

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Akuaponik

Akuaponik merupakan metode yang memungkinkan budidaya ikan dan tanaman secara bersamaan. Sistem ini mengintegrasikan prinsip hidroponik dan akuakultur, menciptakan hubungan saling menguntungkan di antara keduanya. Dalam lingkungan akuakultur, limbah dari hewan di kolam dapat meningkatkan tingkat toksisitas air jika tidak dikelola dengan baik. Dengan penggabungan hidroponik, limbah ikan berfungsi sebagai unsur organik yang diperlukan oleh tanaman. Setelah melalui proses penyerapan dan penyaringan, air kembali disirkulasikan ke sistem akuakultur di kolam.

Mirip dengan hidroponik, akuaponik seringkali dipilih untuk budi daya dalam ruang terbatas. Pertumbuhan pembangunan yang cepat telah menyebabkan berkurangnya lahan, terutama di daerah perkotaan. Banyak lahan pertanian yang beralih fungsi menjadi pemukiman, menyisakan sedikit ruang hijau. Meskipun lahan terbatas, akuaponik memberikan solusi untuk tetap dapat berkebun dan bercocok tanam dalam skala kecil di halaman rumah. Sistem ini memungkinkan manusia untuk tetap berbudidaya tanaman dan ikan meskipun hanya dalam skala terbatas di area terbatas (Triyanto, 2021).

Dalam sistem resirkulasi, mortalitas ikan yang tinggi adalah salah satu faktor utama penyebabnya, dan kualitas air adalah faktor utama penyebabnya. Dalam kondisi anaerob, ammonia memiliki sifat toksik yang dapat mengancam kelangsungan hidup ikan, dan dalam hal ini sistem akuaponik dapat mengubah ammonia menjadi senyawa yang tidak berbahaya bagi kehidupan dan pertumbuhan ikan (Rahmadhani dkk., 2020).

Memakmurkan alam atau lingkungan sama juga dengan menjaga kelestarian sumber daya alam. Sebagaimana Allah SWT berfirman dalam Surah Ar-Rum ayat 9:

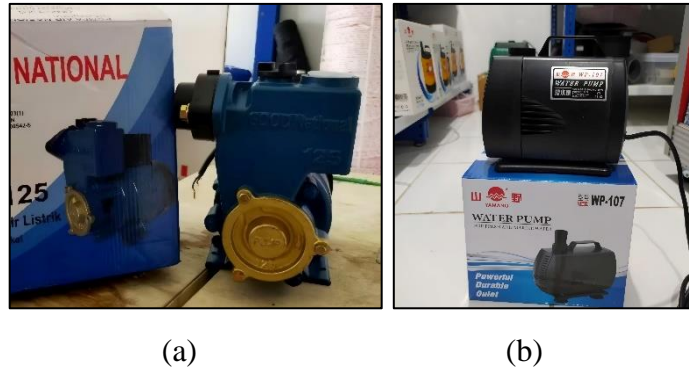
وَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً بِقَدَرٍ فَأَسْكَنَتْهُ فِي الْأَرْضِ وَإِنَّا عَلَىٰ ذَهَابٍ بِهِ لَقَادِرُونَ ﴿١٨﴾  
فَأَنْشَأْنَا لَكُمْ بِهِ جَنَّتٍ مِّنْ نَّحِيلٍ وَأَعْنَابٍ لَّكُمْ فِيهَا فَوَاكِهُ كَثِيرَةٌ وَمِنْهَا تَأْكُلُونَ ﴿١٩﴾

Artinya: “*Kami turunkan air dari langit dengan suatu ukuran. Lalu, Kami jadikan air itu menetap di bumi dan sesungguhnya Kami Mahakuasa melenyapkannya. Lalu, dengan (air) itu Kami tumbuhkan untukmu kebun-kebun kurma dan anggur. Di sana kamu mendapatkan buah-buahan yang banyak dan dari sebagiannya itu kamu makan.*” [Q.S. Al-Mu'minun: 18-19].

Dalam ayat tersebut dapat dipahami bahwa segala sesuatu yang diciptakan oleh Allah memiliki ukuran dan takaran tertentu, termasuk sumber daya alam. Ini mengingatkan kita tentang pentingnya mengelola sumber daya tersebut secara tepat dan efisien, termasuk dalam konteks penggunaan energi untuk keberlanjutan sistem akuaponik.

