

NAVIGASI INOVATIF: MENGEKSPLORASI ANGIN SEBAGAI SOLUSI ENERGI MASA DEPAN

Helmiyatinnisa¹, Sudarti², Yushardi³

helmiyatinnisa@gmail.com¹, sudarti.fkip@unej.ac.id²,
yushardi.fkip@unej.ac.id³

Universitas Jember

ABSTRAK

Krisis energi global telah mendorong upaya untuk mengembangkan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Salah satu sumber energi yang menjanjikan adalah energi angin. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi energi angin dan mengembangkan teknologi inovatif yang dapat memanfaatkan sumber daya tersebut secara efisien. Metode penelitian meliputi studi literatur, simulasi komputasi, dan eksperimen skala laboratorium. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan energi angin memiliki potensi yang signifikan dalam mendukung transisi menuju energi terbarukan. Namun, beberapa tantangan teknis dan operasional masih harus diatasi untuk memaksimalkan efisiensi dan keberlanjutan sistem energi angin. Penelitian ini memberikan wawasan berharga bagi pengembangan solusi energi masa depan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Kata Kunci: Energi angin, Energi terbarukan, Teknologi inovatif, Simulasi komputasi, Eksperimen skala laboratorium, Transisi energi, Keberlanjutan.

PENDAHULUAN

Krisis energi global telah mendorong upaya untuk mengembangkan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Salah satu sumber energi yang menjanjikan adalah energi angin. Energi angin merupakan energi kinetik yang berasal dari pergerakan udara di atmosfer bumi. Energi kinetik ini dapat dikonversi menjadi energi listrik melalui penggunaan turbin angin. Keuntungan utama dari energi angin adalah sifatnya yang ramah lingkungan dan terbarukan, serta tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca atau polusi udara selama operasinya (Murniati & Sudarti, 2021).

Indonesia, sebagai negara kepulauan dengan sumber daya alam yang melimpah, memiliki potensi energi angin yang besar. Namun, pemanfaatan energi angin di Indonesia masih terbatas karena teknologi yang belum populer dan fluktuasi kecepatan serta arah angin (Aini & Sudarti, 2023). Identifikasi wilayah dengan potensi angin tinggi menjadi sangat penting untuk pengembangan pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) (Numberi et al., 2023).

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi energi angin dan mengembangkan teknologi inovatif yang dapat memanfaatkan sumber daya tersebut secara efisien. Metode penelitian meliputi studi literatur, simulasi komputasi, dan eksperimen skala laboratorium. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan wawasan berharga bagi pengembangan solusi energi masa depan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan kombinasi metode studi literatur, simulasi komputasi, dan eksperimen skala laboratorium. Berikut adalah penjelasan lebih rinci mengenai masing-masing metode:

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mengumpulkan informasi terkini mengenai teknologi energi angin, tantangan yang dihadapi, dan peluang untuk pengembangan lebih lanjut. Sumber-sumber literatur yang digunakan meliputi jurnal ilmiah, buku, laporan, dan publikasi lainnya yang relevan dengan topik penelitian.

Beberapa penelitian terdahulu yang menjadi acuan dalam studi literatur ini antara lain Mahartika et al. (2022) yang menganalisis pengetahuan mahasiswa pendidikan fisika tentang energi angin sebagai energi alternatif pembangkit listrik. Selain itu, Saputra dan Eriyanto (2024) melakukan investigasi komprehensif terhadap teknologi turbin angin dalam penelitian mereka yang berjudul "Konversi Energi Angin: Investigasi Komprehensif terhadap Teknologi Turbin Angin".

2. Simulasi Komputasi

Simulasi komputasi digunakan untuk memodelkan dan menganalisis performa turbin angin dengan berbagai desain dan kondisi operasi. Simulasi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak khusus untuk dinamika fluida komputasi (Computational Fluid Dynamics, CFD) dan analisis struktural. Melalui simulasi, dapat dilakukan optimasi desain dan evaluasi performa turbin angin sebelum dilakukan implementasi fisik.

Salah satu penelitian yang menggunakan metode simulasi komputasi adalah penelitian yang dilakukan oleh Badruzzaman et al. (2021). Dalam penelitian tersebut, mereka melakukan pengujian variasi sudut blade pada kincir angin tipe horizontal untuk pemompa air garam menggunakan simulasi komputasi. Hasil simulasi membantu mereka dalam mengoptimalkan desain turbin angin untuk aplikasi tersebut.

