

Turbin Angin menggunakan Pipa PVC sebagai Pembangkit Tenaga Listrik dan Pengusir Hama Burung Pipit

Yaman^{1*}, Said Aiyub², Subhan³, Taufik⁴, Nuraini⁵

^{1,2,3,4,5}Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe Indonesia

*Koresponden email: yaman_gayo@pnl.ac.id

Diterima: 13 Februari 2024

Disetujui: 28 Maret 2024

Abstract

The paddy fields are generally large expanses of land that are free of wind barriers, away from human settlements and power sources. Sparrows are one of the most common pests, which usually attack paddy field in clusters. The researchers who use electronic equipment as controllers to produce output, sounds and electronic drives, use a power source from batteries. The wind turbine is one method of repelling sparrows and producing electricity, as the driving force for the sound-producing mechanical equipment, and the Nema17 motor as the generator for charging the battery. Paddy is grown seasonally so the wind turbine can be disassembled for use and for storage. Measurement of wind speed to determine blade length, with the help of Win & Wet website, blade design, power relationship characteristics with wind speed and turbine rotation were created. The blade length of 60 cm can produce the power of 40 W, with using a pulley belt timing ratio of 1: 3 can increase the dc direct voltage, the lowest is 4.23 volts at a wind speed of 1.08 m / s and the highest voltage is 14.97 volts at a wind speed of 3.4 m/s, can be utilised for charging 3.7 volt Li ion batteries.

Keywords: *wind, turbine, blade, nema17, electricity, battery*

Abstrak

Area persawahan umumnya hamparan yang luas dan bebas hambatan angin berhembus, jauh dari pemukiman dan sumber listrik. Hama yang meresahkan salah satunya yaitu burung pipit, yang biasanya menyerang tanaman padi dengan bergerombol. Para peneliti yang menggunakan peralatan elektronik sebagai kontrol untuk menghasilkan output suara atau gerakan mekanis menggunakan baterai sebagai sumber listrik. Maksud dan tujuan dari penelitian membuat alat pengusir hama dan penyedia listrik dengan merancang turbin angin, sebagai penggerak peralatan mekanik penghasil bunyi-bunyian, dan motor Nema17 sebagai generator penghasil tegangan untuk pengisian baterai. Padi ditanam musiman jadi turbin angin yang dibuat dapat dibongkar pasang saat pemakaian dan penyimpanan. Mengukur kecepatan angin untuk menentukan panjang blade, dengan bantuan website *Win & Wet* membuat desain blade, karakteristik hubungan daya dengan kecepatan angin dan putaran turbin. Panjang blade 60 cm dapat menghasilkan daya 40 W. Perbandingan timing pulley belt 1:3 digunakan menaikkan tegangan generator untuk DC, tegangan terendah sebesar 4,23 volt pada kecepatan angin 1,08 m/s dan tegangan tertinggi sebesar 14,97 volt pada kecepatan angin 3,4 m/s, dapat digunakan untuk mengisi baterai Li ion 3,7Volt.

Kata Kunci: *angin, turbin, blade, nema17, listrik, baterai*

1. Pendahuluan

Komoditas unggulan pertanian terbesar di Indonesia salah satunya tanaman padi, karena makanan pokok sebagian besar masyarakat Indonesia. Padi yang di tanam di persawahan [1]–[3]. Area persawahan umumnya hamparan yang luas dan bebas hambatan angin berhembus, jauh dari pemukiman dan sumber listrik. Burung pipit salah satu hama yang meresahkan, karena menyerang dengan bergerombol. Menimbulkan kerusakan pada tanaman padi baik pada fase generatif, terutama padi pada fase matang susu hingga pada fase pemasakan bulir menjelang panen. Hal ini dapat mengganggu produktivitas petani padi [4]–[6]. Pengendalian untuk mengusir hama burung dari sawah banyak cara yang telah dilakukan oleh petani dan peneliti. Sebagian petani memilih menggunakan cara tradisional, teknologi yang dimodifikasi yang dirasa cukup efektif. Penggunaan peralatan elektronik sebagai kontrol yang menghasilkan output, seperti suara dengan frekuensi tertentu, motor menggerakkan bandul pemukul, orang-orangan sawah dan mengaktifkan alat semprotan. Sumber menggunakan listrik baterai dan solar sel [6]–[13].

