

**ANALISIS DESAIN *SOLAR TRACKING* TERHADAP
OPTIMALISASI *SOLAR PANELS* PADA GEDUNG D FPTI UPI**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Pendidikan Teknik Elektro



Oleh:

Muhammad Dzikri Fathur Robbani

E.0451.2103843

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNIK DAN INDUSTRI
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

2025

ANALISIS DESAIN *SOLAR TRACKING* TERHADAP OPTIMALISASI *SOLAR PANELS* PADA GEDUNG D FPTI UPI

Oleh
Muhammad Dzikri Fathur Robbani

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Teknik Elektro

©Muhammad Dzikri Fathur Robbani
Universitas Pendidikan Indonesia
Agustus 2025

Hak cipta dilindungi Undang-Undang
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak
ulang, di-fotocopy, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis

LEMBAR PENGESAHAN

MUHAMMAD DZIKRI FATHUR ROBBANI

E.4051.2103843

ANALISIS DESAIN *SOLAR TRACKING* TERHADAP OPTIMALISASI
SOLAR CELL PADA GEDUNG D FPTI UPI

Disetujui dan disahkan oleh:

Dosen Pembimbing

12/8/25
Are pre defense


Dr. Tasma Sucita, S.T., M.T.
NIP. 19641007 199101 1 001

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Pendidikan Teknik Elektro



Dr. Ir. Maman Somantri, S.Pd., M.T.
NIP. 19720119 200112 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN NASKAH

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Andreas Malem Sebayang
NIM : 2004093
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Analisis Desain *Solar Tracking* Terhadap Optimalisasi
Solar Panels pada Gedung D FPTI UPI

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis ini merupakan hasil kerja saya sendiri. Saya menjamin bahwa seluruh isi karya, baik sebagian maupun keseluruhan, bukan merupakan plagiarisme dari karya orang lain, kecuali pada bagian yang telah dinyatakan dan disebutkan sumbernya dengan jelas.

Jika di kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap etika akademik atau unsur plagiarisme, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku di Universitas Pendidikan Indonesia.

Bandung, 15 Agustus 2025

Yang membuat pernyataan,

Muhammad Dzikri Fathur Robbani

NIM 2103843

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul " Analisis desain *solar tracking* terhadap optimalisasi *Solar panels* pada Gedung D FPTI UPI" sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Pendidikan Teknik Elektro. Dalam proses penyusunan skripsi, penulis menyadari bahwa selesainya skripsi ini tidak lepas dari dorongan, bantuan, serta motivasi dari berbagai pihak baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* yang telah memberikan kekuatan, petunjuk, serta keteguhan hati kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Bapak Yusuf Saripudin, Ibu Mafrihah Rahmawati. selaku orang tua dari penulis yang selalu memberikan doa, mendukung, serta memberikan motivasi.
3. Bapak Dr. Tasma Sucita, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi selama proses penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Ir. Maman Somantri, S.Pd., M.T. selaku Ketua Program Studi Sarjana Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Pendidikan Teknik dan Industri, Universitas Pendidikan Indonesia.
5. Bapak Prof. Dr. Jaja Kustija, M.Sc. selaku Dosen Wali Akademik penulis.
6. Bapak Dr. Elih Mulyana, M.Si. selaku Dosen sekaligus partisipan penelitian.
7. Bapak Yosep Nugraha selaku staff UMPR yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melaksanakan penelitian di lingkungan Gedung D FPTI UPI
8. Seluruh dosen dan staf Pendidikan Teknik Elektro UPI yang telah memberikan ilmu serta wawasan selama perkuliahan.
9. Rekan-rekan kelas PTE-A 2021 dan LT 2021 yang telah kebersamai

penulis dalam proses perkuliahan.

10. Serta semua pihak lain yang tidak bisa disebutkan satu persatu, yang telah membantu penulis selama masa proses penyusunan skripsi ini.

Semoga Allah Subhanahu wa Ta'ala membalas segala kebaikan yang telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan untuk menyempurnakan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan kontribusi yang berarti dan menambah wawasan yang bermanfaat bagi pembaca. Selain itu juga semoga skripsi ini dapat menjadi rujukan untuk penelitian selanjutnya.

