

# **SIZING A SOLAR SURFACE PUMP SYSTEM FOR WATERMELON FARM IRRIGATION**

## **TUGAS AKHIR**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi



UIN SUSKA RIAU

Oleh:

**HABIBI MAGRIBI**

**11655103640**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU**

**PEKANBARU**

**2022**

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

# LEMBAR PENGESAHAN

## SIZING A SOLAR SURFACE PUMP SYSTEM FOR WATERMELON FARM IRRIGATION

### TUGAS AKHIR

oleh:

**HABIBI MAGRIBI**

**11655103640**

Telah dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik  
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau  
di Pekanbaru, pada tanggal 07 Juli 2022

Pekanbaru, 07 Juli 2022

  
Dekan  
  
**Dr. Hartono, M.Pd.**  
NIP. 19640301 199203 1 003

Mengesahkan,

Ketua Program Studi

  
**Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T.**  
NIP. 19721021 200604 2 001

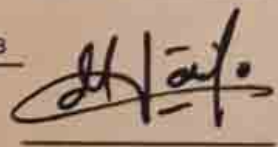
#### DEWAN PENGUJI :

Ketua : Abdillah, S.Si., M.I.T.  
Sekretaris : Dr. Kunaifi, ST., PgDipEnSt., M.Sc.  
Anggota I : Dr. Liliana, ST, M.Eng  
Anggota II : Marhama Jelita, S.Pd, M.Sc



  
Digitally signed by  
Liliana  
Tanggal:  
2022.07.08  
17:52:22 WIB





# **LEMBAR PERSETUJUAN**

## **SIZING A SOLAR SURFACE PUMP SYSTEM FOR WATERMELON FARM IRRIGATION**

### **TUGAS AKHIR**

oleh:

**HABIBI MAGRIBI**

**1165510364**

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro  
di Pekanbaru, pada tanggal 07 Juli 2022

**Ketua Program Studi**



**Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T.**

**NIP. 19721021 200604 2 001**

**Pembimbing**



**Dr. Kunaifi, ST., PgDipEnSt., M.Sc.**

**NIP. 19760724 200710 1 003**

## LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau adalah terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh saya maupun orang lain untuk keperluan lain dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak memuat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali disebutkan dalam referensi dan di dalam daftar pustaka.

Saya bersedia menerima sanksi jika pernyataan ini tidak sesuai dengan yang sebenarnya.

Pekanbaru, 20 Juli 2022

Yang Membuat Pernyataan



**Habibi Magribi**

**NIM. 11655103640**

UIN SUSKA RIAU

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



## Merancang Pompa Air Tenaga Surya pada Perkebunan Semangka

<sup>1</sup>Habibi Magribi, <sup>2</sup>Kunaifi,

<sup>1</sup>Department of Electrical Engineering, Faculty of Science and Technology, UIN Suska Riau University, Jl. Rimba Panjang, Kec. Tambang, Kabupaten Kampar, Riau 28293, Indonesia.

Email: <sup>1</sup>11655103640@students.uin-suska.ac.id, <sup>2</sup>kunaifi@uin-suska.ac.id

### Tersedia Online di

<http://www.jurnal.unublitar.ac.id/index.php/briliant>

### Sejarah Artikel

Diterima pada  
Disetujui pada  
Dipublikasikan pada

### Kata Kunci:

Pompa Air Tenaga Surya;Irigasi;Perkebunan;PLTS

**Abstrak:** Luas perkebunan semangka di Indonesia meningkat, sehingga membutuhkan air dalam jumlah lebih besar, di tengah kompetisi memperebutkan sumber daya air semakin tinggi. Penggunaan energi fosil mendominasi sistem penggerak irigasi pada perkebunan semangka. Harga bahan bakar bensin yang semakin mahal merupakan beban biaya tambahan untuk petani semangka saat ini dan di masa depan. Penelitian ini mengusulkan pompa air bertenaga surya (PATS) sebagai strategi alternatif untuk menyediakan air di sebuah kebun semangka di Provinsi Riau. Sebuah pompa air tenaga surya dirancang berdasarkan kebutuhan air harian. Perhitungan dilakukan secara manual dan dibandingkan dengan hasil dari beberapa perangkat lunak untuk perancangan pompa surya. Hasil menunjukkan bahwa desain menggunakan Lorentz Compass dan Grundfos dapat memenuhi kebutuhan irigasi, namun, biaya investasi pompa tinggi.

*Payback period* PATS yang didesain dengan Lorentz Compass dan Grundfos sekitar 8 tahun. Sementara itu perhitungan manual juga dapat memenuhi kebutuhan air dengan biaya yang terjangkau, dengan *payback period* 2 tahun. PATS juga dapat memangkas biaya irigasi. Desain dengan Grundfos dapat menghemat biaya sekitar 50%, desain dengan Lorentz Compass menghemat biaya sekitar 55%, sedangkan perhitungan manual menghemat biaya 79%, semuanya dibandingkan dengan biaya eksisting irigasi dengan genset berbahan bakar bensin.

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



## PENDAHULUAN

Pertanian merupakan salah satu sektor utama penghasil masyarakat Indonesia. Hal ini dibuktikan dengan luasnya lahan pertanian di Indonesia yang mencapai 55 juta ha dari total 190 juta ha lahan yang ada. [1-2] Data Kementerian Pertanian Republik Indonesia menyebutkan bahwa lahan pertanian di Provinsi Riau seluas 494.657 ha, yang terbagi atas beberapa sektor diantaranya perkebunan. Perkebunan semangka adalah salah satunya. Pada tahun 2017 Riau memiliki perkebunan semangka seluas 1127 ha (Kementerian Pertanian, 2019). Lahan tersebut makin meningkat setiap tahunnya, yakni seluas 1127 ha pada tahun 2018 dan 1221 ha lahan pada tahun 2019 (Statistik, 2020).

Salah satu perkebunan semangka yang ada di Riau adalah kebun semangka Desa Karya Indah, Kecamatan Tapung, Kabupaten Kampar. Perkebunan ini memiliki lahan seluas ±3.5 hektar dengan 8000 bibit. Sebanyak 70% dari total penggunaan air global digunakan untuk sektor pertanian dan perkebunan (Hatfield & Fakle, 2014). Begitu juga dengan lahan kebun semangka yang ada di Desa Karya Indah tersebut.

Perkebunan semangka tersebut membutuhkan lebih 100 liter air untuk pengairannya per hari??. Selama ini kebutuhan irigasi perkebunan semangka tersebut menggunakan pompa air yang digerakkan dengan bahan bakar fosil. Berdasarkan hasil wawancara dengan Bapak Ratimin, pemilik perkebunan semangka tersebut, penggunaan teknologi konvensional tersebut menimbulkan beberapa masalah, diantaranya, pompa bensin tersebut membutuhkan biaya operasi dan perawatan yang nilainya terus naik setiap tahun. Pada tahun 2021 harga bensin berkisar Rp 6.450/liter, namun pada tahun 2022 naik menjadi Rp7.650/liter. Naiknya harga bahan bakar juga terjadi pada 2021 karena peralihan jenis bahan bakar yang dilakukan pemerintah, di mana produksi Premium dibatasi dan diganti dengan Pertalite yang harganya lebih tinggi, sehingga petani terpaksa mengganti jenis bahan bakar untuk kelangsungan produksi pertanian (Keahlian et al., 2020), (Aini et al., 2021). Harga bensin berdampak pada kondisi keuangan petani yang sebagian besar merupakan petani kecil. Selain itu terdapat juga kekhawatiran akan jaminan ketersediaan bahan bakar fosil di masa depan, Berdasarkan pertimbangan di atas, penggunaan energi terbarukan menjadi pilihan yang tepat di masa datang (Bibin et al., 2019).

Energi terbarukan yang potensinya cukup besar di Riau yang dapat digunakan sebagai sumber energi sistem irigasi adalah energi surya. Masalah irigasi lahan pertanian secara teknis dapat diatasi menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang bisa digunakan untuk menggerakkan pompa air yang mengaliri air ke daerah irigasi, yang populer dengan sebutan pompa air tenaga surya (PATS) (Sipil, 2017). PATS adalah sistem pompa yang listriknya dihasilkan dari modul surya. Sistem PATS pada umumnya tidak menggunakan baterai dan dapat bekerja selama ada sinar matahari. PATS bekerja secara praktis di mana saat *supply* daya dari solar panel sudah mencukupi, pompa dapat diaktifkan melalui *controller*. Volume air yang dihasilkan tergantung dari intensitas cahaya matahari dan desain PATS. PATS tidak menghasilkan gas emisi baik dari sumber energinya maupun output yang dihasilkan. Selain itu PATS juga

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

memiliki perawatan yang minim menjadikan sistem PATS lebih unggul dibandingkan pompa air konvensional berbahan bakar bensin.

