

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Energi

Energi merupakan sesuatu yang bersifat abstrak yang sukar dibuktikan tetapi dapat dirasakan adanya. Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja (*energy is the capability for doing work*)¹. Sedangkan energi alam adalah sesuatu yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan dan kebutuhan hidup manusia agar hidup lebih sejahtera, energi alam bisa terdapat dimana saja seperti di dalam tanah, air, permukaan tanah, udara dan lain sebagainya. Secara umum energi dapat dikategorikan menjadi beberapa macam, yaitu:

1. Energi mekanik

Bentuk transisi dari energi mekanik adalah kerja. Energi mekanik yang tersimpan adalah energi potensial atau energi kinetik. Energi mekanik digunakan untuk menggerakkan atau memindahkan suatu benda, misalnya untuk mengangkat batu pada pembangunan gedung, untuk memompa air, untuk memutar roda kendaraan dan lain sebagainya.

2. Energi listrik

Energi listrik adalah energi yang berkaitan dengan akumulasi arus elektron, dinyatakan dalam watt-jam atau kilo watt-jam. Bentuk transisinya adalah aliran elektron melalui konduktor jenis tertentu. Energi listrik dapat disimpan sebagai energi medan elektromagnetik yang merupakan energi yang berkaitan dengan medan listrik yang dihasilkan oleh terakumulasinya muatan elektron pada pelat-pelat kapasitor. Energi medan listrik ekuivalen dengan medan elektromagnetik yang sama dengan energi yang berkaitan dengan medan magnet yang timbul akibat aliran elektron melalui kumparan induksi.

¹ Astu Pudjanarsa dan Djati Nursuhud, *Mesin Konversi Energi*, C.V Andi OFFSET, Yogyakarta, 2013, hlm. 1.

3. Energi elektromagnetik

Energi elektromagnetik merupakan bentuk energi yang berkaitan dengan radiasi elektromagnetik. Energi radiasi dinyatakan dalam satuan energi yang sangat kecil, yakni elektron-Volt (eV) atau mega elektron-Volt (MeV) yang juga digunakan dalam evaluasi energi nuklir. Radiasi elektromagnetik merupakan bentuk energi murni dan tidak berkaitan dengan massa.

4. Energi kimia

Energi kimia merupakan energi yang keluar sebagai hasil interaksi elektron dimana dua atau lebih atom/molekul berkombinasi sehingga menghasilkan senyawa kimia yang stabil. Energi kimia hanya dapat terjadi dalam bentuk energi tersimpan.

5. Energi nuklir

Energi nuklir adalah energi dalam bentuk tersimpan yang dapat dilepas akibat interaksi partikel dengan atau di dalam inti atom. Energi ini dilepas sebagai hasil usaha partikel-partikel untuk memperoleh kondisi yang lebih stabil. Energi nuklir juga merupakan energi yang dihasilkan dari reaksi peluruhan bahan radioaktif. Bahan radioaktif sifatnya tidak stabil, sehingga bahan ini dapat meluruh menjadi molekul yang stabil dengan mengeluarkan sinar alpha, sinar beta, sinar gamma dan mengeluarkan energi yang cukup besar. Energi yang dihasilkan dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik ataupun untuk keperluan pengobatan dan lain-lain.

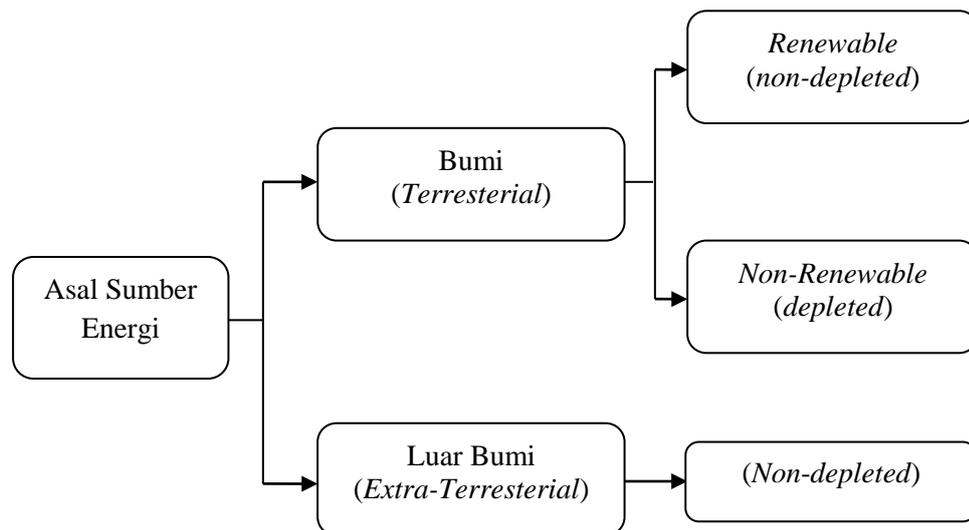
6. Energi termal (panas)

Energi termal merupakan bentuk energi dasar, yaitu semua energi yang dapat dikonversi secara penuh menjadi energi panas. Sebaliknya, pengonversian dari energi termal ke energi lain dibatasi oleh Hukum Termodinamika Kedua.

2.2 Sumber-Sumber Energi²

Berdasarkan sumbernya, energi dapat dibedakan menjadi energi yang berasal dari bumi (*terrestrial*) dan yang berasal dari luar bumi (*extraterrestrial*). Sumber energi juga dapat diklasifikasikan berdasarkan sifatnya.