## 2.2 Pompa Air

Pompa air dalam sistem pengairan mirip dengan jantung yang mengalirkan air ke seluruh komponen. Terdapat dua jenis pompa, yaitu pompa celup yang tenggelam di dalam air (*submersible*) dan pompa eksternal. Keuntungan penggunaan pompa *submersible* meliputi kemudahan instalasi tanpa perlu banyak pipa. Di sisi lain, pompa eksternal yang berada di luar air biasanya digunakan untuk sistem besar atau komersial, dengan berbagai kapasitas dan kekuatan yang dapat dipilih sesuai kebutuhan. Namun, pemasangan pipa untuk pompa eksternal lebih rumit karena berada di luar air. Penelitian ini menggunakan kedua jenis pompa, pompa celup merek Yamano model WP-107 dengan spesifikasi konsumsi daya 115 Watt; tinggi air maksimum 5 meter; konsumsi air 5000 liter/jam, dan pompa eksternal merek National model GP-125 dengan spesifikasi konsumsi daya 125 Watt; frekuensi 50 Hz; tinggi hisap 9 m; tinggi dorong 24 m; ukuran pipa 1 x 1 inci; kapasitas maksimal 35 liter/menit.



Gambar 2.1 (a) Pompa eksternal dan (b) pompa celup (*submersible*)

Penting untuk menempatkan pompa di lokasi yang mudah dijangkau untuk memudahkan perawatan. Harus diingat bahwa pompa yang beroperasi tanpa air akan mengalami kerusakan. Keawetan pompa dapat ditingkatkan dengan memastikan aliran air berjalan pada kapasitas penuh tanpa hambatan. Pipa yang mengalirkan air dari pompa dapat diarahkan ke subsistem hidroponik atau kolam ikan tanpa ada hambatan. Jika pompa mengalirkan air ke dua arah sekaligus, misalnya ke kolam ikan dan subsistem hidroponik, disarankan untuk memasang keran pengatur aliran di salah satu pipa (Julianto, 2021).

Mesin pompa irigasi termasuk dalam kategori pompa air yang umumnya dimanfaatkan untuk penyediaan dan pengaturan air di lingkungan pertanian. Sumber energi untuk mesin pompa irigasi bervariasi, dengan beberapa model menggunakan bahan bakar solar, yang lainnya menggunakan bahan bakar bensin, dan ada juga yang menggunakan listrik (Rijanto & Rahayuningsih, 2020).

### 2.3 Pembangkit Listrik PLN

Listrik dihasilkan di berbagai pusat pembangkit seperti PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air), PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap), PLTG (Pembangkit Listrik Tenaga Gas), PLTGU (Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap), PLTP (Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi), dan PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel). Setelah proses ini, listrik disalurkan melalui jaringan transmisi setelah tegangannya ditingkatkan oleh transformator penaik tegangan yang berada di pusat pembangkit. Istilah seperti PLTA, PLTU, dan PLTP umumnya digunakan oleh PLN dan merujuk pada sumber tenaga penggerak utama masing-masing unit pembangkit. Sebagai contoh, PLTA memiliki mesin pembangkit listrik (generator)

yang digerakkan oleh turbin air karena putaran turbin tersebut dipicu oleh aliran air. Begitu pula dengan PLTU, di mana mesin pembangkit listriknya digerakkan oleh turbin uap (Wibowo, 2018).

Di provinsi Sumatera Utara, khususnya di daerah Medan terdapat beberapa jenis pembangkit listrik PLN, diantaranya PLTD Titi Kuning, PLTG Glugur, PLTG Paya Pasir, dan PLTG/U Belawan. PLTD Titi Kuning adalah jenis pembangkit listrik yang menggerakkan turbin dengan mesin diesel. PLTU Glugur dan Paya Pasir menggunakan energi kinetik gas untuk menggerakkan turbin gas, yang menggerakkan generator dan menghasilkan energi listrik. Selain itu, PLTG/U Belawan adalah gabungan dari PLTG dan PLTU yang digunakan bersama untuk mencapai efisiensi energi yang tinggi. PLTG/U ini sangat efektif karena menggunakan satu jenis bahan bakar untuk menggerakkan dua turbin, yaitu turbin gas dan turbin uap. Ini memaksimalkan pemanfaatan energi dengan efisiensi yang tinggi (sumutprov.go.id).

