

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Krisis energi yang terjadi di berbagai belahan dunia memotivasi penelitian dalam pemanfaatan energi terbarukan. Energi matahari adalah salah satu solusi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Solar cell, sebagai teknologi konversi energi matahari menjadi listrik, memiliki potensi besar terutama di wilayah tropis seperti Indonesia.

Air adalah salah satu kebutuhan dasar manusia, baik untuk keperluan hidup sehari-hari dari kebutuhan untuk minum dan masak, keperluan sanitasi, dan untuk kebutuhan yang menunjang agrobisnis dan proses produksi. Ketersediaan air yang memenuhi syarat untuk memenuhi kebutuhan masyarakat tersebut di atas, sering menjadi masalah, terutama pada daerah yang sumber air permukaannya sangat terbatas, atau air bawah tanahnya sangat dalam.

Meskipun teknologi dan peralatan pompa untuk memperoleh air telah tersedia dan mudah peroleh, tetapi pada daerah-daerah tertentu, ketersediaan tenaga penggerak pompa sering menjadi kendala, misalnya karena ketiadaan jaringan listrik PLN atau pada daerah yang sudah mampu menyediakan generator set (*genset*) tetapi sulit mendapat suplai BBM.

Pengembangan sistem pembangkit listrik dengan pemanfaatan energi lain selain bahan bakar diperlukan guna menunjang kebutuhan listrik masyarakat. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan suatu resolusi dalam menangani masalah ini. Pemanfaatan energi surya ini termasuk ke dalam energi terbarukan, ramah lingkungan dan tidak menimbulkan polusi.

Air bersih merupakan kebutuhan dasar manusia yang sangat penting untuk kesehatan, sanitasi, dan peningkatan kualitas hidup. Namun, di banyak daerah terpencil, ketersediaan air bersih masih sangat terbatas akibat keterbatasan infrastruktur, kualitas sumber air yang buruk, serta sulitnya akses energi untuk menjalankan teknologi pengolahan air.

Energi surya hadir sebagai salah satu solusi potensial karena sifatnya terbarukan, ramah lingkungan, dan melimpah terutama di wilayah tropis seperti Indonesia yang memiliki intensitas radiasi matahari rata-rata 4–6 kWh/m² per hari. Pemanfaatan energi panas surya melalui sistem penyulingan air (*solar still*) dapat menjadi alternatif sederhana dan berbiaya rendah untuk menghasilkan air layak konsumsi.

Akan tetapi, efektivitas teknologi ini masih perlu dikaji secara kuantitatif, terutama terkait seberapa besar potensi energi matahari dapat dikonversi menjadi air distilat yang sesuai dengan kebutuhan masyarakat. Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan untuk menghitung potensi energi surya, efisiensi sistem, serta volume air bersih yang dapat dihasilkan, sehingga dapat memberikan gambaran kelayakan teknis pemanfaatannya di daerah terpencil.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas maka dirumuskan beberapa masalah yang merupakan unsur-unsur penting dalam penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana mengembangkan dan memanfaatkan pembangkit listrik tenaga surya sebagai penyuplai energi skala kecil untuk sistem pompa air
2. Berapa besar potensi energi panas matahari yang dapat dimanfaatkan di daerah terpencil untuk proses penyulingan air?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas maka dirumuskan beberapa masalah yang merupakan unsur-unsur penting dalam penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana mengembangkan dan memanfaatkan pembangkit listrik tenaga surya sebagai penyuplai energi skala kecil untuk sistem pompa air
2. Berapa besar potensi energi panas matahari yang dapat dimanfaatkan di daerah terpencil untuk proses penyulingan air?

1.4 Tujuan Penelitian

Dengan demikian tujuan dari penelitian ini adalah;

1. Mengetahui kemampuan solar panel terhadap pengisian daya pada baterai dengan variasi sudut kemiringan 20° , 30° , 40° , 50° , 60° , dan 70°
2. Mengetahui kapasitas pompa dari daya yang di hasilkan terhadap variasi Head Statis (tinggi hisap pemompaan)

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini antara lain :

1. Walaupun tempat-tempat terpencil yang sulit akan jaringan listrik PLN atau sudah mempunyai generator set tapi sulit mendapat suplai BBM daerah tersebut masih bisa mendapatkan air bersih.
2. Pemanfaatan Teknologi Listrik Tenaga Surya untuk menggerakkan pompa air sangatlah ideal.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energi Matahari (Energi Surya)

Energi terbarukan merupakan energi yang diperoleh dari sumber daya alam yang dapat diperbarui, seperti matahari, angin, air, dan biomassa. Penggunaan energi terbarukan menjadi salah satu solusi dalam mengatasi krisis energi yang dihadapi oleh dunia akibat keterbatasan energi fosil.

Di antara berbagai jenis energi terbarukan, energi surya dianggap sebagai salah satu yang paling berpotensi di negara-negara tropis seperti Indonesia, yang mendapatkan paparan sinar matahari yang cukup sepanjang tahun (Sukardi, 2021). Solar cell atau sel surya adalah perangkat yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik melalui efek *fotovoltaik*. *Solar cell* terbuat dari material semikonduktor, seperti silikon, yang dapat menyerap foton dari sinar matahari dan melepaskan elektron, sehingga menghasilkan aliran listrik.

Menurut teori *fotovoltaik*, ketika energi foton lebih besar dari energi ikatan elektron, foton dapat memisahkan elektron dari atom dan menghasilkan aliran listrik. Teknologi ini sudah banyak dikembangkan dan diterapkan untuk berbagai keperluan, terutama pada alat elektronik yang membutuhkan sumber daya listrik. Matahari merupakan sumber energi yang bersih dan ramah lingkungan.

Energi ini sangat cocok digunakan pada negara tropis seperti di Indonesia, karena letak geografis Indonesia yang berada di atas garis katulistiwa maka Indonesia memiliki potensi energi surya yang sangat besar. Setiap hari, di Indonesia dapat diperoleh energi sebesar 4,8-6,0 kWh/m² pada bidang horizontal yang tidak terlindung, Energi ini dapat dimanfaatkan secara langsung maupun secara tidak langsung.