Bandung, 15 Agustus 2025
Penulis,

Muhammad Dzikri Fathur Robbani
NIM 2103843

ABSTRAK

Panel surya dengan sistem pemasangan tetap memiliki keterbatasan fungsional yang disebabkan oleh ketidakmampuannya mengikuti pergerakan harian matahari, sehingga sudut tangkap radiasi sering kali tidak berada pada posisi optimal. Kondisi tersebut berimplikasi pada penurunan efisiensi penyerapan energi surya, khususnya pada saat perubahan sudut azimuth dan elevasi matahari yang terjadi secara dinamis sepanjang hari. Berdasarkan permasalahan tersebut, kajian ini difokuskan pada analisis konseptual mengenai potensi dan kinerja sistem *dual-axis solar tracking* melalui telaah pustaka terhadap berbagai hasil penelitian terdahulu. Secara prinsip, sistem ini dirancang untuk mengatur orientasi panel surya pada dua sumbu, yaitu sumbu tilt dan sumbu azimuth, dengan memanfaatkan sensor seperti *Light Dependent Resistor* (LDR), aktuator linear, dan unit kendali berbasis mikrokontroler yang memungkinkan penyesuaian posisi secara *real-time*. Hasil kajian literatur menunjukkan bahwa teknologi ini mampu mempertahankan sudut optimal terhadap arah datangnya radiasi matahari, sehingga berpotensi meningkatkan produksi energi listrik secara signifikan. Sejumlah penelitian melaporkan bahwa peningkatan rata-rata produksi energi dapat mencapai lebih dari 30% dibandingkan sistem tetap, meskipun besarnya peningkatan dipengaruhi oleh faktor geografis, desain sistem, dan kondisi lingkungan. Meskipun penerapannya memerlukan biaya investasi awal yang lebih tinggi serta tingkat kompleksitas perawatan yang lebih besar, manfaat jangka panjang yang dihasilkan meliputi peningkatan efisiensi konversi energi, keandalan pasokan listrik, dan percepatan pengembalian modal. Oleh karena itu, *dual-axis solar tracking* dapat dipandang sebagai alternatif strategis dalam upaya optimalisasi pemanfaatan energi surya yang berkelanjutan.

Kata kunci: *dual-axis solar tracking*, efisiensi energi, panel surya, orientasi panel, energi terbarukan

ABSTRACT

Solar panels with fixed mounting systems have functional limitations due to their inability to follow the daily movement of the sun, resulting in the radiation capture angle often not being in the optimal position. This condition results in a decrease in solar energy absorption efficiency, especially during dynamic changes in the sun's azimuth and elevation angles throughout the day. Based on these issues, this study focuses on a conceptual analysis of the potential and performance of a dual-axis solar tracking system through a literature review of previous research findings. In principle, this system is designed to adjust the orientation of solar panels on two axes, namely the tilt axis and the azimuth axis, by utilizing sensors such as Light Dependent Resistor (LDR), linear actuators, and microcontroller-based control units that enable real-time position adjustment. The literature review indicates that this technology is capable of maintaining the optimal angle relative to the direction of incoming solar radiation, thereby potentially increasing electricity production significantly. Several studies report that average energy production increases can exceed 30% compared to fixed systems, although the magnitude of the increase is influenced by geographical factors, system design, and environmental conditions. Although its implementation requires higher initial investment costs and greater maintenance complexity, the long-term benefits include improved energy conversion efficiency, reliability of electricity supply, and accelerated return on investment. Therefore, dual-axis solar tracking can be considered a strategic alternative in efforts to optimize the sustainable utilization of solar energy.

Keywords: dual-axis solar tracking, energy efficiency, solar panels, panel orientation, renewable energy

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN NASKAH.....	ii
UCAPAN TERIMA KASIH	iii
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Struktur Organisasi Skripsi	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
2.1 Pembangkit Listrik	6
2.2 Energi Terbarukan.....	8
2.3 <i>Solar Energy</i>	12
2.3.1 <i>Solar Cell</i>	12
2.3.2 Komponen <i>Solar Energy</i>	14
2.4 <i>Solar Tracking</i>	25
2.4.1 Prinsip Kerja <i>Solar Tracking</i>	25
2.5 Analisis Produksi Energi.....	28
2.5.1 Metode Pengukuran Produksi Energi.....	28
2.5.2 Standar Nilai Pengujian Tahanan Delta dan Kapasitansi	29
2.5.3 Faktor Lingkungan	30
2.6 Desain <i>Solar Tracking</i>	32

