

PERANCANGAN ALAT PENYIRAM LAHAN BAWANG MERAH BERBASIS TEKNOLOGI SOLAR FOTOVOLTAIK

Nurwidiana Nurwidiana¹, Wiwiek Fatmawati¹, Affan Rifa'i²

¹ Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung

² Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Magelang

Email: nurwidiana@unissula.ac.id

ABSTRAK

Menipisnya energi fosil dan isu lingkungan mendorong transisi ke teknologi berbasis *renewable energy*. Pengembangan teknologi di berbagai sektor harus mengarah pada upaya penggunaan energi berkelanjutan. Sektor pertanian memerlukan banyak teknologi untuk membantu meningkatkan efisiensi produksi, salah satunya alat penyiram bawang merah. Penelitian ini mendesain alat penyemprot tanaman bawang berbasis energi terbarukan dengan memanfaatkan energi surya melalui teknologi solar *photovoltaic* (PV). Tujuan pengembangan untuk menghasilkan alat yang ramah lingkungan, mempercepat waktu pengerjaan, mengurangi biaya dan meminimasi resiko cidera pada pekerja. Pengembangan alat dilakukan berdasar metode perancangan dan pengembangan desain generik. Desain alat penyiram bertenaga surya menggunakan pompa DC 12 volt dengan sumber energi dari solar PV 50 wp dan baterai 12V 20Ah sebagai penyimpan daya untuk cadangan. Dari pengujian fungsional alat yang dirancang dapat diproduksi dan bekerja sesuai fungsinya. Dari analisa ekonomi alat mampu menghasilkan penghematan biaya penyiraman 89%. Biaya pembuatan alat akan mencapai *break event point* setelah penggunaan selama 19 hari.

Kata kunci-desain produk; energi terbarukan; penyiram bawang; photovoltaic

PENDAHULUAN

Tanah yang subur menjadikan sektor pertanian sebagai mayoritas mata pencaharian masyarakat Indonesia. Namun seiring perkembangan waktu, beragam jenis pekerjaan baru muncul menarik minat masyarakat untuk bergeser dari profesi petani ke profesi yang lain. Berkurangnya jumlah tenaga kerja di sektor ini, harus disikapi dengan pengembangan teknologi untuk membantu melakukan pekerjaan pertanian lebih efisien dan efektif sehingga hasil pertanian dapat bersaing.

Perkembangan teknologi berperan besar pada konsumsi energi dunia. Saat ini 80% kebutuhan energi Indonesia disuplai oleh energi fosil. Menipisnya cadangan energi fosil dan isu gas rumah kaca yang diakibatkan, mendesak untuk beralih ke energi ramah lingkungan. Indonesia melalui Kebijakan Energi Nasional (KEN) yang dituangkan dalam Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) menargetkan bauran *renewable energy* 23% dari konsumsi energi nasional pada tahun 2025 dan 35% pada tahun 2050. Untuk mencapai target tersebut diperlukan kontribusi dari semua aspek untuk beralih ke sumber energi terbarukan, demikian juga pada sektor pertanian.

Bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) merupakan salah satu komoditas pertanian di Indonesia. Luas lahan pertanian bawang merah di Indonesia sekitar 186.700 ha, dengan sebaran terluas terdapat di Jawa Tengah 61.528 ha, 35% dari total lahan nasional (Badan Pusat Statistik, 2020). Lahan tanam bawang merah berupa bedengan dengan lebar 0.8 – 1.2 meter dan ketinggian 40cm, di kanan kiri bedengan dibuat parit dengan kedalaman 60cm lebar 40 cm yang berfungsi sebagai penampung air untuk kebutuhan penyiraman (Rahmat Rukmana, 1994). Pemberian air terhadap tanaman bawang merah merupakan faktor terpenting bagi pertumbuhan tanaman bawang merah untuk tumbuh dan berkembang, karena air akan mempengaruhi kelembaban tanah di sekitar tanaman bawang merah

Pada umumnya proses penyiraman dilakukan secara manual dengan mengambil air di parit menggunakan gayung dan menyiramkannya di bedengan bawang merah (Gambar 1). Proses ini memerlukan banyak waktu dan tenaga sehingga menjadi komponen biaya yang signifikan pada pertanian bawang merah. Dengan cara manual tiap 1000 m² lahan bawang memerlukan waktu penyiraman 2 jam oleh 4 orang (Nagorshah, 2015; Puspito, 2018). Selain biaya yang mahal, kelangkaan tenaga kerja juga jadi kendala pada proses penyiraman ini. Untuk mengatasi masalah tersebut perlukan teknologi tepat guna yang dapat membantu pengerjaan proses penyiraman ini