Energi surya adalah energi yang berupa sinar dan panas dari matahari. Energi ini dapat dimanfaatkan dengan menggunakan serangkaian teknologi seperti pemanas surya, *fotovoltaik* surya, listrik panas surya, arsitektur surya, dan fotosintesis buatan.

Sumber energi matahari berasal dari reaksi fusi, yaitu penggabungan inti – inti atom Hidrogen membentuk inti – inti atom Helium. Akibat reaksi kimia pada inti Matahari, maka terjadi pengurangan massa Matahari yang berubah menjadi energi Matahari. Untuk menghitung potensi energi panas matahari dirumuskan:

$$\text{kWh} = (W \times t) / 1000$$

$$\text{kWh} = \text{Energi Matahari}$$

$$W = \text{Daya Panel/Watt}$$

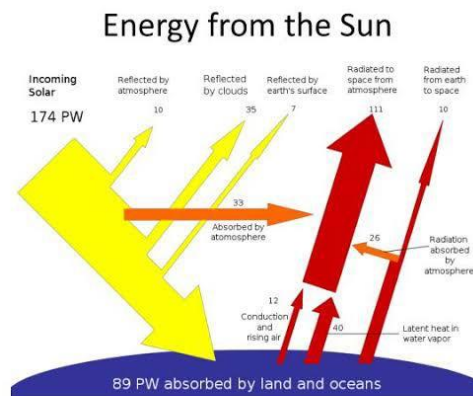
$$t = \text{Waktu Energi Sinar Matahari/jam}$$

Teknologi energi surya secara umum dikategorikan menjadi dua kelompok, yakni teknologi pemanfaatan pasif dan teknologi pemanfaatan aktif. Pengelompokan ini tergantung pada proses penyerapan, pengubahan, dan penyaluran energi surya. Contoh pemanfaatan energi surya secara aktif adalah penggunaan panel *fotovoltaik* dan panel penyerap panas. Contoh pemanfaatan energi surya secara pasif meliputi mengarahkan bangunan ke arah matahari,

memilih bangunan dengan massa termal atau kemampuan dispersi cahaya yang baik dan merancang ruangan dengan sirkulasi udara alami.

Pada tahun 2011, Badan Energi Internasional menyatakan bahwa “perkembangan teknologi energi surya yang terjangkau, tidak habis, dan bersih akan memberikan keuntungan jangka panjang yang besar”. Perkembangan ini akan meningkatkan keamanan energi negara- negara melalui pemanfaatan sumber energi yang sudah ada, tidak habis dan tidak tergantung pada impor, meningkatkan kesinambungan, mengurangi polusi, mengurangi biaya mitigasi perubahan iklim, dan menjaga harga bahan bakar fosil tetap rendah dari sebelumnya. Keuntungan – keuntungan ini berlaku global.

Oleh sebab itu, biaya insentif tambahan untuk pengembangan awal selayaknya dianggap sebagai investasi untuk pembelajaran, investasi ini harus digunakan secara bijak dan perlu dibagi bersama.



Gambar 2.1. Energi dari Matahari

Bumi menerima 174 petawatt (PW) radiasi surya yang datang (*insolasi*) di bagian atas dari atmosfer. Sekitar 30% dipantulkan kembali ke luar angkasa, sedangkan sisanya diserap oleh awan, lautan, dan daratan. Sebagian besar spektrum

cahaya matahari yang sampai di permukaan Bumi berada pada jangkauan spektrum sinar tampak dan infra merah dekat. Sebagian kecil berada pada rentang ultraviolet dekat.

Permukaan darat, samudra dan atmosfer menyerap radiasi surya, dan hal ini mengakibatkan temperatur naik. Udara hangat yang mengandung uap air hasil penguapan air laut meningkat dan menyebabkan sirkulasi atmosferik atau konveksi. Ketika udara tersebut mencapai posisi tinggi, di mana temperatur lebih rendah, uap air mengalami kondensasi membentuk awan, yang kemudian turun ke Bumi sebagai hujan dan melengkapi siklus air. Panas laten kondensasi air menguatkan konveksi, dan menghasilkan fenomena atmosferik seperti angin, siklon, dan anti-siklon. Cahaya matahari yang diserap oleh lautan dan daratan menjaga temperatur rata – rata permukaan pada suhu 14°C. Melalui proses fotosintetis, tanaman hijau mengubah energi surya menjadi energi kimia, yang menghasilkan makanan, kayu, dan bio massa yang merupakan komponen awal bahan bakar fosil.

Total energi surya yang diserap oleh atmosfer, lautan, dan daratan Bumi sekitar 3.850.000 eksajoule (EJ) per tahun. Pada tahun 2002, jumlah energi ini dalam waktu satu jam lebih besar dibandingkan jumlah energi yang digunakan dunia selama satu tahun. Fotosintetis menyerap sekitar 3.000 EJ pertahun dalam bentuk bio massa.

Potensi teknis yang tersedia dari biomassa adalah 100 – 300 EJ per tahun. Jumlah energi surya yang mencapai permukaan planet Bumi dalam waktu satu tahun sangatlah besar. Jumlah ini diperkirakan dua kali lebih banyak dibandingkan dengan semua sumber daya alam Bumi yang tidak terbarukan yang bisa diperoleh digabungkan, seperti batubara, minyak bumi, gas alam, dan uranium.

Tabel 2. 2 : Konsumsi Energi Manusia

Fluks energi surya pertahun dan konsumsi energi manusia	
Energi surya	3.850.000 EJ ⁸
Angin	2.250 EJ ⁹
Potensi biomassa	100-300EJ ¹⁰
Penggunaanenergiutama(2010)	539 EJ ¹¹
Listrik (2010)	66,5 EJ ¹²

Energi Surya dapat dimanfaatkan pada berbagai tingkatan di seluruh dunia, yang utamanya bergantung pada jarak dari khatulistiwa.

