

Studi potensi listrik dari hembusan angin luaran *air conditioner*

Gian Villany Golwa, Fajar Anggara, Imam Hidayat

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana
Jl. Raya, RT.4/RW.1, Meruya Sel., Kec. Kembangan, Jakarta Barat, DKI Jakarta 11650
Email korespondensi: gianvgolwa@mercubuana.ac.id

Abstrak

Penggunaan pendingin ruangan alias *air conditioner* (AC) akan mengonsumsi banyak tenaga listrik di dunia. Menurut prediksi Badan Energi Internasional alias International Energy Agency (IEA) konsumsi listrik untuk AC akan jadi pemicu utama melonjaknya permintaan listrik dunia pada 2050. Data Badan Pusat Statistik (BPS) pada Maret tahun 2017 menunjukkan 7,98% rumah tangga di Indonesia yang menggunakan AC. Kecepatan angin yang keluar dari kondensor pada AC dengan kapasitas 0,5-2 PK memiliki kecepatan rata-rata 4,83 m/s. Kajian ini akan melakukan pengujian potensi listrik yang dapat dihasilkan dari hembusan angin luaran AC dengan 2 jenis prototipe generator. Kedua jenis generator tersebut akan diuji secara langsung pada unit exhaust AC. Hasil pengujian menunjukkan dengan rata-rata kecepatan angin 4,83 m/s pada generator vertical blade dengan 12 sudu pada blade dapat menghasilkan hingga tegangan 7 volt, dan pada generator horizontal blade dengan 6 kumparan yang masing-masing kumparan 300 lilitan didapat tegangan listrik hingga 14,82 Volt. Kesimpulan dari kajian ini, generator horizontal blade cukup untuk menyuplai listrik ke baterai sebelum dikonsumsi.

Kata kunci: generator listrik, angin luaran AC, energi terbarukan.

Abstract

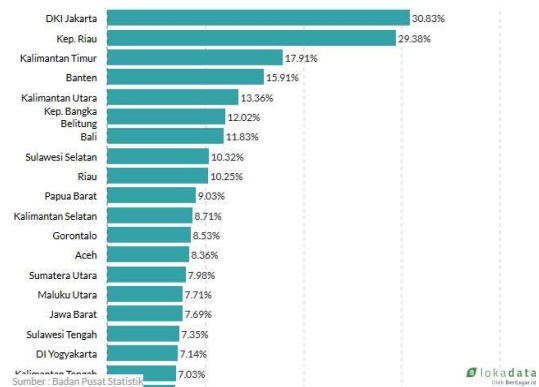
The utilization of *air conditioners* (AC) will consume a lot of electricity in the world. According to the predictions of the International Energy Agency (IEA) electricity consumption for AC will be the main trigger for soaring world electricity demand in 2050. Data from the Central Statistics Agency (BPS) in March 2017 showed 7.98 percent of households in Indonesia use AC. The wind speed coming out of the condenser in an AC with a capacity of 0.5-2 PK has an average speed of 4.83 m/s. This research will test the potential electricity that can be generated from air blowing from an AC with 2 types of generator prototypes. Both types of generators will be tested directly on the AC exhaust unit. The test results show that with an average wind speed of 4.83 m/s, the vertical blade generator with 12 blades installed can produce up to 7 volts, and on the horizontal blade generator with 6 coils, each coil has 300 turns, the voltage is up to 14.82 Volts. The conclusion from this research is that the horizontal blade generator is sufficient to supply electricity to the battery before consumption.

Keywords: wind generator, AC exhaust wind, renewable energy.

1. Pendahuluan

Penggunaan pendingin ruangan alias *air conditioner* (AC) akan menggunakan banyak tenaga listrik di dunia. Menurut prediksi Badan Energi Internasional alias International Energy Agency (IEA), konsumsi listrik untuk AC ini akan menjadi pemicu utama melonjaknya permintaan listrik dunia pada 2050 [1],[2].