Salah satu solusi dari permasalahan tersebut dengan merancang turbin angin menggunakan pipa PVC (*polyvinyl chloride*) 3 inci, sebagai penggerak peralatan mekanik penghasil bunyi-bunyian, dan energi listrik, dengan menggunakan motor stepper NEMA 17 [14]. PVC sebagai generator, membuat cincin seret penghubung bagian diam dan bergerak dari turbin, sehingga tegangan dapat disalurkan ke penyimpan yaitu set baterai lithium, yang nantinya dapat digunakan sebagai sumber daya peralatan kontrol elektronik pengendalian hama padi lainnya.

Tujuan hasil penelitian ini yaitu menghasilkan turbin angin yang dapat digunakan sebagai sumber energi listrik dan, sumber bunyi-bunyian untuk mengusir hama burung. Energi listrik yang dihasilkan dapat disimpan pada baterai lithium, yang pada akhirnya dapat di gunakan sebagai sumber listrik kontrol elektronik yang lagi tren. Turbin angin yang dibuat dapat di bongkar pasang saat pemakaian dan penyimpanan.

Turbin angin mikro dirancang khusus untuk area domestik [15]. Putaran sudu turbin angin akan semakin cepat, dan generator akan menghasilkan tegangan yang lebih besar jika didukung oleh kecepatan angin yang memadai[16]. Sampel uji menggunakan bahan pipa PVC aman untuk turbin angin [17]. Penggunaan ujung siku pada sudu baling-baling dari pipa PVC dengan sudut serang 15° dan 30° dapat meningkatkan torsi sekitar 200 %. [18]. Desain turbin angin skala kecil dapat memenuhi kebutuhan listrik, yang memiliki desain sederhana dan hemat biaya [19]. Angin yaitu udara yang bergerak dari daerah yang bertekanan tinggi ke daerah yang bertekanan rendah [20].

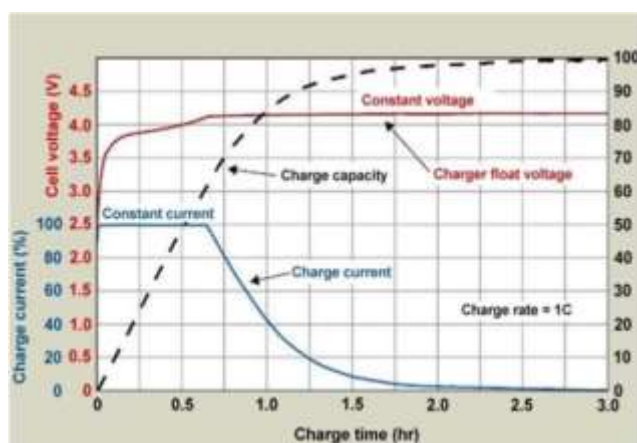
Untuk perhitungan daya turbin angin mikro dengan persamaan 1 [21]–[24]

$$P = \frac{1}{2} \rho V^3 A C_p N_B N_G \quad (1)$$

Rasio kecepatan (TSR) tip speed ratio (λ) untuk turbin angin mikro didefinisikan sebagai perbandingan antara kecepatan tangensial ujung sudu dan kecepatan angin aktual. yaitu rasio kecepatan sudu terhadap kecepatan udara. persamaan 2 adalah tip speed ratio[18], [23].

$$\lambda = r \cdot \omega / v \quad (2)$$

Penggunaan baterai lebih efisien karena dapat digunakan dimana-mana. Baterai lithium ion salah satu jenis baterai sekunder *rechargeable battery* yang dapat diisi ulang dan ramah lingkungan, karena tidak mengandung bahan yang berbahaya, seperti baterai sebelumnya NI-Cd dan Ni-MH [25], [26]. Kelemahan baterai lithium ion sangat sensitif terhadap temperatur. Sistem manajemen baterai BMS (*Battery Management System*)[27], [28].Li-ion digunakan sebagai solusi untuk menjaga agar sel Li-ion tetap berada pada daerah operasi aman (*safety operation area*). Arus yang digunakan kisaran 0.5 C dan 1 C. C kapasitas dari sel baterai li-ion, dan tahap tahap selanjutnya, tegangan pada baterai sel li-ion terus naik, sampai batas tegangan putus pengisian (*cutoff charge voltage*). Karakteristik pengisian baterai ditunjukkan pada **Gambar 1**.