Gambar 1. Alat dan proses penyiraman manual

Dari studi literatur yang dilakukan ditemui beberapa peneliti telah mengembangkan alat penyiram bawang (Muharom dkk., 2019; Nagorshah, 2015; Puspito, 2018). Konsep umum yang digunakan alat yang dikembangkan adalah menggunakan pompa untuk menyedot air dari parit kemudian menyemprotkannya ke lahan. Motor bensin dan atau diesel merupakan mesin penggerak yang banyak digunakan pada desain yang dikembangkan. Desain lain menggunakan aki sebagai sumber tenaga penggerak pompa. Penggunaan motor berbahan bakar minyak menimbulkan masalah lingkungan. Selain makin menipisnya sumber energi fosil, pengoperasian mesin ini menghasilkan cemaran gas karbon dan dapat menimbulkan cemaran pada air sawah akibat ceceran bahan bakar. Demikian juga pada penggunaan aki, jika sumber tenaga untuk mengisi aki bukan dari energi terbarukan maka teknologi ini tidak bisa dikatakan ramah lingkungan, belum lagi ada resiko habisnya daya aki di tengah-tengah proses penyiraman.

Indonesia terletak di garis khatulistiwa, matahari bersinar sepanjang tahun selama 11 – 12 jam per hari. Iradiasi matahari di Indonesia rata-rata 4.73 – 5.77 Kwh /m²/jam, dengan lama penyinaran 11,8jam-12,4 jam per hari, menjanjikan potensi kapasitas pembangkit listrik tenaga surya adalah 207.898 MW (MW). Kondisi geografis ini menjadikan sumber energi surya yang berlimpah. Teknologi *photovoltaic* menggunakan *solar cell* untuk mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik (Eldin et al., 2015). Tanpa menghasilkan gas karbon ada proses produksinya, listrik hasil PV merupakan energi yang ramah lingkungan. Sistem ini juga merupakan *renewable energy* karena sumber energinya berasal dari matahari yang tidak terbatas (Eldin et al., 2015).

Pemanfaatan energi surya disektor pertanian merupakan solusi yang tepat mengingat lahan pertanian umumnya berada jauh dari jaringan listrik dan pada area terbuka (Rosalina dan Sinduningsih E, 2019). Pada lahan pertanian cahaya matahari berlimpah sehingga dengan teknologi solar *photovoltaic* dapat dikonversi menjadi tenaga listrik sebagai sumber energi berbagai alat pertanian. Sifat solar PV yang modular menjadikannya dapat diterapkan sesuai kebutuhan.

Beberapa peneliti telah mengembangkan sistem PV pada sektor pertanian, diantaranya untuk mesin pemanen padi mini dua lajur (Susanto, 2018) pompanisasi irigasi sawah (Effendi, 2018), dan mesin perontok padi (Rahtika et al., 2021). Penelitian tersebut membuktikan sistem PV memiliki kinerja baik sebagai sumber energi pada peralatan yang dirancang.

Penelitian ini bertujuan menghasilkan alat penyiram bawang yang ramah lingkungan dan menggunakan sumber energi terbarukan. Alat yang dirancang diharapkan mampu mempercepat waktu dan meminimalkan biaya tenaga kerja pada proses penyiraman bawang serta mengurangi tingkat kelelahan pekerja. Untuk tujuan tersebut akan dirancang alat penyiram bawang berbasis energi surya melalui teknologi solar *photovoltaic* yang efektif dan efisien dengan mempertimbangkan aspek ergonomi.

METODOLOGI PENELITIAN

A. Pengembangan Desain

Pada penelitian ini pengembangan desain dilakukan berdasar metode perancangan dan pengembangan desain generik yang dikembangkan oleh (Ulrich & Eppinger, 2016). Dari 6 tahapan pada metode tersebut, penelitian ini hanya dilakukan hingga fase yang ke 5 (Gambar 2), yaitu pembuatan *prototype alpha*.



Gambar 2. Proses pengembangan produk generik

Setelah tahapan pengembangan produk selesai dilakukan, penelitian di lanjutkan dengan analisa operasional dan analisa ekonomi. Analisa operasional dilakukan melalui ujicoba alat untuk mengetahui unjuk kerja operasional alat dalam melakukan penyiraman. Analisa ekonomi untuk mengetahui biaya pembuatan alat, penghematan biaya penyiraman yang dihasilkan dari penggunaan alat dan waktu pengembalian modal dari investasi alat ini. Analisa dilakukan dengan membandingkan kinerja alat usulan dengan alat yang telah ada.

B. Tahapan Penelitian

1. Perencanaan (*Planning*)

Berdasarkan wawancara, studi literatur dan studi lapangan fungsi alat penyiram bawang yang diperlukan adalah dapat menyirami lahan dengan merata, tidak menyebabkan resiko cedera otot (*musculoskeletal disorders*) bagi pekerja, meminimalkan waktu dan biaya namun tidak memberikan dampak negatif bagi lingkungan. Untuk memenuhi kebutuhan petani bawang akan dirancang alat penyiram bawang yang efisien, ergonomis dan ramah lingkungan menggunakan sumber energi terbarukan.