Data Badan Pusat Statistik (BPS) pada Maret tahun 2017 menunjukkan 7,98% rumah tangga di Indonesia yang menggunakan AC [3]. Pemilik AC terbanyak terdapat di DKI Jakarta, 30,8% rumah tangga menggunakan AC. DKI Jakarta berada di daerah pesisir dan dataran rendah yang memiliki cuaca panas. Tidak hanya rumah, alat penyejuk udara pasti terdapat di gedung perkantoran dan pusat perniagaan. Gambar 1 berikut menunjukkan data kepemilikan AC di Indonesia pada tahun 2017 oleh BPS [4],[5].



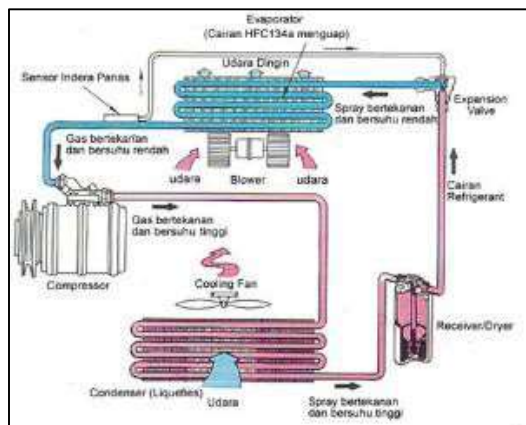
Gambar 1. Data kepemilikan AC di Indonesia.

Unit *exhaust* (kondensor) inilah yang terdapat kipas untuk mendinginkan udara yang panas tersebut. Tenaga angin yang keluar dari kondensor pada AC dengan kapasitas 0,5-2 PK memiliki kecepatan rata-rata 4,83 m/s selama ini terbuang sia-sia, pada kajian

ini akan dimanfaatkan untuk membangkitkan tenaga listrik yang di rangkai sedemikian rupa [6].

Pada kajian terdahulu, pemanfaatan energi angin luaran AC menggunakan metode analisis perhitungan teoritis terhadap 3 desain rotor dengan bentuk dan ukuran magnet yang berbeda untuk mengetahui besaran fluks maksimum dan perhitungan *output* generator yang dilakukan menunjukkan untuk memperoleh *output* tegangan 12 VDC pada frekuensi 20 Hz diperlukan 166 lilitan kawat [7]. *Output* 12,8 VDC berhasil dibangkitkan setelah generator dirangkai secara seri-paralel dengan kecepatan angin yang masuk ke *inlet* pembangkit listrik sebesar 5,8 m/s, kecepatan generator 1 sebesar 682 rpm, generator 2 sebesar 749 rpm, dan generator 3 sebesar 888 rpm, yang selanjutnya akan digunakan untuk keperluan mengisi baterai 12 VDC [8].

Pendingin udara (AC) merupakan seperangkat alat yang mampu mengondisikan udara ruangan yang sesuai dengan keinginan, terutama mengondisikan suhu ruangan menjadi lebih rendah dibandingkan suhu lingkungan sekitarnya. Seperangkat sistem yang berada di AC diantaranya kompresor, kondensor, *oriface tube*, evaporator, dan katup ekspansi. Sistem kerja AC ditampilkan pada Gambar 2 berikut [9].



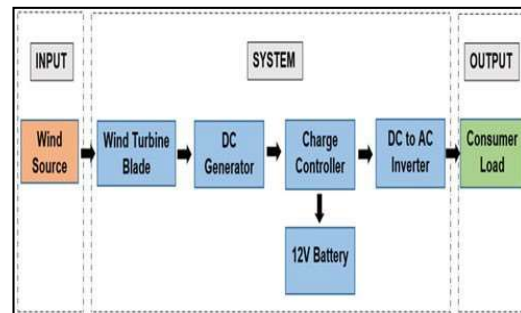
Gambar 2. Sistem kerja AC.