Sumber energi dari bumi dikategorikan menjadi jenis *renewable* atau *non-depleted energy* dan *non-renewable* atau *depleted energy*. Sumber energi yang *renewable* atau dapat didaur ulang, seperti energi kayu, biomassa, biogas. Sumber energi dari luar bumi, misalnya energi surya dan *resources*. Sedangkan energi seperti minyak bumi, batubara dan gas alam adalah sumber energi yang bersifat tidak dapat diperbaharui atau dapat habis.



Gambar 2.1 Klasifikasi Sumber Energi Berdasarkan Asal Energi

(Sumber: *Mesin Konversi Energi*, 2013)

2.2.1 Sumber Energi Tak Terbarukan

Sumber energi tidak terbarukan (*non-renewable*) didefinisikan sebagai sumber energi yang tidak dapat diisi atau dibuat kembali oleh alam dalam waktu yang singkat. Sumber energi yang tak dapat diperbaharui diantaranya adalah:

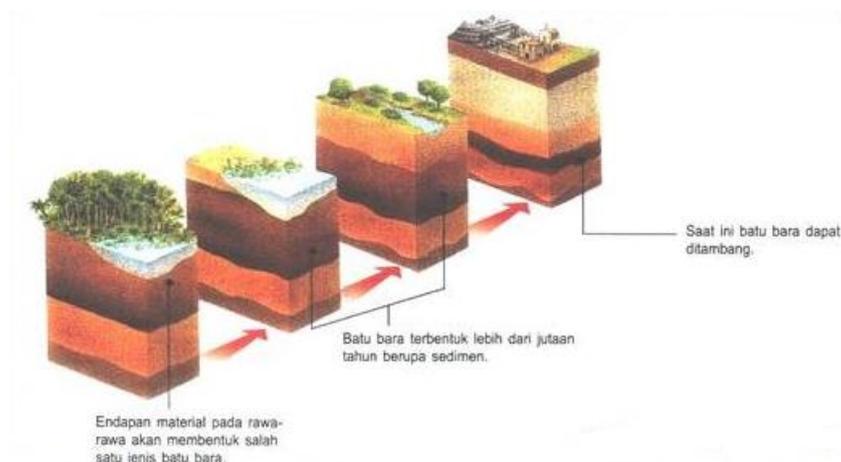
² Ibid, *Mesin Konversi Energi*, C.V Andi OFFSET, Yogyakarta, 2013, hlm. 6.

- Minyak Bumi

Minyak bumi adalah zat cair licin dan mudah terbakar yang terjadi sebagian besar karena hidrokarbon. Menurut teori, minyak bumi berasal dari sisa-sisa binatang kecil dan tumbuhan yang hidup di laut jutaan tahun yang lalu yang mengendap dan mendapat tekanan dari lempengan bumi sehingga secara alami larut dan berubah menjadi minyak bumi.

- Batubara

Batubara adalah batuan sedimen yang berasal dari material organik (*organoclastic sedimentary rock*), yang memiliki kandungan utama berupa karbon, hidrogen dan oksigen. Batubara ini merupakan hasil akumulasi dan material organik pada suatu lingkungan pengendapan tertentu.



Gambar 2.2 Proses Pembentukan Batubara

(Sumber: <https://ghozaliq.com/2015/07/16/persebaran-sumber-daya-alam>)

Batubara yang kita kenal dibentuk dari sisa-sisa tumbuhan yang terkubur di dasar rawa selama jutaan tahun yang lalu. Pertama, sisa-sisa tumbuhan berubah menjadi bahan yang padat disebut gambut akibat tekanan dan pemanasan dari lapisan bagian atas, sisa-sisa tumbuhan tersebut berubah menjadi batubara.

- Nuklir

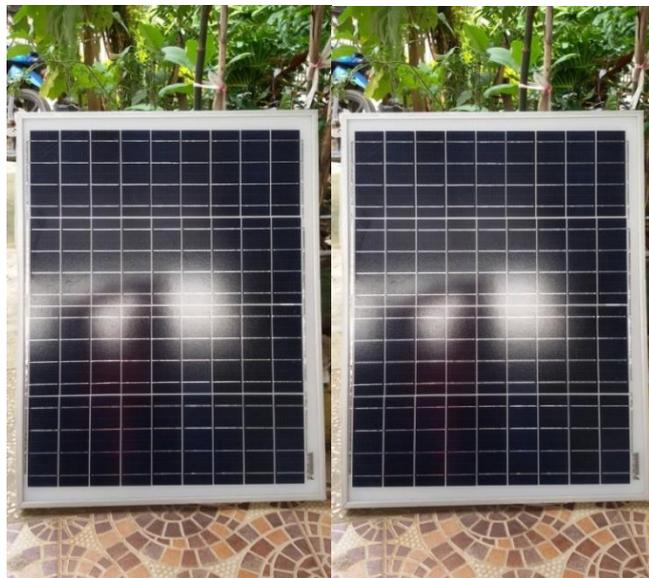
Sumber energi ini merupakan sumber energi hasil tambang yang lain, yang dapat dibudidayakan melalui proses fisi dan fusi. Energi nuklir, meskipun bersih, mengandung risiko bahaya radiasi yang mematikan sehingga pengolahannya harus ekstra hati-hati, di samping memerlukan modal yang besar untuk investasi awalnya.

2.2.2 Sumber Energi Terbarukan

Sumber energi terbarukan (*renewable*) didefinisikan sebagai sumber energi yang dapat dengan cepat diisi kembali oleh alam. Berikut ini adalah yang termasuk sumber energi terbarukan:

- Matahari

Energi matahari diperoleh dari cahaya panas yang merupakan komponen dari panas matahari. Selain memanaskan air, energi ini juga bisa diubah menjadi listrik.