2. Pengembangan Konsep (*Concept development*)

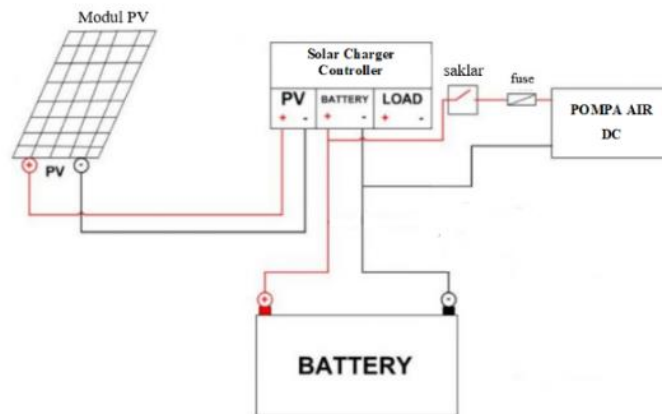
Berdasar perencanaan awal, dikembangkan konsep desain alat yang memenuhi fungsi-fungsi yang ditetapkan pada perancangan tersebut.

- a. Desain alat berangkat dari konsep *floating solar PV* dimana sistem PV diletakkan mengapung diatas air sehingga air mendinginkan bagian bawah PV menjadikan kinerja PV lebih baik (Azmi et dkk., 2014). Konsep ini tepat karena sesuai dengan prinsip kerja penyiraman tanaman bawang yang dilakukan dari sepanjang parit.
- b. Alat menggunakan pompa untuk menyedot air dari parit dan menyemprotkannya melalui pipa ke lahan bawang yang ada di sisi kanan dan kiri parit.
- c. Alat dioperasikan dengan cara pekerja mendorong alat di sepanjang parit tanpa perlu mengatur arah semprotan air sehingga mengurangi beban kerja operator.
- d. Sebagai sumber energi, alat akan memanfaatkan energi surya melalui teknologi sistem *Photovoltaic* (sistem PV)
- e. Alat dilengkapi dengan baterai sebagai penyimpan daya listrik yang dihasilkan oleh sistem PV.

3. Perancangan Tingkatan Sistem (*System Level design*)

Arsitektur produk dari alat yang dirancang terdiri dari 5 modul yaitu rangkaian pompa, rangkaian panel, pelampung, *frame*, dan *handle*.

- a. Modul Pompa
Rangkaian ini terdiri dari pompa air dan pipa penyemprot. Pompa air berfungsi menyedot air dari parit. Karena listrik yang dihasilkan solar panel adalah listrik DC, maka alat di desain menggunakan pompa celup DC. Pipa penyemprot didesain dapat menyemprotkan air ke lahan di sisi kanan dan kiri parit.
- b. Rangkaian Sistem PV
Pada sistem PV, energi matahari akan dirubah menjadi energi listrik melalui panel surya, disimpan dalam baterai dan ketika baterai sudah terisi penuh maka otomatis aliran listrik ke baterai akan diputus oleh *solar charger controller*. Sistem PV dipasang dengan *mounting* yang dilengkapi dengan pengatur ketinggian dan kemiringan sehingga posisi panel bisa diatur arah dan sudut kemiringannya menyesuaikan arah matahari untuk mengoptimalkan kinerja PV. Rangkaian sistem PV disajikan pada Gambar 3.
- c. Pelampung
Pelampung berfungsi sebagai penyangga semua komponen alat agar dapat mengapung di atas parit untuk itu digunakan bahan pipa PVC yang bisa mengapung diatas air dan mudah dibentuk. Desain pelampung berbentuk meruncing di depan agar memudahkan pergerakan alat saat berjalan di atas parit dan berbelok diujungnya. Bagian bawah pelampung dilengkapi kaki untuk menahan agar pompa celup tidak membentur tanah jika diletakkan saat tidak digunakan.



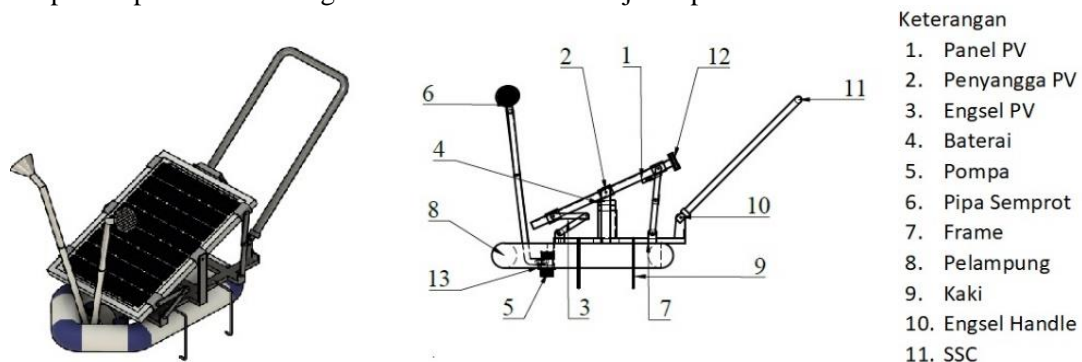
Gambar 3. Rangkaian sistem PV

d. Rangka / frame

Rangka /frame merupakan plat besi yang ditempatkan di atas pelampung sebagai tempat dirangkainya semua komponen alat. Frame menggunakan plat besi yang di bentuk sedemikian rupa hingga memungkinkan untuk meletakkan rangkaian pompa, rangkaian panel PV dan *handle*.