## **2.4 Pembangkit Listrik Panel Surya**

Sistem fotovoltaik, yang juga dikenal sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), merupakan sumber energi terbarukan yang mengubah energi dari sinar matahari menjadi listrik. Sistem ini dianggap sebagai solusi ideal untuk memenuhi kebutuhan listrik di daerah pedesaan yang terpencil, di mana sinar matahari berlimpah dan pasokan bahan bakar sulit serta mahal. Pembangkit Listrik Tenaga Surya terdiri dari beberapa komponen utama.

### **2.4.1 Sel Surya**

Sel surya, atau sel fotovoltaik (PV), adalah perangkat yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik melalui proses efek fotovoltaik. Tegangan yang dihasilkan oleh sel surya biasanya rendah, sekitar 0,6V tanpa beban dan 0,45V dengan beban. Untuk mendapatkan tegangan yang lebih tinggi sesuai kebutuhan, beberapa sel surya perlu disusun secara seri. Sebagai contoh, jika 36 sel surya disusun secara seri, mereka dapat menghasilkan tegangan sekitar 16V, cukup untuk mengisi aki 12V. Untuk memperoleh tegangan keluaran yang lebih tinggi, diperlukan lebih banyak sel surya. Terdapat beberapa jenis panel surya, antara lain Monokristal, Polikristal, dan Film Tipis. Penelitian ini menggunakan 2 (dua) panel

surya dengan merek GH SOLAR jenis monokristal dengan spesifikasi kapasitas 100 Wp;  $V_{\max} = 22,8V$ ;  $I_{\max} = 4,39A$ ; *Open-Circuit Voltage* ( $V_{oc}$ ) = 26,48V; *Short-Circuit Current* ( $I_{sc}$ ) = 4,94A; berat 5,3 kg; dan dimensi 760 x 670 x 35 mm.



Gambar 2.2 Panel surya *mono-crystalline*

Sebagai hasil dari teknologi terbaru, panel surya monokristalin adalah yang paling efisien. menghasilkan jumlah daya listrik persatuan luas tertinggi. Dirancang untuk digunakan dalam kondisi alam yang ekstrem dan membutuhkan banyak listrik. Efisiensinya mencapai 15%. Kelemahannya adalah kurang efisien di tempat dengan sinar matahari yang kurang (teduh) dan efisiensinya turun drastis dalam cuaca berawan.

#### 2.4.2 Solar Charge Controller

*Solar Charge Controller* adalah bagian penting dari sistem pembangkit listrik tenaga surya karena bertanggung jawab untuk mengontrol arus yang dihasilkan oleh panel surya dan arus yang digunakan oleh beban. Tujuan utamanya adalah untuk melindungi baterai dari pengisian berlebihan.



Gambar 2.3 *Solar charge controller*

*Solar Charge Controller* melakukan regulasi terhadap tegangan dan arus yang masuk dari Panel Surya ke baterai. Sebagian besar Panel Surya 12 Volt menghasilkan tegangan keluaran sekitar 16 hingga 20 volt DC. Tanpa adanya

pengaturan, baterai dapat mengalami kerusakan akibat pengisian dengan tegangan yang berlebihan. Umumnya, baterai 12 Volt memerlukan tegangan pengisian sekitar 13 hingga 14,8 volt (tergantung pada tipe baterai) untuk dapat terisi penuh. Dengan *Solar Charge Controller*, proses pengisian baterai dapat diatur agar sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik baterai. Ini membantu melindungi baterai dari overcharging dan memastikan bahwa sistem pembangkit listrik tenaga surya beroperasi secara efisien dan aman. Penelitian ini menggunakan Solar Charge Controller (SCC) jenis MPPT merek *Techfine* dengan spesifikasi daya surya 60A; tegangan sistem 12V/24V/36V/48V; *PV input maximum open circuit voltage (V<sub>oc</sub>)* 150V DC; efisiensi hingga 97%; *solar panel rated input power* 12V 800W, 24V 1600W, 36V 2400W, 48V 3200W; dan dimensi 26 x 21,9 x 11 cm.