2.2. Penerapan Teknologi Surya

Energi surya umumnya merujuk pada penggunaan radiasi, surya untuk kebutuhan praktis. Tetapi, semua energi terbarukan, kecuali geotermal dan pasang surut, berasal dari matahari.

Teknologi surya dikategorikan secara umum menjadi: teknologi pasif dan teknologi aktif, tergantung pada cara penyerapan, konversi, dan penyaluran cahaya matahari. Teknologi aktif meliputi penggunaan panel *fotovoltaik*, pompa, dan kipas untuk mengubah energi surya ke bentuk yang berguna. Teknologi pasif meliputi pemilihan bahan konstruksi yang memiliki sifat termal yang bagus, perancangan ruangan dengan sirkulasi udara secara alami, dan menghadapkan bangunan ke matahari. Teknologi aktif meningkatkan persediaan listrik dan disebut sebagai teknologi sisi penawaran, sedangkan teknologi pasif mengurangi kebutuhan sumber daya alam lain dan disebut sebagai teknologi sisi permintaan.

2.3. Produksi Listrik

Tenaga surya adalah proses pengubahan cahaya matahari menjadi listrik, baik secara langsung menggunakan *fotovoltaik*, atau secara tak langsung menggunakan tenaga surya terpusat (*concentrated solar power*, CSP). Sistem CSP menggunakan lensa atau cermin dan sistem lacak untuk memfokuskan paparan cahaya matahari yang luas menjadi seberkas sinar yang kecil. PV mengubah cahaya menjadi aliran listrik menggunakan efek *fotolistrik*.

Pembangkit CSP komersial pertama kali dikembangkan pada tahun 1980an. Sejak tahun 1985, pemasangan SEGS CSP berkapasitas 354 MW di gurun Mojave, California adalah pembangkit listrik surya terbesar di dunia.

Pembangkit listrik CSP lain meliputi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Solnova berkapasitas 150 MW dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Andasol berkapasitas 100 MW; keduanya berada di Spanyol. Proyek Surya Agua Caliente berkapasitas 250 MW di Amerika Serikat dan Lahan Surya Charanka berkapasitas 221 MW di India adalah pembangkit *fotovoltaik* terbesar di dunia. Proyek surya melebihi 1 GW sedang dikerjakan, tapi kebanyakan *fotovoltaik* dipasang di atap-atap dengan ukuran kapasitas kecil, yakni kurang dari 5 kW, yang terhubung dengan saluran listrik menggunakan meteran net dan/atau tarif feed-in.

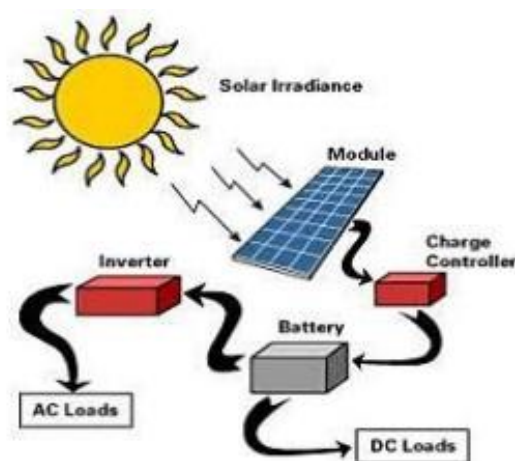
2.3.1. Tenaga Terpusat

Sistem tenaga surya terpusat (*concentrated solar power*, CSP) menggunakan lensa atau cermin dan sistem lacak untuk memfokuskan paparan sinar matahari yang luas menjadi seberkas cahaya kecil. Seberkas cahaya tersebut kemudian digunakan sebagai sumber panas untuk pembangkit listrik konvensional.

Terdapat sejumlah besar teknologi pemusatan; yang paling berkembang adalah cekungan parabola, pemantul fresnel linear, piringan Stirling, dan menara tenaga surya. Di sistem-sistem ini, fluida kerja dipanaskan oleh cahaya matahari yang dipusatkan, dan fluida kerja ini kemudian digunakan untuk membangkitkan listrik atau sebagai penyimpan energi.

2.3.2. Fotovoltaik

Pada siang hari modul surya/panel *Solar Cell* menerima cahaya matahari yang kemudian diubah menjadi listrik melalui proses *Photovoltaic*. Energi listrik yang dihasilkan oleh modul surya dapat langsung disalurkan ke beban atau disimpan dalam baterai sebelum digunakan ke beban. Dan arus searah DC (*Direct Current*) yang dihasilkan dari modul surya yang telah tersimpan dalam baterai sebelum digunakan ke beban terlebih dahulu. Ilustrasi prinsip kerja *Solar Cell* sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Konsep kerja solar cell (*Photovoltaic*)

Sel surya atau *sel fotovoltaik*, adalah peralatan yang mengubah cahaya menjadi aliran listrik dengan menggunakan efek *fotovoltaik*. *Sel fotovoltaik* pertama dibuat oleh Charles Fritts pada tahun 1880an. Pada tahun 1931, seorang insinyur Jerman, Dr. Bruno Lange, membuat *sel fotovoltaik* menggunakan perak *selenida* ketimbang tembaga oksida. Walaupun sel selenium purwa rupa ini mengubah kurang dari 1% cahaya yang masuk menjadi listrik, Ernst Werner von Siemens dan James Clerk Maxwell melihat pentingnya penemuan ini. Dengan mengikuti kerja Russel Ohl pada tahun 1940an, peneliti Gerald Pearson, Calvin Fuller, dan Daryl Chapin membuat sel surya silikon pada tahun 1954. Biaya sel surya ini 286 dollar AS per watt dan mencapai efisiensi 4,5 - 6 %. Menjelang tahun 2012, efisiensi yang tersedia melebihi 20% dan efisiensi maksimum *fotovoltaik* penelitian melebihi 40%.

