

**DESAIN PERANCANGAN PROTOTIPE PLTB MENGGUNAKAN
TURBIN *VORTEX BLADELESS***

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro
Program Studi S1 Teknik Elektro



Oleh:

Muhammad Irsan Lukmanul Hakim

E.5051.1905153

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

2023

**DESAIN PERANCANGAN PROTOTIPE PLTB MENGGUNAKAN
TURBIN *VORTEX BLADELESS***

Oleh

Muhammad Irsan Lukmanul Hakim

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik Elektro pada Program Studi S1 Teknik Elektro

© Muhammad Irsan Lukmanul Hakim

Universitas Pendidikan Indonesia

Agustus 2023

Hak Cipta dilindungi Undang - Undang.

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
dengan dicetak ulang, di *fotocopy*, atau cara lain tanpa izin dari penulis.

LEMBAR PENGESAHAN

MUHAMMAD IRSAN LUKMANUL HAKIM

E.5051.1905153

**DESAIN PERANCANGAN PROTOTIPE PLTB MENGGUNAKAN
TURBIN *VORTEX BLADELESS***

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

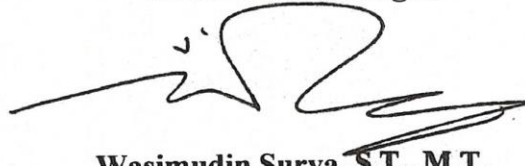
Dosen Pembimbing I



Dr. Bambang Trisno, M.SIE.

NIP. 19610309 198610 1 001

Dosen Pembimbing II



Wasimudin Surya, S.T., M.T.

NIP. 19700808 199702 1 001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Iwan Kustiawan, S.Pd., M.T., Ph.D.

NIP. 19770908 200312 1 00

ABSTRAK

Pembangkit listrik tenaga energi terbarukan menjadi salah satu upaya pengurangan penggunaan bahan bakar fosil, salah satunya pembangkit listrik tenaga angin. Pada PLTB memiliki komponen penting yang mengoperasikan sistem pembangkit untuk menghasilkan energi listrik yaitu turbin angin. Turbin angin sumbu vertikal merupakan turbin angin yang dibuat dengan poros tegak lurus dengan angin, sehingga memiliki kelebihan untuk memanfaatkan energi angin dari berbagai arah mata angin dengan efektif. *Vortex Bladeless* melakukan pengembangan dan pembuatan prototipe dari fenomena *Vortex Shedding* yang dikembangkan dengan model turbin angin sumbu vertikal. Penelitian ini menggunakan model penelitian ADDIE, yang terdiri dari lima tahapan diantaranya adalah *Analyze* (Analisis), *Design* (Desain), *Development* (Pengembangan), *Implementation* (Implementasi), dan *Evaluation* (Evaluasi). Perancangan prototipe skala kecil ini, diharapkan menjadi model PLTB yang berpotensi untuk diterapkan pada pengembangan pembangkit listrik energi terbarukan, dengan memanfaatkan prinsip kerja induksi magnet untuk menghasilkan listrik dari getaran atau osilasi yang dihasilkan oleh angin. Perancangan pada penelitian ini dibagi menjadi tiga bagian, yaitu perancangan *base*, perancangan *mast* dan perancangan generator magnet. Penelitian ini memiliki tiga jenis pengujian, yaitu uji fungsionalitas, uji kekokohan model, dan uji kinerja alat. Hasil dari penelitian yang dilakukan, didapatkan bahwa prototipe yang dibuat memiliki hasil uji fungsionalitas yang baik dengan menjadi model turbin angin sumbu vertikal yang dapat beresilasi, hasil uji kekokohan yang dimiliki sangat baik karena bahan yang terbuat dari pipa pvc yang memiliki ketahanan kuat, dan hasil uji kinerja alat menghasilkan nilai keluaran yang kurang memuaskan, hal itu karena sistem induksi magnet getaran yang kurang maksimal sehingga memberikan *output* yang kecil.