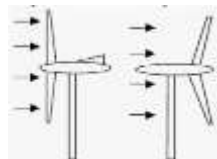
Gambar 1. Karakteristik pengisian baterai [9]

Teknologi turbin angin menyebar melalui Eropa, dan pada pertengahan abad ke-19 diperkirakan 200.000 turbin angin di seluruh Eropa. Meskipun cukup banyak kemajuan yang dilakukan melalui metode empiris, penelitian ilmiah dan pengembangan juga memfasilitasi banyak perbaikan dalam desain turbin angin. Turbin angin di klasifikasikan dua jenis umum yaitu sumbu horizontal dan sumbu vertikal [21] seperti **Gambar 2**.



Gambar 2. Turbin angin sumbu horizontal dan vertikal [21]

Secara umum sumbu horizontal sudunya berputar pada sumbunya paralel dengan tanah. dan sumbu putar rotor yang searah dengan arah angin. Berdasarkan letak rotor terhadap arah angin, dibedakan menjadi dua macam yaitu *Upwind* memiliki rotor yang menghadap arah datangnya angin untuk turbin angin *downwind* memiliki rotor yang membelakangi arah datang angin pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Jenis turbin angin sumbu horizontal [21]

Turbin angin sumbu vertikal, sudunya berputar pada sumbunya vertikal terhadap tanah. Pertama kali dibuat putaran rotornya hanya memanfaatkan efek magnus, jenis-jenis turbin angin sumbu vertikal pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Jenis-jenis turbin angin sumbu vertikal [21]

Prinsip dasar turbin angin mengubah energi angin menjadi energi putar pada poros turbin, putaran poros turbin memutar generator, untuk menghasilkan listrik. Elemen-elemen turbin angin sumbu horizontal secara umum terdiri dari sudu-sudu (blade), *hub*, generator, ekor, mekanisme *YAW* [29], tower.

Generator adalah alat untuk menghasilkan energi listrik. Prinsip kerja generator perubahan konduktor disekitar medan magnet mengalami, timbul tegangan listrik[30].

Motor stepper adalah perangkat elektromagnetik yang mengubah pulsa digital menjadi putaran poros mekanis. Ada dua jenis motor stepper Bipolar dan Unipolar. Kelebihan motor stepper biaya rendah, keandalan tinggi, pada kecepatan rendah torsi tinggi, konstruksi sederhana dan kokoh yang dapat beroperasi hampir semua kondisi lingkungan [14].

Timing belt merupakan aksi gabungan chain dan sproket pada bentuk belt. Bentuk dasarnya merupakan pelat yang memiliki gigi-gigi berukuran sama pada permukaan kotak dengan gigi pulley. Sebagaimana penggerak gear rantai, membutuhkan kekhususan pada pemasangan pulley dimana pulley berfungsi sebagai poros [31][32].

2. Metode Penelitian

Merancang dan membuat turbin angin skala mini, sebagai sumber energi listrik untuk pengisian baterai dan sumber bunyi-bunyian untuk mengusir burung pipit. Blade yang digunakan dari pipa PVC. Generator yang di gunakan yaitu motor stepper. Langkah-langkah yang dilakukan untuk membuat turbin angin sebagai berikut:

Mengukur kecepatan angin bertujuan untuk mendapatkan data kecepatan angin di area persawahan menggunakan anemometer digital GM816.

Blade yang digunakan dari pipa PVC ukuran 3inc, dengan memasukkan data jari-jari pipa PVC, daya generator, panjang pipa di website Win & Wet pada pembuatan desain blade, sehingga diperoleh karakteristik hubungan daya dengan kecepatan angin dan putaran turbin. Panjang blade dihitung dengan persamaan 3.

$$P = \frac{1}{2} \pi r^2 \rho v^3 \quad (3)$$

Dengan memasukan data web win and wet win turbine pipe blade design, untuk menentukan lebar pangkal, lebar ujung blade dan bentuk yang dapat di print. Hasil print out di gunakan sebagai mal untuk membelah dan membentuk blade.