2.4. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit listrik tenaga surya adalah pembangkit listrik yang mengubah energi surya menjadi energi listrik. Pembangkitan listrik bisa dilakukan dengan dua cara, yaitu secara langsung menggunakan *fotovoltaik* dan secara tidak langsung dengan pemusatan energi surya. *Fotovoltaik* mengubah secara langsung energi cahaya menjadi listrik menggunakan efek *fotoelektrik*. Pemusatan energi surya menggunakan sistem lensa atau cermin dikombinasikan dengan sistem pelacak untuk memfokuskan energi matahari ke satu titik untuk menggerakkan mesin kalor.

Besarnya pemakaian energi dirumuskan :

(Rumus 2.1)

$$W = I^2 \times R \times t$$

Keterangan:

W = Pemakaian Energi

I = Arus pada Beban

R = Hambatan pada beban (konstan)

t = Waktu yang di gunakan

Energi surya atau matahari telah dimanfaatkan di banyak belahan dunia dan jika dieksploitasi dengan tepat, energi ini berpotensi mampu menyediakan kebutuhan konsumsi energi dunia saat ini dalam waktu yang lebih lama. Matahari dapat digunakan secara langsung untuk memproduksi listrik atau untuk memanaskan bahkan untuk mendinginkan.

Ada banyak cara untuk memanfaatkan energi dari matahari. Tumbuhan mengubah sinar matahari menjadi energi kimia dengan menggunakan fotosintesis. Memanfaatkan energi ini dengan memakan dan membakar kayu. Bagaimanapun, istilah “tenaga surya” mempunyai arti mengubah sinar matahari secara langsung menjadi panas atau energi listrik untuk kegunaan.

Dua tipe dasar tenaga matahari adalah “sinar matahari” dan “*Photovoltaic*” (photo = cahaya, voltaic = tegangan). *Photovoltaic* tenaga matahari melibatkan pembangkit listrik dari cahaya. Rahasia dari proses ini adalah penggunaan bahan semi konduktor yang dapat disesuaikan untuk melepas elektron, partikel bermuatan *negative* yang membentuk dasar listrik.

Bahan semi konduktor yang paling umum dipakai dalam sel *Photovoltaic* adalah silikon, sebuah elemen yang umum di temukan di pasir. Semua sel *Photovoltaic* mempunyai paling tidak dua lapisan semikonduktor seperti itu, satu bermuatan positif dan satu bermuatan negatif. Ketika cahaya bersinar pada semi konduktor, leading listrik menyeberang sambungan di antara dua lapisan menyebabkan listrik mengalir, membangkitkan arus DC. Semakin kuat cahaya yang diterima, semakin kuat pula aliran listrik yang didapatkan.

Sistem *Photovoltaic* tidak membutuhkan cahaya matahari yang terang untuk beroperasi. Sistem ini juga membangkitkan listrik di saat hari mendung, dengan energi keluar yang sebanding ke berat jenis awan. Berdasarkan pantulan sinar matahari dari awan, hari – hari mendung dapat menghasilkan angka energi yang lebih tinggi dibandingkan saat langit biru sedang yang benar – benar cerah.

Cara kerja sel surya adalah dengan memanfaatkan teori cahaya sebagai partikel. Sebagaimana diketahui bahwa cahaya baik yang tampak maupun yang tidak tampak memiliki dua buah sifat yaitu dapat sebagai gelombang dan dapat sebagai partikel yang disebut dengan photon. Penemuan ini pertama kali diungkapkan oleh Einsten pada tahun 1905. Energi yang di pancarkan oleh sebuah cahaya dengan kecepatan c dan panjang gelombang, dirumuskan dengan persamaan;

(Rumus 2.2)

$$E = h \cdot (c / \lambda)$$

Ket : E = Energi (Joule)

h = Konstanta Plancks (6.62×10^{-34} J.s)

c = kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)

λ = panjang gelombang

Persamaan di atas juga menunjukkan bahwa photon dapat dilihat sebagai sebuah partikel energi atau sebagai gelombang dengan panjang gelombang dan frekuensi tertentu. Dengan menggunakan sebuah divais semikonduktor yang memiliki permukaan yang luas dan terdiri dari rangkaian dioda tipe p dan n, cahaya yang datang akan mampu dirubah menjadi energi listrik. Hingga saat ini terdapat beberapa jenis solar sel yang berhasil dikembangkan oleh para peneliti untuk mendapatkan device solar sel yang memiliki efisiensi yang tinggi atau untuk mendapatkan device solar sel yang murah dan mudah dalam pembuatannya.

Panel surya biasanya memiliki umur 20+tahun yang biasanya dalam jangka waktu tersebut pemilik panel surya tidak akan mengalami penurunan efisiensi yang signifikan. Namun, meskipun dengan kemajuan teknologi mutakhir, sebagian besar panel surya komersial saat ini hanya mencapai efisiensi 15% dan hal ini tentunya merupakan salah satu alasan utama mengapa industry energy surya masih tidak dapat bersaing dengan bahan bakar fosil. Panel surya komersial sangat jarang yang melampaui efisiensi 20%.

Karena peralatan rumah saat ini berjalan di *Alternating Current* (AC), panel surya harus memiliki power inverter yang mengubah arus *Direct Current* (DC) dari sel surya menjadi *Alternating Currnet* (AC).

Posisi ideal panel surya adalah menghadap langsung ke sinar matahari (untuk memastikan efisiensi maksimum). Panel surya modern memiliki perlindungan *overheating* yang baik dalam bentuk semen konduktif termal. Perlindungan *overheating* penting dikarenakan panel surya mengkonversi kurang dari 20% dari energy surya yang ada menjadi listrik, sementara sisanya akan terbangun sebagai panas, dan tanpa perlindungan yang memadai kejadian *overheating* dapat

menurunkan efisiensi panel surya secara signifikan.

Panel Surya sangat mudah dalam hal pemeliharaan karena tidak ada bagian yang bergerak. Satu-satunya hal yang harus dikhawatirkan adalah memastikan untuk menyingkirkan segala hal yang dapat menghalangi sinar matahari ke panel surya tersebut.