Kompresor yang terdapat pada sistem pendingin digunakan sebagai alat untuk memampatkan fluida kerja (*refrigent*), sehingga *refrigent* yang masuk ke dalam kompresor dialirkan ke kondensor yang kemudian dimampatkan [10]. Di bagian kondensor ini, *refrigent* yang dimampatkan akan berubah fase dari *refrigent* fase uap menjadi *refrigent* fase cair, maka *refrigent* mengeluarkan kalor yaitu kalor penguapan yang terkandung di dalam *refrigent*.

Besarnya kalor yang dilepaskan oleh kondensor adalah jumlah dari energi kompresor yang diperlukan dan energi kalor yang diambil evaporator dari substansi yang akan didinginkan. Pada kondensor, tekanan *refrigent* yang berada dalam pipa-pipa kondensor relatif jauh lebih tinggi dibandingkan dengan tekanan *refrigent* yang berada pada pipa-pipa evaporator [11].

Setelah *refrigent* lewat kondensor dan melepaskan kalor penguapan dari fase uap ke fase cair, maka *refrigent* dilewatkan melalui katup ekspansi, pada katup ekspansi ini *refrigent* tekanannya diturunkan, sehingga *refrigent* berubah kondisi dari fase cair ke fase uap yang kemudian dialirkan ke evaporator, di dalam evaporator ini *refrigent* akan berubah keadaannya dari fase cair ke fase uap, perubahan fase ini disebabkan karena tekanan *refrigent* dibuat sedemikian rupa, sehingga *refrigent* setelah melewati katup ekspansi dan melalui evaporator tekanannya menjadi sangat turun [12].

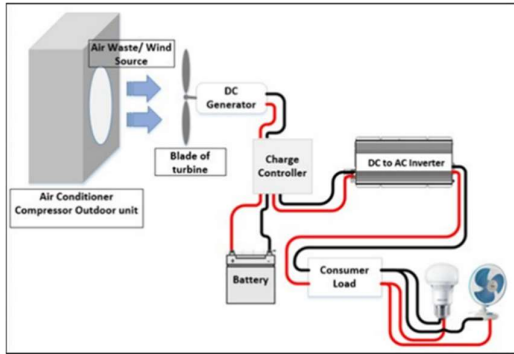
Secara garis besar, komponen pada generator pembangkit listrik tenaga angin luaran kondensor AC terbagi menjadi *input*, sistem, dan *output*. Laju kecepatan angin luaran kondensor AC sangat ideal untuk dimanfaatkan menjadi pembangkit listrik, tenaga angin yang keluar dari kondensor pada AC dengan kapasitas 0,5-2 PK memiliki kecepatan rata-rata 28–31 m²/menit selama AC dinyalakan, maka dengan pemilihan jenis turbin yang tepat akan menghasilkan *output* yang maksimal. Gambar 3 berikut menunjukkan topologi desain generator listrik tenaga angin AC [13].



Gambar 3. Topologi desain generator listrik tenaga angin AC.

Dari prinsip kerja AC yang telah diuraikan diatas, fungsi kondensor yang akan digunakan untuk memanfaatkan energi angin yang telah dikeluarkan oleh kondensor yang akan digunakan untuk memutar kipas yang akan dipasang pada generator untuk menghasilkan tenaga listrik. Setelah listrik yang dihasilkan oleh generator, akan disimpan di baterai yang telah ada dan memenuhi spesifikasi yang ada, sebelum digunakan pada jaringan kelistrikan yang berada di rumah tangga.

