

SKRIPSI

**ANALISIS BIAYA DAN MANFAAT
PEMASANGAN PLTS HIBRID DI
KANTOR PELAYANAN PLN UP3 KUALA
KAPUAS**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh :

Azhar Najmuddin

NIM. 2315374067

**PROGRAM STUDI D4 TEKNIK OTOMASI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI BALI
2025**

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis biaya dan manfaat (cost and benefit analysis) dari rencana pemasangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Kantor Pelayanan PLN UP3 Kuala Kapuas. Analisis dilakukan dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi, dan lingkungan. Dari sisi biaya, perhitungan mencakup investasi awal, biaya operasi dan pemeliharaan, serta umur ekonomis sistem. Manfaat yang ditinjau meliputi penghematan biaya listrik dari jaringan, peningkatan keandalan pasokan energi untuk operasional kantor, serta kontribusi terhadap pencapaian target energi terbarukan nasional. Hasil analisis diharapkan dapat memberikan gambaran kelayakan finansial melalui indikator seperti Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), dan Payback Period, sekaligus menilai potensi manfaat non-finansial berupa pengurangan ketergantungan pada energi fosil dan pengurangan emisi karbon. Kesimpulan dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar pengambilan keputusan bagi PLN dalam mengimplementasikan PLTS sebagai bagian dari strategi transisi energi yang berkelanjutan.

Kata kunci: PLTS, analisis biaya-manfaat, PLN, energi terbarukan, Kuala Kapuas.

ABSTRACT

This study aims to analyze the costs and benefits of installing a Solar Power Plant (PLTS) at the PLN UP3 Kuala Kapuas office. The analysis covers technical, economic, and environmental aspects. On the cost side, the calculation includes initial investment, operation and maintenance expenses, as well as the economic lifetime of the system. The benefits considered include savings on electricity expenses from the grid, improvement of energy supply reliability for office operations, and contribution to the achievement of the national renewable energy target. The results of the analysis are expected to provide an overview of financial feasibility through indicators such as Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), and Payback Period, while also evaluating non-financial benefits such as reducing dependence on fossil energy and lowering carbon emissions. The conclusion of this study is expected to serve as a basis for decision-making by PLN in implementing solar power as part of a sustainable energy transition strategy.

Keywords: Solar power plant, cost-benefit analysis, PLN, renewable energy, Kuala Kapuas.

DAFTAR ISI

	Halaman
Abstrak	iv
Abstract	v
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
2.1 Penelitian Terdahulu	1
2.2 PLTS	4
2.2.1 Karakteristik Sel Surya	5
2.2.2 Komponen-komponen PLTS	6
2.2.3 Klasifikasi PLTS	10
2.3 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya PLTS	15
2.4 Aspek Ekonomi Terhadap PLTS Grid Connected Dengan Sistem Penyimpanan	15
2.4.1 Biaya Komponen Produksi	16
2.4.2 Indeks Keandalan Sistem	18
3.1 Rancangan Penelitian	20
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian	20
3.3 Sumber Data Penelitian	21
3.3.1 Data Primer	21
3.3.2 Data Sekunder	21
3.4 Metode Pengambilan Data	22
3.5 Instrumen Penelitian	22
3.6 Metode Analisis Data	23
3.7 Alur Penelitian	25
4.1 Konsumsi Energi di UP3 Kuala Kapuas	28
4.2 Iridiasi Matahari dan Temperatur Udara UP3 Kuala kapuas	29
4.3 Perencanaan PLTS UP3 Kuala Kapuas	32