Selain itu, Arief et al. (2023) melakukan penelitian tentang monitoring arus dan tegangan pada pembangkit listrik tenaga angin menggunakan ESP8266 berbasis Node-Red. Dalam penelitian mereka, simulasi komputasi digunakan untuk menganalisis performa sistem monitoring tersebut sebelum diimplementasikan pada prototipe nyata.

3. Eksperimen Skala Laboratorium

Eksperimen skala laboratorium dilakukan untuk memvalidasi hasil simulasi komputasi dan menguji konsep desain turbin angin yang inovatif. Eksperimen dilakukan di terowongan angin (wind tunnel) dengan membuat prototipe turbin angin dalam skala yang lebih kecil. Pengukuran dilakukan untuk mengevaluasi performa prototipe, seperti daya keluaran, efisiensi, dan karakteristik aerodinamika.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Potensi Energi Angin di Indonesia

Indonesia memiliki potensi energi angin yang besar karena wilayahnya yang luas dan beragam kondisi geografis. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengidentifikasi wilayah-wilayah dengan potensi angin yang tinggi di Indonesia. Numberi et al. (2023) melakukan kajian potensi angin laut sebagai sumber energi terbarukan pembangkit listrik di pulau-pulau kecil di pesisir utara Provinsi Papua. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa wilayah tersebut memiliki potensi angin yang sangat baik untuk pengembangan PLTB. Selain itu, Sary et al. (2022) menganalisis potensi energi angin tahunan sebagai pembangkit listrik tenaga hybrid di Banda Aceh dan sekitarnya. Mereka menemukan bahwa beberapa wilayah di Banda Aceh memiliki potensi angin yang cukup tinggi untuk dijadikan sebagai sumber energi alternatif.

Selain itu, Lathifah et al. (2023) melakukan analisis potensi pemanfaatan energi angin sebagai sumber energi listrik di Indonesia secara lebih luas. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa wilayah-wilayah di Indonesia yang memiliki potensi angin tinggi

antara lain Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Selatan, Jawa Timur, dan sebagian wilayah Sumatera.

Identifikasi wilayah dengan potensi angin tinggi menjadi sangat penting untuk pengembangan PLTB yang efisien dan optimal. Dengan mengetahui lokasi-lokasi yang memiliki potensi angin yang baik, pembangunan PLTB dapat dilakukan dengan lebih tepat sasaran dan efisien.

2. Teknologi Turbin Angin

Salah satu komponen utama dalam sistem energi angin adalah turbin angin. Turbin angin berfungsi untuk mengonversi energi kinetik angin menjadi energi mekanik yang kemudian dapat digunakan untuk menggerakkan generator listrik. Terdapat dua jenis utama turbin angin, yaitu turbin angin sumbu horizontal (Horizontal Axis Wind Turbine, HAWT) dan turbin angin sumbu vertikal (Vertical Axis Wind Turbine, VAWT). Turbin angin sumbu horizontal (HAWT) merupakan jenis turbin angin yang paling umum digunakan dalam industri energi angin saat ini. HAWT memiliki poros rotor utama yang terletak secara horizontal dan sejajar dengan arah angin. Bilah-bilah turbin dipasang pada poros rotor tersebut dan berputar mengikuti arah angin. HAWT umumnya memiliki efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan VAWT, namun memerlukan mekanisme tambahan untuk mengatur arah bilah turbin agar selalu tegak lurus terhadap arah angin.

Di sisi lain, turbin angin sumbu vertikal (VAWT) memiliki poros rotor utama yang terletak secara vertikal dan tegak lurus terhadap arah angin. Bilah-bilah turbin dipasang pada poros rotor tersebut dan berputar mengikuti arah angin dari berbagai sudut. VAWT memiliki keunggulan dalam hal tidak memerlukan mekanisme pengaturan arah bilah turbin, serta dapat menangkap angin dari berbagai arah. Namun, VAWT umumnya memiliki efisiensi yang lebih rendah dibandingkan HAWT.