2.4.1. Panel Surya (*Solar Cell*)

Tenaga listrik dari cahaya matahari pertama kali ditemukan oleh Alexandre – Edmund Becquerel seorang ahli fisika Perancis pada tahun 1839. Temuannya ini merupakan cikal bakal teknologi *solar cell*. Percobaannya dilakukan dengan menyinari 2 elektrode dengan berbagai macam cahaya. Elektrode tersebut di balut (*coated*) dengan bahan yang sensitif terhadap cahaya, yaitu *AgCl* dan *AgBr* dan dilakukan pada kotak hitam yang dikelilingi dengan campuran asam. Dalam percobaannya ternyata tenaga listrik meningkat mana kala intensitas cahaya meningkat.

Selanjutnya penelitian dari Bacquerel dilanjutkan oleh peneliti-peneliti lain. Tahun 1873 seorang insinyur Inggris Willoughby Smith menemukan Selenium sebagai suatu elemen *photo conductivity*. Kemudian tahun 1876, William Grylls dan Richard Evans Day membuktikan bahwa Selenium menghasilkan arus listrik apabila disinari dengan cahaya matahari. Hasil penemuan mereka menyatakan bahwa Selenium dapat mengubah tenaga matahari secara langsung menjadi listrik tanpa ada bagian bergerak atau panas. Sehingga disimpulkan bahwa *solar cell* sangat tidak efisien dan tidak dapat digunakan untuk menggerakkan peralatan listrik. Tahun 1894 Charles Fritts membuat *Solar Cell* pertama yang sesungguhnya yaitu suatu bahan semi *conductor* (selenium) dibalut

Panel Surya adalah sebuah alat yang dibuat dengan tujuan untuk membuat energy listrik dari sinar matahari. Sedangkan sel surya adalah bagian terkecil penyusun panel surya yang disebut sebagai sel *Photovoltaic* atau pv. Disitulah letaknya perbedaan sel surya dan panel surya.

Pengertian panel surya dan fungsinya dalam merubah sinar matahari menjadi listrik sebenarnya juga dapat dilakukan dengan mengambil panas matahari untuk membangkitkan generator listrik, tetapi hal ini kurang populer. Kebanyakan, dalam menjalankan tugasnya untuk menyerap energy dari matahari, pv selalu tergantung kepada efek *Photovoltaic*. Sistem kerja ini akan menimbulkan aliran arus diantara dua lapisan yang muatannya saling berlawanan.

dengan lapisan tipis emas. Tingkat efisiensi yang dicapai baru 1% sehingga belum juga dapat dipakai sebagai sumber energi, namun kemudian dipakai sebagai sensor cahaya. Tahun 1905 Albert Einstein mempublikasikan tulisannya mengenai *photoelectric effect*. Tulisannya ini mengungkapkan bahwa cahaya terdiri dari paket-paket atau "*quanta of energi*" yang sekarang ini lazim disebut "*photon*". Teorinya ini sangat sederhana tetapi revolusioner.

Kemudian tahun 1916 pendapat Einstein mengenai *photoelectric effect* dibuktikan oleh percobaan Robert Andrew Millikan seorang ahli fisika berkebangsaan Amerika dan ia mendapatkan Nobel Prize untuk karya *photoelectric effect*.

Tahun 1923 Albert Einstein akhirnya juga mendapatkan *Nobel Prize* untuk teorinya yang menerangkan *photoelectric effect* yang dipublikasikan 18 tahun sebelumnya. Hingga tahun 1980-an efisiensi dari hasil penelitian terhadap *solar cell* masih sangat rendah sehingga belum dapat digunakan sebagai sumber daya listrik.

Tahun 1982, Hans Tholstrup seorang Australia mengendarai mobil bertenaga surya pertama untuk jarak 4000 km dalam waktu 20 hari dengan kecepatan maksimum 72 km/jam.

Tahun 1985 *University of South Wales Australia* memecahkan rekor efisiensi *solar cell* mencapai 20% dibawah kondisi satu cahaya matahari. Tahun 2007 *University of Delaware* berhasil menemukan *solar cell technology* yang efisiensinya mencapai 42.8% Hal ini merupakan rekor terbaru untuk “*thin film Photovoltaic solar cell.*” Perkembangan dalam riset *solar cell* telah mendorong komersialisasi dan produksi *solar cell* untuk penggunaannya sebagai sumber daya listrik.

Solar panel adalah konversi cahaya sinar matahari menjadi listrik, baik secara langsung dengan menggunakan *Photovoltaic*, atau tidak langsung dengan menggunakan tenaga surya terkonsentrasi sehingga menghasilkan tenaga listrik untuk rumah Anda atau untuk perusahaan Anda. Solar panel Sebagai sistem tenaga surya yang lebih efisien dan lebih terjangkau untuk mengambil keuntungan dari manfaat ekonomi dan lingkungan.

Solar panel tidak hanya hanya digunakan di rumah- rumah, surya panel digunakan dalam Kawasan dan daerah terpencil lokasi sekolah yang kekurangan listrik,, masyarakat dan peralatan telekomunikasi dan pompa air.

Untuk mendapatkan hasil maksimal dari sistem surya panel Anda, itu layak menghabiskan beberapa waktu untuk meneliti sistem tenaga surya untuk memastikan Anda membuat keputusan terbaik saat membeli sebuah sistem solar panel.

Keunggulan Panel Surya

- ❖ Ramah lingkungan
- ❖ Pemasangan yang mudah
- ❖ Tidak memerlukan bahan bakar minyak
- ❖ Tahan lama
- ❖ Kapasitas daya listrik yang dapat di tambah sesuai kebutuhan
- ❖ Harga solar panel yang terjangkau

Sebuah sel surya, atau sel *Photovoltaic* (sebelumnya disebut "baterai surya), adalah perangkat listrik yang mengubah energi cahaya langsung menjadi listrik oleh efek *fotovoltaik*, yang merupakan fenomena fisik dan kimia. Ini adalah bentuk dari sel fotolistrik, yang didefinisikan sebagai perangkat yang listrik karakteristik, seperti arus, tegangan, atau perlawanan, bervariasi bila terkena cahaya. sel surya adalah blok bangunan dari modul *fotovoltaik*, atau dikenal sebagai panel surya.