Kata Kunci: Pembangkit listrik energi terbarukan, PLTB, ADDIE, *Vortex Bladeless*, *Vortex Shedding*, Prototipe

ABSTRACT

Renewable energy power plants are one of the efforts to reduce the use of fossil fuels, one of which is wind power plants. The wind power plant has an important component that operates the generating system to produce electrical energy, namely the wind turbine. The vertical axis wind turbine is a wind turbine made with a shaft perpendicular to the wind, so it has the advantage of utilizing wind energy from various cardinal directions effectively. Vortex Bladeless developed and made a prototype of the Vortex Shedding phenomenon developed with a vertical axis wind turbine model. This research uses the experimental method, with the aim of knowing the level of optimization and reliability of the performance of the prototype of the Wind Power Plant using the Vortex Bladeless type tubin. The design of this small-scale prototype is expected to be a wind power plant model that has the potential to be applied to the development of renewable energy power plants, by utilizing the working principle of magnetic induction to generate electricity from vibrations or oscillations generated by the wind. The design in this research is divided into three parts, namely base design, mast design and magnetic generator design. This research has three types of tests, namely functionality tests, model robustness tests, and tool performance tests. The results of the research conducted, it was found that the prototype made has good functionality test results by becoming a vertical axis wind turbine model that can oscillate, the results of the robustness test are very good because the material is made of pvc pipe which has strong resistance, and the results of the tool performance test produce an unsatisfactory output value, it is because the vibration magnetic induction system is not maximized so that it provides a small output.

Keywords: *Renewable energy power plant, Wind Farm, ADDIE, Bladeless Vortex, Vortex Shedding, Prototype.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN.....	ii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iii
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB 1.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Struktur Organisasi Penulisan Skripsi.....	4
BAB 2.....	5
KAJIAN PUSTAKA.....	5
2.1 Energi Terbarukan.....	5
2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Energi Terbarukan	6
2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Bayu/Angin (PLTB).....	6
2.4 Turbin Angin	8
2.4.1 Turbin Angin Sumbu Horizontal	8
2.4.2 Turbin Angin Sumbu Vertikal	11
2.5 Turbin Angin <i>Vortex Bladeless</i>	12
2.5.1 Vortex Shedding.....	13
2.5.2 <i>Vortex-Induced Vibration (VIV)</i>	16
2.5.3 Generator.....	17
2.6 Penelitian yang Relevan	18
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Metode Penelitian.....	21
3.2 Perancangan Prototipe	22
3.2.1 Alat Perancangan	22
3.2.2 Bahan.....	25

