 2024. [Online]. Available: https://www.solisinverters.com/uk/documentation/How_to_Section_AC_Cable_for_Solar_PV_systems_en.html
- [21] K. Sayed and H. A. Gabbar, “Scada and smart energy grid control automation,” in *Smart Energy Grid Engineering*, Elsevier Inc., 2017, pp. 481–514. doi: 10.1016/B978-0-12-805343-0.00018-8.
- [22] Matcor, “Soil Resistivity Testing for Cathodic Protection Design,” Matcor. Accessed: Dec. 06, 2024. [Online]. Available: <https://www.matcor.com/soil-resistivity-testing/>
- [23] Anang Sakrani, “Evaluasi nilai tegangan sentuh dan tegangan langkah pada sistem pentanahan gardu induk (GI) 150 kV Bantul,” Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta, 2018. Accessed: Dec. 02, 2024. [Online]. Available: https://repository.umy.ac.id/bitstream/handle/123456789/20648/JURNAL%20ILMIAH.pdf?sequence=12&utm_source=chatgpt.com

- [24] Pandu Widodo, "Perencanaan Sistem Grounding Pada Pembangkit Listrik Tenaga Bayu," *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik [JIMT]*, vol. 4, no. 3, pp. 10–11, Jan. 2022.
- [25] G. S. Bendale and K. Bhatia, "Evaluation of different grounding grid designs for Microgrid," in *Proceedings - 2019 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2019 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC/I and CPS Europe 2019*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Jun. 2019. doi: 10.1109/IEEEIC.2019.8783944.
- [26] K. Hindocha, S. Shah, and A. Professor, "Design of 50 MW Grid Connected Solar Power Plant," *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, vol. 9, no. 4, Apr. 2020, Accessed: Dec. 09, 2024. [Online]. Available: <https://www.ijert.org/research/design-of-50-mw-grid-connected-solar-power-plant-IJERTV9IS040762.pdf>
- [27] S. Arfat, A. Quadri, M. M. Baalbaki, A. Chacko, and M. Tariq Iqbal, "Design and Simulate a 500 MW Grid-Connected PV Farm for Labrador," in *2022 IEEE International IOT, Electronics and Mechatronics Conference (IEMTRONICS)*, Jun. 2022.
- [28] Agung Cakra Buana *et al.*, "Design of 100MW Solar PV on-Grid Connected Power Plant Using (PVsyst) in Umm Al-Qura University," *International Journal of Science and Research*, vol. 8, no. 11, Nov. 2021, doi: 10.21275/30101901.
- [29] H. L. Thadani and Y. I. Go, "Large-scale solar system design, optimal sizing and techno-economic-environmental assessment," *Sustainable Energy Research*, vol. 10, no. 1, Aug. 2023, doi: 10.1186/s40807-023-00081-0.
- [30] A. Kowsar, S. C. Debnath, N. Haque, M. S. Islam, and F. Alam, "Design of a 100 MW Solar Power Plant on Wetland in Bangladesh," in *AIP Conference Proceedings*, American Institute of Physics Inc., Nov. 2022. doi: 10.1063/5.0114976.

- [31] Muhammad Fauzan Gusti Triyanto, "Sekilas Tentang Software ETAP Beserta Toolbarnya," *Anak Teknik*. Accessed: Dec. 06, 2024. [Online]. Available: https://www.anakteknik.co.id/fauzan_triyanto02/articles/sekilas-tentang-software-etap-beserta-tollbarnya
- [32] R. Dwi Jayanti Kartika Sari and A. Murdianto, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Skala Industri Berbasis PVsyst," *Journal homepage: Journal of Electrical Engineering and Computer (JEECOM)*, p. 172, doi: 10.33650/jeecom.v4i2.
- [33] Design Tech Academy, "Introduction AutoCAD," Design Tech Academy. Accessed: Dec. 06, 2024. [Online]. Available: <https://www.designtechcadacademy.com/knowledge-base/introduction-autocad>
- [34] International Renewable Energy Agency (IRENA), "Global Solar Atlas," Global Solar Atlas. Accessed: Dec. 23, 2024. [Online]. Available: <https://globalsolaratlas.info/>
- [35] Luis Hoyos, "DC Wire Size Calculator," CalcTool. Accessed: Dec. 11, 2024. [Online]. Available: <https://www.calctool.org/electronics/dc-wire-size>
- [36] Erwin Dermawan, Muhamad Mursid Nur Ichsan, and Haris Isyanto, "SUPPLY AC CONTROL MCWP (MAIN COOLING WATER PUMP)," *1 êLEKTUM*, vol. 12, no. 1, Apr. 2016.
- [37] W. Sundqvist, "Current Carrying Capacity Calculations for High-and Medium Voltage Cables," *Vaasa*, Apr. 2002.
- [38] Edvard Csanyi, "Comparison of Cable Insulating Material," *Electrical Engineering Portal*. Accessed: Dec. 06, 2024. [Online]. Available: <https://electrical-engineering-portal.com/comparison-of-cable-insulating-materials>
- [39] Ezra KG, "Mengenal Lebih Dekat Jenis Insulasi Kabel Listrik dan Keunggulannya," *Jual Komponen Listrik*. Accessed: Dec. 06, 2024. [Online]. Available: <https://www.jualkomponenlistrik.com/blog/mengenal-lebih-dekat-jenis-insulasi-kabel-listrik-dan-keunggulannya>