Penelitian terkait mengenai sistem PATS ini sudah beberapa kali dilakukan. Penelitian (Kishore et al., 2017) membuktikan bahwa PATS meningkatkan produktifitas petani gandum di Bihar, India. Dengan PATS, hasil panen menjadi 320 kg gandum per hektar, 11% lebih tinggi dibandingkan dengan mengandalkan sistem irigasi mesin diesel. Biaya irigasi turun dengan sistem PATS menjadi Rp.430.271 dibandingkan biaya diesel sebesar Rp.1.403.059 per bulan. Penelitian (Aggarwal & Srivastava, 2018) juga membuktikan kelebihan PATS untuk sistem irigasi di kota Ghaziabad, India. Petani tanaman gandum dan beras daerah tersebut tidak mengeluarkan biaya bahan bakar untuk irigasi pertanian dengan sistem PATS. Walaupun biaya investasi lebih tinggi, PATS dibandingkan pompa air dengan bahan bakar diesel. Penghematan biaya sistem PATS dan Diesel sekitar Rp.7.086.149 untuk tahun awal PATS dan diesel dioperasikan. Dalam banyak kasus, sistem PATS lebih menguntungkan di masa depan. Dari simulasi sistem PATS dengan *PVSyst*, dihasilkan sistem yang ekonomis dan rasio performa yang tinggi (Jana et al., 2017). Berbagai studi lain menunjukkan biaya investasi jangka panjang yang lebih menguntungkan dengan PATS dibanding pompa diesel (Nasir, 2019), (Yadav et al., 2020), (Liu et al., 2019), (Powell et al., 2019), (Parvaresh Rizi et al., 2019), dan (Islam et al., 2017). Penelitian lain tentang PATS juga banyak dilakukan, termasuk dengan bantuan software Lorentz Compass. Penelitian melakukan simulasi pompa air tenaga surya dengan menggunakan software Lorentz Compass. Dalam penelitian ini, pompa surya digunakan untuk perairan irigasi untuk kebun buah utamanya kebun anggur di Iran. Dari penelitian ini, diperoleh hasil berupa desain pompa surya yang dapat dengan sukses diaplikasikan untuk kebun buah tersebut. Penelitian ini tidak hanya menggunakan simulasi Lorentz Compass, lebih jauh lagi penelitian ini menggunakan software CropWat untuk analisis level air, GIS, dan HOMER Pro untuk memilih komponen listrik. PV yang digunakan untuk sistem irigasi ini memiliki daya puncak 178,7 Watt dengan nilai arus 8,3A. Penelitian menggunakan software lain untuk desain PATS. Penelitian ini mengukur performansi pompa *submersible* dengan PV untuk sistem PATS di Sudan. PATS dalam penelitian ini diletakkan di tiga daerah berbeda yakni di Universitas Gezira, Hodeiba Research Centre dan Desa Foja di Sudan. Dalam penelitian, diperoleh hasil bahwa *solar pumps* dapat diterapkan untuk sistem PATS di Sudan dengan performansi 10-25%. Secara umum, produk air harian yang dihasilkan sesuai permintaan tidak melebihi 750 meter kubik untuk area dengan radiasi matahari yang baik.

Kendati begitu, dalam perancangannya sistem PATS masih memiliki beberapa kekurangan, diantaranya besarnya biaya investasi jika perancangan dilakukan dengan menggunakan software, karena sebagian besar komponen yang direkomendasikan adalah produk dari penyedia layanan simulasi sehingga peranggan tidak memiliki banyak pilihan untuk menentukan harga terbaik. Oleh karena itu, perlu adanya pembandingan metode simulasi tersebut sehingga peranggan memiliki beragam pilihan dengan harga terbaik sehingga dapat menekan biaya investasi.





### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan berbagai metode perancangan PATS untuk sistem irigasi kebun semangka tersebut. Penelitian ini membandingkan tiga metode yakni metode perhitungan manual, simulasi dengan software Lorentz Compass dan aplikasi online Grundfos untuk kemudian menghasilkan perancangan dengan harga terbaik dari ketiga metode yang dibandingkan, sehingga PATS ini dapat menjadi solusi untuk irigasi di perkebunan desa tersebut. Penelitian ini juga memiliki beberapa manfaat, antara lain meminimalisir penggunaan bahan bakar fosil untuk pompa air sehingga berdampak pada semakin minimnya pengeluaran biaya untuk sistem irigasi perkebunan. Upaya degradasi penggunaan BBF ini juga berdampak pada pencegahan perubahan iklim yang menimbulkan efek negatif bagi lingkungan. Pada akhirnya penelitian ini memberikan keuntungan ekonomis bagi petani serta menghasilkan produk pertanian yang berkualitas tanpa perlu khawatir merusak lingkungan.

## METODE

### 2.1. Studi dan pemetaan area

Area penelitian ini terletak di Provinsi Riau yang terletak di Pulau Sumatra, Indonesia. Gambar 1 menunjukkan peta lokasi penelitian spesifik Perkebunan memiliki luas lahan sekitar 3,5 hektar, di mana sumber air pada pada perkebunan bersumber dari kolam alami. Perhitungan dilakukan secara manual dan dibandingkan dengan software Lorentz Compass dan aplikasi online Grundfos.

Tabel 1. Lokasi dan informasi sumber air

Nama dan lokasi untuk instalasi sistem	Desa Karya Indah, Kecamatan Tapung, Kabupaten Kampar, Riau, Indonesia.
Luas area (hektar)	3,5
Titik koordinat	0.525458 S, 101.334252 E
Tinggi geodesi (m)	11
Nama sistem sumber daya air	Permukaan / kolam alami
Aplikasi untuk sistem yang digunakan	Irigasi

Tabel di atas memberikan informasi lokasi dan juga sumber air untuk sistem irigasi perkebunan yang ada di Desa Karya Indah, tapung, Kampar. Lahan seluas 3,5 hektar yang terletak di koordinat 0.525458 S, 101.334252 E menggunakan sumber daya air dari permukaan / kolam alami untuk perairan perkebunan tersebut.

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

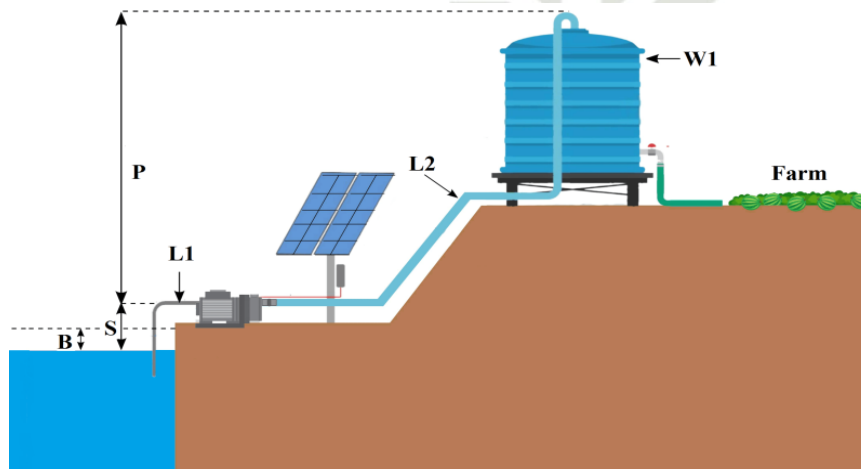
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 1. Lokasi perkebunan semangka dan sumber air

**2.2. Parameter Perhitungan Manual untuk Desain Awal pompa**

Dalam perancangan awal pompa ada dua informasi yang diperlukan untuk menentukan pompa yang sesuai dengan kebutuhan, yaitu *design yield* ( $m^3/jam$ ) dan *total head* (m). Kedua parameter ini menentukan kemampuan dari pompa yang dibutuhkan. Berdasarkan hasil wawancara dengan pemilik kebun semangka Desa Karya Indah, total kebutuhan air satu kali penyiraman adalah  $10m^3/hari$ . Karena kebun semangka ini membutuhkan dua kali penyiraman per hari, maka dibutuhkan air sebanyak  $20m^3/hari$  untuk irigasi kebun semangka ini.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Gambar 2. Tata letak komponen sistem pompa solar permukaan dengan parameter utama: (P) *Pressure head*, (L1) *Suction side*, (L2) *Discharge side*, (S) *Suction head*, (B) *Drawdown*

2.2.1. Menghitung Kebutuhan Air

Untuk menghitung kebutuhan air pada perkebunan semangka diperlukan tanki air sebagai tempat penyimpanan, agar air yang di hasilkan oleh PATS dapat disimpan. Untuk desain kali ini, kapasitas tanki air yang digunakan untuk desain PATS adalah 22 m<sup>3</sup>/hari. Kapasitas tersebut disesuaikan dengan kebutuhan irigasi untuk kebun semangka tersebut, di mana kebutuhan harian dikonversikan kedalam aliran per jam dibagi dengan lama operasi pompa. Dalam *system solar surface pump*, lama operasi pompa sama dengan *peak sun hour (PSH)*, dimana PSH adalah ekuivalensi jumlah jam radiasi matahari sebesar 1kW/m<sup>2</sup> secara konstan untuk menghasilkan energi matahari yang diterima permukaan dalam satu hari (kWh/m<sup>2</sup>). Berdasarkan rumus dari referensi [23], desain kebutuhan dapat dihitung dengan Persamaan (1) berikut :

$$Design\ yield\ (m^3/jam) = \frac{Kebutuhan\ harian\ (m^3/hari)}{jam\ operasi} \quad (1)$$

Di mana:

Kebutuhan harian : kebutuhan air untuk tanaman dalam m<sup>3</sup> per hari.  
Jam operasi lama kinerja pompa berdasarkan *peak sun hour* (jam).