3.3	Perencanaan Perancangan Prototipe.....	27
3.3.1	Perancangan <i>Base</i>	29
3.3.2	Perancangan <i>Mast</i>	29
3.3.3	Perancangan Generator Magnet	30
3.4	Pengujian	32
3.4.1	Pengujian Fungsionalitas	32
3.4.2	Pengujian Kekokohan Model	32
3.4.3	Pengujian Kinerja Alat	32
3.5	Analisis Hasil Pengukuran	35
BAB 4	TEMUAN DAN PEMBAHASAN	36
4.1	Temuan.....	36
4.1.1	Analisa Hasil Perancangan.....	36
4.1.2	Pengujian Fungsionalitas	37
4.1.3	Pengujian Kekokohan	37
4.1.4	Pengujian Kinerja Alat.....	37
4.2	Pembahasan	45
4.2.1	Hasil Uji Prototipe.....	45
4.2.2	Optimalisasi Prototipe	47
BAB 5	SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN REKOMENDASI	49
5.1	Simpulan.....	49
5.2	Implikasi	49
5.3	Rekomendasi	50
	DAFTAR PUSTAKA	51
	LAMPIRAN	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta Distribusi Kecepatan Angin di Indonesia pada ketinggian 50 m	7
Gambar 2.2 Jenis TASH berdasarkan letak rotor.....	9
Gambar 2.3 Jenis TASH berdasarkan jumlah sudu	9
Gambar 2.4 Turbin Angin Sumbu Vertikal.....	11
Gambar 2.5 Turbin Angin Vortex Bladeless.....	13
Gambar 2.6 Karman <i>Vortex Street</i>	13
Gambar 2.7 Simulasi <i>Vortex Shedding</i>	14
Gambar 2.8 Daerah aliran <i>Vortex</i>	15
Gambar 3.1 Metode ADDIE	21
Gambar 3.2 Gergaji Pipa.....	22
Gambar 3.3 Meteran Gulung.....	22
Gambar 3.4 Tang Kombinasi	22
Gambar 3.5 Amplas Kasar	23
Gambar 3.6 Amplas Halus	23
Gambar 3.7 Lem Pipa PVC.....	23
Gambar 3.8 Obeng	24
Gambar 3.9 Palu.....	24
Gambar 3.10 Solder	24
Gambar 3.11 Timah Solder	25
Gambar 3.12 Triplek	25
Gambar 3.13 Pipa PVC 5 Inchi.....	25
Gambar 3.14 Pipa PVC ½ Inchi.....	26
Gambar 3.15 Pipa PVC 2 Inchi.....	26
Gambar 3.16 Dop PVC 5 Inchi	26
Gambar 3.17 Koker Trafo	26
Gambar 3.18 Kawat Tembaga.....	27
Gambar 3.19 Magnet Neodymium.....	27
Gambar 3.20 Kabel	27
Gambar 3.21 Desain Prototipe <i>Vortex Bladeless</i>	28
Gambar 3.22 Desain <i>Base</i>	29
Gambar 3.23 Desain <i>Mast</i>	30
Gambar 3.24 Desain Lilitan dan Magnet	31
Gambar 3.25 Konfigurasi Magnet.....	31
Gambar 3.26 Kipas Angin.....	33
Gambar 3.27 Anemometer	33
Gambar 3.28 Multimeter	34
Gambar 3.29 Skema Pengujian	34
Gambar 4.1 Hasil Perancangan	36
Gambar 4.2 Percobaan Tanpa Beban Kondisi 1	37
Gambar 4.3 Grafik Percobaan 1 Tanpa Beban.....	38
Gambar 4.4 Percobaan Tanpa Beban Kondisi 2	39
Gambar 4.5 Grafik Percobaan 2 Tanpa Beban.....	40
Gambar 4.6 Percobaan Tanpa Beban Kondisi 3	40

Gambar 4.7 Grafik Percobaan 3 Tanpa Beban.....	41
Gambar 4.8 Percobaan Berbeban Kondisi 1	42
Gambar 4.9 Grafik Percobaan 1 Berbeban	43
Gambar 4.10 Percobaan Berbeban Kondisi 2	43
Gambar 4.11 Grafik Percobaan 2 Berbeban	44
Gambar 4.12 Percobaan Berbeban Kondisi 3	44
Gambar 4.13 Grafik Percobaan 3 Berbeban	45

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kapasitas Terpasang PLN menurut Jenis Pembangkit Listrik (MW) 2019-2021	5
Tabel 3.1 Spesifikasi Prototipe	28
Tabel 3.2 Tabel Hasil Pengujian Tanpa Beban	35
Tabel 3.3 Tabel Hasil Pengujian Berbeban	35
Tabel 4.1 Hasil Percobaan 1 Tanpa Beban	38
Tabel 4.2 Hasil Percobaan 2 Tanpa Beban	39
Tabel 4.3 Hasil Percobaan 3 Tanpa Beban	41
Tabel 4.4 Hasil Percobaan 1 Berbeban	42
Tabel 4.5 Hasil Percobaan 2 Berbeban	44
Tabel 4.6 Hasil Percobaan 3 Berbeban	45