Poros yang digunakan besi batang bulat pejal yang dilaskan dengan baut 10mm, untuk pengikat rotor blade. Rotor blade pelat besi yang di buat segitiga sama sisi, diberi lubang tengah 10mm, jumlah blade yang dibuat 3buah, dibuat jarak 120°, setiap blade diberi lubang baut 2,5mm untuk pengikat, untuk penyangga blade menggunakan plat strip 10mm x 100mm yang di jepit alumunium dibuat sama dengan plat strip.

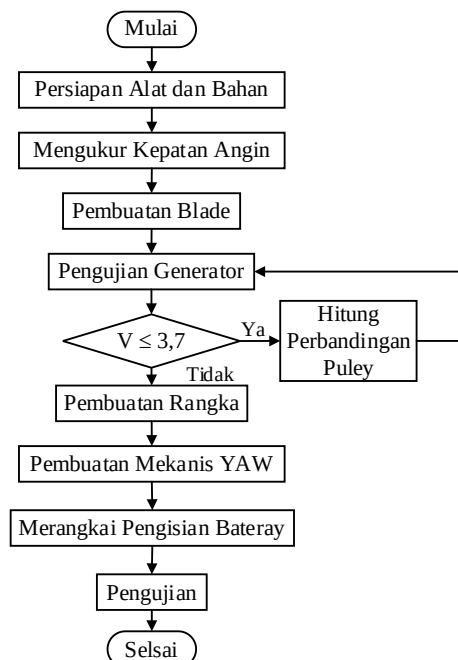
Generator yang digunakan motor stepper NEMA17 untuk mengisi baterai lithium 3,7volt. Pulley timing belt digunakan untuk menambah putaran generator dihitung dengan persamaan 4.

$$RPM_1 = \frac{G_1}{G_2} \times RPM_2 \quad (4)$$

Dudukan generator dibuat sedemikian sehingga memudahkan penempatan generator, pulley belt, bearing dan terlindung dari air hujan. Ekor berfungsi melawan arah angin untuk pengarah blade, dan dipasang mekanis pemukul kaleng.

YAW berfungsi untuk kebebasan turbin berputar bebas 360° melawan arah angin, kabel yang turun dari generator ke baterai, kemungkinan besar akan terbelit, untuk menghindari hal tersebut dibuat cicin seret sehingga arus listrik tetap tersalurkan ke baterai.

Panel berfungsi untuk pelindung rumah baterai, baterai dan *Battery Management System* (BMS), penyearah dan alat kontrol pengisian baterai. Pelaksanaan urutan penelitian dapat dilihat pada diagram alir **Gambar 5**.

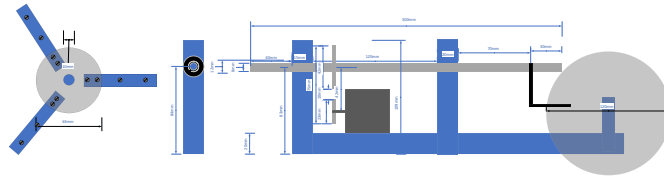


Gambar 5. Diagram alir penelitian

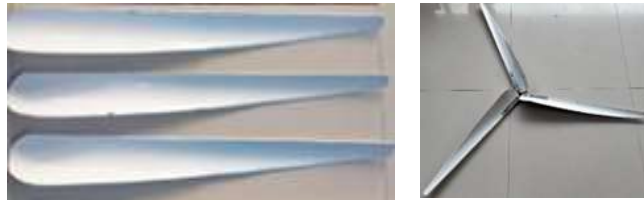
3. Hasil Dan Pembahasan

Blade yang dibuat untuk daya 40 W, dari perhitungan menggunakan persamaan daya turbin persamaan (1) panjang blade 60 cm, dengan memasukkan data *web win and wet win turbine pipe blade design*. Hasil print out di gunakan sebagai mal untuk membelah dan membentuk blade diperoleh pangkal blade 9 cm dan ujung 3 cm berbentuk segitiga. Luas ekor lebih besar dari luas jumlah blade, jadi bentuk ekor seperti ekor yang dibuat seperti ekor panah dengan luas 811,5 mm² yang diperlihatkan pada **Gambar 6**,