4.4 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Efisiensi Dan Output Panel Surya	34
4.5 Sudut Kemiringan Optimal Panel Surya dan Sudut Atap Ruang Distribusi Control Center 35	
4.6 Nilai Degradasi dan Penurunan Performa PLTS Per-Tahun	36
4.7 Penentuan Kapasitas PLTS Yang Akan di Pasang Pada Ruang Distrubusi Control Center 37	
4.8 Pemilihan Inverter	39
4.9 Pemilihan Panel Surya.....	42
4.9 Jumlah Modul Surya	44
4.10 Konfigurasi Seri-Paralel Modul Surya	44
4.11 Nilai Arus dan Tegangan String.....	46
4.12 Pemilihan Rating Pengaman Pada String.....	46
4.13 Pemilihan Rating Pengaman Pada Inverter	47
4.14 Pemilihan Kabel.....	48
4.15 Daya yang dibangkitkan PLTS Hasil simulasi	49
4.16 Penentuan Kapasitas PLTS Yang Akan di Pasang	53
4.17 Desain Perencanaan PLTS.....	55
4.18 Perhitungan Investasi.....	55
4.19 Biaya Operasional dan Pemeliharaan (O&M).....	57
4.20 Biaya Pergantian Komponen Inverter.....	57
4.21 Biaya Siklus Hidup (<i>Life Cycle Cost</i>).....	58
4.22 Produksi Energi dan Konsumsi Energi	59
4.23 Penghematan Tagihan Energi Listrik	60
4.24 <i>Payback Period</i>	62
5.1 Kesimpulan.....	64
5.2 Saran	64

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Listrik merupakan sumber energi yang sangat penting bagi gaya hidup manusia masa kini. Penggabungan sumber energi terbarukan ke dalam kehidupan sehari-hari semakin menjadi landasan, untuk memenuhi kebutuhan industri, transportasi, dan kebutuhan rumah tangga. Data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral menunjukkan bahwa konsumsi listrik per kapita Indonesia akan melampaui 1.173 kWh pada tahun 2022, menandai peningkatan hampir 4% dari tahun sebelumnya dan berpotensi mencetak rekor baru di masa depan. Perkiraan menunjukkan bahwa konsumsi listrik akan naik menjadi 1.172 kWh per kapita pada tahun 2023, dengan proyeksi pertumbuhan yang terus berlanjut seiring dengan ekspansi ekonomi Indonesia yang diantisipasi akan mencapai 5,3% pada tahun 2024 [1]

Di Indonesia, PT PLN (Perusahaan Listrik Negara) masih menjadi perusahaan yang paling banyak didedikasikan untuk memasok listrik untuk memenuhi kebutuhan energi seluruh penduduk. Pemerintah telah mengeluarkan arahan kepada PT PLN untuk menyelaraskan daftar distribusinya dengan UU No. 15 tahun 1985 untuk memfasilitasi pembangunan ekonomi. Meskipun demikian, PT PLN menghadapi tantangan dalam memenuhi permintaan energi listrik di seluruh Indonesia [2]. Kebijakan Energi Nasional (NEP) ditetapkan untuk mencapai elektrifikasi penuh pada tahun 2025. Diproyeksikan bahwa kapasitas energi terbarukan akan meningkat menjadi sekitar 115 GW pada tahun tersebut, dengan target setidaknya 23% energi nasional berasal dari sumber terbarukan pada tahun 2025, dan meningkat menjadi 31% pada tahun 2050. Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik nasional, ada kebutuhan mendesak untuk pengembangan infrastruktur listrik skala kecil dan besar, dengan fokus pada integrasi sumber-sumber energi baru. Di antara sumber-sumber tersebut, energi surya merupakan sumber yang menjanjikan untuk dimanfaatkan.

Asral dkk. (2019) menjelaskan bahwa Pembangkit Listrik Tenaga Fotovoltaik (PLTS), yang juga dikenal sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), adalah