Gambar 2.3 Sel Surya Matahari

Secara global, matahari menyediakan 10.000 kali energi bumi yang dapat di manfaatkan siapapun secara gratis dan merupakan salah satu sumber energi alternatif yang potensial untuk dikelola dan dikembangkan lebih lanjut, terutama bagi Negara-negara tropis seperti Indonesia.

- Angin

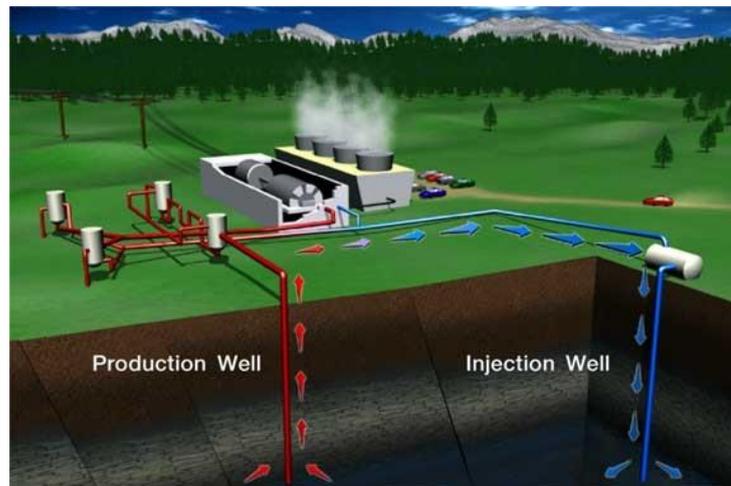
Energi angin adalah energi yang dihasilkan oleh udara yang berhembus di permukaan bumi. Energi angin dapat diubah menjadi mekanik untuk menghasilkan usaha. Karena angin tidak menimbulkan polusi, maka banyak negara-negara membangun turbin angin sebagai sumber tenaga listrik tambahan.



Gambar 2.4 Turbin Angin
(Sumber: <http://uniqpost.com>)

- Panas Bumi

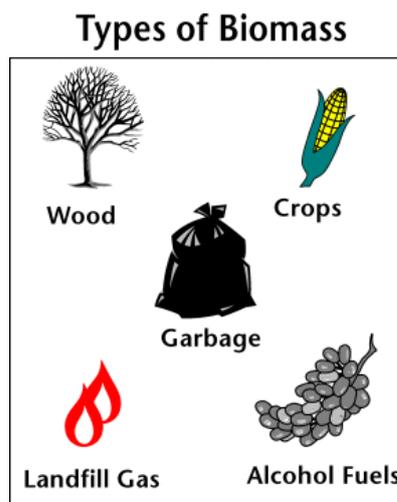
Energi panas bumi adalah energi panas yang berasal dari dalam bumi. Energi panas ini dihasilkan di dalam inti bumi yang ditimbulkan oleh peristiwa peluruhan partikel-partikel radioaktif di dalam batuan. Inti bumi terbentuk dari magma yang mengalir menembus berbagai lapisan batuan di bawah tanah. Saat mencapai reservoir air bawah tanah, terbentuklah air panas bertekanan tinggi yang keluar ke permukaan bumi melalui celah atau retakan di kulit bumi, maka timbul sumber air panas yang biasa disebut uap panas.



Gambar 2.5 Uap Panas
(Sumber: www.kompasiana.com)

- Biomassa

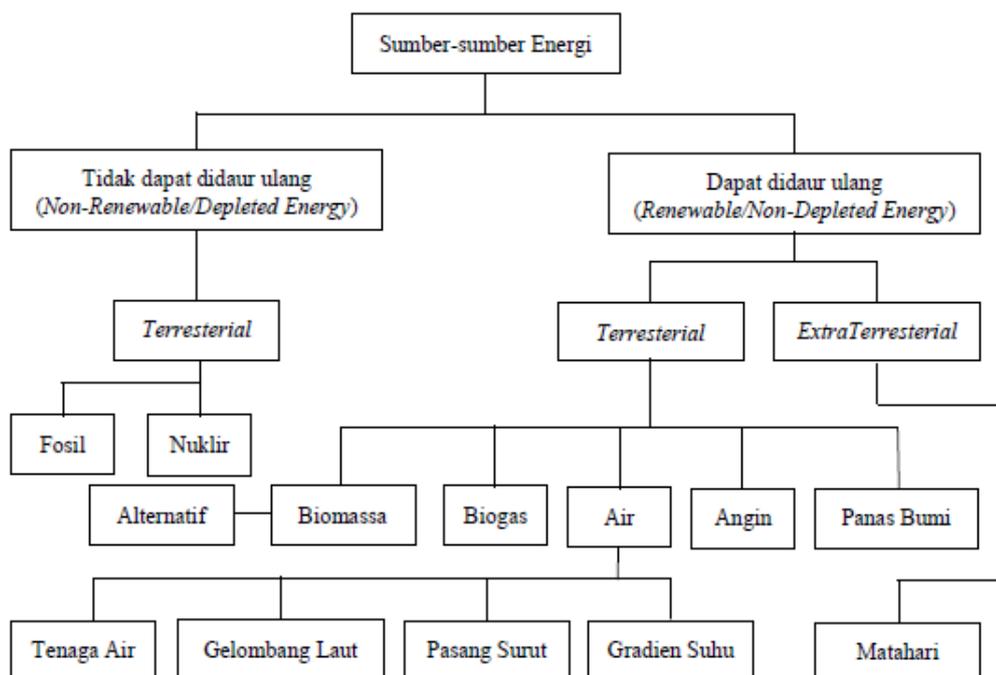
Biomassa merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui karena tumbuh-tumbuhan dapat kita tanam setiap saat. Dari berbagai macam bahan bakar biomassa, kayu merupakan kebutuhan yang sangat banyak digunakan, seperti pada rumah tangga dan ketel uap. Membakar biomassa bukan cara satu-satunya untuk menghasilkan energi karena biomassa dapat dikonversi ke bentuk energi lain diantaranya gas metana atau etanol dan biosolar.