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, M., Harahap, P., & Nasution, M. R. (2019). Analisis Pengaruh Perubahan Kecepatan Angin Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTA) Terhadap Daya Yang Dihasilkan Generator DC. *Rekayasa Elektrikal dan Energi*.
- Afidah, Z., Yushardi, & Sudarti. (2023). Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Bayu dengan Turbin Angin. *Energi, Manufaktur, dan Material*, 7.
- Alfi, M. N. (2019). Analisis Perbandingan Karakteristik Airfoil NACA dan NREL. *UMM*.
- An-Nafi, A. A. (2018). Pemanfaatan Vortex Induced Vibration (VIV) Sebagai Penghasil Listrik Tenaga Air.
- Basnet, S., Deschinkel, K., Moyne, L. L., & Pera, M. C. (2023, June 12). A Review on Recent Standalone and Grid Integrated Hybrid Renewable Energy Systems: System Optimization and Energy Management Strategies. *Renewable Energy Focus*, 2.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.ref.2023.06.001>
- Bouzaher, M. T., & Guerira, B. (2022). Computational Investigation on the Influence of Expandable Blades on the Performance of Savonius Wind Turbine.
- BPS. (2021). *Kapasitas Terpasang PLN menurut Jenis Pembangkit Listrik (MW), 2019-2021*. Diambil kembali dari Badan Pusat Statistik:
<https://www.bps.go.id/indicator/7/321/1/kapasitas-terpasang-pln-menurut-jenis-pembangkit-listrik.html>
- Chizfahm, A., & Yazdi, A. A. (2018). Dynamic modeling of Vortex Induced Vibration Wind Turbine.
- Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konversasi Energi. (2021, Januari 30). Diambil kembali dari Potensi Energi Angin Indonesia 2020:
https://p3tkebt.esdm.go.id/pilot-plan-project/energi_angin/potensi-energi-angin-indonesia-2020
- Direktorat Pembangunan. (2019, April 07). *Climate Change*. Diambil kembali dari Kementerian Luar Negeri:
https://kemlu.go.id/portal/en/read/96/halaman_list_lainnya/climate-change
- EBTKE. (2017, 9 30). *PLTB Sidrap, Pembangkit Listrik Tenaga Angin Terbesar di Indonesia*. Diambil kembali dari Energi Baru Terbarukan dan Konversasi Energi: <https://ebtke.esdm.go.id/>
- EBTKE. (2021). *Potensi Energi Angin Indonesia 2020*. Diambil kembali dari Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konversi Energi:

https://p3tkebt.esdm.go.id/pilot-plan-project/energi_angin/potensi-energi-angin-indonesia-2020

- EBTKE. (2022, Januari 17). *Ini Capaian Kinerja Tahun 2021 dan Rencana Kerja 2022 Subsektor EBTKE*. Diambil kembali dari Direktorat Jenderal Energi Terbarukan dan Konservasi Energi:
<https://ebtke.esdm.go.id/post/2022/01/17/3055/ini.capaian.kinerja.tahun.2021.dan.rencana.kerja.2022.subsektor.ebtke>
- EBTKE. (2023, Januari 20). *Dirjen EBTKE Paparkan Pemenuhan Kebutuhan Listrik Indonesia Melalui Pemanfaatan EBT*. Diambil kembali dari Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konversi Energi:
<https://ebtke.esdm.go.id/>
- Francis, S., Umesh, V., & Shivakumar, S. (2021). Design and Analysis of Vortex Bladeless Wind Turbine. *Elsevier*.
- Gang, Yidian, Jia, Huang, H., & Liyan, H. (2023). Research on Dynamic Characteristics of Vertical Axis Wind Turbine Extended to The Outside of Buildings.
- Ghofur, M. A., Putra, M. I., & Funny, R. A. (2020). Perancangan dan simulasi Turbin Angin Sumbu Horizontal. *SENATIK*.
- Global Energy Monitor. (2023). *Global Wind Power Tracker*. Diambil kembali dari Global Energy Monitor:
<https://globalenergymonitor.org/projects/global-wind-power-tracker/>
- Gui, X., Xue, H., Gao, R., Hu, Z., & Xu, Y. (2023, April). Analysis on Aerodynamic Performance of Mine Horizontal Axis Wind Turbine with Air Duct Based on Breeze Power Generation. *Sustainable Materials and Technologies*, 35, 553. doi:<https://doi.org/10.1016/j.susmat.2022.e00553>
- Guo, J., Zeng, P., & Lei, L. (2019). Performance of a straight-bladed vertical axis wind turbine with inclined pitch axes by wind tunnel experiments. *Energy*, 556. doi:<https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.02.177>
- H, P., Davito, C., Sulaiman, M., & Prabawa A., P. G. (2022). Kajian Industri Energi Terbarukan Tenaga Listrik di Indonesia Berdasarkan. *G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan*.
- He, D. (2021). Prediction of Infrasound Emission from Horizontal Axis Wind Turbine.
- IEA. (2022). *Wind Electricity*. Paris: IEA. Diambil kembali dari
<https://www.iea.org/reports/wind-electricity>
- IEA Energy Technology Perspectives . (2010). Scenarios & Strategies to 2050. *Executive Summary*.