### 2.4.3 Inverter

Inverter adalah rangkaian yang berfungsi untuk mengubah tegangan DC (arus searah) menjadi tegangan AC (arus bolak-balik). Dengan kata lain, inverter mengalihkan tegangan dari sumber tegangan DC ke beban AC. Sumber tegangan DC yang dapat digunakan oleh inverter termasuk baterai, panel surya, atau sumber tegangan DC lainnya. Inverter termasuk dalam tiga kategori utama berdasarkan bentuk gelombang keluarannya: gelombang kotak (*square wave*), gelombang sinus dimodifikasi (*modified sine wave*), dan gelombang sinus murni (*pure sine wave*). Penelitian ini menggunakan inverter jenis *Pure Sine Wave* merek SUNYIMA dengan spesifikasi tegangan DC ke AC 220V; daya puncak 2000W; daya berkelanjutan 1000W; frekuensi output 50 Hz; dan dimensi 287 x 104 x 56 mm.



Gambar 2.4 Inverter pure sine wave

*Pure Sine Wave* adalah jenis gelombang pada inverter yang hampir menyerupai gelombang sinusoida sempurna. Gelombang ini memiliki *Total Harmonic Distortion (THD)* kurang dari 3%, sehingga dianggap sangat murni.

Inverter dengan *pure sine wave* output disebut juga sebagai *clean power supply*. *Pure Sine Wave* merupakan solusi ideal karena dapat menyediakan daya yang sangat stabil dan kualitas daya yang tinggi. Gelombang output yang hampir mirip dengan gelombang sinus murni membuatnya sangat cocok untuk semua jenis peralatan elektronika. Teknologi yang umumnya digunakan pada inverter jenis ini adalah *Pulse Width Modulation* (PWM), yang dapat mengubah tegangan DC menjadi AC dengan bentuk gelombang yang hampir identik dengan gelombang sinusoida. Kualitas daya yang tinggi ini menjadikan inverter *Pure Sine Wave* pilihan yang sangat baik untuk peralatan elektronik yang lebih sensitif, seperti komputer, peralatan medis, peralatan audio, dan peralatan rumah tangga lainnya. Meskipun harganya mungkin lebih tinggi dibandingkan dengan jenis inverter lainnya, keandalan dan kualitas daya yang superior membuatnya menjadi pilihan yang sangat dihargai untuk aplikasi yang membutuhkan kinerja optimal (Purwoto et al., 2018).

Cara kerja inverter dalam mengubah tegangan AC menjadi DC di mana sumber daya DC (misalnya, baterai atau panel surya) memberikan tegangan DC stabil ke inverter, yang kemudian osilator di dalam inverter menghasilkan sinyal AC yang berbentuk gelombang sinusoidal, tetapi dalam bentuk tegangan rendah. Sinyal ini memiliki frekuensi tertentu (misalnya, 50 Hz atau 60 Hz, tergantung pada wilayah). Selanjutnya sinyal AC dari osilator digunakan untuk mengontrol rangkaian switching (biasanya menggunakan MOSFET atau IGBT). Rangkaian ini secara cepat menghidupkan dan mematikan aliran arus DC dengan pola tertentu sehingga membentuk gelombang AC kasar yang mendekati bentuk sinusoidal. Gelombang AC kasar ini dilewatkan melalui transformator step-up, yang menaikkan tegangan AC dari level rendah (misalnya 12V atau 24V) ke tegangan AC yang lebih tinggi (misalnya 220V atau 110V, sesuai dengan standar jaringan listrik). Gelombang AC yang dihasilkan oleh transformator masih belum benar-benar sinusoidal. Oleh karena itu, filter (biasanya berupa induktor dan kapasitor) digunakan untuk menyaring harmonik dan merapikan bentuk gelombang menjadi lebih halus dan sinusoidal sempurna. Hasil akhirnya adalah tegangan AC dengan gelombang sinusoidal murni, yang dapat digunakan untuk menjalankan perangkat elektronik (Umam, 2017).

#### 2.4.4 Baterai

Terdapat beberapa jenis baterai yang dapat digunakan dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya, beberapa di antaranya: baterai *Lead Acid* dan baterai *Lithium ion (Li-ion)*. Penelitian ini menggunakan jenis baterai *Lead Acid* yaitu baterai VRLA merek Narada dengan spesifikasi kapasitas 100Ah 12V; batas arus pengisian maksimum 25A; dan berat 33 kg.