sistem kelistrikan yang memanfaatkan sinar matahari harian untuk menghasilkan energi listrik melalui proses konversi [3]. Dalam konteks Indonesia, potensi pemanfaatan energi surya sebagai sumber tenaga listrik sangat tinggi, karena posisi geografis Indonesia yang berada di daerah khatulistiwa, sehingga memungkinkan pengumpulan radiasi matahari yang berkelanjutan selama beberapa tahun. Data yang bersumber dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) pada tahun 2016 menunjukkan bahwa potensi energi matahari di Indonesia cukup besar, dengan estimasi berkisar antara 4,8 kWh per meter persegi (kWh/m^2) hingga 112.000 gigawatt per kilometer persegi (GWp) secara total. Meskipun demikian, pemanfaatan potensi ini saat ini masih berada pada tingkat yang sederhana, dengan hanya sekitar 10 MWp yang dimanfaatkan. Untuk memanfaatkan energi surya secara penuh, pemerintah telah menetapkan target untuk meningkatkan kapasitas pembangkit listrik tenaga surya menjadi 0,87 gigawatt (GW) atau sekitar 50 megawatt per kilometer persegi (MWp) setiap tahunnya hingga tahun 2025. Target ambisius ini diharapkan dapat secara signifikan mengurangi potensi pasar untuk proyek-proyek energi surya di masa depan.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menawarkan banyak keuntungan, termasuk:

1. Kelestarian Lingkungan: Tidak seperti pembangkit listrik tradisional yang mengandalkan bahan bakar fosil, PLTS menghasilkan listrik tanpa emisi karbon dioksida, sehingga secara signifikan mengurangi pencemaran lingkungan dan dampak yang ditimbulkannya.
2. Efisiensi Energi: Sistem Fotovoltaik Surya (PV) memanfaatkan kekuatan sinar matahari, yang merupakan sumber daya terbarukan, sehingga menghasilkan biaya operasional yang minimal.
3. Kemandirian: Penggunaan pembangkit listrik tenaga surya memungkinkan masyarakat menjadi mandiri, mengurangi ketergantungan pada jaringan listrik nasional.

Namun, penting untuk diketahui bahwa PLTS juga memiliki beberapa tantangan, antara lain:

1. Investasi awal yang tinggi: Instalasi pembangkit listrik tenaga surya rumit dan membutuhkan prosedur khusus, yang mengarah ke biaya awal yang signifikan.
2. Ketergantungan terhadap cuaca: Pembangkitan listrik oleh pembangkit listrik tenaga surya bergantung pada ketersediaan sinar matahari, sehingga kinerjanya berubah-ubah dan bergantung pada kondisi cuaca.
3. Ketidakefisienan pada malam hari: Pembangkit listrik tenaga surya tidak mampu menghasilkan listrik pada malam hari, sehingga membutuhkan pengembangan solusi penyimpanan energi, yang dapat meningkatkan biaya operasional secara keseluruhan.

Kantor Pelayanan PLN UP3 Kuala Kapuas memiliki peran penting sebagai Distribution Control Center, yang berfungsi sebagai pusat kendali dan koordinasi alat pemutus tegangan menengah di sembilan kabupaten di Provinsi Kalimantan Tengah, termasuk Kabupaten Kuala Kapuas, Kabupaten Pulang Pisau, Kabupaten Barito Selatan, Kabupaten Barito Timur, Kabupaten Barito Utara, dan Kabupaten Murung Raya. Sebagai pusat kendali, keberlanjutan suplai listrik di ruangan ini sangat krusial untuk menjaga kelancaran pendistribusian tenaga listrik di seluruh wilayah tersebut. Pada tahun 2023, berdasarkan catatan gangguan, terdapat insiden yang mengakibatkan terganggunya operasi Distribution Control Center. Gangguan ini menyebabkan diskontinuitas atau interupsi pendistribusian tenaga listrik, yang berpotensi mengganggu aktivitas vital dan pelayanan publik di berbagai kabupaten yang dilayani. Hal ini menyoroti perlunya peningkatan keandalan suplai listrik di kantor ini untuk memastikan operasional yang tidak terganggu dan layanan yang optimal.

Dalam rangka mengantisipasi gangguan serupa di masa depan dan meningkatkan keandalan suplai listrik, pemasangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) hibrid di Kantor Pelayanan PLN UP3 Kuala Kapuas menjadi salah satu solusi yang dapat diimplementasikan. PLTS hibrid ini diharapkan dapat menyediakan sumber listrik tambahan yang stabil dan berkelanjutan, memanfaatkan potensi energi surya yang melimpah di wilayah Kalimantan Tengah.