e. *Handle*

Handle berfungsi sebagai pegangan atau genggam untuk menggerakkan alat dan memudahkan pekerja untuk memajukan atau memundurkan mesin dan mengontrol gerak pada mesin. *Handle* ini dibuat dari besi hollow diletakkan pada frame dilengkapi engsel agar dapat diatur ketinggiannya dan dapat dilipat saat tidak digunakan. Desain alat disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Desain alat

4. Perancangan Detail (*Detail Design*)

a. Spesifikasi sistem PV

Pada bagian ini ditentukan spesifikasi panel PV, baterai dan SCC untuk memenuhi daya yang diperlukan oleh pompa. Lamanya waktu penyiraman berdasarkan pada hasil penelitian Nagorshah (2009) yang mengembangkan alat penyiraman bawang dua pipa semprot berbahan bakar bensin. Pada riset tersebut penyiraman 1000m² lahan bawang dengan alat yang dikembangkan memerlukan waktu 45 menit dengan 1 orang tenaga kerja. Penyiraman dilakukan sehari dua kali, maka dalam sehari diperlukan 2 jam penyiraman. Alat dirancang menggunakan 2 unit pompa DC 12 Volt 3 Ah. Daya (P) yang diperlukan oleh pompa dengan tegangan (V) 12 volt dan arus (I) 3 Ampere, dapat dihitung dengan rumus :

$$P = V \times I \tag{1}$$

$$P = 12 \text{ volt} \times 3 \text{ Ah} = 36 \text{ watt}$$

Maka daya yang diperlukan oleh 2 pompa untuk bekerja selama 2 jam perhari = 144 watt. Energi listrik yang dihasilkan sistem PV tidak seluruhnya dapat digunakan karena selama transmisi dari panel surya ke beban (alat elektronik) terdapat sekitar 40% energi listrik yang hilang. Dengan kata lain sistem PV hanya memiliki efisiensi 60%, sehingga daya sistem PV yang diperlukan

$$\text{Kebutuhan daya dari PV} = \frac{P}{\text{Eff}} \quad (2)$$

$$\text{Kebutuhan daya dari PV} = \frac{144\text{watt}}{60\%} = 240\text{watt}$$

1) Spesifikasi Panel PV

Kapasitas panel PV dinyatakan dalam satuan *watt peak*, yaitu nominal Watt tertinggi yang dapat dihasilkan dari sebuah panel. Hasil ini dipengaruhi oleh lamanya irradiasi sinar matahari. Di Indonesia, irradiasi matahari optimalnya rata-rata hanya berlangsung 5 jam.

$$\text{Kebutuhan kapasitas PV} = \frac{\text{kebutuhan daya dari PV}}{\text{Waktu irradiasi}} \quad (3)$$

$$\text{Kebutuhan kapasitas PV} = \frac{240\text{watt}}{5} = 48\text{peak}$$

Solar panel *polycrystallin* 50 wp dengan dimensi 70cm x 53 cm x 3 cm merupakan pilihan yang sesuai dengan kriteria ini.

2) Spesifikasi Baterai

Kapasitas baterai harus mampu menyimpan daya yang diperlukan untuk proses penyiraman dalam satu hari, atau setara dengan 240 watt. Alat didesain hanya menggunakan 1 unit baterai 12 Volt, untuk itu diperlukan spesifikasi baterai yang tepat.

$$\text{Kapasitas baterai} = V \times \text{AH} \quad (4)$$

$$\text{AH} = \text{Kapasitas baterai} / V$$

$$= 240 / 12 = 20 \text{ AH, maka dipilih baterai 12 volt 20 Ah.}$$

3) Spesifikasi *Sollar Charge Controler*

Daya SCC minimal harus sama dengan nilai *Isc (short circuit current)* panel. Spesifikasi solar panel 50wp polycrystalin yang dipilih memiliki nilai *Isc* 3.03A sehingga SCC minimal 3 A, maka dipilih SCC 10A.

b. Dimensi alat

Untuk memastikan alat dapat berfungsi baik dan tidak menyebabkan resiko cedera pada pekerja, maka dimensi alat ditentukan berdasar *anthropometri* dan kondisi lahan. Sebagai acuan ukuran parit adalah lebar 60 - 80 cm ketinggian 60-80 cm dengan kedalaman air rata-rata 45 cm. Sedangkan lahan tanaman bawang lebar rata-rata 100cm – 120 cm. Ukuran *anthropometri* menggunakan data *anthropometri* orang Indonesia (Eko Nurmianto, 1998) .

