PEMBUATAN DAN PEMANFAATAN *PROTOTYPE SOLAR CELL* SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK APLIKASI PADA PEMNGGUNAAN ALAT PENGUSIR HAMA PADI ULTRASONIK

 **Raihan Fahriza1, Yaman2, Nelly Safitri3.**

1,2,3)Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Lhokseumawe

Email: reyhan9984@gmail.com, yaman\_gayo@pnl.ac.id, nellysafitri@pnl.ac.id

***Abstrak*** *–*Perkembangan era globalisasi saat ini berdampak pada kebutuhan konsumsi energi listrik yang semakin meningkat. Sangat diperlukan sumber energi alternatif terbarukan untuk memenuhi kebutuhan listrik saat ini salah satunya menggunakan energi matahari (*Solar Energy*). *Solar cell* banyak digunakan untuk berbagai aplikasi salah satunya dapat digunakan sebagai sumber listrik pada alat pengusir hama padi ultrasonik. Menghitung daya beban dan energi pemakaian perhari, menentukan kapasitas *solar cell*, dan sudut kemiringan, hingga menghitung kapasitas baterai. Perancangan *prototype solar cell* pada penggunaan alat pengusir hama padi ultrasonik menggunakan *solar cell* 20 wp dan besi hollow sebagai tiang dan penempatan solar cell. Tinggi tiang 200 cm, panjang penempatan *solar cell* 52 cm membentuk sudut kemiringan 18,33º. modul IC NE555 *signal generator* sebagai pembangkit frekuensi ultrasonik, *Speaker Tweeter*, relay 12 V, SCC dan Baterai. Arus beban 0,95 A. total daya dari beban sebesar 11,4 Watt. Hasil perhitungan kapasitas *solar cell* yang dibutuhkan sebesar 3 Wp. Memanfaatkan *solar cell* dengan kapasitas 20 Wp. Total daya yang mampu di bangkitkan oleh *solar cell* sebesar 120 Wh perhari. Kapasitas baterai yang dibutuhkan adalah 2 Ah. Memanfaatkan baterai berkapasitas 5 Ah. Jumlah energi listrik yang mampu disimpan oleh baterai adalah 60 Wh.

***Kata-kata kunci: Solar cell, Baterai, Ultrasonik***

1. **PENDAHULUAN**

Hama tanaman padi merupakan salah satu musuh terbesar bagi masyarakat petani, selain sifatnya yang menggaggu tanaman, juga merupakan salah satu faktor yang dapat menurunkan produksi usaha tani masyarakat**.** Maraknya kasus serangan hama padi mengakibatkan kerusakan berat terhadap padi sehingga jumlah panen padi petani menjadi berkurang. Pada tahap anakan aktif padi atau fase pematangan, hama padi seperti tikus memotong bibit muda dan memakan tunas padi yang sedang berkembang. Serangan padi hampir terjadi setiap musim dan biasanya menyerang secara berkelompok, hal ini menyebabkan keresahan dan kerugian yang besar bagi para petani. Petani telah menggunakan berbagai macam cara untuk membasmi hama padi disawah, diantaranya dengan menggunakan obat semprot, membuat jaring, dan melakukan pengasapan pada sawah. Bahkan di era teknologi saat ini telah muncul sebuah alat pengusir hama sawah yaitu dengan menggunakan alat yang menghasilkan gelombang ultrasonik. [1]

Pengusiran hama padi dengan cara menyemprot, pengasapan dan menggunakan jaring pada sawah yang luas akan membutuhkan tenaga kerja yang banyak dan membutuhkan waktu pengerjaan yang lama untuk menyelesaikannya. Maka akan lebih efektif jika petani menggunakan alat pengusir hama padi berbasis frekuensi ultrasonik. Dengan menggunakan alat ini petani hanya menmbutuhkan energi listrik untuk mengoperasikan alat tersebut. Pada umumnya

lokasi sawah milik petani berjarak cukup jauh dari pemukiman penduduk dan sumber listrik sehingga petani tidak mendapatkan sumber energi listrik untuk penggunaan alat pengusir hama padi ultrasonik. maka dari itu dibutuhkan sebuah teknologi untuk mendapatkan sumber energi listrik agar para petani yang memiliki sawah jauh dari sumber listrik dapat menggunakan alat pengusir hama padi ultrasonik.