Sel surya digambarkan sebagai *fotovoltaik*, terlepas dari apakah sumbernya adalah sinar matahari atau cahaya buatan. Mereka digunakan sebagai Sensor cahaya (misalnya detektor inframerah), mendeteksi cahaya atau radiasi elektromagnetik lainnya di dekat kisaran terlihat, atau mengukur intensitas cahaya.

Operasi dari sebuah sel *Photovoltaic* (PV) membutuhkan tiga atribut dasar:

- Penyerapan cahaya, menghasilkan baik pasangan elektron-lubang atau excitons.
- Pemisahan pembawa muatan dari jenis yang berlawanan
- Ekstraksi terpisah dari operator itu untuk sirkuit eksternal

Sebaliknya, kolektor panas matahari memasok panas dengan menyerap sinar matahari, untuk tujuan baik pemanasan langsung atau pembangkit tenaga listrik tidak langsung dari panas. Sebuah "photoelectrolytic sel" (sel fotoelektrokimia), di sisi lain, mengacu baik ke jenis *sel fotovoltaik* (seperti yang dikembangkan oleh *Edmond Becquerel* dan *dye-sensitized solar sel* modern).



Gambar 2.3. *Solar Cell*

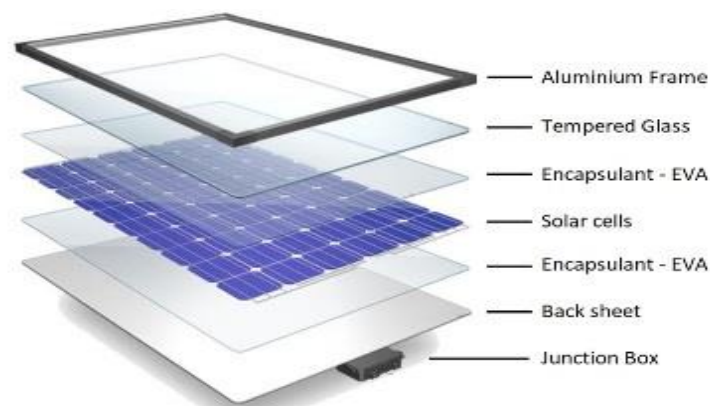
2.5. Komponen Utama Solar Panel

Solar panel adalah perangkat yang mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik menggunakan prinsip efek fotovoltaik. Modul ini terdiri dari beberapa komponen penting yang bekerja secara bersama-sama untuk menghasilkan listrik dengan efisien dan aman.

Fotovoltaik (PV) adalah teknologi yang mengubah energi cahaya matahari menjadi listrik menggunakan sel surya (panel surya). Proses ini terjadi melalui efek fotovoltaik, di mana panel menyerap foton (partikel cahaya) dan melepaskan elektron, menciptakan arus listrik. Energi ini dapat digunakan langsung, terhubung ke jaringan listrik, atau disimpan untuk digunakan kemudian, menjadikannya sumber energi terbarukan yang bersih

2.5.1. Photovoltaik Modul

Modul *Photovoltaic* atau biasa disebut modul surya adalah perangkat yang terdiri dari bahan semikonduktor seperti silikon, galium arsenide dan kadmium telluride, dll yang mengubah sinar matahari langsung menjadi listrik. Ketika solar cell menyerap sinar matahari, elektron – elektron bebas dan lubang – lubang membuat sambungan positif / negatif, dan ketika dihubungkan dengan beban DC, maka arus listrik akan mengalir ke beban tersebut.



Gambar 2.4. Komponen *Solar System*

Jenis – jenis sel surya, dilihat dari bahan pembuatannya terdiri dari;

2.5.2. Crystalline Silicon PV Module (c-Si)

Terdiri dari single crystalline silicon atau dikenal sebagai silikon monocrystalline dan multi-crystalline silikon, juga disebut silikon polikristalin.

Module PV *The Polycrystalline silicon* memiliki efisiensi konversi yang lebih rendah dari module PV *single crystalline silicon* tetapi keduanya memiliki efisiensi konversi tinggi yang rata – rata sekitar 10 – 12%.

2.5.3. Amorphous Silicon PV Module PV (a-Si)

Module Amorphous Silicon (a-Si) atau modul PV film tipis silikon menyerap cahaya lebih efektif daripada Module PV *crystalline silicon*, sehingga dapat dibuat lebih tipis. Cocok untuk semua aplikasi dengan efisiensi tinggi dan dengan biaya rendah adalah penting. Efisiensi dari module PV *Amorphous Sillicon* adalah sekitar 6%.

2.5.4. Hybrid Sillicon PV Module

Sebuah kombinasi dari silikon *single crystalline* yang dikelilingi oleh lapisan tipis *Amorphous sillicon* yang memberikan sensitivitas yang sangat baik untuk tingkat cahaya rendah atau cahaya tidak langsung. *Hybrid Sillicon PV Module* memiliki efisiensi konversi yang tertinggi yaitu sekitar 17%.

Bahan semikonduktor saat ini yang paling sering digunakan untuk produksi *Solar Cell* adalah silikon, dimana memiliki beberapa keuntungan diantaranya; dapat dengan mudah ditemukan di alam, tidak mencemari, tidak merusak lingkungan dan dapat dengan mudah mencair, dan dibentuk menjadi bentuk *sillicon monocrystalline*, dll. Pada umumnya Solar cell dikonfigurasi sebagai sambungan *alarge – area p – n* daerah yang terbuat dari sillikon.

Besaran arus listrik yang dapat dikonversi dari energi matahari menjadi arus listrik diukur dalam satuan *wattpeak* (WP), artinya kalau modul surya berukuran 100 WP, maka dalam satu jam akan mengeluarkan arus sebesar 100 watt. Apabila arus yang dibutuhkan lebih besar dari keluaran modul surya, maka modul surya dipasang beberapa unit membentuk suatu *array*.