2.2.2. Perhitungan *Total Head*

Dalam menentukan spesifikasi pompa permukaan perlu diketahui *total head* dengan 4 parameter pendukung. Berdasarkan referensi [23], *total head* tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2) berikut :

$$Total\ Head = H_{suction} + H_{static} + H_{friction} + H_{residual} \quad (2)$$

Di mana:

- H<sub>suction</sub> - tinggi hisapan air oleh pompa (m)
- H<sub>static</sub> - tinggi dari pipa pompa ke tendon air (m)
- H<sub>friction</sub> - laju aliran jatuh per 100 m dengan Tabel friction loss (m)
- H<sub>residual</sub> - adalah tekanan tambahan yang diperlukan saat pengiriman untuk pemompaan ke tangki, nilainya antara 0 m dan 10 (m)

H<sub>friction</sub> merupakan satu parameter penting dalam perhitungan total head. H<sub>friction</sub> dapat dipengaruhi oleh kecepatan aliran air yang berada di dalam pipa, semakin tinggi kecepatan air semakin besar pula hambatannya. Pipa dengan bahan GI dan PVC memiliki nilai friction yang berbeda (Pumps, n.d.). Poly Vinyl Chloride (PVC) merupakan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

pipa yang terbuat dari polimer plastik dan umum digunakan untuk supply air bersih, pipa PVC ini memiliki nilai friction yang kecil dibandingkan dengan pipa GI. Pipa GI atau Galvanis merupakan jenis pipa yang terbuat dari Besi yang diberi zat seng untuk menghindari korosi. Pipa ini lebih kuat dari pipa PVC namun *friction loss* pipa ini lebih besar dibandingkan dengan pipa PVC. [23]

$$H_{\text{friction}} = (F \times L) / 100 \quad (3)$$

Di mana:

F - *Friction loss* hambatan yang diberikan untuk aliran tertentu dalam ukuran pipa yang ditentukan

L - Panjang pipa (m)

2.2.3. Daya hidraulik

Untuk menentukan ukuran pompa berdasarkan daya teorikal, perlu diketahui daya pompa (dalam satuan tenaga kuda/*horsepower*) yang sesuai dengan masing - masing dari dua titik operasi pompa. Titik operasi pompa merupakan titik pertemuan antara kurva karakteristik pompa dengan kurva karakteristik sistem. Titik operasi yang paling optimal adalah jika titik operasi tersebut berada pada area titik efisiensi terbaik atau (BEP). Nilai daya pompa (dalam satuan tenaga kuda), dan WHP adalah daya yang terkait dengan air yang ada pada titik pembuangan sistem. Kedua daya tersebut juga terkait dengan total ketinggian sistem yang ada. Berdasarkan referensi [23], daya hidraulik dapat dihitung dengan persamaan (4) berikut :

$$Ph(kW) = \frac{Q \times \rho \times g \times H}{(3.6 \times 10^6)} \quad (4)$$

Di mana:

Ph - Daya hidraulik (kW)

$\rho$  - Densitas air dalam ( $1000 \text{ kg/m}^3$ )

g - Percepatan gravitasi ( $9,81 \text{ m/s}^2$ )

Q - Laju aliran ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

H - Total head (m)

2.2.4. Kebutuhan daya pompa

Dalam memastikan kebutuhan daya diperlukan kurva kemampuan pompa untuk memastikan kebutuhan tenaga pada pompa dengan parameter efisiensi pompa dan motor dan diuji dengan persamaan berikut :

$$P_1 = P_h \div n_p \div n_m \quad (5)$$

Di mana:

P<sub>1</sub> - Daya Motor

P<sub>h</sub> - Hidraulik Motor

n<sub>p</sub> - Efisiensi pompa

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$n_m$  - Efisiensi motor

Persamaan diatas berdasarkan referensi [23].

2.2.5. Menghitung rugi-rugi energi

Tahap ini adalah tahap perhitungan kerugian sistem yang disebabkan oleh faktor - faktor eksternal alami yang di hasilkan pada lingkungan. Berdasarkan referensi [23], energi terbuang dapat dihitung dengan persamaan (6) berikut :

$$PR = (1 - L_{temp}) \times (1 - L_{wire}) \times (1 - L_{soiling}) \times (1 - L_{ref}) \times (1 - L_{orientation}) \times (1 - L_{tilt}) \times (1 - L_{tolerance}) \times (1 - L_{mismatch}) \times (1 - L_{conversion}) \times (1 - L_{LID}) \quad (6)$$

Di mana:

- $L_{temp}$  - Kerugian temperatur,
- $L_{wire}$  - Kerugian kabel
- $L_{soiling}$  - Kerugian kotoran/debu
- $L_{ref losses}$  - Kerugian refleksi
- $L_{orientation}$  - Kerugian salah orientasi
- $L_{tilt}$  - Kerugian kemiringan
- $L_{tolerance}$  - Kerugian toleransi daya
- $L_{mismatch}$  - kerugian ketidakcocokan
- $L_{conversion}$  - Kerugian konversi
- $L_{LID}$  - Kerugian karena degradasi yang disebabkan oleh cahaya

Perbandingan performa adalah perbandingan antara energi yang dihasilkan oleh PV di lokasi dengan energi teoretis. Dengan kata lain, PR menyatakan pengurangan pembangkitan energi surya karena berbagai kerugian dalam sistem termasuk: rugi sistem modul PV, kerugian karena temperatur PV, kerugian kabel, kerugian debu, waktu henti konverter daya, dan debu, serta faktor lainnya. Faktor kehilangan energi dalam sistem PV beragam dan terkadang sulit untuk diukur.

2.2.6. Menghitung daya puncak PV

Berdasarkan sumber referensi [23], daya puncak PV dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (7) berikut :

$$P_{peak} = \frac{P_1 \times \text{Hours of Operation}}{PSH \times PR} \quad (7)$$

Di mana:

- $P_{peak}$  - Daya peak
- $P_1$  - Daya motor
- PSH - Peak sun hour (hr)
- PR - Performa Ratio

2.2.7. Menghitung jumlah modul surya

Dalam menentukan jumlah modul surya yang diperlukan untuk membangkitkan energi, diperlukan puncak energi yang dihasilkan dan dibagi dengan kapasitas modul, kapasitas modul didapatkan

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

berdasarkan kebutuhan pompa yang digunakan. Dari referensi [23], jumlah modul surya yang dipakai untuk desain PATS ini dapat dihitung dengan persamaan (8) berikut:

$$\text{Jumlah modul} = \frac{\text{daya puncak}}{\text{solar panel}} \quad (8)$$

Di mana:

$P_{\text{peak}}$  - Daya puncak (kW)

Module rating - Rating of pv module

2.2.8. Estimasi aliran harian yang dipompa

Jumlah air yang dipompa tergantung pada sumber daya surya yang tersedia per hari maupun per bulan, serta daya pompa. Estimasi air yang dipompa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Aliran Harian} = \frac{P_{\text{peak}} \times \eta_{(p,m)} \times \text{PSH} \times \text{PR}}{H \times 2,725 \times 10^{-3}} \quad (9)$$

**2.3. Parameter Perancangan Menggunakan Lorentz compass**

Lorentz Compass menyediakan *tools* untuk membantu pengguna dalam penentuan dan pemilihan pompa air tenaga surya (PATS) khususnya pabrikan Lorentz. Dengan software Compass memungkinkan pengguna untuk mendapatkan pompa dengan tipe yang sesuai kebutuhan lengkap dengan konsumsi daya, jumlah panel surya yang digunakan, output air dan sebagainya. Dalam perancangan sebuah sistem PATS, meliputi ukuran dan juga model *solar surface pump system*, langkah awal yang harus dilakukan ialah menentukan kebutuhan air yang datanya diperoleh dari hasil wawancara dengan petani. Langkah selanjutnya ialah menentukan nilai beberapa parameter terkait seperti yang dijelaskan pada bab sebelumnya meliputi panjang pipa, suhu air, tekanan air dan sebagainya yang kemudian menjadi data masukan pada software compass untuk mengukur jenis pompa yang tepat untuk sistem irigasi di perkebunan tersebut. Lebih rincinya parameter simulasi dengan Lorentz Compass pada Tabel 2 berikut :