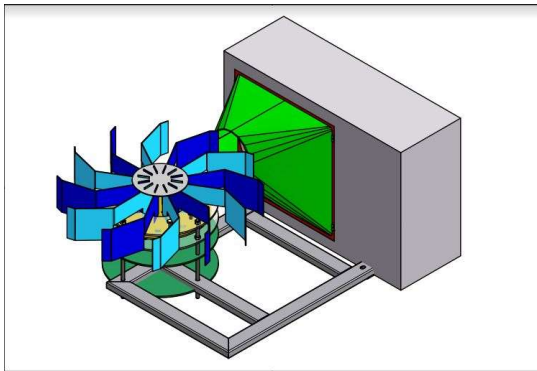
Kecepatan angin luaran kondensor AC cenderung konstan, sehingga sangat layak untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk menggerakkan turbin, pemilihan jenis turbin dan modifikasi jenis turbin akan sangat berpengaruh terhadap *output* listrik yang akan dihasilkan. Semakin besar *output* yang dihasilkan selanjutnya akan disimpan dalam baterai yang kemudian akan digunakan untuk keperluan sehari-hari. Gambar 4 berikut menunjukkan topologi desain generator listrik tenaga angin AC.



Gambar 4. Topologi desain generator listrik tenaga angin AC.

Generator Vertical Blade

Desain pertama yang akan diuji pada hembusan angin luaran AC adalah generator *vertical blade*, komponen dari alat yang digunakan pada turbin angin *low rpm* yang akan diaplikasikan di *outdoor AC* rumah dengan desain sesuai dengan Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Desain wind turbin vertical axis savonius.

Blade Vertical Axis Savonius adalah pengumpul energi angin yang terbuang dari *outdoor AC* dan terfokus satu titik oleh *cone*, sehingga *blade* dapat berputar 180° secara terus menerus. Pada prototipe generator ini digunakan 12 *blade* vertical yang dipasang pada dudukan, spesifikasi dari *blade* seperti Tabel 1 di bawah ini.

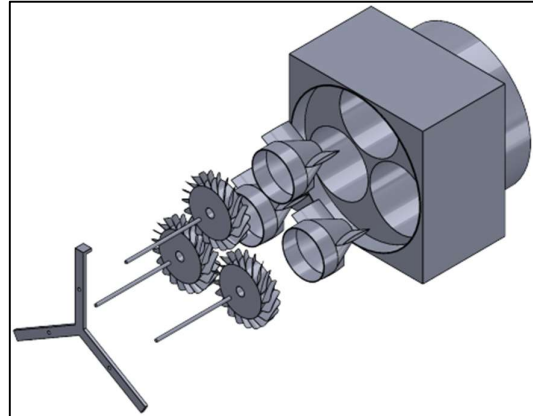
Tabel 1. Spesifikasi blade vertical.

Parameter	Nilai
Tinggi <i>blade</i>	110 mm
Lebar <i>blade</i>	134,66 mm
Ketebalan <i>blade</i>	1 mm

Generator Horizontal blade

Alat pembangkit listrik tenaga angin luaran AC dengan *horizontal blade* ini memiliki prinsip kerja sebagai berikut, energi angin memutar *blade* yang berfungsi sebagai generator yang dapat menghasilkan energi listrik, dan pada alat ini terdapat 3 generator

yang di rangkai seri-parallel, sehingga hasil listriknya memiliki arus AC lalu diubah menjadi DC.

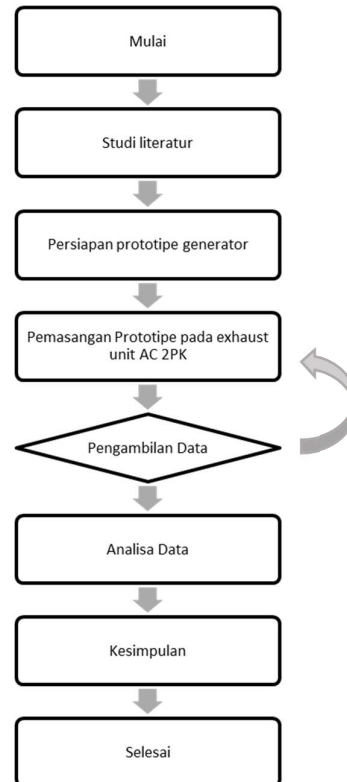


Gambar 6. Desain wind turbin horizontal blade.