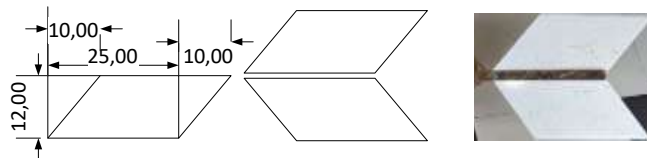
dapat mengarah turbin untuk melawan arah angin. **Gambar 7** dan **Gambar 8** rancangan dan blade turbin yang dibuat. Kaleng atau metal yang dipukul oleh mekanis tuas menghasilkan suara yang membuat burung terganggu dan pergi menjauh. Hasil pembuatan turbin sebelum dan sesudah di pasang pada tiang dapat dilihat pada **Gambar 9-10**.



Gambar 6. Rancangan turbin



Gambar 7. Rancangan blade turbin



Gambar 8. Rancangan turbin



Gambar 9. Rancangan turbin yang telah dibuat



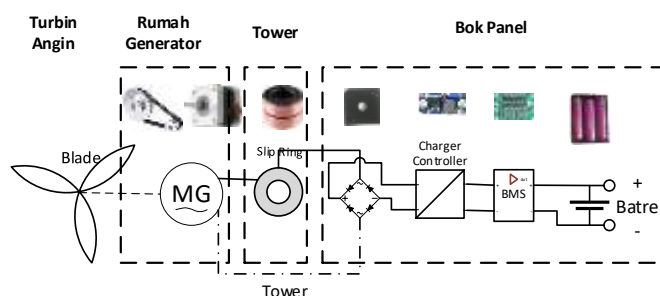
Gambar 10. Turbin angin penghasil bunyi-bunyian dan tegangan listrik

Mekanis YAW membuat turbin bebas melawan arah angin, berputar bebas 360°. Cincin seret dapat meneruskan tegangan ke panel melalui kabel penghantar dengan tidak terlilit. Mekanis YAW yang dibuat dengan cincin seret seperti terlihat pada **Gambar 11**.



Gambar 11. Mekanis YAW dan cincin seret

Box panel berisikan jembatan penyearah KBPC1010, penyetabil tegangan charger Modul LTC3780 DC Automatic Step Up Down. Baterai NCR 18650 Li ion Battery 3400mAh 3,7V dan BMS LION 3S 12.8V 12A Lithium Battery Charger Protection board. Sistem kelistrikan untuk pengisian baterai seperti terlihat pada **Gambar 12**.



Gambar 12. Sistem kelistrikan turbin pengisian baterai

Turbin angin yang telah dibuat blade dan rotor dapat dipisahkan dengan membuka baut 10 mm, mekanis YAW dapat dipisahkan dengan tiang dan turbin dengan merenggangkan dua buah baut 10 mm sehingga dapat dibongkar pasang saat pemakaian dan penyimpanan.

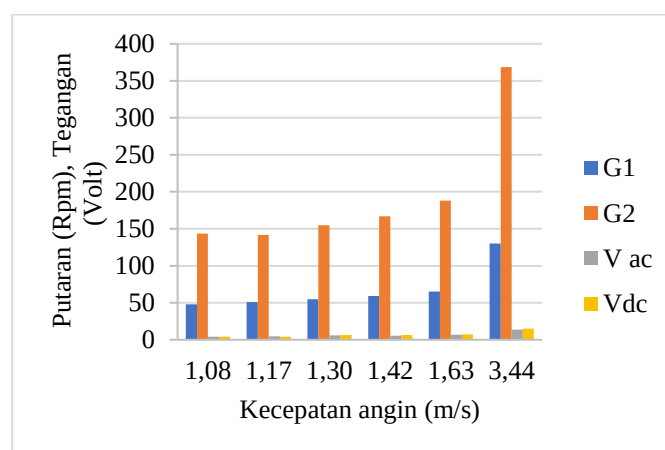
Berdasarkan pengukuran kecepatan angin dengan menggunakan anemo meter dalam m/s, dan mengukur kecepatan putar (rpm) dari poros untuk puli besar 60 gigi (G1) dan puli kecil 20 gigi (G2) menggunakan tacho meter VT-8204, dan untuk pengukuran tegangan keluaran generator tegangan AC (Vac) dan tegangan DC (Vdc) yang telah disearahkan, menggunakan volt meter IDEAL64-495 dan Sanwa YX360TRF. Data sari pengujian pengukuran dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Kecepatan angin, kecepatan putar dan tegangan