Perkembangan era globalisasi saat ini berdampak pada kebutuhan konsumsi energi listrik yang semakin meningkat. Sangat diperlukan sumber energi alternatif terbarukan untuk memenuhi kebutuhan listrik saat ini salah satunya menggunakan energi matahari (Solar Energy). *Solar cell* yang berfungsi untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik. Teknologi *solar cell* merupakan sebuah hamparan semikonduktor yang dapat menyerap photon dari sinar matahari dan mengkonversi menjadi listrik. *Solar cell* banyak digunakan untuk berbagai aplikasi salah satunya dapat digunakan sebagai sumber listrik pada alat pengusir hama padi ultrasonik. [2]

Prinsip kerja dalam mengusir hama padi pada area persawahan adalah dengan mendeteksi keberadaan hama padi dengan menggunakan sensor PIR (Passive Infra Red). Sensor PIR akan mendeteksi hama dengan menangkap energi panas yang dihasilkan dari pancaran sinar infra merah pasif yang dimiliki oleh hama padi. Pada saat keberadaan padi terdeteksi maka alat pengusir hama padi ultrasonik akan menyala yang mengakibatkan hama menjadi tidak nyaman sehingga hama padi pergi meninggalkan area persawahan.

1. **TINJAUAN PUSTAKA**
2. *Solar Cell (Photovoltaic)*

Sinar matahari yang menyinari di bumi dapat di ubah menjadi energi listrik melalui sebuah proses yang dinamakan *photovoltaic ­*(PV). Photo merujuk kepada cahaya dan voltaic mengacu kepada tegangan. Terminologi ini digunakan untuk menjelaskan sel elektronik yang memproduksi energi listrik arus searah dari segi radianmatahari. *Photovoltaic cell* dibuat dari material semikonduktor terutama silikon yang dilapisi oleh bahan tambahan khusus. Jika cahaya matahari mencapai *cell* maka *electron* akan terlepas dari atom silikon dan mengalir membentuk sirkuit listrik sehingga energi listrik dapat dibangkitkan. *Solar cell* selalu didesain untuk mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik sebanyak-banyaknya dan dapat digabung menjadi seri dan paralel untuk menghasilkan tegangan dan arus yang diinginkan. Cara kerja dari *photovoltaic* *cell* sangat tergantung kepada sinar matahari yang diterimanya. Kondisi iklm seperti awan tebal atau kabut mempunyai efek yang sangat signifikan terhadap jumlah energi matahari yang diterima sel surya sehingga akan mempengaruhi pula unjuk kerjanya. [3][4][5]

1. Kapasitas *Solar Cell*

Pembangkitan listrik yang menggunakan sel surya perlu diketahui kapasitas yang akan dipakai. Penentuan kapasitas *solar cell* sangat bergantung pada jumlah konsumsi pemakaian energi listrik (Wh) dan durasi sinar matahari menyinari *solar cell.*[3]

Untuk menghitung kapasitas solar cell yang akan digunakan dapat menggunakan Persamaan (1)

 (1)

Optimal pencahayaan pada *solar cell* biasanya adalah 5 jam pencahayaan. Setelah menghitung kapasitas *solar cell*, kita dapat menghitung jumlah energi listrik yang mampu dibangkitkan oleh *solar cell* tersebut perharinya dengan menggunakan Persamaan 2 berikut ini.[6] [7]

 (2)

Keterangan :

Wh = Jumlah energi yang dihasilkan *solar cell*

Cp = Kapasitas *solar cell*

1. Sudut Kemiringan *Solar Cell*

Intensitas radiasi cahaya matahari sangat mempengaruhi daya yang dihasilkan oleh *solar cell.*semakin besar intensitas cahaya matahari yang diterima oleh *solar cell* maka daya yang dihasilkan juga akan semakin besar. Ini dikarenakan energi matahari merupakan sumber utama dari *photovoltaic.* Sebelum menghitung sudut kemiringan *solar* cell terhadap permukaan bumi, harus menghitung ketinggian maksimum matahari terlebih dahulu. Untuk mengetahui ketinggian maksimum ketika matahari ketika mencapai langit (α) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3 berikut. [8]

 (3)

Lat adalah garis lintang (latitude) lokasi *solar cell*, dan δ adalah sudut deklanasi matahari yaitu 23,45º. Sedangkan sudut *solar cell* terhadap permukaan bumi (β) dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan 4 berikut.