1) Tinggi alat

Tinggi alat digunakan untuk menentukan ukuran handle. Panjang handle dihitung berdasar tinggi siku berdiri namun karna alat akan mengapung di atas air, maka ketinggian alat juga dikurangi tinggi air .

$$\text{Tinggi alat} = \text{Tinggi siku berdiri (persentil 50)} - \text{Tinggi rata-rata air} \quad (5)$$

$$\text{Tinggi alat} = 100\text{cm} - 40 \text{ cm} = 60 \text{ cm}$$

Ketinggian air sangat berpengaruh pada dimensi ukuran tinggi alat, akan tetapi handle bisa disesuaikan dengan ketinggian air yang ada melalui penyetelan kemiringan.

2) Lebar alat

Rentang lebar parit adalah 60cm – 80cm, agar alat dapat bergerak leluasa di parit maka lebar alat harus kurang dari 60 cm. Komponen terbesar pada alat ini adalah panel PV, maka lebar alat minimal harus sama dengan lebar PV. Dari system level desain dipilih solar PV 50 Wp yang memiliki lebar 50 cm. Maka rentang lebar alat 50cm – 60 cm.

3) Panjang alat

Panjang alat minimal sama dengan panjang solar PV agar dapat menopang panel beserta pompa. Namun panjang alat ini tidak boleh lebih panjang dari diagonal ujung parit agar dapat bergerak dengan fleksibel saat harus berbelok.

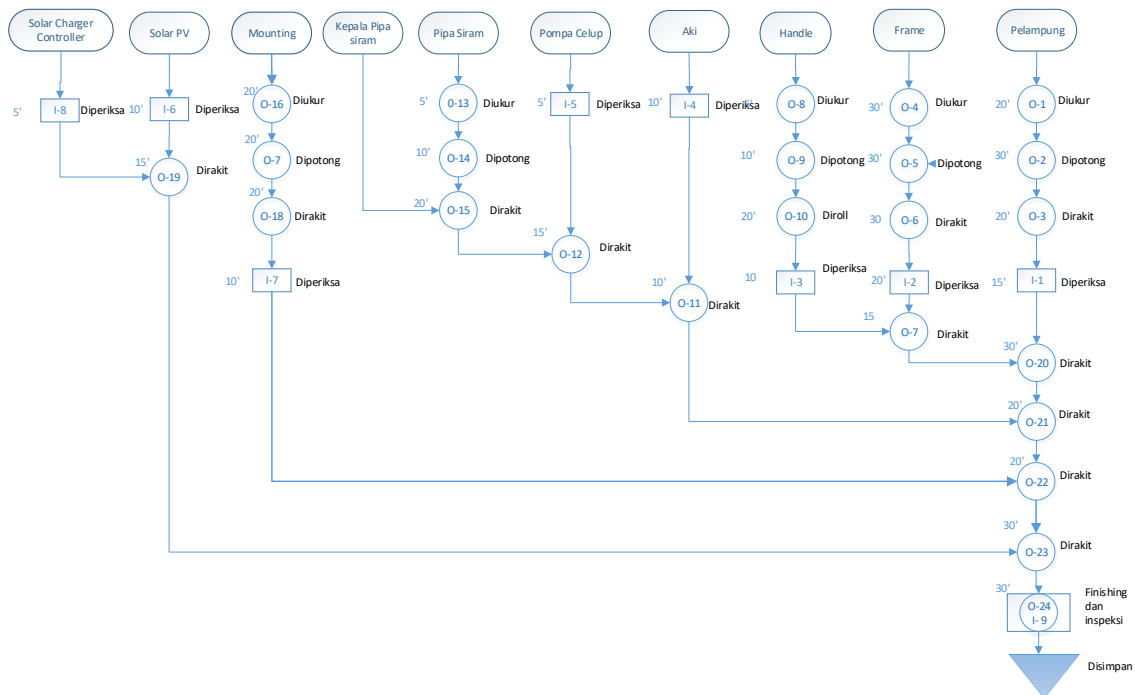
$$\text{Diagonal parit} = \text{lebar parit} \sqrt{2} = 80\sqrt{2} = 113 \text{ cm} \quad (6)$$

Panjang panel PV = 70 cm

Maka rentang panjang alat adalah 70cm – 113 cm. Selain panel surya diperlukan area untuk penempatan pompa dan pipa semprot. Dengan mempertimbangkan kebutuhan fungsional dan estetika maka panjang alat ditetapkan 90 cm

c. Operation Process Chart (OPC)