2.6.1	Parameter Desain <i>Solar Tracking</i>	32
2.7	Penelitian Relevan.....	33
BAB III METODE PENELITIAN		36
3.1	Desain Penelitian.....	36
3.2	Partisipan dan Lokasi Penelitian	37
3.2.1	Partisipan.....	37
3.2.2	Lokasi Penelitian.....	37
3.3	Instrumen Penelitian.....	38
3.3.1	Alat Penelitian.....	40
3.3.2	Bahan.....	41
3.4	Prosedur Penelitian.....	44
3.5	Analisis Data	46
BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN.....		48
4.1	Temuan Penelitian.....	48
4.1.1	Data Hasil Pengukuran Energi Solar panels Pemasangan Tetap ..	48
4.1.2	Desain Solar Tracking.....	50
4.1.3	Data Pengukuran Energi apabila menggunakan <i>Solar Tracking</i> ..	51
4.2	Pembahasan.....	52
4.2.1	Pengukuran Energi <i>Solar Panels</i> Pemasangan Tetap	53
4.2.2	Desain Solar Tracking untuk Optimalisasi Solar Panels.....	54
4.2.3	Analisis Peningkatan Energi dengan Solar Tracking.....	57
BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN REKOMENDASI		59
5.1	Simpulan	59
5.2	Implikasi.....	59
5.3	Rekomendasi	60
DAFTAR PUSTAKA		62
LAMPIRAN.....		65

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel penelitian terdahulu	34
Tabel 4.1 Data radiasi matahari Solar panels pada Gedung D FPTI UPI	48
Tabel 4.2 Data produksi energi Solar panels pemasangan tetap	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pembangkit listrik energi terbarukan.....	6
Gambar 2. 2 Pembangkit listrik energi konvensional.....	7
Gambar 2. 3 Energi surya	8
Gambar 2. 4 Energi angin.....	9
Gambar 2. 5 Energi air/ hidro	10
Gambar 2. 6 Energi panas bumi	10
Gambar 2. 7 Energi biomassa.....	11
Gambar 2. 8 Energi laut.....	11
Gambar 2. 9 Prinsip kerja Solar cell (Rabaia et al., 2021)	13
Gambar 2. 10 Solar panel monokristalin.....	15
Gambar 2. 11 Solar panel polikristalin.....	16
Gambar 2. 12 Solar panel thin film	17
Gambar 2. 13 Inverter.....	18
Gambar 2. 14 Baterai lithium ion	20
Gambar 2. 15 Baterai timbal asam	21
Gambar 2. 16 Modul pwm.....	22
Gambar 2. 17 MPPT (maximum power point tracking).....	23
Gambar 2. 18 Solar tracking single axis (www.solarreviews.com)	26
Gambar 2. 19 Solar tracking dual axis (www.solarreviews.com)	26
Gambar 2. 20 Diagram jalur matahari tahunan yang menunjukkan sudut azimut dan sudut kemiringan yang digunakan dalam merancang sistem pelacakan dua sumbu untuk mengoptimalkan paparan sinar matahari.....	28
Gambar 2. 21 Sebaran radiasi matahari pada Gedung D FPTI UPI (globalsolaratlas.info).....	31
Gambar 3. 1 Diagram alir desain penelitian	36
Gambar 3. 2 Lokasi penelitian Gedung D FPTI UPI	38
Gambar 3. 3 Instrumen Penelitian	39
Gambar 3. 4 Panel surya monocrystalline (Dokumentasi pribadi).....	41
Gambar 3. 5 Baterai lead acid (Dokumentasi pribadi)	42
Gambar 3. 6 Konfigurasi MPPT (Dokumentasi pribadi)	44

Gambar 3. 7 Diagram alir prosedur penelitian	45
Gambar 4. 1 Grafik produksi energi <i>Solar panels</i> pemasangan tetap	49
Gambar 4. 2 Desain solar tracking yang direkomendasikan untuk Gedung D FPTI (Hammas et al., 2025a)	50
Gambar 4. 3 Struktur fisik desain solar tracking (Hammas et al., 2025a)	50
Gambar 4. 4 Prinsip kerja solar tracking (Hammas et al., 2025a).....	51
Gambar 4. 5 Variasi gerak sensor LDR terhadap radiasi matahari (Hammas et al., 2025a).....	51
Gambar 4. 6 Produksi energi pemasangan solar panel tetap dengan sudut tilt 30° (Hammas et al., 2025)	52
Gambar 4. 7 Produksi energi dengan pemasangan dual axis solar tracking (Hammas et al., 2025)	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Tugas Pembimbing Skripsi	69
Lampiran 2 Spesifikasi Solar Panels	70
Lampiran 3 Spesifikasi Baterai	70
Lampiran 4 Spesifikasi MPPT	70
Lampiran 5 Lembar bimbingan skripsi halaman 1	71
Lampiran 6 Lembar bimbingan skripsi halaman 2	72
Lampiran 7 Lembar bimbingan skripsi halaman 3	73
Lampiran 8 Lembar bimbingan skripsi halaman 4	74
Lampiran 9 Hasil cek plagiarisme	75