Tabel 2. Parameter simulasi software Lorentz Compass

Location	Indonesia, Kampar 0.525458 S, 101.334252 E
Pressure head (m)	10
Pipe length (m)	50
Suction head (m)	2
Pipe length (m)	3
Required daily output (m <sup>3</sup> /day)	20
Dirt loss (%)	5
motor cable (m)	10

<i>water temperature: (°C)</i>	25
--------------------------------	----

#### 2.4. Parameter Perancangan Menggunakan Aplikasi Online Grundfos

Aplikasi online Grundfos merupakan sebuah website yang dapat menghasilkan desain PATS sesuai dengan kebutuhan dan keinginan pelanggan. Aplikasi online Grundfos yang berasal dari Denmark ini dapat digunakan tanpa biaya dan memberikan solusi jenis pompa tenaga surya yang sesuai untuk diterapkan di berbagai kondisi sesuai dengan tipe pompa yang dimiliki oleh Grundfos tersebut. Aplikasi online Grundfos membutuhkan beberapa tahapan untuk menentukan ukuran dan model *solar surface pump system*. Berdasarkan pada sistem desain, ada beberapa parameter yang diperhitungkan, diantaranya seperti pada Tabel 3 berikut :

Table 3. Parameter mengukur sistem app online Grundfos

<i>Location</i>	Indonesia, Karya Indah, Kec Tapung 0.525458 S, 101.334252 E
<i>Power source</i>	<i>Solar only</i>
<i>Pump type</i>	<i>Surface pump</i>
<i>Size by</i>	<i>Water volume</i>
<i>Water volume (m)</i>	20
<i>Geodetics height (m)</i>	12
<i>Pipe system friction losses (m)</i>	1,274
<i>Solar modules (Wp)</i>	100
<i>Second choice for solar module (Wp)</i>	NN 150

#### 2.5. Parameter Perhitungan Biaya Investasi

Dalam menentukan biaya investasi perlu melakukan pendekatan ekonomi dengan analisa LCCA. Pada analisa ini akan membandingkan tiga pabrikan pompa dengan pompa bensin di mana perbandingan ini untuk mencari nilai ekonomi termurah untuk investasi PATS pada irigasi perkebunan semangka Desa Karya Indah. Konsep pertama adalah menentukan modal awal yang di investasikan pada PATS dan pompa bensin. Kedua, periode pengembalian yang di hasilkan setiap pabrikan PATS terhadap pompa bensin, dan ketiga pemangkasan biaya akhir dari total investasi yang dihemat oleh pabrikan PATS terhadap pompa bensin. Sebelum menghitung modal awal perlu diperhitungkan estimasi masa hidup pada setiap komponen pada PATS dan pompa bensin.

##### 2.5.1. Estimasi masa hidup komponen pompa bensin

Berbeda dengan PATS, estimasi pada pompa bensin tidak menampilkan komponen pada pompa. Pompa bensin Nishikawa NGP-20 merupakan sistem utuh dan sudah menjadi investasi awal untuk sistem ini, ini menjadikan perhitungan masa hidup pompa bensin berdasarkan jam kerja mesin. Untuk menjaga performa pompa bensin tetap optimal, perlu adanya perawatan. Pada Tabel 9 dijelaskan beberapa parameter perawatan dan biayanya. Lama kerja pompa bensin menghasilkan frekuensi lubrikasi dan pergantian komponen.

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Table 9. Estimasi biaya perawatan untuk menjaga kualitas pompa bensin

Perawatan dan pergantian	Frekuensi pergantian (Berdasarkan jam kerja generator /jam)	Harga (Rp)
Perawatan minor	250	299.629
Perawatan major	1,000	2.696.661
Pemeriksaan	10,000	30 % harga generator baru
Pergantian	35,000	Generator baru

Berdasarkan data lapangan, lama kerja pompa bensin adalah 10 jam. Untuk memenuhi kebutuhan irigasi perkebunan, dalam satu tahun pompa bekerja selama 960 jam. Untuk tahun pertama dari total kinerja pompa bensin menghasilkan frekuensi perawatan minor sebanyak empat kali dan perawatan major sebanyak 1kali, sedangkan pemeriksaan dan pergantian generator pompa tidak perlu dilakukan karena belum cukup jam kerja pada pompa bensin.

Tabel 10. Skema LCCA untuk pompa bensin

Parameter	Biaya (Rp)
Modal awal pompa bensin (Rp)	2.095.305
Jam kerja pompa bensin (jam/tahun)	960
Jam kerja pompa bensin (jam/hari)	10
Perawatan minor Rp.299.629 setiap 250 jam	4
Perawatan major Rp.2.696.661 setiap 1000 jam	1
Asumsi konsumsi bahan bakar (liter/hari)	6,6
Konsumsi bahan bakar (liter/jam)	0,66
Harga bahan bakar Pertalite (Rp)	7.650
Pemeriksaan 30% biaya generator setiap 10000 jam	2
Pergantian generator baru setiap 35000 jam	-

Pada Tabel 10 kebutuhan bahan bakar pompa hanya 6,6 liter dalam satu penyiraman, dan dalam 1 hari, lama penyiraman adalah 10 jam. Maka jika dikalkulasikan,  $6,6/10 = 0,66$  liter. Jadi dalam 1 jam penyiraman dibutuhkan bahan bakar sebanyak 0,66 liter. Jumlah jam penyiraman dalam setahun kebun serangka tersebut hanya 960 jam. Harga bahan bakar yang digunakan saat ini adalah jenis Pertalite dengan harga Rp7,650. Maka jika dikalkulasikan,  $0,66 \text{ liter} \times 960 \times \text{Rp}7,650 = \text{Rp}5.055.939$ . Untuk biaya perawatan minor service, biaya perawatan Rp.299.629 \$ dikalikan 4 kali perawatan dalam 1 tahun dihasilkan biaya \$80. Untuk perawatan major biayanya adalah \$180. Jika perawatan mayor dilakukan 1x dalam 1 tahun, pemeriksaan dilakukan pada tahun ke 10 dan 21 pada skema LCCA. Awal tahun LCCA pada pompa bensin yaitu  $\$19 + \$337,48 + \$80 + 180 = \$737,34$  untuk tahun pertama. Untuk menentukan LCCA pada tahun berikutnya dapat dilakukan perhitungan nilai mata uang saat ini atau present worth.

### 2.5.2. Estimasi masa hidup komponen Solar Surface Pump System



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Estimasi biaya investasi awal PATS pada perkebunan semangka Desa Karya Indah, adalah dengan menghitung desain PATS dari beberapa pabrikan, yaitu Lorentz, Grundfos, dan perhitungan manual. Adapun beberapa komponen yang masuk dalam investasi awal PATS adalah pompa, inverter, solar panel, aksesoris pompa, struktur dan rangka, serta instalasi. Pada penelitian ini inverter hanya memiliki umur 7 tahun, sedangkan pompa tidak disebutkan dan pabrikan jarang menyatakan informasi masa pakai dengan jelas pada *datasheet*. Pompa pabrikan Lorentz dan memiliki klaim pompa dan kontroler dapat aktif hingga 20 tahun tergantung jam kerja pompa. Berbeda dengan pompa yang digunakan pada perhitungan manual, di mana pompa diterapkan masa hidup sekitar 10 tahun karena tidak ada klaim dari pabrikan pompa bertahan hingga 20 tahun keatas. Adapun data berikut dapat digunakan sebagai panduan ketika sistem yang berbeda komponen mungkin perlu diganti;

- panel surya: 25 tahun;
- pompa dan motor: tergantung lama pemakaian dan klaim pabrikan;
- peralatan inverter / kontrol: 7 tahun;
- struktur dan rangka sipil: 25 tahun;
- perlengkapan mekanik dan listrik: 25 tahun.

Tabel 11. Biaya awal komponen utama perhitungan manual Solar Surface Pump System

Komponen	Kuantiti	Harga/unit (\$)	Total biaya (\$)
Pompa MH-1-31+ Controller PB750S-G3	1	168+320	488
Solar Panel Surya Solana 100wp Monocrystalline	7	62,58	438,06
De aksesoris			
Level Switch	1	67,50	67,50
Water level sensor	1	63,91	63,91
Pendukung stuktur dan rangka	1	417,43	417,43
Subtotal			1474,9
Biaya instalasi			100
Total			1574,9

Tabel 12. Biaya awal komponen utama Lorentz Solar Surface Pump System

Komponen	Kuantiti	Harga/unit (\$)	Total harga (\$)
Pompa + controller PS2-600 CS-F4-3	1	2987,18	2987,18
Solar panel LC275-P60	2	108,21	216,42
De aksesoris			
Well Probe V2	1	108,40	108,40
Float Switch	1	34,74	34,74
Water sensor	1	300,37	300,37

Pendukung struktur dan rangka	1	417,43	417,43
Subtotal			4064,54
Biaya instalasi			100
Total			4164,54

Tabel 13. Biaya awal komponen utama Solar Surface Pump System

Komponen	Kuantiti	Harga (\$)	Total harga (\$)
Pompa + controller CRIF 3-5 A-CA-IE-HQQE	1	2505,61	2505,61
Solar Panel Surya Solana 100wp Monocrystalline	5	62,58	312,9
Da aksesoris			
Level Switch	1	108,40	108,40
Dry Running Protection Sensor	1	724	724
IO50, Metric	1	153,76	153,76
Pendukung struktur dan rangka	1	417,43	417,43
Subtotal			4222,1
Biaya instalasi			100
Total			4322,1

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Informasi desain

Tabel 4 merupakan tabel yang berisi informasi desain PATS dengan sumber wawancara dengan petani dan pengukuran langsung di lapangan. Keseluruhan parameter yang ada adalah berdasarkan dari nilai kebutuhan rata - rata tiap tahunnya. Dari Tabel 4 di bawah, diketahui bahwa tinggi pompa ke tangki air adalah 10 meter dengan panjang pipa dari pompa keluar ke tangki air adalah 50 m, kedalaman hisap 2 meter, dan panjang pipa hisap 3 meter. Untuk sistem pompa yang digunakan dalam desain ini menggunakan motor pompa permukaan dengan panjang kabel motor 10 meter. Gambar 7 adalah gambar skema yang menjelaskan mengenai solar surface pump system.