 (4)

1. SCC (*Solar Charger Control)*

Solar charger control (SCC) memiliki fungsi untuk memastikan baterai agar tidak terjadi kelebihan pelepasan muatan (over discharge) atau kelebihan pengisian muatan (over charger) yang dapat menjadikan baterai menjadi tidak awet. SCC mampu menjaga tegangan atau arus keluar masuk baterai sesuai dengan kondisi baterai. Peran utama SCC adalah melindungi danmelakukan otomatisasi pada pengisian baterai. Hal ini bertujuan untuk mengoptimalkan sistem dan menjaga agar masa pakai baterai dapat dimaksimalkan. Untuk menghitung kapasitas SCC dapat dihitung dengan Persamaan 5 dibawah ini.[6][9][10]

 (5)

Keterangan :

Iscc = Kapasitas SCC

Isc = Arus pada *solar cell*

1. Baterai

Baterai merupakan salah satu komponen yang digunakan pada sistem PLTS yang dilengkapi dengan penyimpanan cadangan energi listrik. Baterai memiliki fungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh *solar cell* dalam bentuk energi arus DC. Energi yang disimpan pada baterai berfungsi sebagai cafangan (back up) yang biasanya digunakan pada saat solar cell tidak menghasilkan energi listrik. Contohnya pada saat malam hari atau pada saat cuaca mendung. Selain itu, tegangan keluatn ke sistem cenderung lebih stabil. Satuan kapasitas energi yang dihasilkan pada baterai adalah Ampere hour (Ah), yang artinya ars minimum yang dikeluarkan oleh baterai selama satu jam. Proses pengosongan pada baterai (discharge) tidak boleh dikosongkan hingga titik maksimum, hal ini disebabkan akan mempengaruhi usia pakai dari baterai tersebut. Batas pengosongan pada baterai disebut dengan istilah depth of discharge (DoD), yang dinyatakan dalam satuan persen. Suatu baterai memiliki DoD 80% ini berarti bahwa hanya 80% dari energi yang tersedia dapat digunakan dan 20% tetap berada dalam cadangan energi. [11][12]



Gbr 1. Baterai

Kapasitas baterai dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 6 berikut.[13]

 (6)

Keterangan :

Ah = Kapasitas baterai

N = Jumlah autonimous days

Vs = Tegangan baterai

DoD = Depth of Discharge

Untuk mengetahui besarnya jumlah energi yang disimpan dalam baterai (Wh) dapat dihitung menggunakan Persamaan 7.

 (7)

Dimana :

Wh = Jumlah energi yang disimpan dalam baterai

Vs = Tegangan baterai

Ah = Kapasitas baterai

Sedangkan untuk menghitung lama baterai dalam membackup beban dapat menggunakan Persamaan 8.

 (8)

Untuk menghitung lama pengecasan pada baterai dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (9).

 (9)

1. *Sensor PIR (Passive Infrared Red)*

Sensor PIR (*Passive Infra Red*) adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi adanya pancaran sinar infra merah. Sensor PIR ini bersifat pasif, artinya sensor ini tidak memancarkan sinar infra merah tetapi hanya menerima radiasi infra merah dari luar. Sensor ini hanya merespon energi dari pancaran infra merah pasif yang dimiliki oleh setiap benda yang terdeteksi olehnya. Benda yang dapat terdeteksi oleh sensor ini biasanya adalah tubuh manusia dan hewan.[14][15][16]

1. Modul IC NE555 Signal Generator

Modul IC NE555 signal generator adalah sebuah modul yang digunakan dalam berbagai timer maupun pulsa. Modul ini terdapat empat sirkuit dalam satu paket. Diperkenalkan pertama kali oleh signetics pada tahun 1971, modul ini digunakan sebagai pembangkit sinyal gelombang untuk pengembangan eksperimental. Gelombang frekuensi pada modul ini dapat diatur dari 1Hz – 200 kHz dengan menggunakan jumper dan trimmer.[17][18]