Bagian stator atau bagian generator yang tidak bergerak terdiri atas kumparan kawat tembaga dengan ketebalan 0,7 mm dan karakteristik baik. Kawat tembaga dililitkan, sehingga membentuk 6 bagian lilitan yang saling terhubung satu sama lain, dengan arah lilitan searah dengan pergerakan jarum jam dan jumlah lilitan sebanyak 300 lilitan tiap kumparan.

2. Metode

Gambar 7 berikut menunjukkan diagram alir yang digunakan dalam kajian ini.



Gambar 7. Diagram alir kajian.

Pengujian dan pengambilan data dimulai dengan persiapan generator dengan memulai konsep desain untuk mendapatkan hasil yang efektif dan efisien dari sisi perancangan dan pembuatan prototipe. Prototipe dibuat agar dapat dilakukan pengujian secara langsung di unit *outdoor* AC, dan didapatkan potensi listrik yang dapat dihasilkan

Unit prototipe selanjutnya dipasang pada unit *outdoor* AC di Laboratorium Manufaktur, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Mercu Buana (Gambar 8). Selanjutnya dilakukan pengambilan data dengan *anemometer*, *tachometer*, dan *voltmeter*.



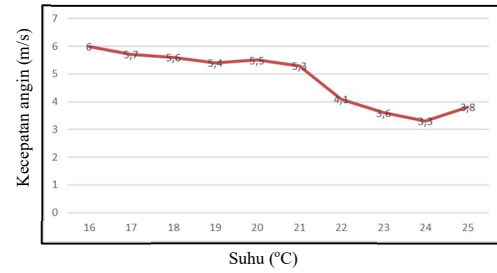
Gambar 8. Pemasangan prototipe generator horizontal blade.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengukuran Kecepatan Angin

Pengujian kecepatan angin pada kondensor AC ini dengan menggunakan perbandingan dengan pengaturan suhu AC yang diatur di dalam ruangan menggunakan *remote control* AC.

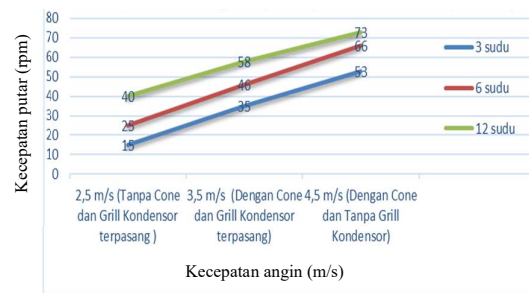
Pengambilan data kecepatan angin ini dilakukan secara berulang dan setelah itu dilakukan perhitungan rata-rata. Pengujian kecepatan angin ini menggunakan *anemometer*, suhu yang digunakan mulai dari 16°C sampai dengan 25°C, kemudian didapatkan hasil pengujian kecepatan angin yang ditunjukkan pada Gambar 9 berikut. Dari data pada Gambar 9, diketahui nilai rata-rata kecepatan hembusan angin sebesar 4,83 m/s.



Gambar 9. Grafik pengukuran kecepatan hembusan Angin pada temperatur 16–25°C.

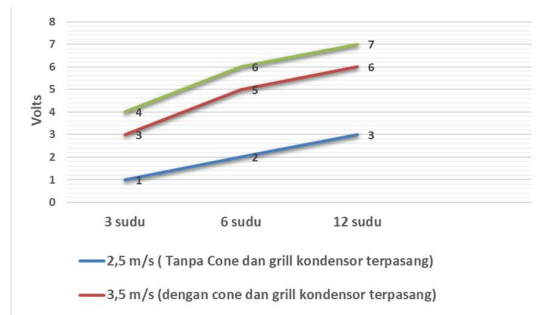
Pengukuran Output Generator Vertical Blade

Berdasarkan data dari Gambar 9, kemudian pengambilan data putaran dan *output* dilakukan pada suhu 20°C, yaitu suhu yang mendekati dengan nilai rata-rata kecepatan angin luaran AC yaitu 4,5 m/s, juga dengan memvariasikan jumlah sudu, mulai dari 3, 6, dan 12 sudu. Gambar 10 berikut menunjukkan grafik pengukuran kecepatan putaran pada *generator vertical blade*.