- Indriani, A., Manurung, G., Daratha, N., & Hendra. (2019). Perancangan Turbin Sumbu Horizontal dan Sumbu Vertikal untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin (Studi Kasus di Kota Bengkulu). *Amplifier*.
- Ismail, Munandar, M., & Argantara, A. (2019). Perancangan Turbin Angin Sumbu Horizontal 2 Sudu dengan Kapasitas 1 MW. *Teknobiz*.
- Jonathan, B., & Tobing, S. (2021). Analisis Aliran Udara pada Vortex Bladeless Wind Turbine dengan Metode Volume Berhingga. 18.
- Karimian, S., & Abdolahifar, A. (2019). Performance Investigation of a New Darrieus Vertical Axis Wind Turbine. *Journal Pre-proof*.
- KESDM. (2018). *Potensi Energi Baru Terbarukan (EBT) Indonesia*. Diambil kembali dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral: <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/potensi-energi-baru-terbarukan-ebt-indonesia>
- Klinlampua, C., Klinlampua, C., & Siririsakulchai, J. (2023). The Sufficient Level of Growth in Renewable Energy Generation for Coal. *Elsevier*, 844. doi:<https://doi.org/10.1016/j.egy.2023.05.203>
- Mariello, M., & Vittorio, M. D. (2021). Micro and Nano Device for Wind Energy Harvesting.
- Maulana, E. V., Sukerayasa, I. W., & Partha, C. G. (2021). Rancang Bangun Sistem Pemanen Energi Exhaust Fan dengan Diffuser Turbin Angin Sumbu Horizontal. *SPEKTRUM*.
- Murugaperumal, K., Srinivasn, S., & Prasad, G. S. (2020). Optimum Design of Hybrid Renewable Energy System Trough Load Forecasting and Different Operating Strategies for Rural Electrification. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*.
- Nakhoda, Y. I., & Saleh, C. (2017). Pembangkit Listrik Tenaga Angin Sumbu Vertikal untuk Penerangan Rumah Tangga di Daerah Pesisir Pantai. *Industri Inovatif*.
- Nurdiyanti, A., & Haryudo, S. I. (2020). Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Turbin Angin Savonius.
- Nuryanti, Salam, A., & Julianto, A. (2021). Simulasi Pengujian Kinerja Kendali Pitch Turbin Angin Berbasis Matlab Simulink. *Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional*.
- Odoi-Yorke, F., Adu, T. F., Ampimah, B. C., & Atepor, L. (2023). Techno-economic assessment of a utility-scale wind power plant in Ghana. *Energy Conversion and Management: X*, 100375. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2023.100375>