Gbr 2. Modul IC NE555 Signal Generator

1. *Speaker Tweeter*

Speaker adalah sebuah komponen elektronika yang terdiri dari kumparan, membran dan magnet sebagai bagian yang saling terikat. Membran pada speaker berfungsi untuk mengeluarkan suara. Bagian – bagian pada speaker saling terikat dan saling melengkapi. Tweeter speaker yang biasanya berukuran kecil 0,5 inci dan paling besar berukuran 4 inci. Fungsi dari tweeter adalah untuk mengeluarkan suara dengan frekuensi tinggi dengan cakupan pada rentang 3000 Hz hingga 50 kHz. [19][20]

1. Daya Aktif

Daya aktif adalah daya aktual yang dibutuhkan oleh beban, yang biasanya lebih rendah dari daya semu. Daya aktif dihasilkan dengan mengalikan daya semu dengan faktor daya (Cos phi). Daya aktif kehilangan nilai karena konsumen listrik yang menghasilkan daya reaktif.. Untuk mengetahui daya aktif dapat dilihat pada Persamaan 10 berikut ini. [21] [22]

 (10)

Keterangan :

P = Daya Aktif

V = Tegangan

I = Arus listrik

Cos φ = Faktor Daya

Perhitungan energi daya perhari dapat dihitung dengan Persamaan (11).

 (11)

Keterangan :

E = Energi daya Perhari

P = Daya

T = Waktu

1. **METODOLOGI**
2. Perhitungan Dimensi dan Spesifikasi

Perhitungan dimensi dan spesifikasi yang akan dilakukan pada perancangan PLTS sebagai sumber energi listrik pada penggunaan alat pengusir hama padi adalah sebagai berikut :

1. Pemilihan *solar cell* dengan tipe polycrystalline.
2. Perancangan kerangka tiang dudukan *solar cell*.
3. Perhitungan energi yang dihasilkan oleh beban
4. Perhitungan kapasitas *solar cell* sesuai penggunaan energi oleh beban.
5. Menentukan sudut kemiringan *solar cell*.
6. Perhitungan kapasitas SCC.
7. Perhitungan kapasitas Baterai.
8. Metode Pengujian

Pengujian yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pengujian *solar cell*

Mengukur tegangan yang dihasilkan *solar cell*

1. Pengukuran charging baterai

Mengukur tegangan dan arus charging pada baterai.

.

1. Metode Analisis

Metode analisis yang akan dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gbr 3. Flowchart Penelitian

1. **HASIL DAN PEMBAHASAN**
2. Perancangan *Prototype Solar Cell* Pada Penggunaan Alat Pengusir Hama Padi Ultrasonik

Perancangan pembuatan prototype PLTS sebagai sumber energi listrik pada penggunaan alat pengusir hama padi berbasis ultrasonik dengan menyiapkan satu unit *solar cell* dengan kapasitas 20 wp dengan dimensi *solar cell* 535 x 345 x 25 mm. Kemudian membuat tiang dudukan *solar cell* dengan menggunakan besi hollow berdimensi 20 x 30 mm setinggi 200 cm. Dibagian atas tiang terdapat besi hollow sepanjang 52 cm yang berfungsi sebagai dudukan dan membentuk sudut kemiringan. Perhitungan sudut kemiringan *solar cell* dapat dihitung dengan menghitung ketinggian maksimum matahari terlebih dahulu yaitu dengan menggunakan Persamaan 3. Diketahui latitude lokasi pembuatan *prototype* adalah 5.12º, maka :

Α = 90º + 5,12º - 23,45º

α = 95,12º - 23,45º

α = 71,67º

Jadi, titik ketinggian maksimum matahari adalah 71,67º. Selanjutnya kita dapat menghitung sudut kemiringan *solar cell* terhadap permukaan bumi dengan menggunakan Persamaan (4).

Dari perhitungan diperoleh hasil sudut kemiringan *solar cell* terhadap permukaan bumi adalah 18,33º.

1. Perh­itungan dan Pengukuran Beban

Untuk mendapatkan daya beban kita dapat mengukur dengan menggunakan Persamaan (10).