Gambar 2.6 Jenis-Jenis Biomassa
(Sumber: <http://www.indoenergi.com>)

2.2.3 Sifat Sumber Energi

Dari gambar 2.7 dapat dilihat bahwa energi dapat berasal dari bumi (*terrestrial*) atau dari luar bumi (*extraterrestrial*). Energi yang berasal dari luar bumi harus bersifat tak dapat musnah (*non-depleted*). Energi yang berasal dari bumi dapat bersifat terbarukan atau tak dapat musnah (*renewable* atau *non-depleted*), artinya dapat diproduksi ulang atau dapat habis. Energi yang berasal dari bumi juga dapat bersifat tak terbarukan atau dapat musnah (*non-renewable* atau *depleted*), artinya tak dapat diproduksi ulang atau dapat habis (musnah).



Gambar 2.7 Klasifikasi Sumber Energi Berdasarkan Sifat Energi
(Sumber: *Mesin Konversi Energi*, 2013)

2.2.3.1 Sumber energi yang tidak dapat didaur ulang

Sumber-sumber energi yang dapat habis dan tidak dapat didaur ulang (*Depleted/Non Renewable Energy Resources*) yang berasal dari bumi (*terrestrial*) adalah sumber energi konvensional yang pada umumnya merupakan energi tambang atau energi fosil yang berasal dari perut bumi, seperti minyak gas, batubara dan energi nuklir.

- Sumber energi fosil (*fossil fuel energy*)

Bahan bakar minyak, khususnya akan segera habis, paling lambat akhir abad XXI. Gas alam diprediksi para ahli akan habis lebih kurang 100 tahun lagi, sedangkan cadangan batubara akan habis lebih kurang 200 tahun lagi sampai dengan 300 tahun yang akan datang. Ketiga jenis bahan bakar fosil tersebut dikategorikan sebagai energi yang tidak ramah lingkungan karena kadar polusinya cukup tinggi. Kadar CO₂ di udara semakin meningkat tahun-tahun terakhir ini, menyebabkan suhu udara meningkat, mengakibatkan sebagian es di kutub mencair dan tinggi permukaan air laut terus meningkat yang lambat laun akan mengakibatkan banjir besar dikota-kota yang berada di tepi pantai di seluruh dunia. Sumber energi fosil, khususnya minyak, di samping jumlahnya terbatas, memerlukan waktu pembentukan sampai ratusan juta tahun. Untuk itu pemanfaatannya harus dialihkan ke sumber energi yang terbarukan.

- Sumber energi nuklir

Sumber energi ini merupakan sumber energi hasil tambang yang lain, yang dapat dibudidayakan melalui proses fisi dan fusi. Energi nuklir, meskipun bersih, mengandung risiko bahaya radiasi yang mematikan sehingga pengolahannya harus ekstra hati-hati, di samping memerlukan modal yang besar untuk investasi awalnya.

2.2.3.2 Sumber energi yang dapat didaur ulang

Dibedakan sumber energi yang dapat didaur ulang (*renewable*) seperti biomassa, biofuel, kayu bakar dan sumber energi yang tidak habis-habisnya sepanjang masa (*non-depleted energy resources*) seperti sumber energi panas bumi yang berasal dari perut bumi (*terrestrial*). Energi yang dari luar bumi (*ekstra-terrestrial*) adalah energi matahari yang dimanfaatkan secara langsung, yaitu: fotovoltaiik (*photovoltaik*) dan secara tidak langsung, yaitu energi radiasi dan termal (*radiation energy, thermal energy*). Sumber-sumber energi ini mempunyai sifat pembentukan yang lebih singkat, bahkan banyak yang sudah tersedia di alam dan tidak merusak lingkungan, diantaranya:

- **Biomassa**

Biomassa adalah proses daur ulang pada tumbuhan melalui fotosintesis dimana energi surya memegang peran penting. Daun menyerap energi surya untuk proses pertumbuhannya dan mengeluarkan gas CO₂. Pada tumbuh-tumbuhan, energi surya diproses menjadi energi kimia sebagai energi dalam bentuk tersimpan. Tumbuh-tumbuhan tersebut akan mengeluarkan energi tersimpannya pada proses pengeringan maupun saat dibakar langsung dan pula melalui berbagai proses untuk menghasilkan bahan bakar yang cukup potensial seperti etanol, metana atau gas lain, bahan bakar dalam bentuk cair (minyak nabati). Nilai kalor bakar dari tumbuh-tumbuhan kering dapat mencapai 4800 kkal/kg.

- **Biofuel**

Biofuel adalah bahan bakar perantara yang terbentuk dari material organik umpan kimiawi (*chemical feedstock*) sebagai transformasi proses melalui radiasi surya secara fotosintesis untuk menghasilkan etanol cair, biodiesel (etanol cair dan biodiesel biasa disebut *biofuel*), biogas dan *charcoal solid* (arang akar padat).

- **Biogas**

Biogas merupakan sumber energi yang bersih dan murah, diproduksi dari kotoran binatang melalui binatang melalui proses anaerobik yang merupakan kegiatan microbial *organism*. Gas yang terjadi mengandung 70% metana.

- **Energi gradien suhu**

Energi gradien suhu adalah sumber energi yang berasal dari perbedaan suhu air laut di permukaan laut dan pada kedalaman tertentu, yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan sistem konversi energi. Gradien suhu air laut yang dikenal dengan OTEC (*Ocean Temperature Energy Conversion*, pesawat pengonversi energi termal samudra) dapat dilaksanakan baik dengan sistem terbuka maupun tertutup.