- [40] S. Waskito H, “Perancangan Instalasi Listrik: Aplikasi Sistem Pemilihan Kabel dan Pemutus pada Proses Pengeboran Minyak dan Gas di Derah ‘X,’” *Jurnal Reka Elkomika*, vol. 1, no. 1, pp. 68–75, 2013.
- [41] jCalc, “AC And DC Voltage Drop Calculator AS/NZS 3008,” jCalc. Accessed: Dec. 05, 2024. [Online]. Available: <https://www.jcalc.net/voltage-drop-calculator-as3008>
- [42] Alfian Kurniawan, “memahami-segitiga-daya.,” Teknik Elektro. Accessed: Dec. 06, 2024. [Online]. Available: https://www.teknikelektro.com/2020/06/memahami-segitiga-daya.html#google_vignette
- [43] National Fire Protection Association (NFPA), “NFPA 70: National Electrical Code (NEC),” Quincy, MA, Nov. 2014. [Online]. Available: <http://www.madcad.com/library/182159/557177/>
- [44] Wiki Elektronika, “Jenis Kabel Instalasi Listrik,” Wiki Elektronika. Accessed: Dec. 05, 2024. [Online]. Available: <https://wikielektronika.com/jenis-kabel-instalasi-listrik/>
- [45] Slonidi Instalasi Listrik, “Jenis Insulasi Kabel Yang Perlu Anda Ketahui,” Slonidi Instalasi Listrik. Accessed: Dec. 05, 2024. [Online]. Available: <https://slonidi.id/jenis-insulasi-kabel-yang-perlu-anda-ketahui/>
- [46] World Bank Group, “Global Solar Atlas,” Global Solar Atlas website.
- [47] Jonathan Touriño Jacobo, “String versus central versus modular: what’s next for inverter technology,” PVTECH. Accessed: Dec. 09, 2024. [Online]. Available: <https://www.pv-tech.org/string-versus-central-versus-modular-whats-next-for-inverter-technology/>
- [48] Mark Goman, “Distributed Modular or Central Utility Solar PV Inverters it Depends On These Factors,” Solar Builder. Accessed: Dec. 09, 2024. [Online]. Available: <https://solarbuildermag.com/featured/distributed-modular-or-central-utility-solar-pv-inverters-it-depends-on-these-factors/>

- [49] Tycorun, “Modular Inverter - The Pros and Cons,” Tycorun. Accessed: Dec. 09, 2024. [Online]. Available: <https://www.pv-tech.org/string-versus-central-versus-modular-whats-next-for-inverter-technology/>
- [50] sonoenergia, “Vertex Bifacial Dual Glass Monocrystalline Module,” sonoenergia. Accessed: Jan. 07, 2025. [Online]. Available: <https://www.sonoenergia.com/datasheets/trina-solar-tsm-deg21c-20-660-wp.pdf>
- [51] SMA Solar, “Sunny Central UP,” SMA Solar. Accessed: Jan. 07, 2025. [Online]. Available: <https://files.sma.de/downloads/SC2xxxUP-DS-en-20.pdf>
- [52] E. Syamsuddin, S. Syamsuddin, A. Wahyuni, J. Jumatriani, St. Syakirah, and I. Illa, “INTERPRETASI STRUKTUR PERLAPISAN TANAH MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS,” *JURNAL GEOCELEBES*, vol. 3, no. 2, p. 111, Oct. 2019, doi: 10.20956/geocelebes.v3i2.7117.
- [53] Sehad and Sugito, “PENCITRAAN RESISTIVITAS 2D BAWAH PERMUKAAN TANAMAN JATI (*Tectona Grandis* Sp.) MENGGUNAKAN KONFIGURASI WENNER (STUDI KASUS: LAHAN TANAMAN JATI DI BELAKANG GEDUNG MIPA UNSOED),” *Berkala Fisika*, vol. 14, no. 1, pp. 1–10, Jan. 2011.
- [54] Dian Eka Putra, “Evaluasi Resistivitas Tanah dan Resistansi Pentanahan Pada Lahan Tanah Pasir Basa”.
- [55] A. Yendra and A. H. Salam, “Analisa dan Penentuan Lapisan Keras dengan Metode Geolistrik Untuk Dasar Pembangunan Gedung Baru di Politeknik Negeri Bengkalis,” *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, vol. 15, no. 1, pp. 47–51, 2017.
- [56] G. Ramadhani Ningtyas *et al.*, “ANALISIS DATA RESISTIVITAS DAN UJI PERMEABILITAS TANAH DI DAERAH RAWAN LONGSOR DESA KEMUNING LOR KECAMATAN ARJASA KABUPATEN JEMBER,” *JoP*, vol. 6, no. 1, pp. 6–12, 2020.

- [57] Yohan Fajar Sidik, "Pelatihan 23ttSimulasi Sistem Tenaga Listrik: Day 1," Yogyakarta, 2012. Accessed: Dec. 09, 2024. [Online]. Available: <https://yohanfajarsidik.wordpress.com/publication/>
- [58] Saudi Electricity Company, "Transformer X/R Ratio Calculation," Jul. 2011.
- [59] Aryo Arjasa, "ANALISIS PERBANDINGAN SISTEM GRID DAN GRID ROD PADA PEMBUMIHAN GARDU INDUK," Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar, 2017.
- [60] American Wire Group, "1000 MCM - 7.5 IN FLAT SPACING," American Wire Group.
- [61] Cooper Bussman, "Conductor Short Circuit Protection," Dec. 2001.
- [62] O. : Jamaaluddin, I. Anshory, / Eko, and A. Suprayitno, "Penentuan Kedalaman Elektroda pada Tanah Pasir dan Kerikil Kering Untuk Memperoleh Nilai Tahanan Pentanahan yang Baik," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 1, no. 1, 2015.