P = 12 V x 0,95 A

P = 11,4 Watt

Dari perhitungan menghasilkan daya beban sebesar 11,4 watt. Pada perancangan ini, alat pengusir hama padi akan hidup selama 45 detik apabila sensor PIR mendeteksi adanya hama padi. Di asumsikan sensor akan mendeteksi hama padi setiap satu jam sekali selama 24 jam. Maka selanjutnya adalah menghitung energi yang dihasilkan dalam sehari. Dapat dihitung menggunakan Persamaan (11) berikut :

Jika 45 detik = 0.0125 jam, Maka :

E = 11,4 x 24 x 0.0125

E = 3.42 wh

Maka pemakaian energi listrik perhari adalah 3.42 Wh.

1. Menentukan Kapasitas *Solar cell*

Untuk menentukan kapasitas *solar cell* dapat menggunakan Persamaan (1)

Maka kapasitas *solar cell* yang dibutuhkan adalah 3 wp. Namun pada pembuatan prototype ini penulis memanfaatkan *solar cell* dengan kapasitas 20Wp.

Intensitas cahaya yang maksimal tidak dapat dihasilkan setiap waktu. Maka dapat diasumsikan daya maksimum yang dihasilkan hanya 60% saja. Maka :

Wh = 200 x 60%

Wh = 120 Wh

Maka total energi listrik yang mampu dibangkitkan oleh *solar cell* dengan kapasitas 20 wp adalah sebesar 120 wh per hari.

1. Penentuan Dan Perhitungan Kapasitas Baterai

Untuk menentukan kapasitas baterai pada perancangan ini, dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

Ah=(4 x 3,42)/(12 x 60%)

Ah=13,68/7,2

Ah=1,9 (dibulatkan menjadi 2 Ah)

Maka kapasitas baterai yang digunakan adalah 2 Ah. Namun pada pembuatan prototype digunakan baterai dengan kapasitas 5 Ah. Dan untuk mengetahui besaran jumlah energi yang disimpan dalam baterai tersebut dapat dihitung sebagai berikut:

Wh=Vs x Ah

Wh=12V x 5Ah

Wh=60 Wh

Jadi, total energi yang disimpan dalam baterai adalah 60 Wh.

1. Menentukan kapasitas SCC

Untuk menentukan kapasitas SCC dapat dihitung sebagai berikut:

Iscc = 1,3 A

Maka kapasitas SCC yang digunakan adalah 10 A dikarenakan kapasitas terkecil yang tersedia di pasaran adalah 10 A.

1. Pengujian *Solar Cell*

PLTS merupakan suatu pembangkit litrik yang memanfaatkan cahaya matahari yang kemudian dikonversikan menjadi energi listrik. Pada perancangan ini pengujian *solar cell* dilakukan tanpa beban. Pengujian dilakukan sebanyak dua kali untuk mendapatkan perbandingan data yang sesuai. Pengujian ini dilakukan pada pukul 08.00 Wib hingga 18.00 Wib dengan pengambilan data dilakukan setiap 30 menit. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.

Gbr 4. Grafik Pengujian Pertama

Pada gambar 4 dapat dilihat bahwa pada saat pengujian *solar cell* hanya menghasilan tegangan output nya saja, dari grafik tersebut memperlihatkan bahwa tegangan naik turun disebabkan oleh perubahan cuaca pada saat penggujian.

Pada pengujian kedua *solar cell* dilakukan pada saat cuaca cerah, hasil dari pengujian dapat dilihat pada Gambar 5.

Gbr 5. Pengujian Kedua *Solar cell*

Pada grafik di gambar 5 dapat dilihat tegangan output yang dihasilkan oleh *solar cell* tidak jauh beda. Pada pengujian kedua juga terjadi naik turun tegangan disebabkan oleh cuaca yang berawan menutupi sinar matahari.

1. Pengujian Baterai

Pada perancangan ini pengujian baterai dilakukan dua kali yaitu pengujian pengecasan pada saat baterai dalam kondisi kosong dan pengujian pengecasan baterai pada saat kondisi sudah terisi. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.

Gbr 6. Grafik Pengujian Baterai

Pada gambar 6 dapat dilihat bahwa besaran arus charging pada saat pengecasan arus naik secara perlahan. Arus chaarging tertinggi terjadi pada pukul 11:00 WIB karena cuaca yang cerah tanpa tertutup awan. Kemudian arus charging turun hingga stabil di 0,3 A karena baterai telah penuh.

Pada pengujian kedua dilakukan pada saat kondisi baterai sudah terisi. Dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.