Gambar 2.5 Baterai VRLA

Baterai *Lead Acid* banyak digunakan dalam PLTS. Baterai VRLA (*valve regulated lead acid*), yang juga dikenal sebagai aki kering atau baterai *sealed lead acid (SLA)*, adalah salah satu jenis baterai yang termasuk dalam *lead acid*. Ketika baterai jenis ini terisi terlalu banyak, mereka tidak akan melembung.

#### 2.5 kWh Meter

kWh meter, atau yang dikenal juga sebagai meter listrik, adalah alat yang digunakan untuk mengukur dan merekam jumlah energi listrik yang digunakan oleh suatu beban atau konsumen dalam satuan *kilowatt-hour (kWh)*. kWh meter bekerja dengan mengukur arus listrik yang mengalir melalui kabel listrik dan memonitor waktu penggunaan energi (Taruno dkk., 2019).



Gambar 2.6 kWh Meter Stop Kontak



Penelitian ini menggunakan kWh meter stop kontak yang dapat digunakan untuk mengukur berapa kWh suatu peralatan yang digunakan. Misalkan untuk mengetahui berapa kWh yang dihabiskan oleh pompa per hari, per bulan dan seterusnya. Selain untuk mengukur daya, alat ini juga bisa digunakan untuk mengukur tegangan dan arus.

## 2.6 Multimeter

Multimeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur tegangan (Voltage), arus listrik (Ampere), dan resistansi (Ohm) dalam satu unit. Alat ini juga dikenal dengan sebutan Multitester atau AVOMeter (Ampere Volt Ohm Meter). Ada dua jenis multimeter berdasarkan cara menampilkan hasil pengukurannya, yaitu Multimeter Analog (AMM) dan Multimeter Digital (DMM). Penelitian ini menggunakan multimeter jenis digital agar pengambilan data pengujian lebih mudah dilakukan.



(a) UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (b)

Gambar 2.7 Jenis multimeter (a) multimeter digital (b) multimeter analog

Multimeter Analog menggunakan jarum penunjuk untuk menampilkan hasil pengukuran. Parameter yang akan diukur dan rentang ukur dipilih melalui saklar yang berbentuk lingkaran dengan garis penunjuk. Skala yang dibaca saat pengukuran sesuai dengan pilihan saklar dan rentang yang ditunjukkan.

Sebaliknya, Multimeter Digital menawarkan tampilan yang lebih sederhana dan mudah digunakan dibandingkan dengan Multimeter Analog. Multimeter Digital, yang juga dikenal sebagai DMM (*Digital Multi Meter*) atau DVOM (*Digital Volt Ohm Meter*), menggunakan layar LCD (*Liquid Crystal Display*) untuk menampilkan hasil pengukuran, menggantikan penggunaan jarum penunjuk. (Naim, 2022).

## 2.7 Lux Meter

Lux meter adalah alat yang digunakan untuk mengukur tingkat pencahayaan. Berdasarkan jenisnya, lux meter dibedakan menjadi dua tipe: lux meter analog dan lux meter digital.



Gambar 2.8 Jenis lux meter (a) lux meter analog (b) lux meter digital

Lux meter analog merupakan tipe awal yang menggunakan jarum penunjuk untuk mendeteksi intensitas cahaya. Sebaliknya, lux meter digital yang digunakan pada penelitian ini adalah versi yang lebih modern dan menampilkan hasil pengukuran dalam bentuk angka yang dapat langsung dibaca dengan jelas (Sutanto, 2017).

## 2.8 Analisis Efisiensi Panel Surya dan Baterai

Untuk menganalisis efisiensi penggunaan pembangkit listrik tenaga surya, dapat menggunakan beberapa metode atau rumus yang umum digunakan dalam evaluasi sistem panel surya.

### 2.8.1 Efisiensi Panel Surya

Efisiensi panel surya ditentukan melalui rasio atau perbandingan antara daya keluaran maksimum panel surya dengan ke daya masukan sinar matahari. Selanjutnya efisiensi panel surya dapat dihitung dengan rumus persamaan 2.1 (Dahliya, 2021).