Penggunaan PLTS hibrid juga sejalan dengan upaya global dan nasional dalam mendorong penggunaan energi terbarukan dan mengurangi emisi karbon. Dengan

demikian, pemasangan PLTS hibrid tidak hanya meningkatkan keandalan operasional tetapi juga berkontribusi terhadap kelestarian lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis biaya dan manfaat pemasangan PLTS hibrid di Kantor Pelayanan PLN UP3 Kuala Kapuas, guna menentukan keberlanjutan dan efisiensi solusi tersebut dalam mendukung fungsi Distribution Control Center dan meningkatkan keandalan sistem distribusi listrik di wilayah yang dilayani.

Investasi dalam sistem Fotovoltaik Surya (PV) dinilai melalui penggunaan metodologi *Net Present Value* (NPV) dan *Payback Period* (PBP). Evaluasi ini dilakukan berdasarkan biaya investasi awal, modal yang diinvestasikan dan kemudian diperdagangkan dalam bentuk energi, biaya operasional, kendala pencairan dana, dan tingkat inflasi untuk tahun fiskal berjalan. Biaya setiap komponen dapat berfluktuasi berdasarkan harga pasar yang berlaku, yang ditentukan oleh kontraktor yang bertanggung jawab atas pembangunan PLTS [4]. Mengingat potensinya yang signifikan di Indonesia, Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menjadi satu-satunya pilihan yang layak untuk mendukung inisiatif pemerintah yang bertujuan untuk mengurangi dampak pass-through listrik PLN. Oleh karena itu, penelitian ini akan mengusung judul tugas akhir "Analisis Biaya dan Manfaat Pemasangan PLTS di Kantor Pelayanan PLN UP3 Kuala Kapuas."

1.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa biaya investasi awal PLTS Hibrid di Kantor Pelayanan PLN UP3 Kuala Kapuas?
2. Berapa biaya Operasional dan Pemeliharaan PLTS Hibrid di Kantor Pelayanan UP3 Kuala Kapuas?
3. Bagaimana kelayakan investasi PLTS Hibrid di Kantor Pelayanan PLN UP3 Kuala Kapuas?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian dapat mencapai tujuan yang diharapkan dan tetap terfokus pada isu yang relevan, perlu ditetapkan batasan masalah yang sesuai dengan judul penelitian.

Batasan masalah yang relevan untuk penelitian ini meliputi:

1. Hanya menghitung biaya ekonomis dari PLTS.
2. Tidak memperhitungkan susut peralatan pada PLTS.
3. Tidak menghitung biaya perawatan dari PLTS.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan Dari penelitian ini adalah

1. Untuk menghitung biaya investasi awal PLTS Hibrid di Kantor Pelayanan PLN UP3 Kuala Kapuas
2. Untuk menghitung biaya operasional dan pemeliharaan PLTS Hibrid di Kantor Pelayanan PLN UP3 Kuala Kapuas
3. Untuk menganalisis Kelayakan Ekonomi Pemasangan PLTS Hibrid di Kantor Pelayanan UP3 Kuala Kapuas

1.5 Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat dari penelitian ini termasuk:

a. Manfaat aplikatif

Penelitian ini diharapkan dapat mendorong pihak terkait untuk mempertimbangkan penghematan energi listrik guna mengurangi pemborosan energy melalui pemanfaat energy surya dan mengetahui estimasi biaya pembangunannya juga

b. Manfaat akademik

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengetahuan, khususnya dalam bidang Teknik Otomasi, serta menjadi sumber bacaan di perpustakaan Politeknik Negeri Bali dan menjadi referensi bagi mahasiswa lainnya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Sehubungan dengan telah dilakukan audit energi dengan pengambilan data-data dan pencarian informasi di UP3 Kuala Kapuas dapat penulis sampaikan dari PLTS On Grid ruang distribusi control center di PLN UP3 kuala Kapuas adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan perhitungan Biaya investasi awal meliputi material dan juga jasa pemasangan untuk PLTS Hibrid di Kantor Pelayanan PLN UP3 Kuala Kapuas, dibutuhkan biaya awal sebesar Rp 54.866.500,00.
2. Biaya operasional dan pemeliharaan tahunan dengan menggunakan pendekatan rumus Operational dan Maintenance didapat biaya untuk pemeliharaan dan operasional PLTS Hibrid sebesar Rp 7.183.531,00.
3. Investasi PLTS Hibrid ini layak dilakukan karena waktu pengembalian modal (payback period) adalah 10 tahun, lebih pendek dari umur ekonomis PLTS selama 25 tahun, dengan potensi keuntungan bersih sebesar Rp. 76.326.450,00 selama masa ekonomisnya.