Gbr 7. Pengujian Kedua Baterai

Dari Grafik pada gambar 7 dapat dilihat bahwa pengecasan pada baterai dengan kondisi sudah terisi maka arus charging yang dihasilkan sangat kecil dan konstan pada 0.0025 A. pada pukul 16:30 s/d 18:00 WIB arus charging menurun dikarenakan matahari hampir terbenam.

1. Perhitungan Pengecasan Baterai

Perhitungan pengecasan pada baterai dilakukan untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mengecas baterai dari kondisi kosong hingga penuh. Perhitungan pengecasan dapat dihitung menggunakan Persamaan 9. Pada Pengujian arus charging tertinggi adalah 1 A, jadi dapat dihitung dengan menggunakan arus charging tertinggi. Maka :

Jadi, lama pengecasan baterai dari kondisi kosong hingga penuh menurut perhitungan diatas adalah selama 5 jam. Namun pada saat pengujian baterai mampu terisi penuh hanya dalam waktu 2,5 jam saja. Hal ini terjadi karena perubahan cuaca yang berubah-ubah sehingga arus charging juga berubah-ubah

1. Perhitungan Pembebanan Baterai

Pembebanan baterai dilakukan untuk mengetahui berapa lama energi listrik yang tersimpan pada baterai akan habis apabila dibebani. Untuk mengetahui lama baterai dapat membackup beban dapat menggunakan Persamaan (8) sebagai berikut :

Jadi, lama baterai dapat membackup beban jika alat pengusir hama padi ultrasonik menyala terus menerus adalah selama 5,3 jam. Namun pada prototype ini beban akan menyala hanya pada saat hama padi terdeteksi saja.

1. **KESIMPULAN**
2. Perancangan prototype *solar cell* pada penggunaan alat pengusir hama padi dengan menggunakan *solar cell* 20 wp dan besi hollow sebagai tiang dan penempatan *solar cell*. Tinggi tiang 200 cm, panjang penempatan *solar cell* 52 cm membentuk sudut kemiringan 18,33º. Komponen pada rangkaian box panel adalah modul IC NE555 signal generator sebagai pembangkit frekuensi ultrasonik, *Speaker Tweeter, relay* 12 V, dan SCC.
3. Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan, diketahui arus dari beban adalah 0,95 A. maka dari hasil perhitungan didapatkan total daya dari beban sebesar 11,4 Watt.
4. Pada pembuatan prototype ini dimanfaatkan *solar cell* dengan kapasitas 20 Wp. Dan total daya yang mampu di bangkitkan oleh *solar cell* sebesar 120 Wh perhari.
5. Pada pembuatan prototype digunakan baterai dengan kapasitas 5 Ah. Dan jumlah energi listrik yang mampu disimpan oleh baterai adalah 60 Wh.

**REFERENSI**

[1] Fatahullah, Rudi, and Jusriana, PERAKUS (Pengendali Hama Serangga dan Tikus) Alat Tepat Guna Otomatis Berbasis Mikrokontroler sebagai Solusi Pangan Tanpa Pestisida Kimia, *J. Penelit. dan Penal.*, vol. 7, no. 1, pp. 53–63, 2020, [Online]. Available: http://journal.unismuh.ac.id/

[2] Y. Widiatmoko *et al.*, “Prototype Pemanfaatan Solar Cell Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomatisasi Lampu Penerangan Taman.

[3] M. Ervin and Jamaaluddin, Pemanfaatan Solar Cell Sebagai Alternatif Energi Listrik Skala Rumah Tangga, *Mesin Mesin List.*, 2020, [Online]. Available: http://eprints.umsida.ac.id/7230/

[4] Berlianti, R. Berlianti, and Dasrul, Perancangan Sistem Kelistrikan Untuk Perangkap Hama UV Light Trapping Tenaga Surya Dua Tingkat, *Semin. Nas. Ind. dan Teknol. (SNIT), Politek. Negeri Bengkalis*, pp. 1–10, 2018.

[5] M. Zubaini, **P**emamfaatan Sel Surya Sebagai Penggerak Pompa Untuk Sirkulasi Air Pada Tanaman Hidroponik Tipe ( Nutrient Film Technique**)**, 2018.