Tabel 4. Informasi desain solar surface pump system (SSPS)

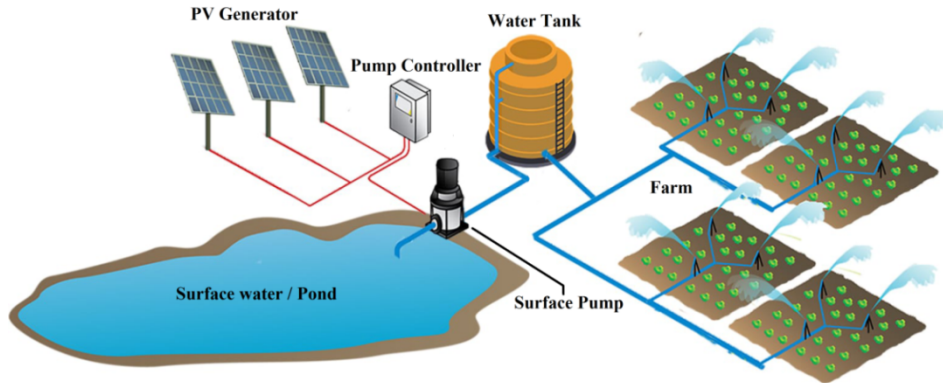
Parameter	Nilai
Kebutuhan air rata-rata (m <sup>3</sup> /hari)	20
Volume tangki penyimpanan (m <sup>3</sup> )	22
Tinggi pompa ke tanki air (m)	10
Panjang pipa (m) dari output pompa ke tangki	50
Panjang pipa hisap (m) dari permukaan air ke input pompa	3
Panjang kabel motor (m) dari pompa ke panel surya	10
Jenis instalasi pompa	Permukaan

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 7. Skematik diagram *solar surface pump system* (SSPS)

### 3.2. Hasil Perhitungan Manual

#### 3.2.1. Hasil Perhitungan Kebutuhan Air

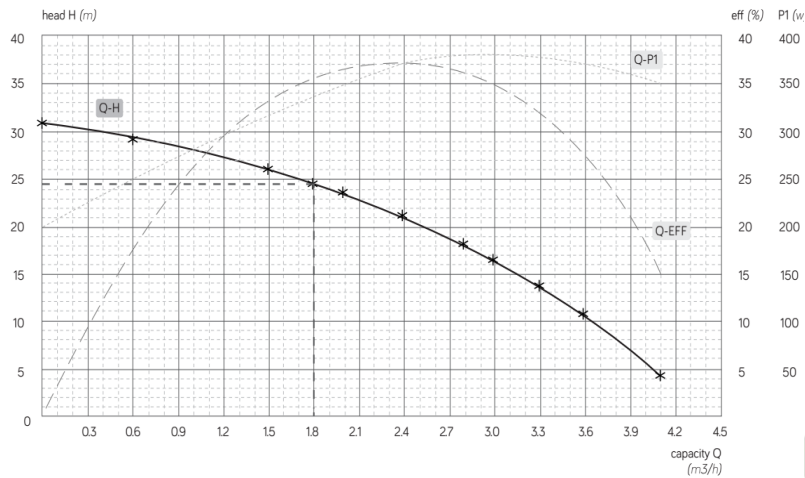
Perhitungan kebutuhan air pada perkebunan semangka ditentukan berdasarkan luas area perkebunan dan jumlah tanaman yang akan diberikan air. Total kebutuhan air pada perkebunan tersebut adalah  $20\text{m}^3/\text{hari}$ . Berdasarkan perhitungan *design yield* pada Persamaan (1) dan *total head* di Persamaan (2), diketahui bahwa pompa bekerja maksimal sampai dengan 4,7 – 5 jam untuk memenuhi kebutuhan air. Berdasarkan perhitungan kebutuhan air pada perkebunan semangka, jumlah air yang dibutuhkan adalah  $4.2\text{ m}^3/\text{jam}$  pada total head 13.1 m.

#### 3.2.2. Hasil Pemilihan Pompa

Perhitungan manual menghasilkan jenis pompa *multistage* yang dapat memenuhi kebutuhan perkebunan. Pompa jenis ini merupakan pompa sentrifugal dengan 2 impeller atau lebih yang dipasang pada poros yang berbeda. Pompa ini akan bertekanan tinggi jika impeller yang ada dihubungkan secara seri pada poros yang sama. Jika diinginkan aliran keluaran yang cepat, maka impeller yang ada disusun paralel dalam poros yang berbeda. Pada Gambar 3 diketahui bahwa *head flow curve* mencapai titik maksimal pompa pada ketinggian 30.8 m dengan max flow  $4.1\text{ m}^3/\text{jam}$ . Laju aliran  $4.1\text{ m}^3/\text{jam}$  dapat dihasilkan apabila *head* nya 4.1 m. Data hasil datasheet dengan head 13,5 m laju aliran yang dihasilkan adalah  $3.3\text{m}^3/\text{jam}$ .

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

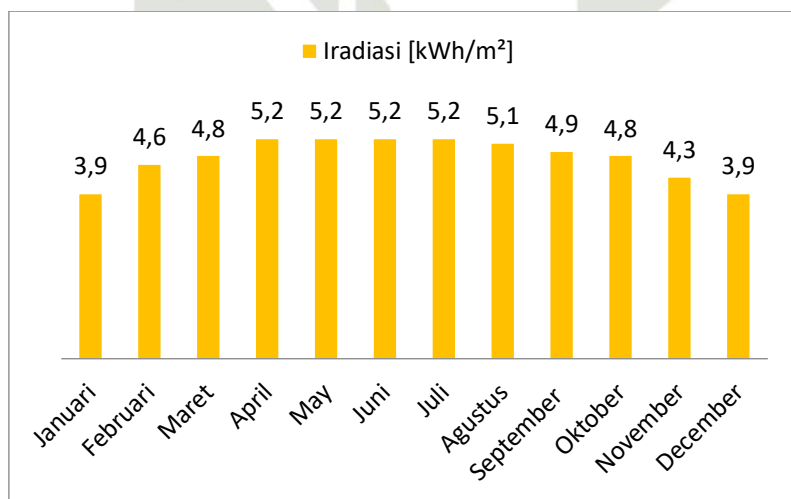


Gambar 3. Kurva performa pompa MH-1-31

3.2.3. Hasil Penentuan Daya Pompa

Nilai kebutuhan daya dapat dilihat berdasarkan kemampuan dasar pompa dalam menghasilkan daya. Dalam perhitungan manual P1 pada pompa, sudah diketahui kemampuan menjadi kunci untuk menghitung kebutuhan daya pada pompa. Kemampuan atau daya pompa ini diperlukan untuk menentukan jenis pompa dan motor yang akan dipakai. Berdasarkan hasil perhitungan manual, diperoleh hasil bahwa jenis pompa yang dapat dipakai untuk kebun semangka ini adalah jenis pompa AC *multistage* yang daya nya dapat dilihat dari data spesifikasi pompa terkait (*MH-1-31*, n.d.).

3.2.4. Hasil Penentuan Sumber Energi Surya



Gambar 4. Rata-rata data iradiasi bulanan (*Power Nasa Irradiation Data 2021*, n.d.)

Grafik di atas menunjukkan sumber energi surya di kebun semangka Desa Karya Indah. Grafik di atas menunjukkan bahwa tingkat iradiasi tertinggi terjadi sepanjang bulan April-Juli dengan nilai 5 kWh/m<sup>2</sup>, dengan tingkat iradiasi terendah pada bulan Januari dan

## Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Desember. Rendahnya nilai iradiasi pada kedua bulan tersebut bisa saja terjadi karena tingginya curah hujan di akhir dan awal tahun sehingga matahari bersinar kurang optimal dan banyak diselimuti awan mendung. Dari Grafik ini juga dapat dihitung bahwa rata-rata penyinaran Global Horizontal Irradiation per tahun untuk wilayah tersebut adalah 1733,48 kWh/m<sup>2</sup> atau setara dengan 4.7 PSH (*Power Nasa Irradiation Data 2021, n.d.*).