5.2 Saran

1. Mengembangkan kemampuan dalam penggunaan aplikasi pendukung seperti Helioscope dan PVSyst untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam perencanaan PLTS sesuai standar industri.
2. Memperkuat pemahaman lapangan melalui survei yang lebih komprehensif dan kolaborasi aktif dengan stakeholder, guna menghasilkan perencanaan berbasis data yang matang dan relevan.
3. Meningkatkan keterampilan komunikasi profesional dengan memperbanyak simulasi interaksi klien dan program magang, sebagai bekal untuk menghadapi tantangan di dunia kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Ramadani, F. Pakpahan, S. Adi Pradana, M. Agus Supriyanto, and E. Mardiyono, "Implementasi Kebijakan Satu Peta Energi Sumber Daya Mineral (Esdm One Map) di Kementerian Energi Sumber Daya Mineral Republik Indonesia," *Matra Pembaruan*, vol. 3, no. 2, pp. 109–118, 2019, doi: 10.21787/mp.3.2.2019.109-118.
- [2] K. Menteri and E. No, "Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT PLN (Persero) 2013-2022," no. 4092, pp. 2013–2022, 2022.
- [3] A. Asral, W. Fatra, I. Yasri, and F. Candra, "Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Mengatasi Krisis Energi Ketika Musim Kemarau," *JPPM (Jurnal Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat)*, vol. 3, no. 2, p. 223, 2019, doi: 10.30595/jppm.v3i2.4127.
- [4] A. I. Avinda, J. Windarta, D. Denis, I. A. Kusuma, and A. Firmansyah, "Studi Perancangan Plts 1200Wp Sistem on-Grid Ditinjau Dari Teknik Dan Ekonomis," *Pros. Konf. Nas. Pengabdian Kpd. Masy. dan Corp. Soc. Responsib.*, vol. 4, pp. 234–241, 2021, doi: 10.37695/pkmcsr.v4i0.1191.
- [5] M. Zein and A. Farizi, "Analisis Harga Energi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hibrid 3kwp Di Taman Sentosa Cikarang," vol. 10, no. 5, pp. 3942–3947, 2023.
- [6] R. Jalaludin and Y. Mahfudz, "Perbandingan biaya perancangan plts," *Semin. Nas. NCIET*, vol. 1, pp. 162–169, 2020.
- [7] I. P. Yudi Pramayasa, I. N. Satya Kumara, and I. N. Setiawan, "Survei Biaya Investasi Awal Plts Atap Di Indonesia Tahun 2022," *J. SPEKTRUM*, vol. 9, no. 3, p. 94, 2022, doi: 10.24843/spektrum.2022.v09.i03.p11.
- [8] B. Winardi, A. Nugroho, and E. Dolphina, "Perencanaan Dan Analisis Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat Untuk Desa Mandiri," *J. Tekno*, vol. 16, no. 2, pp. 1–11, 2019, doi: 10.33557/jtekno.v16i1.603.
- [9] Z. Taro, "JESCE (Journal of Electrical and System Control Engineering) Analisis Biaya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap Skala Rumah Tangga Analysis of Household Scale Solar Power Plant Roof Costs," *Jesce*, vol. 3, no. 2, p. 2020, 2020, [Online]. Available: <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jesce>.
- [10] T. G. V. S. PUTRA, "Analisa Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya 15 Kw Di Dusun Asah Teben Desa Datah Karangasem," *Pengetah. dan Sikap Dalam Penelit. Kesehat.*, no. 11150331000034, pp. 1–147, 2013.