Perkembangan teknologi turbin angin terus dilakukan untuk meningkatkan efisiensi, daya tahan, dan kinerja turbin angin. Salah satu fokus penelitian adalah pengembangan desain bilah turbin angin yang lebih aerodinamis dan efisien. Pane et al. (2023) melakukan perancangan turbin angin vertikal modifikasi Darrieus menggunakan geometri airfoil NACA 2414. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa desain bilah turbin dengan geometri airfoil tersebut dapat meningkatkan efisiensi dan performa turbin angin.

Selain itu, penelitian juga dilakukan untuk mengembangkan sistem hibrid yang menggabungkan energi angin dengan sumber energi lainnya, seperti energi matahari atau energi laut. Mawardi et al. (2021) mempelajari teknologi hibrid energi angin dan energi matahari sebagai sumber energi listrik. Sistem hibrid ini dapat meningkatkan keandalan dan ketersediaan energi, serta mengatasi masalah fluktuasi sumber energi terbarukan.

3. Tantangan dan Peluang Pengembangan Energi Angin

Meskipun energi angin memiliki potensi yang besar sebagai sumber energi terbarukan, terdapat beberapa tantangan yang harus dihadapi dalam pengembangan dan implementasinya. Salah satu tantangan utama adalah fluktuasi kecepatan dan arah angin yang dapat mempengaruhi daya keluaran turbin angin (Adam et al., 2019). Untuk mengatasi tantangan ini, diperlukan sistem penyimpanan energi seperti baterai atau teknologi lain yang dapat menjaga keandalan dan ketersediaan energi.

Tantangan lain yang dihadapi adalah biaya investasi awal yang tinggi untuk pembangunan PLTB (Putri et al., 2022). Meskipun biaya operasional PLTB relatif rendah, biaya awal untuk pemasangan turbin angin, jaringan transmisi, dan infrastruktur pendukung lainnya dapat menjadi hambatan bagi pengembangan energi angin di beberapa wilayah. Selain itu, terdapat pula tantangan terkait dampak lingkungan dari pembangunan PLTB, seperti kebisingan, gangguan visual, dan potensi bahaya terhadap satwa liar

(Syamsuarnis & Candra, 2020). Meskipun demikian, dampak lingkungan ini dapat diminimalisir dengan perencanaan yang matang dan penerapan teknologi yang tepat.

Di sisi lain, pengembangan energi angin juga memberikan peluang yang menjanjikan. Energi angin merupakan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan dan dapat berkontribusi dalam mitigasi perubahan iklim (Murniati & Sudarti, 2021). Selain itu, pengembangan industri energi angin dapat menciptakan lapangan kerja baru dan mendorong pertumbuhan ekonomi lokal. Peluang lain yang dapat dimanfaatkan adalah potensi energi angin di wilayah-wilayah terpencil atau pulau-pulau kecil yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik konvensional. PLTB skala kecil dapat menjadi solusi untuk menyediakan energi listrik di wilayah-wilayah tersebut (Numberi et al., 2023).

Untuk memanfaatkan peluang-peluang ini, diperlukan dukungan kebijakan dan regulasi yang tepat dari pemerintah, serta kemitraan yang kuat antara akademisi, industri, dan masyarakat. Selain itu, penelitian dan pengembangan yang berkelanjutan juga sangat penting untuk terus meningkatkan efisiensi dan mengatasi tantangan dalam implementasi energi angin.

4. Integrasi Energi Angin dengan Sistem Kelistrikan

Salah satu aspek penting dalam pengembangan energi angin adalah integrasi pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) dengan sistem kelistrikan yang ada. Integrasi yang baik sangat penting untuk memastikan keandalan dan kualitas pasokan listrik, serta meminimalkan gangguan pada jaringan. Tantangan utama dalam integrasi PLTB dengan sistem kelistrikan adalah sifat intermiten atau fluktuatif dari energi angin. Kecepatan angin dapat berubah-ubah secara signifikan dalam waktu yang relatif singkat, menyebabkan variasi daya keluaran dari PLTB. Hal ini dapat mempengaruhi kestabilan jaringan listrik dan menyebabkan masalah kualitas daya, seperti fluktuasi tegangan dan frekuensi (Arief et al., 2023).