- **Energi angin** (*wind energy*)

Energi angin merupakan sumber energi yang juga dapat dikatakan berasal dari energi matahari melalui radiasi panas matahari di permukaan bumi yang berbeda-beda sehingga menimbulkan perbedaan temperature dan rapat massa udara di permukaan bumi yang mengakibatkan terjadinya perbedaan tekanan hingga kemudian menjadi aliran udara. Aliran udara tersebut dapat dipercepat dengan adanya perputaran bumi pada porosnya dengan kecepatan putar konstan.

- **Air**

Air adalah sumber energi yang dapat didaur ulang, dapat dibedakan menurut tenaga air (*hydropower*), energi gelombang laut, energi pasang surut dan energi gradient suhu.

- **Energi gelombang laut** (*wave energy*)

Energi gelombang laut (*wave energy*) merupakan sumber energi yang berasal dari gelombang laut yang dikonversi melalui sistem mekanisme torak yang bekerja maju mundur mengikuti irama gerak gelombang laut.

- **Energi pasang surut** (*tidal*)

Energi pasang surut (*tidal*) adalah sumber energi laut pada daerah-daerah tertentu di belahan dunia ini dimana pasang-surut air laut lebih dari 10 meter. Selisih ketinggian tersebut cukup potensial untuk menggerakkan turbin air berskala besar dengan tinggi jatuh rendah tetapi dapat menghasilkan tenaga listrik dengan daya besar dengan tinggi jatuh rendah tetapi dapat menghasilkan tenaga listrik dengan daya besar sampai ratusan megawatt.

- **Energi panas bumi** (*geothermal energy*)

Energi panas bumi (*geothermal energy*) merupakan sumber energi yang tidak habis-habisnya sepanjang zaman selama tata surya ini berfungsi normal sesuai peredarannya. Energi panas bumi merupakan energi

terrestrial yang berlimpah adanya dan dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga panas bumi.

- **Energi surya** (*solar energy*)

Energi surya (*solar energy*) adalah sumber energi yang melimpah-ruah adanya, bersih, bebas polusi dan tidak akan habis sepanjang masa, merupakan *extra-terrestrial* energi yang dapat dimanfaatkan melalui konversi langsung, seperti pada fotovoltaik dan secara tidak langsung melalui pusat listrik tenaga termal surya.

Disamping itu energi surya juga dapat dimanfaatkan untuk:

1. Pemanas air untuk keperluan domestik, secara komersial maupun industri.
2. Pemanas udara untuk ruangan dan pengering biji tumbuh-tumbuhan.
3. Destilasi air laut untuk air minum.
4. Untuk pemompaan air.
5. Penggerak air *conditioning*, *refrigerator* ataupun *chiller*.

2.3 Energi Surya

Matahari memberikan sinar surya terus-menerus sepanjang masa. Sinar surya ini sampai ke bumi digunakan untuk sumber energi bagi semua makhluk hidup di bumi, tiada kehidupan apabila tiada energi ini. Matahari paling penting bagi kehidupan sehari-hari manusia sebagai sumber energi. Walau bagaimanapun oleh karena matahari begitu penting dan diperlukan oleh manusia, maka pada kebanyakan masa bintang ini dianggap sebagai sebuah bintang yang amat istimewa dan luar biasa.

Energi surya adalah energi yang dihasilkan oleh cahaya matahari yang dapat diubah menjadi energi panas atau energi listrik. Proses pengubahan energi ini bukan saja bebas dari pencemaran, bahkan dapat diperoleh secara gratis dan terus-menerus. Hal ini dapat dipahami, Karena jumlah energi surya pada planet bumi adalah sebesar 170 triliun kW. Dari jumlah I ini sebanyak 30% dipantulkan ke ruang angkasa, 47% diubah menjadi panas pada suhu rendah dan dipancarkan

lagi ke ruang angkasa dan 23% adalah untuk energi peresapan atau penguapan pada kisaran alam tumbuh-tumbuhan. Kurang dari 5% ditampilkan dalam bentuk energi kinetik dari angin dan gelombang dan juga pada penguapan fotosintesis dari tanaman³.

Energi yang dihasilkan oleh matahari dan sampai ke bumi dalam bentuk cahaya. Kemudian cahaya ini diubah menjadi energi untuk banyak keperluan. Sinar surya dinyatakan sebagai sumber energi utama di bumi. Tanaman menggunakan energi dari matahari untuk proses fotosintesis. Air dan gas karbon dioksida diubah menjadi senyawa karbon oleh klorofil karena adanya sinar matahari.

Sistem pembangkit listrik tenaga surya mempunyai banyak kelebihan jika dibandingkan dengan sistem pembangkit listrik dengan energi lain seperti hidrolistrik, nuklir dan batubara. Pembangkit listrik energi surya dapat dibangun di kawasan-kawasan yang berdekatan dengan pengguna, tidak seperti pembangkit listrik energi hidrolistrik yang harus dibangun di sungai-sungai yang mempunyai aliran yang deras dan mencukupi. Pembangkit listrik energi surya juga tidak mempunyai efek pencemaran alam sekitar seperti halnya pembangkit energi nuklir dan batubara⁴.

Energi surya dapat dijadikan sebagai sumber energi utama, karena Indonesia terletak di kawasan iklim khatulistiwa. Sinar surya rata-rata harian adalah 4000-5000 Wj/m², sedangkan rata-rata jumlah jam sinaran antara 4 hingga 8 jam. Indonesia mengalami jumlah hari hujan sekitar 170 hari pertahun, rata-rata suhu udara antara 26 hingga 32°C dan kelembapan relatif rata-rata 80 hingga 90% dan tidak pernah turun di bawah 60%. Sinar surya mempunyai dua komponen yaitu: sinar surya langsung dan sinar tak langsung (terpedar).