## 3.2.5. Hasil Perhitungan Rugi-rugi Sistem

Energi yang dihasilkan pada PV di lapangan dan tertulis (teoritis) tentu akan berbeda, dan ini menjadi pengurangan hasil energi faktor penentu performa yang dihasilkan PV apakah sesuai dengan di lapangan dan rugi energi ini disebabkan oleh beberapa faktor eksternal pada perhitungan rugi sistem dapat menggunakan persamaan (6).

## 3.2.6. Hasil Perhitungan Daya Puncak PV

Pada P1, PSH, dan Performace Ratio semuanya memiliki nilai tetap. Seperti diketahui bahwa energi yang dihasilkan hanya dapat dimanfaatkan saat jam matahari. Artinya di luar jam matahari tersebut, harus dipersiapkan sumber tenaga alternatif sebagai cadangan energi, bisa dari jaringan listrik PLN ataupun tenaga diesel. Jumlah modul yang dibutuhkan berdasarkan model yang tersedia di pasar juga dapat ditentukan dari daya puncak PV dan dihitung dengan persamaan (7) .

## 3.2.7. Hasil Penentuan Jumlah Modul

Dalam menentukan jumlah modul untuk membangkitkan daya pada pompa, perlu diketahui daya maksimal yang di butuhkan oleh pompa. Untuk menentukan jenis modul yang dipakai, ada juga hal yang perlu diperhatikan antara lain adalah dimensi dan kapasitas modul. Jenis modul yang dipakai akan berpengaruh pada jumlah modul yang diperlukan. Adapun untuk menentukan jumlah modul dan konfigurasi dapat ditentukan dengan persamaan (8) (W. Kiprono & Ibáñez Llario, 2020).

## 3.2.8. Hasil estimasi aliran per hari

Hasil akhir dari perhitungan desain yaitu menentukan produksi aliran per hari, hasil aliran per hari didapatkan dari seluruh parameter pada setiap persamaan (9). Hasil dari persamaan estimasi aliran per hari dapat dilihat pada gambar 8.

Berdasarkan hasil perhitungan yang diperoleh dari persamaan yang ada pada bagian metode bagian 2.2.1. sampai 2.2.7 dapat ditampilkan hasil pada tabel 5 berikut :

Tabel 5. Hasil perhitungan manual


**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

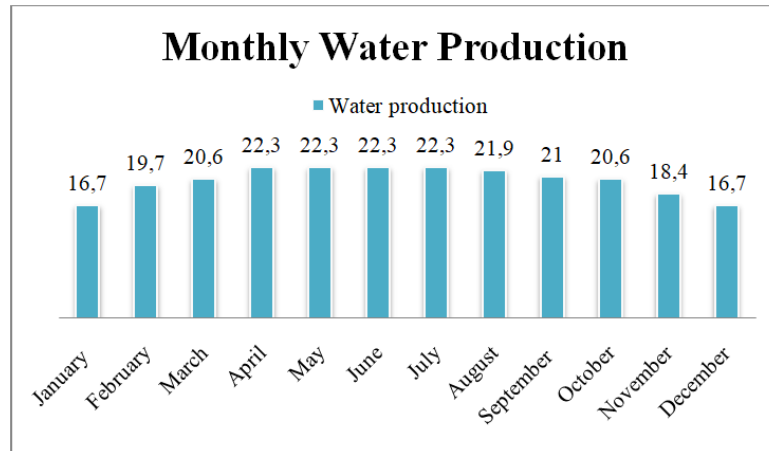
Parameter	Nilai
Desain kebutuhan air (m <sup>3</sup> /jam)	4.2
Total tekanan (m)	13.1
Daya hidraulik (kW)	0.152
Kebutuhan daya pompa P1 (kW)	0.38
Rugi sistem (satuan?)	0.6
Puncak jam matahari (jam)	4.7
Puncak daya PV (kWp)	0.639
Kuantitas modul surya (Wp)	7 x 100

Dari Tabel 5 hasil perhitungan manual, kebutuhan air yang harus dipenuhi untuk 4,7 jam operasi (setara dengan rata-rata PSH) adalah sebesar 4.2 m<sup>3</sup>/jam. Untuk menghitung parameter nilai total tekanan, kita harus mengetahui nilai beberapa parameter lainnya seperti parameter desain kebutuhan, total tekanan, densitas air, serta percepatan gravitasi. Nilai 0.6 untuk rugi-rugi sistem diperoleh dari penjumlahan seluruh rugi-rugi yang ada. Untuk mendapatkan hasil yang akurat. PSH pada penelitian ini ditetapkan rata rata 4.7 jamhour, hal ini mengacu berdasarkan data NASA. Untuk menentukan kebutuhan sistem pada pompa perlu juga diketahui nilai daya puncak PV. Nilai daya puncak PV tersebut adalah sebesar 0.639 Wp yang dipenuhi dari 7 buah modul dengan kapasitas 100 Wp.

Tabel 6. hasil perhitungan manual berdasarkan datasheet pompa

Parameter	Nilai
Area (hektar)	3,5
Total air yang dibutuhkan (m <sup>3</sup> /hari)	20
Produksi air oleh pompa (m <sup>3</sup> /hari)	24,48
Tipe pompa	MH 1-31
Daya pompa (Watt)	400
Daya yang dibutuhkan (Watt )	380
Laju aliran oleh pompa (m <sup>3</sup> /jam)	3.3
Total head (m)	13
Kuantitas modul surya (100Wp)	6

Berdasarkan hasil perhitungan manual, diperoleh hasil berupa desain PATS untuk perkebunan semangka Desa Karya Indah. Berdasarkan data pada Tabel 6, dapat ditentukan bahwa tipe pompa yang dapat dipakai untuk perkebunan semangka ini adalah pompa irigasi multistage dengan tipe MH 1-31. Pompa tersebut memiliki spesifikasi daya maksimal 0.4 kW dengan maksimal head 30 m.



Gambar 8. Grafik produksi air bulanan dengan pompa perhitungan manual

Berdasarkan Gambar 8 di atas dengan menggunakan *solar surface pump system* dan perhitungan manual, diperoleh profil kebutuhan air di perkebunan dapat terpenuhi dengan beberapa profil yang nilainya dibawah 20m<sup>3</sup>/hari. Hasil tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya curah hujan dan radiasi matahari. Hal tersebut ditandai dengan data bahwa rendahnya produksi air bulanan pada bulan Januari dan Desember disebabkan karena pada kedua bulan tersebut terjadi curah hujan yang tinggi dan dibarengi dengan radiasi matahari yang rendah, maka kebutuhan air pada kedua bulan tersebut sudah tercukupi dengan mengandalkan curah hujan yang ada.

### 3.3. Hasil Simulasi Lorentz compass

Desain sistem *solar surface pump system* pada perkebunan semangka Desa Karya Indah dengan software Lorentz Compass menghasilkan simulasi yang dapat dilihat pada Tabel 7, pada seri pompa untuk titik kinerja yang dibutuhkan pada simulasi ini adalah PS2-600 CS-F4-3, pompa tersebut memiliki daya maksimal 0.7 kW dengan maksimal head 25 m. Pada simulasi ini pompa direkomendasikan untuk memenuhi kebutuhan yang telah didesain, di mana daya yang dibutuhkan hanya 0.371 kW untuk laju aliran 4.2m<sup>3</sup>/h pada head 13 m. Adapun produksi air oleh pompa bervariasi, dengan daya yang dibutuhkan 371 watt dari 2 buah modul PV dengan kapasitas 275 Wp dengan konfigurasi paralel.