DAFTAR PUSTAKA

- Abdallah, R., Gehin, A. L., & Dieulot, J. Y. (2022). Battery Lifetime Optimization in a Solar Microgrid. *IEEE International Conference on Control and Automation, ICCA, 2022-June*, 154–159. <https://doi.org/10.1109/ICCA54724.2022.9831924>
- Alawekar, P. P., Bombale, U., & Shinde, N. (2013). MPPT based Charge Controller for Off Grid Small Wind Machine using PWM Technique. *International Journal of Computer Applications*, 81, 22–25. <https://doi.org/10.5120/14041-2193>
- Ali A., M. and K. (2020). Design and Implementation of Solar Tracking System for Efficient Solar Power Generation. *International Journal of Renewable Energy Research*.
- Arif Arief A. Said S. M. & Nappu M. B., S. R. (2024). Design and evaluation of on-grid solar rooftop power plant for Tower I of Ministry 3 building in the new Indonesian capital city. *2024 Seventh International Conference on Vocational Education and Electrical Engineering (ICVEE)*, 296–302. <https://doi.org/https://doi.org/10.1109/ICVEE63912.2024.10823780>
- Arnold, S., Ruthes, J., Kim, C., & Presser, V. (2024). Electrochemical recycling of lithium-ion batteries: Advancements and future directions. *EcoMat*. <https://doi.org/10.1002/eom2.12494>
- BAPPENAS. (n.d.). *Energi Baru dan Terbarukan (EBT) Mendukung Pertahanan Negara Ditekindhan Ditjen Potan Kemhan*. <https://www.kalderanews.com/2020/05/apa-sih-bedanya-energi-baru-dan-terbarukan/>
- Bush, D., & Sealey, D. (1984). *Sealed lead-acid batteries for solar applications*. 84–14. <https://www.osti.gov/biblio/5417150>
- Chen, T., Jin, Y., Lv, H., Yang, A., Liu, M., Chen, B., Xie, Y., & Chen, Q. (2020). Applications of Lithium-Ion Batteries in Grid-Scale Energy Storage Systems. In *Transactions of Tianjin University* (Vol. 26, Issue 3, pp. 208–217). Tianjin University. <https://doi.org/10.1007/s12209-020-00236-w>
- Crompton, J. (2021). Data management from the DCS to the historian and HMI. In *Machine Learning and Data Science in the Power Generation Industry* (pp. 93–122). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819742-4.00005-6>
- Deepika, M., Karthikeyan, P., Keerthana, A. V, Lakshmanan, M., Gowtham, P., Kumar, C., & Jaisiva, S. (2023). MPPT-Based Charge Controller for Battery Fast Charging. *2023 9th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS)*. <https://doi.org/10.1109/ICACCS57279.2023.10112852>
- Golmohammadzadeh, R., Faraji, F., Jong, B., Pozo-Gonzalo, C., & Banerjee, P. (2022). Current challenges and future opportunities toward recycling of spent lithium-ion batteries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112202>