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (2.1)$$

$$\eta = \frac{V \times I \times FF}{I_r \times A} \times 100\%$$

**Keterangan:**

$\eta$	= Efisiensi sel surya (%)
V	= Tegangan (volt)
I	= Arus (Ampere)
FF	= <i>Fill Factor</i> (%)
$I_r$	= Intensitas matahari ( $W/m^2$ )
A	= Luas permukaan panel surya ( $m^2$ )

Salah satu parameter yang menunjukkan kinerja sel surya adalah fill factor, yang merupakan besaran tak berdimensi yang menggambarkan perbandingan antara daya maksimum yang dihasilkan oleh sel surya dengan perkalian antara  $V_{oc}$  dan  $I_{sc}$ . Ketika nilai tahanan variabel sangat tinggi atau mendekati nol dalam sirkuit terbuka, nilai arus akan menjadi minimum (nol) tetapi tegangan akan mencapai maksimum. Dalam kasus lain, ketika nilai tahanan variabel mendekati nol, arus akan mencapai maksimum dan tegangan akan turun. Situasi ini dikenal sebagai arus hubung singkat ( $I_{sc}$ ). (Napitupulu, 2017).

**2.8.2 Efisiensi Baterai**

Efisiensi baterai pada sistem panel surya dapat dihitung melalui perbandingan antara energi yang digunakan oleh beban dengan kapasitas baterai. Pada penelitian ini menggunakan daya puncak panel surya 200 Wp dikalikan dengan jumlah jam penyinaran matahari efektif yaitu 5 jam sehingga energi yang dihasilkan  $200 \text{ Wp} \times 5 \text{ jam} = 1000 \text{ Wh}$ . Baterai dengan tipe *lead-acid* yang digunakan pada penelitian ini memiliki kapasitas 100 Ah dengan tegangan 12V sehingga kapasitas energi baterai  $100 \text{ Ah} \times 12\text{V} = 1200 \text{ Wh}$ . Selanjutnya efisiensi baterai dapat dihitung menggunakan rumus persamaan 2.2 (Rudiyanto, 2023).

$$\eta = \frac{\text{Energi yang digunakan oleh beban (Wh)}}{\text{Kapasitas baterai (Wh)}} \times 100\% \quad (2.2)$$

**2.8.3 Efisiensi Terhadap Biaya**

Efisiensi terhadap biaya adalah konsep yang mengukur seberapa efisien suatu sistem dalam menghasilkan hasil tertentu dibandingkan dengan biaya yang dikeluarkan untuk membangun, mengoperasikan, dan memelihara sistem tersebut. Penelitian ini menggunakan metode matriks LCOE (Levelized Cost of Energy)

untuk menghitung efisiensi terkait energi dan biaya. Perhitungan LCOE untuk masing-masing jenis pembangkit listrik menggunakan persamaan 2.3.

$$\text{LCOE} = \frac{\text{CapEx} + \sum \text{OpEx}}{\sum \text{Energi yang Dihasilkan per Tahun}} \quad (2.3)$$

**Keterangan:**

CapEx = Biaya instalasi awal panel surya

OpEx = Biaya operasional dan pemeliharaan sistem panel surya

Pada pembangkit listrik PLN, LCOE sama dengan biaya per kWh PLN yang sudah ditetapkan oleh pemerintah (Agyekum dkk., 2020).

## 2.9 Dampak Penggunaan Energi Pembangkit Listrik terhadap Lingkungan

### 2.9.1 Energi Konvensional

Penggunaan energi konvensional seperti batu bara dan minyak bumi dapat menimbulkan dampak yang sangat buruk bagi bumi. Selain kerusakan lingkungan (polusi dan pemanasan global), timbul juga rasa khawatir akan habisnya energi konvensional ini. Hal ini juga dapat menimbulkan dampak lingkungan yaitu efek rumah kaca. Gas rumah kaca ini mencakup karbon dioksida yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar fosil untuk energi listrik (Rachmananda dkk., 2018). Salah satu pembangkit listrik yang menggunakan energi konvensional adalah PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap). PLTU menjadi salah satu proyek yang menghasilkan polusi terbanyak di Indonesia. Batubara yang dipergunakan sebagai bahan bakar PLTU tersebut mengeluarkan berbagai polutan yang dapat menimbulkan pencemaran udara sampai hujan asam (Fiyaa, 2021).