Gambar 10. Grafik pengukuran kecepatan putaran pada generator vertical blade.

Tahap selanjutnya adalah pengukuran *output* listrik yang dihasilkan oleh *generator vertical blade*, dari Gambar 11 dapat kita lihat pada *blade* dengan 6 sudu, *output* maksimal yang dihasilkan adalah 6 volt dan pada *blade* 12 sudu, *output* maksimal yang dihasilkan adalah 7 volt.



Gambar 11. Grafik pengukuran output tegangan listrik (voltase) pada generator vertical blade.

Peningkatan *output* listrik secara signifikan terjadi pada *blade* dengan 3 sudu dan 6 sudu, hal ini terjadi karena pada Gambar 10 juga dapat dilihat terjadi

peningkatan yang signifikan pada jumlah putaran *blade* pada *blade* 3 sudu dan *blade* 6 sudu. Hal ini disebabkan permukaan sudu yang terhempas oleh hembusan angin lebih optimal pada *blade* dengan 6 sudu, sehingga menghasilkan putaran yang lebih optimal.

Pada *blade* dengan 12 sudu, data *output* yang dihasilkan cenderung stagnan, tidak terjadi peningkatan seperti *blade* dengan 3 sudu ke *blade* dengan 6 sudu. Hal ini disebabkan pengaruh beban yang bertambah, sehingga menghambat putaran *blade*.

Pengukuran Output Generator Horizontal Blade

Gambar 12 berikut menunjukkan hasil pengukuran tegangan terendah dan tertinggi hasil pengujian terdapat pada kumparan 2 dan 6 yaitu 5,25 V – 14,82 V. Perbedaan antara hasil perhitungan dan pengukuran ini dipengaruhi oleh faktor akurasi perakitan, pengukuran, kondisi tidak ideal serta rugi-rugi daya.



Gambar 12. Grafik pengukuran output tegangan listrik (voltase) pada generator horizontal blade.

Tegangan listrik yang dihasilkan relatif tinggi yaitu 14,82 VDC, pada generator dengan 6 kumparan, dengan tegangan sebesar ini, sehingga kajian perlu dilanjutkan dengan menghitung secara aktual untuk waktu yang dibutuhkan untuk pengisian daya pada baterai 12 VDC berbanding dengan konsumsi.

4. Kesimpulan

Dari serangkaian data dan deskripsi di atas, didapatkan simpulan bahwa hembusan angin unit *outdoor* AC pada *generator vertical blade* dan *horizontal blade* terbukti dapat menghasilkan *output* listrik.

Pada *generator vertical blade*, *output* yang dihasilkan belum maksimal. Peningkatan *output* terjadi pada *blade* dengan 3 sudu ke *blade* dengan 6 sudu. Pada *blade* dengan 12 sudu, data *output* yang dihasilkan cenderung stagnan, tidak terjadi peningkatan seperti *blade* dengan 3 sudu ke *blade* dengan 6 sudu, hal ini disebabkan pengaruh beban yang bertambah, sehingga menghambat putaran *blade*.

Pada generator *horizontal blade*, pada putaran 300 rpm dengan 300 lilitan, tiap 1 kumparan generator satu fasa hubung seri mampu mengeluarkan tegangan sebesar 14,82 V. Akumulator dengan jumlah

kumparan 2, 4, dan 6, tegangan DC yang dihasilkan 5,52 V, 10,41 V, dan 14,82 V.

Keluaran energi listrik dari rancang bangun generator listrik tenaga hembusan angin kondensor AC tersebut dapat digunakan sebagai energi alternatif perumahan ataupun pergedungan.

Ucapan Terima Kasih

Tim peneliti mengucapkan terima kasih atas semua kritik dan saran serta dukungan dari semua pihak yang tanpa pamrih meluangkan waktunya untuk berdiskusi dan memberikan *review* atas desain dan prototipe yang dibuat oleh tim.