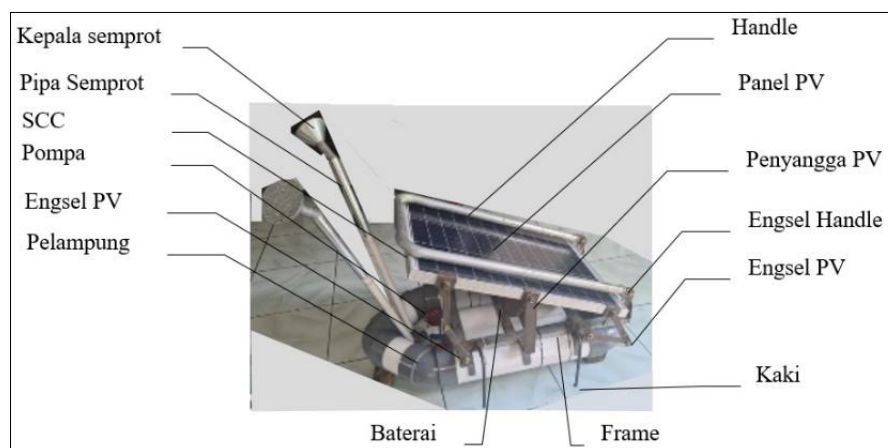
Peta ini akan melukiskan peta operasi dari seluruh komponen dan sub *assemblies* sampai *main assembly* (Gambar 5). Dari OPC terlihat pembuatan alat memerlukan 24 operasi, 4 inspeksi, 1 operasi dan inspeksi dan 1 penyimpanan. Pembuatan 1 unit alat memerlukan waktu 585 menit = 9,75 jam ≈ 10 jam.



Gambar 5. Operation Process Chart Pembuatan Alat Penyiram









5. Pengujian dan Perbaikan (Testing and Refinement)

Pada fase ini dibuat *prototipe alpha* dan dilakukan evaluasi. Prototipe awal (*alpha*) merupakan produk awal yang dibuat menggunakan komponen dengan bentuk dan jenis material yang sama dengan produk namun proses pembuatan tidak dilakukan sesuai proses pabrikasi sesungguhnya. Gambar 6 merupakan *prototipe alpha* dari alat, sedangkan detail spesifikasi material dan ukuran setiap komponen beserta fungsinya disajikan pada Tabel 1.



Gambar 6. Konstruksi alat lengkap

Tabel 1. Spesifikasi komponen alat

Komponen	Spesifikasi	Fungsi	Ket
 Panel PV	Polycrystalline 50Wp Ukuran : 70cm x 50 cm x 3 cm	Mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik	Beli
 SCC	12 V 10 Ah	Mengendalikan arus listrik dari PV yang masuk ke baterai	Beli
 Baterai	Accumulator / baterai 12 V 20 AH Dimensi : 15 x 6.5 x 9.3	Penyimpan daya listrik dari Sistem PV dan sebagai sumber daya untuk pompa.	Beli
 Pompa	<i>Bilge Pump</i> DC 12 Volt Submersible 1100GPH/ 4000lt/hr	Menyedot air dari parit	Beli
 Pipa siram	Bahan seng dan PVC Ø 25mm Panjang 70 cm Kepala bentuk kerucut Ø 12cm	Meneruskan air dari pompa ke pipa dan menyiramkannya ke lahan .	Beli
 Pelampung	Bahan : Pipa PVC Ø 4,5 Inch Dimensi : 90cm x 50 cm	Penopang alat agar bisa mengapung di atas air	Buat
 Mounting	Penjepit dan penyangga panel Bahan : plat besi 3 cm Pengatur tinggi panel Bahan Plat besi 2 cm	Tempat dudukan panel PV Mengatur kemiringan dan posisi panel	Buat
 Frame & handle	Frame : Besi plat lebar 3 cm Dimensi 45cm x 45 cm Handle : Beli hollow Ø 1 Inch	Tempat meletakkan komponen alat Pegangan operator saat mengoperasikan alat	Buat

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Uji Fungsional

Uji fungsional bertujuan untuk memastikan semua komponen mesin penyiram dapat berfungsi dengan baik (Putri & Putri Zainal, 2021), proses pengujian dilaksanakan di area parit sawah dimana terdapat air dengan ketinggian 40 cm dan disisi kanan dan kirinya terdapat gundukan tanah berketinggian 60 cm yang mewakili lahan tanaman bawang. Mesin penyiram di letakkan di atas air, mesin dinyalakan dan kemudian diperiksa fungsi semua komponen. Pengujian dilanjutkan dengan mendorong alat menyusuri parit dan menyiram bedengan di kanan dan kiri parit. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 2.

Dari analisa fungsi, alat yang dirancang telah mampu bekerja sesuai fungsi yang ditetapkan. Desain yang dirancang sesuai dengan karakteristik lahan, terbukti alat dapat berjalan di parit dan berbelok tanpa menemui kesulitan. Secara ergonomi, alat sesuai dengan postur tubuh operator sehingga operator nyaman dalam pengoperasiannya dan tidak menimbulkan resiko *muskolatelal disorder*.