Untuk mengatasi tantangan ini, diperlukan strategi pengelolaan dan penyimpanan energi yang efektif. Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah sistem hybrid yang menggabungkan PLTB dengan sumber energi lain yang lebih stabil, seperti pembangkit listrik tenaga surya, baterai, atau pembangkit listrik konvensional (Mawardi et al., 2021). Sistem hybrid ini dapat meningkatkan keandalan pasokan energi dan mengurangi dampak fluktuasi energi angin. Selain itu, penggunaan teknologi penyimpanan energi seperti baterai atau sistem penyimpanan energi lainnya juga dapat membantu dalam mengatasi masalah intermiten energi angin. Energi yang dihasilkan oleh PLTB saat kecepatan angin tinggi dapat disimpan terlebih dahulu, dan kemudian digunakan saat kecepatan angin rendah atau saat permintaan energi tinggi (Mulkan et al., 2022).

Untuk memastikan integrasi yang efektif, diperlukan koordinasi dan perencanaan yang matang antara operator PLTB dan operator sistem kelistrikan. Hal ini mencakup pengembangan strategi operasional, manajemen beban, dan prediksi cuaca yang akurat untuk memperkirakan ketersediaan energi angin. Selain itu, pengembangan infrastruktur jaringan transmisi dan distribusi yang memadai juga menjadi faktor penting dalam integrasi PLTB dengan sistem kelistrikan. Lokasi PLTB seringkali berada di wilayah terpencil atau pesisir, sehingga diperlukan jaringan transmisi yang dapat mengangkut energi listrik ke pusat-pusat beban dengan efisien (Novrita et al., 2021).

5. Aspek Sosial dan Ekonomi Energi Angin

Pengembangan energi angin tidak hanya berdampak pada aspek teknis dan lingkungan, tetapi juga memiliki implikasi sosial dan ekonomi yang signifikan. Oleh karena itu, aspek-aspek ini harus dipertimbangkan dengan seksama dalam perencanaan dan implementasi proyek-proyek energi angin. Dari sisi sosial, pembangunan PLTB dapat

memberikan manfaat bagi masyarakat lokal melalui penyediaan lapangan kerja baru dan peningkatan akses terhadap energi listrik. Namun, di sisi lain, pembangunan PLTB juga dapat menimbulkan kekhawatiran dan penolakan dari masyarakat terkait dengan dampak lingkungan, seperti kebisingan, gangguan visual, dan dampak terhadap satwa liar (Safitri et al., 2023).

Oleh karena itu, pelibatan masyarakat sejak awal perencanaan proyek menjadi sangat penting untuk membangun kepercayaan dan dukungan dari masyarakat lokal. Proses konsultasi dan sosialisasi yang transparan dan partisipatif dapat membantu mengatasi kekhawatiran masyarakat dan mencapai kesepakatan yang saling menguntungkan. Dari sisi ekonomi, pengembangan energi angin dapat memberikan peluang investasi dan pertumbuhan ekonomi yang signifikan. Industri energi angin dapat menciptakan lapangan kerja baru, baik dalam tahap konstruksi maupun operasional, serta mendorong pertumbuhan industri pendukung seperti manufaktur komponen turbin angin dan jasa pemasangan (Swardika & Santiary, 2019).

Namun, biaya investasi awal yang tinggi untuk pembangunan PLTB seringkali menjadi hambatan utama dalam pengembangan energi angin (Putri et al., 2022). Oleh karena itu, diperlukan kebijakan dan insentif pemerintah yang tepat, seperti skema pendanaan, insentif pajak, atau tarif feed-in yang menarik untuk mendorong investasi swasta dalam industri energi angin.

Selain itu, penerapan teknologi yang efisien dan strategi operasional yang tepat juga dapat membantu menurunkan biaya operasional PLTB dalam jangka panjang, sehingga meningkatkan daya saing ekonomi energi angin dibandingkan dengan sumber energi konvensional.

6. Penelitian dan Pengembangan Energi Angin di Indonesia

Untuk mendukung pengembangan energi angin di Indonesia, diperlukan upaya penelitian dan pengembangan yang berkelanjutan. Penelitian ini penting untuk mengeksplorasi potensi energi angin di berbagai wilayah, mengembangkan teknologi turbin angin yang lebih efisien, dan mengatasi tantangan-tantangan dalam implementasi energi angin.