³Ibid, *Mesin Konversi Energi*, C.V Andi OFFSET, Yogyakarta, 2013, hlm. 19.

⁴ Prof. Dr. Ir. H. Supranto, S.U, *Teknologi Tenaga Surya*, Global Pustaka Utama, Yogyakarta, 2015. hlm. 21.

Komponen sinar surya langsung adalah yang dihantar tanpa diserap dalam awan dan langsung menimpa bumi, sedangkan sinar surya tak langsung adalah setelah mengenai awan dan menimpa bumi. Jumlah kedua-duanya dikenal sebagai sinar surya global atau sinaran surya sejagat. Keadaan langit di kawasan tropika ini berawan, karena komponen sinar surya langsung kurang dari 40%. Perincian ini penting untuk pengkajian energi surya, terutama sistem surya termal, terutama dalam membuat dan pemilihan pengumpul surya.

2.3.1 Sel Surya (*Solar Cell*)

Sel surya dapat berupa alat semikonduktor penghantar aliran listrik yang dapat secara langsung mengubah energi surya menjadi tenaga listrik secara efisien. Alat ini digunakan secara individual sebagai alat pendeteksi cahaya pada kamera maupun digabung seri atau parallel untuk memperoleh suatu harga tegangan listrik yang dikehendaki sebagai pusat penghasil tenaga listrik.

Hampir semua sel surya dibuat dari bahan silikon berkrystal tunggal, bahan ini masih menduduki tempat paling atas dari urutan biaya pembuatan bila disbanding energi listrik yang diproduksi oleh alat pengonversi konvensional. Hal ini disebabkan oleh harga silikon murni yang masih sangat mahal. Meskipun berbahan dasar pasir silikat (SiO_2), tetapi untuk membuatnya diperlukan biaya produksi yang tinggi.

Para ahli telah melakukan penelitian secara intensif untuk menekan ongkos produksi sel silikon agar dapat bersaing dengan pembangkit tenaga listrik konvensional. Dapat disebutkan bahwa untuk membuat pembangkit tenaga listrik dengan sel surya pada perhitungan tahun 1970 adalah \$15.000,00/kW-jam terpasang, sedangkan yang menggunakan bahan bakar batubara hanya \$500,00/kW-jam terpasang dan yang menggunakan tenaga nuklir adalah \$150,00/kW-jam terpasang. Menurut Matthew Buresch, untuk sepuluh tahun kemudian (tahun 1980) harga tiap kW-jam terpasang untuk pembangkit listrik tenaga surya telah turun menjadi \$7.000,00. Dengan kemajuan teknologi

pembuatan sel surya akhir-akhir ini diharapkan harganya dapat ditekan hingga \$500,00/kW-jam terpasang⁵.

Sel Surya terus memiliki empat generasi dalam perkembangan bahan yang digunakan untuk membuat sel surya tersebut⁶:

1. Generasi Pertama (Sel Surya berbasis Wafer)

Sel fotovoltaik generasi pertama terdiri dari area besar, lapisan Kristal tunggal, tunggal diode p-n *junction*, mampu menghasilkan energy listrik yang dapat digunakan dari sumber cahaya dengan panjang gelombang sinar matahari. Sel-sel ini biasanya dibuat dengan menggunakan proses difusi dengan wafer silikon. Sel surya wafer silikon ini berbasis teknologi dominan dalam produksi komersial sel surya, akuntansi lebih dari 85% dari pasar sel surya *terrestrial*.

2. Generasi Kedua (Sel Surya berbasis *Thin film*)

Sel-sel ini didasarkan pada penggunaan tipis epitaksi (epitaksi mengacu pada metode penyetoran film monocrystalline pada substrat *monocrystalline*) deposito semikonduktor pada wafer kisi-cocok (Pencocokan struktur kisi antara dua bahan semikonduktor yang berbeda, memungkinkan pembentukan daerah perubahan celah pita dalam materi tanpa memperkenalkan perubahan dalam struktur Kristal. Sebuah keuntungan dari teknologi film tipis yaitu berkurangnya massa yang memungkinkan panel pas pada bahan cahaya atau fleksibel, bahkan pada tekstil. Sel surya generasi kedua sekarang terdiri dari segmen kecil dari pasar fotovoltaik *terrestrial* dan sekitar 90% dari pasar ruang.

3. Generasi Ketiga (Sel Surya berbasis Sel fotovoltaik)

Generasi ini bertujuan untuk meningkatkan kinerja listrik yang rendah dari sel-sel generasi kedua dan menjaga biaya rendah. Sel surya ini tidak bergantung pada p-n *junction* tradisional untuk memisahkan foto pembawa

⁵ Ibid, *Mesin Konversi Energi*, C.V Andi OFFSET, Yogyakarta, 2013, hlm. 333.