[6] M. Farhan Fernanda *et al.*, Penentuan Komponen Sistem PLTS 100 Wp pada Floating Photovoltaic sebagai Sumber Energi Lampu Penerangan 20 W Pada Kolam Politeknik Negeri Jakarta, *Pros. Semin. Nas. Tek. Mesin Politek. Negeri Jakarta*, pp. 171–180, 2021, [Online]. Available: http://prosiding.pnj.ac.id

[7] M. Fahresi, Rancang Bangun Pengusir Hama Padi Menggunakan Gelombang Ultrasonik Dengan Sumber Tenaga Solar Cell, 2021.

[8] E. T. Abit Duka, I. N. Setiawan, and A. Ibi Weking, Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid Pada Area Parkir Gedung Dinas Cipta Karya, Dinas Bina Marga Dan Pengairan Kabupaten Badung, *J. SPEKTRUM*, vol. 5, no. 2, p. 67, 2018, doi: 10.24843/spektrum.2018.v05.i02.p09.

[9] N. Evalina, F. Irsan Pasaribu, A. H. Abdul Azis, R. Dimas Ivana, and J. Kapt Muchtar Basri No, Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 200 Wp Dengan Sistem Solar Charger Pada Beban Kipas Angin,” *Uisu*, p. 62, 2021, [Online]. Available: https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/semnastek/article/view/4143

[10] E. Suprihadi, B. Firmanto, and T. T. Guna, Aplikasi Alat Pengendali Wereng Berbasis Solar Cell Di Desa Bringin Kabupaten Malang, vol. 2, 2019.

[11] Sarah, Rancang Bangun Plts On Grid Dengan Daya 450 Va, 2021.

[12] L. D. Senli, K. Valentin, W. M. Fahad, and R. A. Prasojo, Pemanfaatan Solar Panel Pembasmi Hama Di Desa Sampung Kabupaten Ponorogo, vol. 5, pp. 1–5, 2019, [Online]. Available: https://prosiding.polinema.ac.id/sngbr/index.php/sntet/article/view/354/306

[13] E. Roza and M. Mujirudin, Perancangan Pembangkit Tenaga Surya Fakultas, vol. 4, no. 1, pp. 16–30, 2019.

[14] D. Desmira, D. Aribowo, W. D. Nugroho, and S. Sutarti, Penerapan Sensor Passive Infrared (Pir) Pada Pintu Otomatis Di Pt Lg Electronic Indonesia, *PROSISKO J. Pengemb. Ris. dan Obs. Sist. Komput.*, vol. 7, no. 1, 2020, doi: 10.30656/prosisko.v7i1.2123.

[15] S. Ahadiah, T. Elektro, and P. N. Bengkalis, Implementasi Sensor Pir Pada Peralatan, vol. 07, no. 1, 2017.

[16] M. Iqbal and A. U. Rahayu, Alat Pengusir Hama Tikus Sawah Berbasis Arduino Uno Dan Gelombang Ultrasonik, *J. Energy Electr. Eng.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–5, 2022.

[17] M. Sandi, F. Rifqi, and R. Imam, Sistem Pengusir Tikus Otomatis Berbasis Frekuensi, *J. Kaji. Pendidik. Ekon. dan Ilmu Ekon.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–19, 2019.

[18] M. Yanto and A. Jaewono, **Alat Pengetesan Kurva Polarisasi**, 2007.

[19] A. A. Mujab, M. Rosmiati, and M. I. Sari, Rancang Bangun Alat Pengusir Hama Menggunakan Gelombang Ultrasonik, *eProceedings Appl. Sci.*, vol. 6, no. 1, pp. 340–348, 2020, [Online]. Available: https://libraryeproceeding.telkomuniversity.ac.id/index.php/appliedscience/article/view/11739/11604

[20] A. Riyanto, W. Arifa, and S. A. Salim,Rancang Bangun Sistem Audio ( Sound System ) Menggunakan Rangkaian Crossover Aktif Dengan Tiga Jalur Frekuensi, *Vokasi*, vol. XIV, no. 1, pp. 1–8, 2019.

[21] G. Ardiansyah *et al.*, Pemanfaatan Daya Listrik Bagi Pelanggan Tegangan, vol. XII, no. 1, 2022.

[22] R. Hakim, Pemanfaatan Solar Cell Pengikut Arah Matahari Sebagai Penerangan Taman Pada Miniatur Dayah Ulumuddin Cunda Lhokseumawe. 2016.