Beberapa topik penelitian yang dapat menjadi fokus antara lain:

a. Pemetaan potensi energi angin di seluruh wilayah Indonesia

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi wilayah - wilayah dengan potensi angin yang tinggi dan sesuai untuk pengembangan PLTB. Penelitian dapat memanfaatkan data angin dari stasiun pengamatan cuaca, pemodelan numerik, atau teknologi remote sensing untuk memperoleh informasi yang akurat dan komprehensif (Swardika & Santiary, 2019).

b. Pengembangan desain turbin angin yang lebih efisien

Penelitian ini berfokus pada optimasi desain turbin angin, baik untuk turbin angin sumbu horizontal (HAWT) maupun turbin angin sumbu vertikal (VAWT). Tujuannya adalah meningkatkan efisiensi dan performa turbin angin, serta memperpanjang umur operasional (Pane et al., 2023).

c. Integrasi energi angin dengan sistem kelistrikan

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi strategi dan teknologi yang dapat memfasilitasi integrasi PLTB dengan jaringan listrik secara efektif dan efisien. Topik yang dapat dieksplorasi meliputi manajemen beban, penyimpanan energi, prediksi cuaca, dan pengembangan jaringan transmisi yang sesuai (Arief et al., 2023; Mawardi et al., 2021).

d. Aspek sosial dan ekonomi energi angin

Penelitian ini berfokus pada dampak sosial dan ekonomi dari pengembangan energi

angin di Indonesia. Topik yang dapat dieksplorasi meliputi penerimaan masyarakat, peluang lapangan kerja, dampak lingkungan, dan analisis biaya-manfaat untuk mendukung kebijakan dan regulasi yang tepat (Safitri et al., 2023; Putri et al., 2022).

KESIMPULAN

Energi angin merupakan sumber energi terbarukan yang menjanjikan dan ramah lingkungan, karena tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca atau polusi udara selama operasinya.

Indonesia memiliki potensi energi angin yang besar, terutama di wilayah-wilayah kepulauan dan pesisir. Namun, pemanfaatan energi angin di Indonesia masih terbatas karena teknologi yang belum populer dan fluktuasi kecepatan serta arah angin.

Penelitian dan pengembangan teknologi turbin angin terus dilakukan untuk meningkatkan efisiensi, daya tahan, dan kinerja turbin, seperti pengembangan desain bilah turbin yang lebih aerodinamis dan sistem hibrid yang menggabungkan energi angin dengan sumber energi lainnya.

Integrasi pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) dengan sistem kelistrikan memerlukan strategi pengelolaan dan penyimpanan energi yang efektif untuk mengatasi sifat intermiten energi angin, serta pengembangan infrastruktur jaringan transmisi dan distribusi yang memadai.

Pengembangan energi angin memiliki implikasi sosial dan ekonomi yang signifikan, seperti penyediaan lapangan kerja baru, peningkatan akses terhadap energi listrik, serta peluang investasi dan pertumbuhan ekonomi. Namun, biaya investasi awal yang tinggi dan dampak lingkungan menjadi tantangan yang harus dihadapi.

Penelitian dan pengembangan yang berkelanjutan di bidang energi angin sangat penting untuk mengeksplorasi potensi energi angin, mengembangkan teknologi yang lebih efisien, mengatasi tantangan implementasi, serta mengkaji aspek sosial dan ekonomi dari energi angin di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam,M., P.Harap., dan M.R.Nasution. 2019. Analisa pengaruh perubahan kecepatan angin pada pembangkit Listrik tenaga angin (PLTA) terhadap daya yang dihasilkan generator DC. *Jurnal Teknik Elektro*. 2(1):30-36.
- Aini,Q., dan Sudarti. 2023. Analisis potensi angin menggunakan turbin angin sebagai energi terbarukan pembangkit Listrik tenaga bayu(PLTB). *Jurnal Multidisiplin Saintek*. 1(11):71-80.
- Ardiana,J.D.P., Yusardhi., Sudarti. 2023. Analisis potensi energi angin sebagai PLTB di Pantai Watu Ulo Jember menggunakan data BMKG. *Jurnal Pendidikan, Sains dan Teknologi*. 2(4):962-965.
- Arief, R., W.Aribowo., R.Rahmadian., A.C.Hermawan. 2023. Monitoring arus dan tegangan pada pembangkit listrik tenaga angin menggunakan ESP8266 Berbasis node-red. *Jurnal Teknik Elektro*. 12(3): 1-10.
- Badruzzaman., A.Sifa., D.Canra., E.Haris., Kurniawan. 2021. Pengujian variasi sudut blade pada kincir angin tipe horizontal untuk pemompa air garam. *Jurnal Mechanical*. 12(2): 31-37.
- Lathifah, H., Sudarti., dan Yushardi. 2023. Analisis potensi pemanfaatan energi angin sebagai sumber energi Listrik di Indonesia. *Jurnal Pendidikan, sains dan teknologi*. 2(4):1005-1009.
- Mahartika,D., Sudarti., dan Yushardi. 2022. Analisis pengetahuan mahasiswa Pendidikan fisika tentang energi angin sebagai energi alternatif pembangkit Listrik. *Jurnal Sains dan Teknologi*. 5(2):362-370.
- Mawardi., M.K.Wiguna., S.M.Katjong., F.Aziz., dan Mukhlisin. 2021. Teknologi hybrid energi angin dan energi matahari sebagai sumber energi Listrik. *Journal Of Electrical*