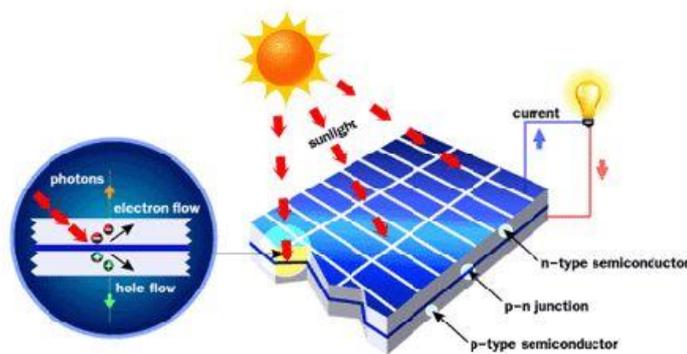
⁶ Panel Surya Indonesia, *Prinsip Kerja Energi Surya*, <http://panelsuryaindonesia.com>, diakses tanggal 11 Mei 2016 jam 06:25 WIB.

muatan yang dihasilkan. Beberapa pendekatan yang digunakan dalam hal ini *Multijunction* sel, nano sel Kristal, pewarna-sel peka, sel polimer, memodifikasi spectrum kejadian (konsentrasi), dan lain sebagainya dengan potensi efisiensi produksi hingga 45%.

4. Generasi Keempat (Sel Surya berbasis Sel fotovoltaik komposit)

Sel surya yang terdiri dari teknologi fotovoltaik komposit terbuat dari bahan polimer dengan nano-partikel yang dapat dicampur bersama-sama untuk membuat lapisan multi-spektrum tunggal. Multi-spektrum lapisan dapat ditumpuk untuk membuat sel-sel multi-spektrum matahari yang lebih efisien dan lebih murah.

2.3.1.1 Cara Kerja Sel Surya (*Solar Cell*)



Gambar 2.8 Cara Kerja Sel Surya
(Sumber: <http://tech.dbagus.com>)

Sel surya konvensional bekerja dengan menggunakan prinsip *p-n junction* yaitu seperti *junction* antara semikonduktor tipe-p dan juga tipe-n. Semikonduktor ini berasal dari ikatan atom yang memiliki elektron sebagai penyusun dasarnya. Setiap semikonduktor memiliki kelebihan sendiri seperti semikonduktor tipe-n yang memiliki kelebihan elektron muatan negatif, sedangkan untuk semikonduktor tipe-p memiliki kelebihan *hole* muatan positif.

Kondisi kelebihan elektron dan *hole* ini bisa terjadi dengan cara mendoping material dengan atom dopant. Sebagai contoh dalam mendapatkan material silikon tipe-p, silikon harus didoping dengan atom boron, sedangkan untuk material silikon tipe-n, silikon harus didoping oleh atom fosfor.

Hubungan p-n *junction* ini berperan untuk membentuk medan listrik, sehingga elektron dan juga *hole* dapat diekstrak oleh material kontak dalam menghasilkan sebuah energi listrik. Oleh karena itu ketika semikonduktor tipe-p dan juga tipe-n terkontak, kelebihan dari elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n menuju ke tipe-p. Dengan begitu terbentuklah kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan begitu pula sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p.

Akibat elektron dan *hole* akan terbentuk medan listrik, ketika cahaya matahari mengenai susunan dari p-n *junction* akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif. Selanjutnya dimanfaatkan sebagai energi listrik, dan begitu pula sebaliknya *hole* akan bergerak menuju kontak positif menunggu datangnya sebuah elektron.

Sel surya yang merupakan sebuah media yang dapat menghasilkan arus listrik yang berasal dari sinar matahari. Dengan memanfaatkan sel surya maka penggunaan sumber energi yang berasal dari jasad renik jutaan tahun yang lalu dapat berkurang. Hal ini tentu sangat bermanfaat untuk keadaan lingkungan, karena tanpa menghasilkan polusi dan aman.

2.3.1.2 Jenis-Jenis Solar Cell

Berdasarkan teknologi pembuatannya, secara umum sel surya dibagi dalam tiga jenis, yaitu⁷:

1. *Solar Cell Mono-crystalline*

Solar Cell Mono-crystalline ini merupakan jenis *solar cell* paling efisien yang dihasilkan dengan teknologi terkini dan menghasilkan daya

⁷ Panel Surya Jakarta, *Jenis-Jenis Panel Surya*, <http://panelsuryaJakarta.com>, diakses tanggal 11 Mei 2016 jam 11:07 WIB.

listrik persatuan luas yang paling tinggi. Monokristal dirancang untuk penggunaan yang memerlukan konsumsi listrik besar pada tempat-tempat yang beriklim ekstrim dan dengan kondisi alam yang sangat panas. *Solar cell* monokristal memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan yang dimiliki oleh *solar cell* jenis ini yaitu *solar cell* tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya mataharianya kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan.

2. *Solar Cell Poly-Crystalline*

Solar cell poly-crystalline memiliki susunan Kristal yang acak karena dipabrikasi dengan proses pengecoran. Tipe ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama. *solar cell* jenis ini memiliki efisiensi lebih rendah dibandingkan tipe monokristal, sehingga memiliki harga yang cenderung lebih rendah.

3. *Solar Cell Thin Film Photovoltaic*

Solar cell jenis ini terdiri dari dua lapisan dengan struktur lapisan tipis mikrokristal-silikon dan amorphous dengan efisiensi modul hingga 8.5%, sehingga untuk luas permukaan yang diperlukan per watt daya yang dihasilkan lebih besar daripada monokristal dan polikristal. Inovasi terbaru adalah thin film *triple junction* PV (dengan tiga lapisan) dapat berfungsi sangat efisien dalam udara yang sangat berawan dan dapat menghasilkan daya listrik sampai 45% lebih tinggi dari *solar cell* jenis lain dengan daya yang ditera setara.

2.4 Sejarah Mikrokontroler

Mikrokontroler (pengendali mikro) pada suatu rangkaian elektronik berfungsi sebagai pengendali yang mengatur jalannya proses kerja dari rangkaian elektronik. Di dalam sebuah IC mikrokontroler terdapat CPU, memori, *timer*, saluran komunikasi serial dan parallel, port *input/output*, ADC dan lain-lain.