- Grigorescu, A., Ion, A.-E., Lincaru, C., & Pirciog, S. (2021). Synergy Analysis of Knowledge Transfer for the Energy Sector within the Framework of Sustainable Development of the European Countries. *Energies*, 15(1), 276. <https://doi.org/10.3390/en15010276>
- Hammas, M., Fituri, H., Shour, A., Khan, A. A., Khan, U. A., & Ahmed, S. (2025a). A Hybrid Dual-Axis Solar Tracking System: Combining Light-Sensing and Time-Based GPS for Optimal Energy Efficiency. *Energies*, 18(1). <https://doi.org/10.3390/en18010217>
- Hammas, M., Fituri, H., Shour, A., Khan, A. A., Khan, U. A., & Ahmed, S. (2025b). A Hybrid Dual-Axis Solar Tracking System: Combining Light-Sensing and Time-Based GPS for Optimal Energy Efficiency. *Energies*, 18(1). <https://doi.org/10.3390/en18010217>
- Hiwale, A. S., Patil, M. V., & Vinchurkar, H. (2014). An Efficient MPPT Solar Charge Controller. *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Energy*, 3, 10505–10511. <https://doi.org/10.15662/IJAREEIE.2014.0307017>
- Jeremy, D., Utama, V., Army, P. F., & Sartika, E. (2021). *Perancangan Integrated Transfer Switch (ISTS) bagi Pengguna Panel Surya*. 5, 39–48. <https://doi.org/10.26760/JRH.V5I1.39-48>
- Kim S., J. and L. (2021). Evaluation of Solar Power Generation on Buildings Using Solar Tracking Systems. *Energy Reports*.
- Kumar R., V. and R. (2017). Assessment of Solar Tracker Systems in Urban Environments. *Journal of Urban Energy*.
- Laguado-Serrano, M. A., Luna-Paipa, E. A., Bustos-Márquez, L. F., & Sepúlveda-Mora, S. (n.d.). *Performance comparison between PWM and MPPT charge controllers*. https://consensus.app/papers/performance-comparison-between-pwm-and-mppt-charge-laguado-serrano-luna-paipa/0e1242df6e045418b06ca1cae54ffcd5/?utm_source=chatgpt
- Madububa, B. I., Mbagwu, J. C., & Isiohia, D. O. (2020). Design, Construction, and Testing of Maximum Power Point Tracking (MPPT) Charge Controller for Photovoltaic (PV) Power Generation. *JERR*, 17(1). <https://doi.org/10.9734/JERR/2020/V17I117180>
- Mahesh B M, V. V. (2018). *A Comparative Analysis and Performance of Polycrystalline and Monocrystalline PV Module*. www.ijert.org
- Mousazadeh, H., Keyhani, A., Javadi, A., Mobli, H., Abrinia, K., & Sharifi, A. (2009). A review of principle and sun-tracking methods for maximizing solar systems output. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 13, Issue 8, pp. 1800–1818). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.01.022>
- Nathawibawa, A. A. N. B. B., Kumara, I. N. S., & Ariastina, W. G. (2016). Analisis Produksi Energi dari Inverter pada Grid-connected PLTS 1 MWp di Desa Kayubihi Kabupaten Bangli. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 16(1), 131. <https://doi.org/10.24843/mite.1601.18>
- Rabaia, M. K. H., Abdelkareem, M. A., Sayed, E. T., Elsaid, K., Chae, K. J., Wilberforce, T., & Olabi, A. G. (2021a). Environmental impacts of solar

- energy systems: A review. *Science of the Total Environment*, 754. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141989>
- Rabaia, M. K. H., Abdelkareem, M. A., Sayed, E. T., Elsaid, K., Chae, K. J., Wilberforce, T., & Olabi, A. G. (2021b). Environmental impacts of solar energy systems: A review. *Science of the Total Environment*, 754. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141989>
- Ramaswamy, R. (2016). *Enhanced Lead-Acid Battery Management*.
- Sakti Ihsan K. T. N. & Wikantika K., A. (2022). Multi-Criteria Assessment for City-Wide Rooftop Solar PV Deployment: A Case Study of Bandung, Indonesia. *Remote Sensing*, 14.0(12.0), 2796. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/rs14122796>
- Sharma R., P. and S. (2019). Impact of Solar Tracking on Energy Efficiency in Residential Solar Installations. *Journal of Solar Energy Engineering*.
- Sijabat & Mostavan A., L. A. M. (2021). Solar power plant in Indonesia: Economic, policy, and technological challenges to its development and deployment. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 753.0(1.0), 012003. <https://doi.org/https://doi.org/10.1088/1755-1315/753/1/012003>
- Sugianto, S. (2020). Comparative Analysis of Solar Cell Efficiency between Monocrystalline and Polycrystalline. *INTEK: Jurnal Penelitian*, 7(2), 92–100. <https://doi.org/10.31963/intek.v7i2.2625>
- Tsubota, M. (1991). Development of lead/acid batteries for photovoltaic power systems. *Journal of Power Sources*, 35(4), 355–358. [https://doi.org/10.1016/0378-7753\(91\)80051-X](https://doi.org/10.1016/0378-7753(91)80051-X)
- Urzúa, I. A., Olmedo, J. C., & Sauma, E. E. (2016). Impact of intermittent non-conventional renewable generation in the costs of the Chilean main power system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 810–821. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.124>
- Voldsund, M., Reyes-Lúa, A., Fu, C., Ditaranto, M., Neksa, P., Mazzetti, M. J., Brekke, O., Bindingsbø, A. U., Grainger, D., & Pettersen, J. (2023). Low carbon power generation for offshore oil and gas production. *Energy Conversion and Management: X*, 17, 100347. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2023.100347>
- Wilberforce, T., Baroutaji, A., El Hassan, Z., Thompson, J., Soudan, B., & Olabi, A. G. (2019). Prospects and challenges of concentrated solar photovoltaics and enhanced geothermal energy technologies. *Science of the Total Environment*, 659, 851–861. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.257>
- Zaidi, B., & Shekhar, C. (Eds.). (2022). *Thin Films Photovoltaics*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.96073>
- Zhang Y., X. and H. (2018). Optimization of Dual-Axis Solar Tracker for Large-Scale Solar Power Plants. *Renewable Energy*.