2.6. Solar Charge Controller

Solar Charge Controller adalah suatu alat kontrol yang berfungsi untuk mengatur tegangan dan arus yang dikeluarkan dari modul surya, melakukan proses pengisian battery, mencegah battery dari pengisian yang berlebihan, juga mengendalikan proses discharge.

Charge Controller menerapkan teknologi *Pulse Width Modulation* (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban. Panel surya/ Solar Cell 12 volt umumnya memiliki tegangan output 16 – 21 Volt. Jadi tanpa *Charge Controller*, baterai akan rusak oleh *over-charging* dan ketidakstabilan tegangan. Baterai umumnya di-charge pada tegangan 14 – 14,7 Volt. Beberapa fungsi detail dari *charge controller* adalah sebagai berikut;

- Mengatur arus untuk pengisian ke baterai, menghindari *overcharging*, dan *over voltage*.
- Mengatur arus yang dibebaskan / diambil dari baterai agar baterai tidak “*full discharge*” dan *overloading*.
- *Monitoring* temperatur Battery.

Untuk membeli *charge controller* yang harus diperhatikan adalah:

- ❖ Voltage 12 Volt DC / 24 Volt DC
- ❖ Kemampuan (dalam arus searah) dari *controller*. Misalnya 5 Ampere, 10 Ampere, dsb.
- ❖ *Full charge* dan low Voltage cut.

Seperti yang telah disebutkan di atas charge controller yang baik biasanya mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari turbin angin berhenti. Cara deteksi adalah melalui monitor level tegangan batere. charge controller akan mengisi baterai sampai level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan drop, maka baterai akan di isi kembali



Gambar 2.5. Solar Charge Controller

2.7. Baterai

Baterai (Battery) adalah sebuah alat yang dapat merubah energi kimia yang disimpannya menjadi energi Listrik yang dapat digunakan oleh suatu perangkat Elektronik. Hampir semua perangkat elektronik yang portabel seperti Handphone, Laptop, Senter, ataupun Remote Control menggunakan Baterai sebagai sumber listriknya. Dengan adanya Baterai, kita tidak perlu menyambungkan kabel listrik

untuk dapat mengaktifkan perangkat elektronik kita sehingga dapat dengan mudah dibawa kemana-mana. Dalam kehidupan kita sehari-hari, kita dapat menemui dua jenis Baterai yaitu Baterai yang hanya dapat dipakai sekali saja (*Single Use*) dan Baterai yang dapat di isi ulang (*Insulated-Gate Bipolar Transistors*)



Gambar 2.6. Baterai

2.8. Inverter

Inverter merupakan perangkat elektronik yang dapat mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC yang output nilai amplitude dan frekuensinya dapat diatur (Rashid, 2014). Variabel tegangan output ini dapat diperoleh dengan input Width Modulation (PWM). tegangan DC variable dan mengatur penguat (gain) dari konstanta inverter, yaitu perbandingan dari tegangan output AC terhadap tegangan input DC.

Umumnya input tegangan DC bernilai tetap sehingga untuk mengatur besarnya nilai tegangan keluaran yaitu adalah mengatur penguatan (gain) inverter dengan Pulse Pulse Width Modulation (PWM) digunakan untuk mengatur modulasi pensakelaran, dengan mengatur kondisi sakelar on/off terhadap waktu.

Pengaturan waktu ini dapat diwakilkan dengan mengatur besarnya frekuensi yang diberikan pada rangkaian pensakelaran. Gelombang sinusoidal merupakan gelombang ideal yang seharusnya dihasilkan oleh inverter, namun nyatanya gelombang yang dibangkitkan oleh inverter bukanlah sinusoidal serta mengandung harmonik.

Untuk dapat menghasilkan bentuk gelombang sinusoidal, frekuensi tinggi dibebankan kepada rangkaian pensaklaran. Upaya mengurangi harmonic pada tegangan keluaran dapat dikurangi dengan perancangan atau modifikasi topologi inverter dan teknik modulasi.

Kontrol pensaklaran umumnya menggunakan metode kontrol sinyal PWM untuk menghasilkan tegangan output AC. Masing-masing jenis dapat dikontrol kondisi on dan off perangkat semikonduktornya seperti *Metal Oxide Semiconductor Field-Effect Transistors* (MOSFET), Bipolar Junction Transistors (BJTs), *Insulated-Gate Bipolar Transistors* (IGBTs) dan lainnya (Rashid, 2014).

Inverter satu fasa terdiri dari dua buah kapasitor untuk mendapatkan titik N agar dapat menjaga tegangan setiap kapasitor $V_i/2$ bernilai konstan. Terdapat juga empat buah sakelar yang bekerja secara elektronis yaitu (switch) S1, S2, S3, S4 yang dikelompokkan menjadi dua buah sisi sakelar yaitu S1, S4 dan S2, S3 seperti pada Gambar 2.1. Ketika S1 dan S4 ON maka akan menghasilkan tegangan pada beban sebesar $+V$ dan ketika S2 dan S3 ON maka akan menghasilkan tegangan pada beban yang nilainya negative $-V$. Nilai rms tegangan keluaran dapat dituliskan dalam persamaan

Kontrol pensaklaran umumnya menggunakan metode kontrol sinyal PWM untuk menghasilkan tegangan output AC. Masing-masing jenis dapat dikontrol kondisi on dan off perangkat semikonduktornya seperti Metal Oxide Semiconductor Field-Effect Transistors (MOSFET), Bipolar Junction Transistors (BJTs), Insulated-Gate Bipolar Transistors (IGBTs) dan lainnya (Rashid, 2014).