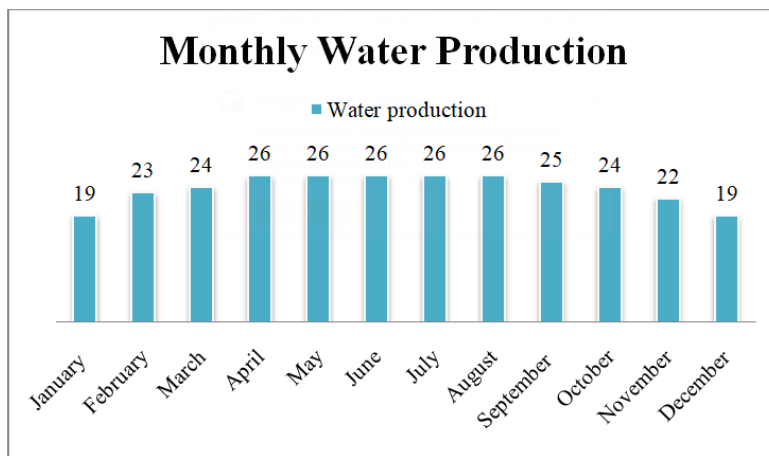
Tabel 7. Hasil simulasi Lorentz compass berdasarkan datasheet pompa

Parameter	Nilai
Area (hektar)	3,5
Total air yang dibutuhkan (m <sup>3</sup> /hari)	20
Produksi air oleh pompa (m <sup>3</sup> /hari)	24
Tipe pompa	PS2-600 CS-F4-3
Daya pompa (kW)	0.7
Daya yang dibutuhkan (kW)	0.371
Laju aliran oleh pompa (m <sup>3</sup> /h)	4.2
Total head (m)	13
Kuantitas modul surya (275Wp)	2

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 9. Grafik produksi air bulanan dengan pompa Lorentz

Gambar 9 adalah profil produksi air pada perkebunan dengan menggunakan solar surface pump system dengan Lorentz Compass. Dari profil kebutuhan air setiap bulannya diketahui bahwa kebutuhan air pada perkebunan tersebut terpenuhi. Namun ada beberapa profil yang nilainya dibawah dari kebutuhan yaitu 20m<sup>3</sup>/hari. Hal ini dikarenakan oleh curah hujan dan profil radiasi matahari. Pada bulan Januari dan Desember radiasi matahari cukup rendah dengan curah hujan yang cukup tinggi. Oleh sebab itu kebutuhan air yang dipenuhi pompa akan dibatasi. Dari grafik di atas, dapat dianalisa bahwa profil keseluruhan kebutuhan air pada perkebunan terpenuhi dengan baik.

**3.4. Hasil Simulasi Grundfos**

Tabel 8 di bawah merupakan hasil simulasi desain sistem solar surface pump pada perkebunan semangka Desa Karya Indah dengan aplikasi online Grundfos. App ini cukup lengkap dalam menentukan kebutuhan dalam menentukan pompa desain sistem irigasi. Hasil simulasi dengan app online grundfos, menghasilkan beberapa nilai yang berbeda. Dapat dilihat bahwa produksi air yang dicapai dengan pompa CRIF 3-5 A-CA-I-E-HQQE adalah 23.9 m<sup>3</sup>/hari dengan laju aliran 3.9 m<sup>3</sup>/h dan bekerja pada titik kinerja head 13.1 m, mampu memenuhi kebutuhan air untuk perkebunan. Daya yang dibutuhkan pompa dalam menemukan titik poin kinerja yaitu 386 Watt. Untuk memenuhi kebutuhan daya tersebut, listrik disuplai oleh modul pv sebesar 5 x 100 Wp yang dikonfigurasi secara paralel.

Tabel 8. Hasil simulasi dan datasheet pompa

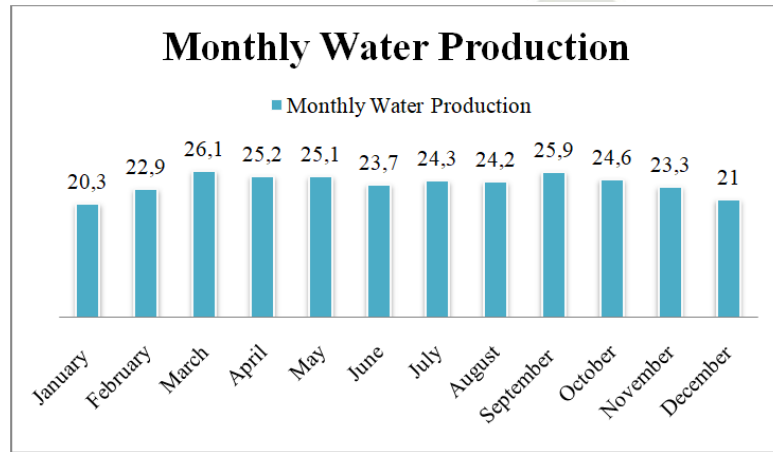
Parameter	Nilai
Area (hektar)	3,5
Total air yang dibutuhkan (m <sup>3</sup> /hari)	20
Produksi air oleh pompa (m <sup>3</sup> /hari)	23.9
Tipe pompa	CRIF 3-5 A-CA-I-E-HQQE
Daya (kW)	0.88
Daya yang dibutuhkan (kW)	0.386





Kaju aliran oleh pompa (m <sup>3</sup> /jam)	3.9
Total head (m)	13.1
Kuantitas modul surya (100Wp)	5

Pada Gambar 10 dapat dilihat profil produksi air pada perkebunan dengan menggunakan *solar surface pump system* dari app online Grundfos, di mana profil yang dihasilkan setiap bulannya dapat memenuhi kebutuhan air pada perkebunan, tanpa ada profil dibawah dari kebutuhan perkebunan.



Gambar 10. Grafik produksi air bulanan dengan app online Grundfos

### 3.1. Biaya Investasi

#### 3.1.1. Nilai mata uang saat ini (*present worth*)

Skema LCCA untuk PATS vs pompa bensin pada Tabel 13 merupakan hasil dari perhitungan LCCA yang dilakukan untuk menentukan pilihan yang paling efisien. Untuk menghitung biaya saat ini dan menghitung biaya masa depan diperlukan discount rate. Discount rate di Indonesia adalah 3,5% persen ( $d = 0,035$ ) (Tahun, 2018). Hasil seluruh biaya  $Pr = 1/(1+d)^N$  Semua biaya investasi sistem ditambahkan lalu dikalikan dengan nilai uang saat ini, yang sesuai faktor untuk setiap tahunnya.

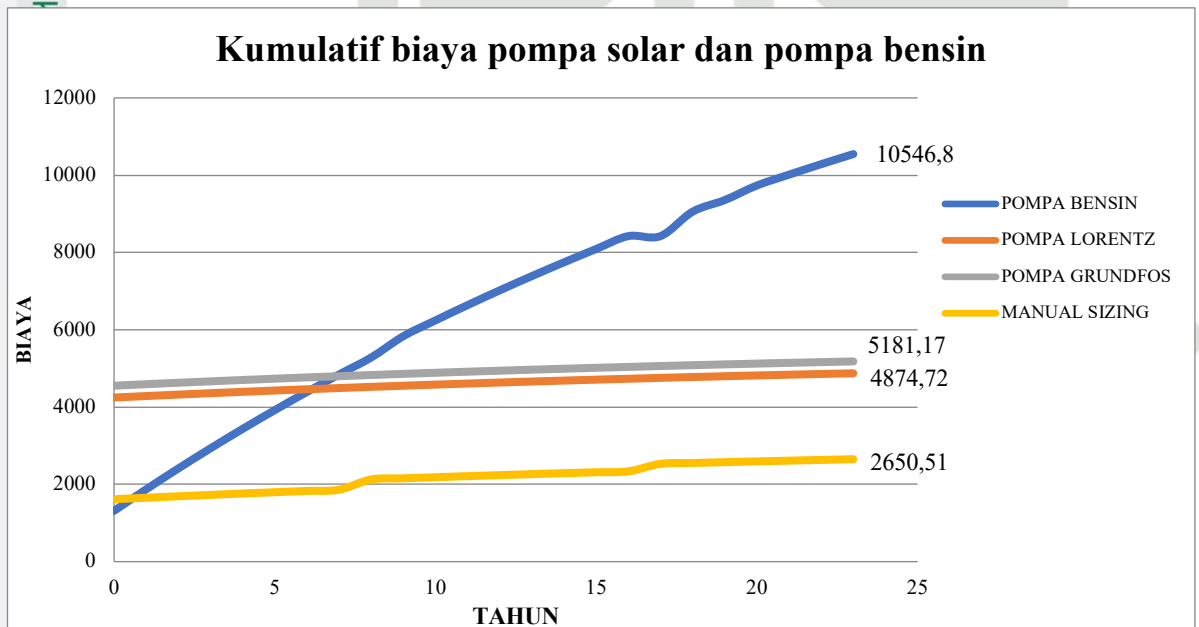
Tabel 13. Skema LCCA untuk PATS vs pompa bensin

Tahun (N)	Pompa bensin (\$)	Pompa perhitungan manual (\$)	Pompa Lorentz (\$)	Pompa (\$)
1	1314,61	1615,13	4246,41	4552,86
5	3434,97	1762,88	4394,16	4700,61
10	5833,9	2155,94	4552,43	4858,88
15	7746,31	2289,2	4685,69	4992,14
20	9356,5	2573,67	4797,88	5104,33
24	10546,8	2650,51	4874,72	5181,17

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

### 3.1.2. Periode pengembalian dan pemangkasan biaya

Gambar 11 menunjukkan biaya kumulatif untuk beberapa sistem yang dihitung berdasarkan skema LCCA. Dari hasil tersebut terdapat pemangkasan biaya yang cukup besar yang dihasilkan PATS terhadap pompa bensin. Tahun pertama perbedaan skema LCCA pompa bensin dan perhitungan manual hanya selisih \$300, modal awal PATS kembali pada tahun ke 2 dengan perbandingan biaya \$218,4 lebih mahal dari pompa bensin. Pada pabrikan Lorentz, modal awal PATS kembali pada tahun ke 8 dengan biaya \$352 lebih mahal dibanding pompa bensin, sedangkan pada pabrikan Grundfos modal kembali pada tahun ke 8 dengan biaya \$45,54 lebih mahal dari pompa bensin. Biaya yang dikeluarkan pompa bensin dalam 25 tahun jauh lebih tinggi dibandingkan PATS. Ini menjadikan PATS lebih hemat dalam investasi jangka panjang.