- [11] W. Permadi, “Rancang bangun Model Solar Tracker Berbasis Mikrokontroler Untuk Mendapatkan Energi Matahari Yang Maksimal,” *Skripsi*, 2008.
- [12] A. Hakim, “Rancangan Bangunan Inverter Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Keluaran 220V Dengan Frekuensi 50Hz Di Laboratorium Energi Universitas Sriwijaya,” *Univ. Sriwij.*, 2018, [Online]. Available: https://doi.org/10.1098/rspb.2014.1396%0Ahttps://www.uam.es/gruposinv/meva/publicaciones_jesus/capitulos_espanyol_jesus/2005_motivacion_para_el_aprendizaje_Perspectiva_alumnos.pdf%0Ahttps://www.researchgate.net/profile/Juan_Aparicio7/publication/253571379.
- [13] rahayu deny danar dan alvi furwanti Alwie, A. B. Prasetio, R. Andespa, P. N. Lhokseumawe, and K. Pengantar, “Tugas Akhir Tugas Akhir,” *J. Ekon. Vol. 18, Nomor 1 Maret 201*, vol. 2, no. 1, pp. 41–49, 2020.
- [14] ABB, “Technical Application Papers No.10. Photovoltaic plants,” *ABB SACE. Italy*, vol. 10, no. 10, p. 107, 2010.
- [15] S. Kasus, D. Sedayu, and D. Pulau, “Kajian Teknis dan Analisis Ekonomis,” vol. 7, no. 1, pp. 1–6, 2015.
- [16] M. Irfan, “Perencanaan Teknis dan Ekonomis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem On-Grid,” *Semin. Nas. Teknol. Informasi, Komun. dan Ind. 9 Fak. Sains dan Teknol. UIN Sultan Syarif Kasim Riau Pekanbaru, 18-19 Mei 2017 ISSN*, vol. 77, no. Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Industr, pp. 18–19, 2017.
- [17] A. Fatoni, “Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV PT.PLN Rayon Lumajang dengan Metode FMEA (Failure Modes and Effects Analysis),” *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, pp. 462–467, 2017, doi: 10.12962/j23373539.v5i2.16150.
- [18] D. Marsudi, “Operasi Sistem Tenaga Listrik,” *Graha Ilmu*, no. April, pp. 2–5, 2006.
- [19] G. M. Abuk and Y. Rumbino, “Analisis kelayakan ekonomi menggunakan metode Net Present Value (NPV), metode Internal Rate of Return (IRR) Payback Period (PBP) pada unit Stone Crusher di CV. X Kab. Kupang Prov. NTT,” *J. Ilm. Teknol. FST Undana*, vol. 14, no. 2, pp. 68–75, 2020.
- [20] Departemen Pertambangan dan Energi PT. PLN (Persero), “SPLN Keandalan Pada Sistem Distribusi,” no. 2252, p. 5, 1985.

- [21] Li, S., Chen, S., & Yang, H. (2020). Techno-economic feasibility analysis of solar photovoltaic systems for industrial applications: A case study in China. *Energy*, 199, 117473. doi:10.1016/j.energy.2020.117473
- [22] Zhang, Q., Gao, J., & Hu, Y. (2019). Economic and environmental analysis of solar photovoltaic systems in industrial facilities: A case study in the United States. *Renewable Energy*, 130, 819-829. doi:10.1016/j.renene.2018.06.091
- [23] Brown, M., Smith, J., & Johnson, D. (2021). Case study on the implementation of grid-tied photovoltaic systems for industrial distribution centers. *Journal of Energy Engineering*, 147(4), 04021027. doi:10.1061/(ASCE)EY.1943-7897.0000807
- [24] Wang, L., Zhou, P., & Cao, Y. (2020). Control strategies of bi-directional inverters for grid-connected photovoltaic systems: A review. *Renewable Energy*, 153, 198-211. doi:10.1016/j.renene.2020.02.093
- [25] M. S. Asad, *Oscillators*. Ferris State University, Michigan, 2012