Anemo (m/s)	G1 (rpm)	G2 (rpm)	Vac (Volt)	Vdc (Volt)
1,08	48	143,3	4,18	4,23
1,17	51	141,8	4,45	4,08
1,30	55	154,6	5,87	6,53
1,42	59	167	5,66	6,33
1,63	65	187,9	6,55	7,37
3,44	130	368,5	13,56	14,97

Dari **Tabel 2** setelah penambahan puli 1:3 kecepatan angin terendah 1,17 m/s turbin mulai berputar menghasilkan suara dan tegangan 4,08volt dan tertinggi pada kecepatan angin 3.44 m/s menghasilkan suara dan tegangan 14,97 volt. Dari **Tabel 2** hubungan kecepatan angin dengan putaran puli dan tegangan dapat dilihat **Gambar 13**.

Perbandingan puli menggunakan pulley belt 1: 3, yaitu pulley T20 dan T60, belt 200-2gt-6. kecepatan angin terendah 1,08 m/s turbin menghasilkan dan tegangan 4.08volt dan tertinggi pada kecepatan angin 3.44 m/s menghasilkan dan tegangan 14.97 volt, dari **Tabel 2** dan **Gambar 13** hubungan kecepatan angin dengan putaran puli dan tegangan.



Gambar 13. Putaran dan tegangan turbin terhadap kecepatan angin

Baterai yang digunakan 3,7 Volt diperlukan tegangan pengisian minimal 3,7 Volt, dari **Tabel 2** pada kecepatan angin 1.08 m/s dengan tegangan 4.23 volt sudah dapat melakukan pengisian baterai. Karena kecepatan angin berubah ubah lambat dan cepat berpengaruh pada tegangan yang dikeluarkan menjadi tidak stabil, dengan bantuan rangkaian penyetabil tegangan dan rangkaian BMS mengontrol arus masuk ke baterai.

4. Kesimpulan

Turbin angin yang telah dibuat dapat dibongkar pasang saat pemakaian dan penyimpanan, serta dapat menghasilkan bunyi-bunyian untuk pengusir hama burung pipit dan penghasil sumber listrik untuk pengisian baterai, yang dapat dipergunakan sebagai sumber listrik untuk pengusir hama lainnya. Kecepatan angin terendah 1,17 m/s, turbin mulai berputar menghasilkan suara dan tegangan 4.08volt dan tertinggi pada kecepatan angin 3.44 m/s menghasilkan suara dan tegangan 14.97 volt. Baterai 3,7 Volt diperlukan tegangan pengisian minimal 3,7 Volt, pada kecepatan angin 1.08 m/s dengan tegangan 4.23 volt sudah dapat melakukan pengisian baterai. Karena kecepatan angin berubah ubah berpengaruh pada tegangan keluaran menjadi tidak stabil, diperlukan rangkaian penyetabil tegangan dan rangkaian BMS mengontrol arus masuk ke baterai.

5. Referensi

- [1] C. PH. Saragi, M. R. Aulia, and R. A. Manihuruk, "Analisis Pendapatan Usahatani Padi Sawah di Desa Simpang Panei Raya, Kecamatan Panei, Kabupaten Simalungun," *Jurnal Agriust*, 2023, doi: 10.54367/agriust.v3i1.2580.