Gambar 11. Kumulatif biaya pompa solar dan pompa bensin

Dalam akhir dari investasi ditentukan pemangkasan biaya pada setiap manufaktur pabrikan Grundfos menghemat biaya sekitar 50% dengan nominal \$5.365,63, pabrikan Lorentz menghemat biaya sekitar 55% dengan nominal \$5.672, dan perhitungan manual menghemat biaya hingga 79% dengan dengan nominal \$7.896. Pada tabel 12 juga menunjukkan bahwa setiap pabrikan memiliki pengurangan harga yang berbeda terjadi setiap tahunnya, karena ada sejumlah faktor variabel misalnya jam kerja generator, ukuran sistem, produk pabrikan dan mungkin ada perbedaan besar dalam hal potensi penghematan biaya dan periode pengembalian di antara skema pompa yang berbeda di area yang sama. LCCA perlu dilakukan untuk memprioritaskan intervensi dalam konteks di mana dana petani yang terbatas.

### KESIMPULAN

Desain *Surface Pump Solar System* pada perkebunan semangka di Desa Karya Indah dilakukan dengan menggunakan simulasi dan perhitungan manual.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tujuan menggunakan metode yang berbeda ini adalah untuk menghasilkan desain terbaik untuk sistem irigasi kebun semangka yang ada. Hasil desain SPSS dengan perhitungan manual memiliki kelebihan dan kekurangan terhadap software simulasi. Perhitungan manual menghasilkan pilihan pompa yang variatif dengan biaya investasi yang cukup terjangkau oleh petani untuk sistem irigasi perkebunan semangka. Beberapa sistem, terjadi *oversized system* yang mampu memenuhi kebutuhan sistem irigasi, namun biaya investasinya besar. Sebaliknya, terjadi juga *undersized system* dengan biaya yang murah namun juga dapat mencukupi kebutuhan sistem irigasi.

Pradesain dengan software Lorentz dan Grundfos menghasilkan desain simulasi yang akurat dengan hasil rata-rata pompa dapat memenuhi air untuk irigasi perkebunan bahkan lebih dari kebutuhan. Namun pompa hasil simulasi software Lorentz dan App online Grundfos memiliki harga yang tinggi, di mana *capital cost* untuk awal investasi bagi petani cukup tinggi. Dengan kedua simulasi itu, juga disimpulkan bahwa *payback period* untuk PATS cukup lama yakni 8 tahun dengan biaya \$218,4 pabrikan Lorentz dan \$352 pabrikan Grundfos lebih tinggi dari pompa bensin. Metode dengan manual sizing menghasilkan sistem yang dapat memenuhi kebutuhan air dengan biaya yang murah atau *undersized system*, harga yang di berikan pada *capital cost* cukup terjangkau akan meminimalkan *payback period* dan *total saving cost*, dimana *payback period* hanya dalam 2 tahun dengan biaya \$218,4 lebih tinggi dari pompa bensin.

#### SARAN

Pada penelitian ini desain PATS perhitungan manual akan lebih baik dengan didukung dengan pemilihan komponen yang berstandar dari manufaktur yang terpercaya dan bersertifikat. Namun demikian ada peluang hasil desain dengan Lorentz Compass dan Grundfos mendapatkan biaya awal yang lebih redah, jika desainer mengganti komponen dengan merk lain. Hal ini perlu diteliti lebih lanjut, terutama untuk mengamati dampak mengganti komponen pada kinerja sistem PATS.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Liliana, S.T., M.Eng. dan Marhama Jekta, S.Pd., M.Sc., atas sarannya untuk memperbaiki penelitian yang ditampilkan pada artikel ini.



- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## DAFTAR RUJUKAN

- Agarwal, A., & Srivastava, K. (2018). D HVLJQ , S LPXODWLRQ DQG E FRQRPLFDO A QDO \ VLV RI. *2018 2nd IEEE International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems (ICPEICES)*, 3, 403–407.
- Aini, Z., Kunaifi, Wenda, A., Ismaredah, E., & Anjarjati, W. (2021). Solar Irrigation System in Indonesia: Practical Assessment and Evaluation for Converting Fossil Fuels with Solar Energy. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 927(1), 1–9. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/927/1/012022>
- Bisim, C., Seeni Kannan, P., Devan, P. K., & Rajesh, R. (2019). Performance and emission characteristics of a DI diesel engine using diestrol blends and diesel as fuel. *International Journal of Enterprise Network Management*, 10(2), 91–108. <https://doi.org/10.1504/IJENM.2019.100485>
- Hasfield, J., & Takle, G. (2014). Ch. 6: Agriculture. Climate change impacts in the United States. *The Third National Climate Assessment*, 150–174. <https://doi.org/10.7930/J02Z13FR>.On
- Islam, M. R., Sarker, P. C., & Ghosh, S. K. (2017). Prospect and advancement of solar irrigation in Bangladesh: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77(January), 406–422. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.052>
- Jana, S., Jamil, M., & Gairola, S. (2017). *Open Access Techno Economic Analysis of Directly Coupled Photovoltaic Water Pumping System Under Real Climatic Condition American Journal of Engineering Research ( AJER )*. 2, 81–89.
- Keahlian, B., Ri, D. P. R., Bahan, M., Minyak, B., & Lingkungan, R. (2020). *2022 Komisi VII Komisi VII. November, 2020–2022*.
- Kementerian Pertanian. (2019). *Statistik Lahan Pertanian Tahun 2013-2017*. 1–201. <http://epublikasi.setjen.pertanian.go.id/arsip-perstatistikan/167-statistik/statistik-lahan>
- Khore, A., Joshi, P., & Pandey, D. (2017). Harnessing the sun for an evergreen revolution: a study of solar-powered irrigation in Bihar, India. *Water International*, 42(3), 291–307. <https://doi.org/10.1080/02508060.2017.1312085>
- Liu, H., Ye, S., & Ye, R. (2019). Research on comparative advantages of SPV pumping irrigation systems. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 227(2). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/227/2/022015>
- MD-1-31 (Issue 021). (n.d.).
- Nasir, A. (2019). Design and Simulation of Photo-voltaic Water Pumping System for Irrigation. *Advances in Applied Sciences*, 4(2), 59. <https://doi.org/10.11648/j.aas.20190402.14>
- Paavaresh Rizi, A., Ashrafzadeh, A., & Ramezani, A. (2019). A financial comparative study of solar and regular irrigation pumps: Case studies in eastern and southern Iran. *Renewable Energy*, 138, 1096–1103. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.02.026>



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Powell, J. W., Welsh, J. M., & Farquharson, R. (2019). Investment analysis of solar energy in a hybrid diesel irrigation pumping system in New South Wales, Australia. *Journal of Cleaner Production*, 224, 444–454. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.071>

Power Nasa Irradiation data 2021. (n.d.).

Pumps, G. (n.d.). *Pumps*.

Quinceu, E. (2015). Summary of Indonesia’s agriculture, natural resources, and environment sector assessment. *Asian Development Bank*, 08, 1–7.

Rakesh Kumar , Sanjay Kumar, R. K. , S. K. (2018). Estimation of Solar Panel Power for Irrigated Crops in Northern Gangetic Plains. *International Journal of Agricultural Science and Research*, 8(1), 91–104. <https://doi.org/10.24247/ijasrfeb201814>

Sipih, D. T. (2017). *Pemanfaatan Energi Surya Untuk Mencukupi Kebutuhan Air*. 4(1), 34–41.

Statistik, B. P. (2020). *Luas Panen Tanaman Sayuran dan Buah-buahan Semusim Menurut Jenis Tanaman (ha), 2016-2019*.

Tahun, P. P. (2018). *Statistik Ekonomi dan Keuangan Indonesia Bank Indonesia I . 25 INTEREST RATE , DISCOUNT , RATE OF RETURN <sup>1</sup> ( Percent Per Annum ) Statistik Ekonomi dan Keuangan Indonesia*. 88–89.

W. Kiprono, A., & Ibáñez Llario, A. (2020). Solar Pumping for Water Supply. In *Solar Pumping for Water Supply*. <https://doi.org/10.3362/9781780447810>

Yadav, D. H., Tiwari, A. K., & Kalamkar, V. R. (2020). Social and Economic Impact Assessment of Solar Water Pumping System on Farmers in Nagpur District of Maharashtra State of India. *Lecture Notes in Mechanical Engineering, April 2021*, 19–26. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-1201-8\\_3](https://doi.org/10.1007/978-981-15-1201-8_3)

(2005). زين الدين, ر. No Title □□□□□ □□□□□ □□□□□□□□ □□□ □□□□□□□.