Inverter satu fasa terdiri dari dua buah kapasitor untuk mendapatkan titik N agar dapat menjaga tegangan setiap kapasitor $V_i/2$ bernilai konstan. Terdapat juga empat buah sakelar yang bekerja secara elektronis yaitu (switch) S1, S2, S3, S4 yang dikelompokkan menjadi dua buah sisi sakelar yaitu S1, S4 dan S2, S3 seperti pada Gambar 2.1. Ketika S1 dan S4 ON maka akan menghasilkan tegangan pada beban sebesar $+V$ dan ketika S2 dan S3 ON maka akan menghasilkan tegangan pada beban yang nilainya negative $-V$. Nilai rms tegangan keluaran dapat dituliskan dalam persamaan



Gambar 2.7. Inverter

2.9. Pompa Air

Pompa adalah alat yang digunakan untuk memindahkan cairan (fluida) dari suatu tempat ke tempat yang lain, melalui media pipa (saluran) dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung terus menerus.

Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian hisap (suction) dan bagian tekan (discharge). Perbedaan tekanan tersebut dihasilkan dari sebuah mekanisme misalkan putaran roda impeler yang membuat keadaan sisi hisap nyaris vakum. Perbedaan tekanan inilah yang mengisap cairan sehingga dapat berpindah dari suatu reservoir ke tempat lain.

Pada jaman modern ini, posisi pompa menduduki tempat yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Pompa memerankan peranan yang sangat penting bagi berbagai industri misalnya industri air minum, minyak, petrokimia, pusat tenaga listrik dan sebagainya.

Pompa juga dapat digunakan pada proses-proses yang membutuhkan tekanan hidraulik yang besar. Hal ini bisa dijumpai antara lain pada peralatan-peralatan berat. Dalam operasi, mesin-mesin peralatan berat membutuhkan tekanan discharge yang besar dan tekanan isap yang rendah. Akibat tekanan yang rendah pada sisi isap pompa maka fluida akan naik dari kedalaman tertentu, sedangkan akibat tekanan yang tinggi pada sisi discharge akan memaksa fluida untuk naik sampai pada ketinggian yang diinginkan. Untuk mencari debit air dari pompa dengan pengisapan dengan kedalaman yang berbeda dapat di rumuskan :

Rumus Debit Air (Q) (Rumus 2.5)

$$Q = P / (\rho * g * H)$$

Dimana:

- Q = Debit air (m^3/s)
- P = Daya pompa (Watt)
- ρ = Densitas air (kg/m^3)
- g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

Dalam aplikasi kehidupan sehari-hari banyak sekali aplikasi yang berkaitan dengan pompa. Contoh pompa yang di temui dalam kehidupan sehari-hari antara lain pompa air, pompa diesel, pompa hydrant, pompa bahan bakar dan lain-lain. Dari sekian banyak pompa yang ada tentunya mempunyai prinsip kerja dan kegunaan yang berbeda-beda, walaupun pada akhirnya pompa adalah alat yang di gunakan untuk memberikan tekanan yang tinggi pada fluida.

Untuk memenuhi kebutuhan air sehari-hari dalam sebuah rumah, biasanya kita membutuhkan minimal 1 buah pompa air untuk mendistribusi air dari sumber ke seluruh titik air (sumber air dapat berupa sumur atau penampungan air di bawah) Dalam penelitian ini alat saya menggunakan Pompa Aquarium.



Gambar 2.8. Pompa Aquarium

Dalam kondisi ini kita menghisap air dari sumber air di bawah dengan pompa untuk disimpan pada tower air (toran). Selanjutnya dengan tower air, kita memanfaatkan gaya gravitasi bumi untuk membuat air mengalir melalui pipa tanpa perlu bantuan pompa lagi. Untuk kebutuhan di lantai bawah sistem itu mungkin berjalan baik.

Tapi, untuk air di lantai dua bisa bermasalah karena gaya gravitasinya sudah rendah. Rumah anda mungkin memerlukan pompa tambahan lain dari toran ke titik air untuk beberapa keperluan yang memerlukan tekanan air tertentu seperti waterheater gas atau mesin cuci modern. Bisa jadi dengan gaya gravitasi tekanan yang disyaratkan tidak tercapai. Pompa ini biasanya disebut pompa booster.

2.10. Filterisasi Air

Filterisasi air merupakan salah satu proses pengolahan air yang berfungsi untuk memisahkan zat padat tersuspensi, partikel halus, mikroorganisme, serta bahan pencemar lainnya dari air dengan menggunakan media penyaring tertentu. Tujuan utama dari proses ini adalah untuk memperoleh air dengan kualitas fisik, kimia, dan biologis yang lebih baik agar memenuhi standar air bersih maupun air layak konsumsi.

Menurut Effendi (2003), filtrasi air adalah proses penyaringan yang dilakukan untuk menghilangkan partikel halus yang masih tersisa setelah proses sedimentasi, sehingga menghasilkan air dengan tingkat kekeruhan yang lebih rendah. Sementara itu, Metcalf & Eddy (2014) menjelaskan bahwa filtrasi merupakan proses pemisahan antara cairan dan padatan melalui media berpori, di mana partikel yang berukuran lebih besar dari pori media akan tertahan, sedangkan air yang lebih murni akan melewati lapisan media tersebut.

Proses filterisasi air dapat berlangsung melalui beberapa mekanisme, antara lain penyaringan mekanis, penyerapan (adsorpsi), dan proses biologis. Pada penyaringan mekanis, partikel padat tertahan di permukaan atau di sela-sela butiran media filter seperti pasir atau kerikil. Sedangkan pada proses adsorpsi, zat terlarut seperti bau, warna, dan bahan organik diserap oleh media seperti karbon aktif.

Selain itu, beberapa jenis filter seperti slow sand filter juga memungkinkan adanya proses biologis, di mana mikroorganisme yang tumbuh di lapisan atas media membantu menguraikan bahan organik dan mikroba patogen (WHO, 2011).

Media penyaring yang digunakan dalam filtrasi air dapat berasal dari bahan alami maupun buatan. Bahan alami meliputi pasir silika, zeolit, arang aktif, ijuk, dan kerikil, sedangkan bahan buatan mencakup membran mikro, ultrafiltrasi, dan nanofiltrasi. Pemilihan media filter disesuaikan dengan tujuan pengolahan air serta karakteristik air baku yang akan disaring



Gambar 2.9. Filterisasi Air