- [2] J. Wardani and F. Yani, "Pengaruh Biaya Produksi Terhadap Pendapatan Petani Padi Sawah (*Oryza Sativa* L) Di Kecamatan Gebang Kabupaten Langkat," *Jurnal Agro Nusantara*, vol. 2, no. 2, 2022, doi: 10.32696/jan.v2i2.1501.
- [3] B. Gunawan, A. Arsi, and I. Anisyatulusna, "Inventarisasi Arthropoda dan Tingkat Serangan Hama pada Teknik Budidaya Padi (*Oryza sativa* L.) di Desa Bumi Agung Kecamatan Lempuing," *J-Plantasimbiosa*, vol. 4, no. 2, 2022, doi: 10.25181/jplantasimbiosa.v4i2.2676.
- [4] L. Sawah Jatinangor Ichsan Nurul Bari *et al.*, "Preferensi dan Waktu Aktif Harian Kunjungan Burung Bondol Jawa (*Lonchura leucogastroides*) terhadap Fase Pertumbuhan Padi (IR-36) di," *Jurnal Agrikultura*, vol. 2021, no. 1, pp. 72–76.
- [5] D. Apriyanto, T. Pamekas, and Nadrawati, "Sekolah Lapang Pengelolaan Hama Terpadu (SLPHT) di Desa Sumber Agung Bengkulu Utara," *Dharma Raflesia : Jurnal Ilmiah Pengembangan dan Penerapan IPTEKS*, vol. 20, no. 2, 2022, doi: 10.33369/dr.v20i2.21471.
- [6] M. Y. Hardiansyah, "Pengusir Hama Burung Pemakan Padi Otomatis dalam Menunjang Stabilitas Pangan Nasional," *Jurnal Abadi*, vol. 2, no. 1, 2020.
- [7] M. Azmir and Fikra Muhammad Harsa, "Alat Pengusir Hama Burung Tanaman Padi Dengan Tenaga Matahari." Accessed: Mar. 02, 2023. [Online]. Available: <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/40201>
- [8] R. F. Ahmad Edi Waluyo, M. Imha Ainun Najib, Irhan Abdul Jalil, Andi Santoso, "Rancang Bangun Prototype Panel Surya Sebagai Alat Pengusir hama burung," *Jurnal Informatika*, vol. vol 11, no. 2, 2011.
- [9] R. J. Arifandi, M. Junus, and M. Kusumawardani, "Sistem Pengusir Hama Burung dan Hama Tikus Pada Tanaman Padi Berbasis Raspberry pi," *Jurnal Jartel: Jurnal Jaringan Telekomunikasi*, vol. 11, no. 2, 2021, doi: 10.33795/jartel.v11i2.61.
- [10] Arifandi, Robby Juniansyah, Mochammad Junus, and Mila Kusumawardani. "Sistem Pengusir Hama Burung dan Hama Tikus Pada Tanaman Padi Berbasis Raspberry pi." *Journal of Telecommunication Network (Jurnal Jaringan Telekomunikasi)* 11.2 (2021): 92-95.
- [11] H. T. Hidayat, A. Akhyar, and M. Mahdi, "Rancang Bangun Prototipe Pengusir Hama Tikus dan Burung Berbasis Internet of Things (IoT)," *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, vol. 3, no. 1, 2019.
- [12] Agust, Tiara Rizkia, Ahmad Aminudin, and Andhy Setiawan. "Sistem cerdas pengusik burung pipit sebagai hama padi menggunakan passive infrared dan pembangkit ultrasonik." *Prosiding Seminar Nasional Fisika*. Vol. 1. No. 1. 2019.
- [13] A. Khumaidi and N. Hikmah, "Rancang Bangun Prototipe Pengusir Hama Burung Menggunakan Sensor Gerak Rowl Microwave Berbasis Internet Of Things," *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, vol. 11, no. 2, 2021, doi: 10.24176/simet.v11i2.5071.
- [14] Dhuppe Pallavi, Tegampalle Anjana, Waghmare Shabhangi, Saurabh Kharjule, and Ganesh Chaure, "Design and Development of IoT Based Low Cost Syringe Pump," *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*, 2022, doi: 10.48175/ijarset-7341.
- [15] Patil, H. S. "Experimental work on horizontal axis PVC turbine blade of power wind mill." *International Journal of Mechanical Engineering* 2.2 (2011).
- [16] O. Irawan, Y. Bow, and R. Kusumanto, "Simulation and Performance Test Giromill Type Wind Turbine; Case Study Muara Enim, South Sumatra, Indonesia," *International Journal of Research in Vocational Studies (IJRVOCAS)*, vol. 1, no. 2, pp. 11–18, Sep. 2021, doi: 10.53893/ijrvocas.v1i2.10.
- [17] R. Kemala Ali and J. Jumiadi, "Strength Analysis of Horizontal Type Wind Turbine Blades Using PVC Pipe Material," *Transmisi*, vol. 18, p. 2022, doi: 10.26905/jtmt.v18i2.9206.
- [18] B. Wahyudi, A. Faizin, A. Setiawan, S. H. Susilo, and H. Wicaksono, "Simulation Study Of Horizontal Axis Wind Turbine Using Pvc Pipe Propeller With Elbow Tip," *EUREKA, Physics and Engineering*, vol. 2022, no. 5, pp. 67–76, Sep. 2022, doi: 10.21303/2461-4262.2022.002550.
- [19] A. Shyam, A. S. Aryan, C. Shailesh, R. Harigovind, V. Vipin, and A. Krishnan, "Design and analysis of small-scale horizontal axis wind turbine using PVC material," in *Materials Today: Proceedings*, 2021. doi: 10.1016/j.matpr.2021.08.095.
- [20] M. A. Wahid and J. Phi, "Jurnal Pendidikan Fisika dan Fisika Terapan," no. 1, 2018.
- [21] T. Arif Adlie, T. Azuar Rizal, R. Artikel, and K. Kunci, "Perancangan Turbin Angin Sumbu Horizontal 3 Sudu Dengan Daya Output 1 Kw Informasi Artikel," 2015, [Online]. Available: www.teknik.unsam.ac.id
- [22] V. K. Rathod and S. Y. Kamdi, "Design & Fabrication of PVC Bladed Inexpensive Wind Turbine." [Online]. Available: www.iosrjournals.org