Permasalahan yang dihadapi saat melakukan penyiraman pada pagi hari. Pada pagi hari sinar matahari belum cukup untuk solar PV mampu memproduksi listrik. Oleh karena itu harus diusahakan aki dalam kondisi terisi penuh saat akan digunakan pada pagi hari sehingga alat memiliki daya listrik cadangan untuk menggerakkan pompa. Hal ini bisa diatasi dengan memastikan alat selalu terpapar sinar matahari sehingga sistem PV memproduksi listrik dan mengisi baterai .

Tabel 2. Hasil pengujian alat

No	Kriteria Fungsional	Hasil pengujian					Keterangan
		1	2	3	4	5	
1	Alat dapat mengapung di atas parit					√	Mengapung dengan stabil
2	Alat dapat menyusuri parit					√	Dapat melaju dengan baik
3	Alat dapat melewati sudut parit					√	Bisa berbelok dengan mudah
4	Solar panel menghasilkan listrik				√		Dipagi hari PV belum bisa mengisi baterai
5	Solar panel mengisi baterai					√	Baterai penuh dalam 5 jam
6	Baterai mensupply listrik ke pompa					√	Baterai penuh mampu menyiram 4 jam
7	Pompa air mampu menyedot air					√	Lancar
8	Pipa siram mampu menyiram bedengan				√		Semprotan bisa mencapai lahan

Keterangan : 1) Sangat tidak baik , 2) Tidak Baik, 3) Cukup, 4)Baik, 5) Sangat Baik

B. Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi dilakukan terhadap biaya penyiraman harian lahan bawang seluas 1000m² dimana dalam 1 hari diperlukan 2 kali penyiraman. Hasilnya akan dibandingkan biaya penyiraman menggunakan alat tradisional dan alat penyiram dengan bahan bakar bensin dari Nagorshah (2015) (Nagorshah, 2015) dan penyiraman dengan alat yang dirancang.



Gambar 7. Alat penyiram yang dianalisa

Biaya penyiraman yang diperhitungkan adalah biaya investasi alat, biaya tenaga kerja, biaya operasional alat dan biaya pemeliharaan. Alat manual dan pompa PV tidak memerlukan biaya operasional dan biaya perawatan. Sedangkan alat penyiram pompa bensin memerlukan biaya operasional untuk pembelian bensin dan biaya perawatan untuk penggantian sukucadang tiap 3 bulan dengan biaya Rp50.000 (Nagorshah, 2015). Tabel. 3 menyajikan perbandingan biaya ketiga alat penyiram .

Tabel 3. Perbandingan Ekonomi

Komponen	Alat Penyiram		
	Manual	Pompa PV	Pompa Bensin
Biaya Investasi alat	35.000	2.700.000	Rp 2.834.000
Umur ekonomi	3 bulan	3 tahun	3 tahun
Penyiraman lahan 1000m² per hari			
Biaya alat (Rp/hari)*)	467	3.000	3.149
Kebutuhan tenaga kerja (orang/penyiraman)	4	1	1
Waktu penyiraman (Untuk pagi dan sore)	2 x 2jam	2 x 45 menit	2 x 45 menit
Gaji pekerja (Rp/jam)	10.000	10.000	10.000
Biaya Tenaga kerja	160.000	15.000	15.000
Biaya operasional	-	15.640**)	-
Biaya perawatan	-	667**)	-
Total biaya	160.467	34.307	18.149

*) asumsi 1 tahun 300 hari , 1 bulan 25 hari kerja

Tabel diatas menunjukkan alat manual memerlukan biaya tertinggi dibandingkan dua alat lainnya. Komponen biaya terbesar pada alat ini adalah biaya tenaga kerja, karena alat manual

memerlukan tenaga kerja lebih banyak dengan waktu kerja lebih lama. Pada alat pompa bensin dan pompa PV memerlukan biaya tenaga kerja yang sama, karena prinsip dan teknik penyiraman yang sama antar keduanya. Demikian juga biaya investasi kedua alat tersebut hampir sama. Perbedaan signifikan antar keduanya nampak signifikan pada komponen biaya operasional dan biaya perawatan. Alat dengan pompa bensin memerlukan bensin dalam operasionalnya serta perawatan rutin tiap 3 bulan. Tidak demikian halnya dengan alat penyiram pompa PV, sumber energinya gratis dari alam dan bebas perawatan. Hal ini menjadikan alat dengan pompa PV paling ekonomis diantara ketiganya.

Jika dibandingkan dengan alat manual, alat PV memerlukan biaya investasi yang awal yang tinggi, namun alat tersebut memberikan penghematan pada biaya penyiraman harian. Sebagai lanjutan analisa ekonomi, dilakukan perhitungan waktu pengembalian modal dari investasi awal dari penghematan yang dihasilkan.