- Ogaili, A. A., Jaber, A. A., & Hamzah, M. N. (2023). Wind Turbine Blades Fault Diagnosis Based on Vibration Dataset Analysis. *Data in Brief*, 109414. doi:<https://doi.org/10.1016/j.dib.2023.109414>
- Owaisur Rahman Shah, M. A. (2021). Experimental and Numerical Evaluation of Performance of a Variable Pitch Vertical-Axis Wind Turbine . *J. Energy Resour. Technol.*
- Petrykowski, K., Kasianantham, N., Ravi, D., Geca, M. J., Ramakrisnan, P., & Wendeker, M. (2023). Sustainable energy development technique of vertical axis wind turbine with variable swept area – An experimental investigation. *Applied Energy*, 120262. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.120262>
- Presiden, & DPR. (2007). UU No.30.
- Putra, F. C. (2015). Studi Karakteristik Vortex shedding dari Interaksi Hidrodinamika dengan Pemasangan Multiple helical rods ber-gap pada Sebuah Silinder Kaku.
- Ravikumar, K., Subbiah, R., Ranganathan, N., Bensingh, J., Kader, A., & Nayak, S. K. (2019). A review on fatigue damages in the wind turbines: Challenges in determining and reducing fatigue failures in wind turbine blades. *Wins Engineering*.
- Remember S, L. F., & Suhendra, B. (2022). Analisis Performa Airfoil USA-35B dalam Perancangan Bilah Jenis Taperless pada Turbin Angin Sumbu Horizontal 500 Watt. *Jurnal Teknik Mesin UNSIKA*.
- Romadhon, F. D., & Subekti, R. (2023). Analisis Pengaturan Energi Terbarukan . *Jurnal Pacta Sunt Servanda*. Diambil kembali dari <https://ejournal2.undiksha.ac.id/index.php/JPSS/article/view/2049>
- Sahid, & Priyoatmojo, S. (2019). Rancang Bangun Turbin Angin Poros Horizontal Tiga Sudu Flat Berlapis Tiga dengan Variasi Sudut dan Posisi Sudu. *EKSERGI*.
- Shohag, M. S., Hammel, E. C., Olawale, D. O., & Okoli, O. I. (2017). Damage mitigation techniques in wind turbine blade. *Wind Engineering*.
- Sidqi, M. D., Zulfikar, & Radhiah. (2022). Rancang Bangun Pembangkit Tenaga Angin Sumbu Horizontal Menggunakan Pipa PVC. *Jurnal Tektro*.
- Singh, E., Roy, S., San, Y. K., & Chiat, L. M. (2022). Optimisation of H-Darrieus VAWT Solidity for Energy Extraction in Cooling Tower Exhaust Systems. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 52. doi: <https://doi.org/10.37934/arfmts.91.2.5161>
- Sudirman Lubis, F. L. (2019). PLTB Sebagai Alternatif Energi Baru Terbarukan.

- Sugiyono, A. (2020). Prospek Pengembangan PLTB di Indonesia: Analisis Berdasarkan BPP Pembangkitan. *Seminar Nasional Teknologi Bahan dan Barang Teknik*. Diambil kembali dari https://www.researchgate.net/publication/346415007_Prospek_Pengembangan_PLTB_di_Indonesia_Analisis_Berdasarkan_BPP_Pembangkitan
- Suprpto, M., & Muttaqin, I. (2022). Analisis Turbin ANgin Vertikal Hybrid Savonius Bertingkat dan Darrieus Tipe H-Rotor. *Teknik Mesin UNSIKA*.
- Susilo, B. D. (2019). Analisis Karakteristik Turbin Angin Sumbu Horizontal menggunakan Airfoil Naca 4712.
- Syahrhan, M. F. (2019). Subsea Pipeline Stability Analysis Due To Free Span and Vortex Induced Vibration: Case Study of Pipeline Production Gas In Madura Strait.
- Tandel, R., Shah, S., & Tripathi, S. (2021). A state of art review on Bladeless Wind Turbine.
- Wang, H., He, H., Yang, Z., Li, G., Chen, Z., Yang, J., . . . Dong, H. (2023, August). Frequency Response Methods for Grid-Connected Wind Power Generations: A review. *Electric Power Systems Research*, 221, 109396. doi:<https://doi.org/10.1016/j.epr.2023.109396>
- Yolcan, O. O. (2023). World Energy Outlook and State of Renewable Energy: 10-Year Evaluation. *Elsevier*, 1. doi:<https://doi.org/10.1016/j.igd.2023.100070>
- Zhang, F., Li, N., Li, L., Wang, S., & Du, C. (2023, February). A Local Semi-Supervised Ensemble Learning Strategy for The Data-Driven Soft Sensor of The Power Prediction in Wind Power Generation. *Fuel*, 333, 126435. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.126435>
- Zhao, X., Wang, C., Su, J., & Wang, J. (2019). Research and Aplication Based on The Swarm Intelligence Algorithm and Artificial Intelligence for Wind Farm Decision System. *Renewable Energy*, 134, 685. doi:<https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.11.061>
- Zhao, Z., Wang, D., Wang, T., Shen, W., Liu, H., & Chen, M. (2022). A review: Approaches for aerodynamic performance improvement of lift-type vertical axis wind turbine. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 101789. doi:<https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101789>