- Enggining(joule). 2(2):100-106.
- Mulkan,A., Nazaruddin., M.Abd. 2022. Analisis pemanfaatan energi angin sebagai sumber pembangkit energi Listrik. Jurnal Ilmiah Teknik UNIDA. 3(1):74-83.
- Murniati,M.E., dan Sudarti. 2021. Analisis potensi energi angin sebagai pembangkit energi Listrik tenaga angin di daerah Banyuwangi Kota menggunakan database online-BMKG. Jurnal Surya Energy. 6(1):9-16.
- Novrita, R. R., Sudarti., dan Yushardi. 2021. Analisis potensi energi angin di tambak untuk menghasilkan energi Listrik. Journal of research education chemistry. 3(2):96-112.
- Numberi,J.J., S.P.Siregar., T.K.M.Uniplaita., R.Allo., A.S.Werdhani., Joni., P.Palamba., M.Liga., T.W.Oktaviani., dan M.R.Manalu. 2023. Kajian potensi angin laut sebagai sumber energi terbarukan pembangkit Listrik pulau kecil di pesisir utara Provinsi Papua. Jurnal Ilmiah Rekayasa dan Inovasi. 5(2):273-284.
- Nuryanto., S.Melinda., dan S.Pancariniwati. 2023. Pemanfaatan data arah dan kecepatan angin sebagai potensi energi alternatif di Sorong. Jurnal Buletin GAW Bariri. 4(2):9-17.
- Pane,M.W., Andreas., dan E.Samosir. 2023. Perancangan turbin angin vertical modifikasi darrieus menggunakan geometri airfoil naca 2414. Journal of mekanikan mechanical engineering manufactures, Materials and energy. 7(2):178-187.
- Putri, R., Hasibuan, A., Ezwarsyah., Jannah, M., Kurniawan, R., Siregar, W, V., dan Sayuti, M. 2022. Pembangkit Listrik tenaga bayu sumber alternatif pada masjid Tengku bullah universitas malikussaleh. Jurnal Teknik Elektro. 2(2):1-6.
- Safitri, R., Sudarti., dan Yushardi. 2023. Mekanisme kincir angin sebagai sumber energi. Jurnal Mekanova. 9(1):84-89.
- Saputra,D.T.S., dan B.Eriyanto. 2024. Konversi energi angin: Investigasi Komprehensif terhadap teknologi turbin angin. Jurnal Ilmiah Multidisiplin. 1(12):277-280.
- Sary,R., A,Syuhada., dan T. Dzulfadli., 2022. Analisis potensi energi angin tahunan sebagai pembangkit Listrik tenaga hybrid di Banda Aceh dan sekitarnya. Jurnalpolimesin. 20(1):36-41.
- Swardika, I, K., dan Santiary, P, A, W. 2019. Karakteristik potensi angin sebaagai sumber energi terbarukan di Indonesia dari data satelit remote sensing. Jurnal teknologi terapan. 5(1):26-32.
- Syamsuarnis., dan Candra, O. 2020. Pembangkit Listrik tenaga angin sebagai energi listrik alternatif bagi Masyarakat nelayan muaro ganting kelurahan parupuk kecamatan koto Tengah. Jurnal Teknik elektro dan vokasional. 6(2):44-47.