- Biaya Investasi : Rp. 2.700.000

- Penghematan : Rp 160.000 – Rp.18.149 = 142.318 per hari = 89%

Dengan mengasumsikan tingkat bunga 0 persen, dan alat tidak memiliki nilai sisa di akhir umur ekonomisnya, maka payback periode tercapai pada : $\frac{Rp.2.700.000-0}{Rp.142.318} = 19 \text{ hari}$. Artinya, investasi pembuatan alat sebesar Rp 2700.000 akan kembali modal setelah setelah 19 hari penggunaan.

KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil merancang alat penyiram bawang yang ramah lingkungan, menggunakan energi surya dengan spesifikasi pompa celup DC 12 V 3 Ah. Penyedia energi untuk pompa berasal dari sistem *photovoltaic* yang terdiri dari panel surya *polycrystalline* 50wp, baterai 12v 20Ah dan SCC 10A. Dimensi alat sesuai dengan lahan bawang, terbukti alat bisa berjalan menyusuri parit tanpa hambatan. Listrik yang dihasilkan oleh sistem PV mencukupi kebutuhan daya pompa, asalkan mendapat cukup penyinaran. Uji fungsional menunjukkan bahwa mesin penyiram telah berfungsi dengan baik, dapat mempercepat waktu penyiraman dan mengurangi tingkat kelelahan pada pekerja. Dari analisa ekonomi diperoleh hasil alat penyiram dengan pompa PV mampu menghemat biaya penyiraman hingga 89% dibandingkan biaya penyiraman manual. Investasi alat dapat kembali modal setelah penggunaan selama 19 hari. Pengembangan alat diperlukan untuk mengoptimalkan fungsi alat, salah satunya dengan mendesain agar pipa semprot bisa diatur ketinggiannya sehingga titik jatuhnya air dapat disesuaikan dengan ketinggian lahan yang umumnya beragam.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) yang telah mendanai penelitian ini melalui Hibah Penelitian Internal UNISSULA tahun anggaran 2021/2022 dengan nomer kontrak 246/B.1/SA-LPPM/VII/2021.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2020). Statistik Holtikultura. In *Badan Pusat Statistik Toraja Utara*.
- Effendi, A. (2018). Analisa Perhitungan Pompanisasi Irigasi Dengan Menggunakan Tenaga Panel Surya Di Daerah Koto Baru Simalanggang Payakumbuh. *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 7(2), 128–132. <https://doi.org/10.21063/jte.2018.3133719>
- Eko Nurmianto. (1998). *Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasinya* (1st ed.). Guna Widya.
- Eldin, A. H., Refaey, M., & Farghly, A. (2015). A Review on Photovoltaic Solar Energy Technology and its Efficiency. *A Review on Photovoltaic Solar Energy Technology and Its Efficiency*, December, 1–9.
- Mohd Syahrman Mohd Azmi, Othman, M. Y. H., Mohd Hafidz Hj. Ruslan, & Zafri Azran Abdul Majid. (2014). Analisis prestasi fotovoltan terapung dan fotovoltan konvensional. *EDUCATUM Journal of Science, Mathematics and Technology*, 1(1), 15–21.
- Muharom, S., Suseno, H., & Setyawan, A. (2019). Rancang Bangun Sistem Penyiram Tanaman Bawang Merah Secara Otomatis. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan VII*, 385–390.

- Nagorshah, G. P. (2015). *Perancangan Alat Penyiram Sawah Bawang Merah Yang Ergonomis Guna Efisiensi Waktu Kerja Dan Biaya Kerja*. <http://repository.unissula.ac.id/3110/>
- Puspito, W. A. J. I. (2018). Desain Alat Penyiram Bawang Merah Menggunakan Motor. In *Publikasi Ilmiah*.
- Putri, I., & Putri Zainal. (2021). Rancang Bangun Mesin Pembelah Buah Pinang (Areca Cathecu L.) Dengan Sumber Penggerak Motor Listrik. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 25(2), 163–174.
- Rahmat Rukmana. (1994). *Bawang merah : budidaya & pengolahan pasca panen*. Kanisius.
- Rahtika, I. P. G. S., Gunung, I. N., Mulawarman, A. A. N. B., Sastrawan, I. N. G., & Raditya, B. (2021). Rancang bangun mesin perontok padi bertenaga matahari yang ramah lingkungan. *Journal of Applied Mechanical Engineering and Green Technology*, 11(1), 26–30. <https://doi.org/10.31940/jametech.v2i1.2464>
- Susanto, H. (2018). Rancang Bangun Mesin Panen Padi Mini Dua Lajur dengan Motor Penggerak Tenaga Surya. *Prosiding Semnastek*, 1–11.
- Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2016). Product Design and Development. In *Handbook of Research on New Product Development* (Sixth). Mc GrawHill. [h://doi.org/10.4337/9781784718152.00017](https://doi.org/10.4337/9781784718152.00017)