Kajian tentang generator turbin angin putaran rendah ini dapat dikembangkan lebih lanjut serta dikaji ulang agar mendapatkan rancangan generator yang cocok dan ideal sesuai dengan kondisi sumber energi yang tersedia di wilayah tersebut. Daya yang dibangkitkan oleh generator bisa ditingkatkan sesuai kebutuhan dengan merubah parameter-parameternya, seperti jenis magnet permanen yang digunakan, besar medan magnet, jumlah kutub magnet, jumlah lilitan, jumlah kumparan, diameter kawat lilitan, celah udara, putaran generator, serta jumlah hubung fasa yang digunakan.

Daftar Pustaka

- [1] Asy'ari, H., Jatmiko, & Ardiyatmoko, A. (2012). Desain generator magnet permanen kecepatan rendah untuk pembangkit listrik tenaga angin atau bayu (PLTB). *Proceeding SNATI (Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi)*, 12(1), 59–67. <http://journal.uii.ac.id/index.php/Snati/article/view/2963/2735>
- [2] Aziz, A., Herisiswanto, Hardianto, G., Hatorangan, N., & Rahman, W. (2014). Analisis Kinerja Air Conditioning Sekaligus Sebagai *Water Heater (Acwh)*. *ResearchGate*, 2(2355-925X), 146-1-146–6. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2396.5840/1>
- [3] Energy, I. (2019). AC bakal jadi penyedot listrik terbanyak di Indonesia. 1–10.
- [4] Matthew, dkk. (2022). Perancangan awal wind tunnel untuk pengujian turbin angin. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, Vol. 17 No. 2. Hal. 51-58. <https://doi.org/10.36289/jtmi.v17i2.350>
- [5] Prasetyo, dkk. (2020) *Design and manufacture of the axial wind turbine integrated with condenser*. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, Vol. 15 No. 12020 Hal. 1-6.
- [6] Fazlizan, A., Chong, W. T., Yip, S. Y., Hew, W. P., & Poh, S. C. (2015). *Design and experimental analysis of an exhaust air energy recovery wind turbine generator*. *Energies*, 8(7), 6566–6584. <https://doi.org/10.3390/en8076566>
- [7] Martinus, M. Eng, M., & Budiyo, M. (2011). Analisis Fenomena Penampang Alir Vertical Axis Wind Turbine (VAWT) Tipe Heliks

- Terhadap Kecepatan Angin Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif Berskala Rumah Tangga.
- [8] Uddin, S. M., Hazran, N., Nik, B., Izhar, M., & Bakar, B. A. (2022). Development of Wind Mini Generator by Using Air Conditioner Air Waste. *Journal of Engineering Technology*, 10(1), 1–4.
 - [9] Melda L. (2013) Efisiensi Prototipe Turbin Savonius pada Kecepatan Angin Rendah
 - [10] Nurhalim, Ichwan. (2011). Rancang Bagun dan Pengujian Unjuk Kerja Alat Penukar Kalor Tipe Serpentine Pada *Split Air Conditioning Water Heater*. FT UI
 - [11] Sumiati, R., Amri, K., & Hanif. (2014). Rancang bangun micro turbin angin pembangkit listrik untuk rumah tinggal di daerah kecepatan angin rendah. *Jurnal Teknik Mesin*, (November), 1–5.
 - [12] Yusuf I.N; Chorul S. (2015). Rancang Bangun Kincir Angin Sumbu Vertikal Pembangkit Tenaga Listrik *Portable*.
 - [13] Yildiz, F., Dakeev, U., Baltaci, K., & Coogler, K. L. (2015). Energy harvesting from air conditioning condensers with the use of piezoelectric devices. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*, 122nd ASEE Annual Conference and Exposition: Making Value for Society (122nd ASEE Annual Conference and Exposition: Making Value for Society). <https://doi.org/10.18260/p.23937>