### 2.9.2 Energi Terbarukan

Energi terbarukan merupakan sumber energi yang dapat dihasilkan secara terus menerus. Energi terbarukan berasal dari sumber-sumber alam yang melimpah di bumi, seperti matahari, angin, air, dan lain-lain. Energi terbarukan dapat menjadi pilihan untuk pembangkit listrik karena ramah lingkungan (rendah atau tidak ada limbah dan polusi) dan sumber energinya dapat diperbarui atau tidak akan pernah habis (Rachmananda dkk., 2018). Salah satu jenis pembangkit listrik yang memanfaatkan energi terbarukan adalah PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya).

Pemanfaatan pembangkit listrik tenaga surya tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca ke atmosfer. Setiap 1 kWp kapasitas pembangkit listrik tenaga surya dapat mengurangi emisi gas CO<sub>2</sub> sebesar 9,3 ton selama 25 tahun. (Djamin, 2010).

## 2.10 Penelitian Yang Relevan

Penelitian yang dilakukan oleh (Karaveli dkk., 2015) dalam penelitiannya "*Comparison of large scale solar PV (photovoltaic) and nuclear power plant investments in an emerging market*" penelitian ini mengkaji dan membandingkan investasi pembangkit listrik tenaga surya (fotovoltaik) skala besar dan pembangkit listrik tenaga nuklir di pasar negara berkembang atau lebih tepatnya Turki, dengan membandingkan biayanya, jumlah produksi listrik, potensi pengurangan CO<sub>2</sub>, dampak terhadap lingkungan, jumlah lahan yang dibutuhkan, waktu pengembalian modal, pendapatan dan keuntungan, waktu hidup dan durasi proyek. Hasil penelitian menunjukkan bahwa satuan biaya produksi listrik tenaga surya untuk Turki sesuai dengan biaya produksi listrik tenaga nuklir, jika daya yang terpasang adalah sama. Namun, dari segi jumlah total listrik yang dihasilkan selama masa pakai, tenaga nuklir hampir 9 kali lebih banyak dari tenaga solar. Jika mempertimbangkan jumlah total pengurangan CO<sub>2</sub> selama masa pakainya, tenaga nuklir 8 kali lebih besar dari tenaga surya. Serta luas lahan yang dibutuhkan untuk tenaga surya (PLTS) jauh lebih besar dari tenaga nuklir (PLTN), namun jika lahan cocok untuk merancang susunan panel surya secara bebas, area lahan dapat dikurangi.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Agyekum dkk., 2020) peneliti melakukan studi kasus guna mengkaji dua kemungkinan sumber energi yaitu energi nuklir dan surya, bagi negara-negara berkembang dengan studi kasus di Republik Ghana, dilakukan menggunakan matriks LCOE, yaitu matriks yang digunakan untuk mengevaluasi biaya rata-rata yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu unit listrik dalam suatu sistem energi selama jangka waktu operasionalnya. Peneliti menunjukkan bahwa Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (NPP) membutuhkan biaya konstruksi yang tinggi, sedangkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (SPP) memiliki biaya yang lebih rendah. Rekomendasi utama adalah agar pemerintah negara berkembang, terutama di Afrika, lebih fokus berinvestasi dalam

pembangunan SPP dalam jangka pendek hingga menengah. Ini diharapkan dapat membantu mentransformasi ekonomi dengan menyediakan energi bersih dan murah.

Penelitian lain oleh (Hindarti 2018) membuat inovasi otomatisasi sirkulasi air pada sistem akuaponik dengan menggunakan panel surya sebagai sumber energi alternatif. Hasil menunjukkan bahwa tegangan pompa yang digunakan 12 V didapatkan arus rata-rata pompa pada air kolam ikan sebesar 1,15 A. Pengukuran tegangan dan arus panel surya 50 Wp selama 3 hari dihasilkan pengukuran tertinggi rata-rata 12,68 V dan 1,75 A sedangkan pengukuran terendah 12,42 V dan 1,63 A. Sehingga dapat disimpulkan bahwa panel surya 50 Wp dapat memenuhi kebutuhan pompa untuk beroperasi mensirkulasikan air pada sistem akuaponik.



UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
SUMATERA UTARA MEDAN