- [23] C. S. Ambaye, K. T. Beketie, D. Y. Ayal, and Z. T. Dame, "Multiple criteria application in determining wind power potential: A case study of Adama Zuria woreda, Ethiopia," *Sci Afr*, vol. 14, 2021, doi: 10.1016/j.sciaf.2021.e01045.
- [24] B. Wahyudi, A. Faizin, A. Setiawan, S. H. Susilo, and H. Wicaksono, "Simulation Study Of Horizontal Axis Wind Turbine Using Pvc Pipe Propeller With Elbow Tip," *Eureka, Physics and Engineering*, vol. 2022, no. 5, 2022, doi: 10.21303/2461-4262.2022.002550.
- [25] F. A. Perdana, "Baterai Lithium," *INKUIRI: Jurnal Pendidikan IPA*, vol. 9, no. 2, p. 113, Apr. 2021, doi: 10.20961/inkuiri.v9i2.50082.
- [26] M. Otong and D. Aribowo, "Perancangan Modular Baterai Lithium Ion(Li-Ion) Untuk Beban Lampu Led," *Jurnal Ilmiah Setrum Article In Press*, vol. 8, no. 2, pp. 260–273, 2019.
- [27] Ningrum, Puspita, Novie Ayub Windarko, and Suhariningsih Suhariningsih. "Battery Management System (BMS) Dengan State Of Charge (SOC) Metode Modified Coulomb Counting." *INOVTEK-Seri Elektro* 1.1 (2019): 1-10.
- [28] K. Khaeruddin, W. Wijono, and R. N. Hasanah, "Desain Penyeimbangan Sel Baterai Lithium-Ion dengan Teknik Cell-to-Cell Charging Mode pada Battery Management System (BMS)," *Jurnal Ecotipe (Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Power Engineering)*, vol. 8, no. 1, pp. 9–15, Apr. 2021, doi: 10.33019/jurnalecotipe.v8i1.2137.
- [29] Saputra, Maidi, Riki Kurniawan, and Al Munawir. "Rancang Bangun Turbin Angin Skala Kecil Untuk Kawasan Kampus Univ. Teuku Umar." *Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi dan Teknologi* 5.1 (2019).
- [30] Z. Anthony, *Mesin Listrik Dasar Itp Press*. 2018. [Online]. Available: <http://www.press.itp.ac.id>
- [31] Wiranata, Ardi, et al. "Rancang Bangun Mesin CNC Pemotong Pelat Logam Dengan Lebar Pemotongan." *Mechatronics Journal in Professional and Entrepreneur (MAPLE)* 1.1 (2019): 27-32.
- [32] Singh, Ajeet. *Fundamentals of machine design*. Vol. 2. Cambridge University Press, 2017.