Mikrokontroler digunakan dalam sistem elektronik modern, seperti: Sistem manajemen mesin mobil, *keyboard* komputer, televisi, radio, telepon digital, *printer*, *scanner*, PLC (*Programmable Logic Controller*), robot, sistem otomasi, sistem keamanan, peralatan medis (MRI, CT SCAN, EEG, USG) dan lain sebagainya.

Sejarah mikrokontroler tidak terlepas dari sejarah mikroprosesor. Berikut ini sejarah mikroprosesor dan mikrokontroler ⁸:

- Tahun 1971, intel 4004 adalah Mikroprosesor pertama. Intel 4004 dibuat dan dikembangkan oleh intel (Integrated Electronics). Intel membuat mikroprosesor Intel 4004 menggunakan 2250 transistor. Intel 4004 merupakan mikroprosesor 4 bit. Kemudian pada tahun 1974, intel membuat mikroprosesor generasi kedua (intel 8008), intel 8008 merupakan mikroprosesor 8 bit.
- Tahun 1972, TMS1000 adalah mikrokontroler pertama. TMS1000 merupakan mikrokontroler 4-bit. Mikrokontroler TMS1000 dibuat oleh Gary Boone dari Texas Instrument.
- Tahun 1974, beberapa pabrikan IC menawarkan mikroprosesor dan pengendali menggunakan mikroprosesor. Mikroprosesor yang ditawarkan pada saat itu yaitu Intel 8080, 8085, Motorola 6800, Signetics 6502, Zilog Z80 dan Texas Instrument 9900 (16 bit).
- Tahun 1976, dibuat intel 4048, yang merupakan mikrokontroler intel pertama.
- Tahun 1978, mikroprosesor 16 bit menjadi umum digunakan yaitu intel 8086, Motorola 68000 dan Zilog Z8000. Sejak saat itu pabrikan mikroprosesor terus mengembangkan mikroprosesor dengan berbagai keistimewaan dan arsitektur. Mikroprosesor yang dikembangkan termasuk 32 bit device seperti intel Pentium, Motorola DragonBall dan beberapa mikrokontroler yang menggunakan ARM core.

⁸ Heri Andrianto dan Aan Darmawan, *Arduino Belajar Cepat dan Pemrograman*, Informatika, Bandung, 2016. hlm. 10.

- Tahun 1980, intel atau lebih dikenal dengan mikrokontroler MCS51. MCS51 adalah mikrokontroler CISC 8 bit.
- Tahun 1996, mikrokontroler Atmel AVR dibuat oleh Atmel. Atmel AVR adalah salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan sampai dengan saat ini. AVR adalah mikrokontroler RISC (Reduce Instruction Set Computing) 8 bit berdasarkan arsitektur Harvard.

2.5 Sejarah Arduino

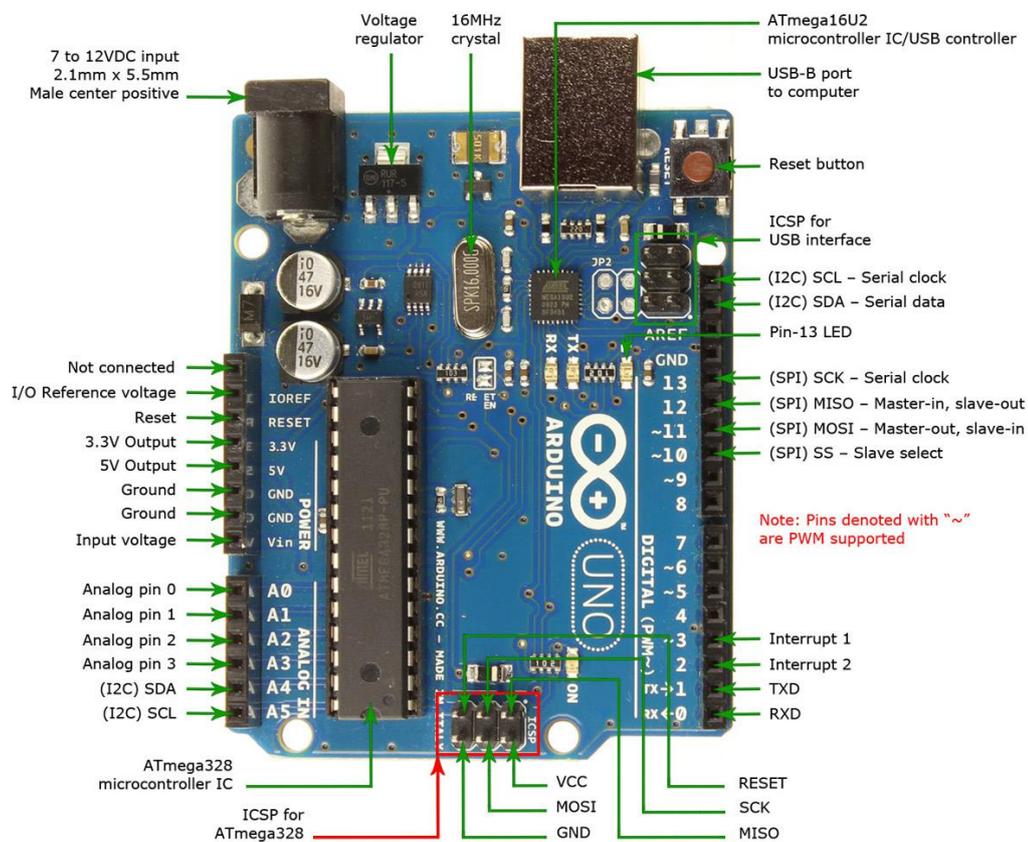
Arduino dikembangkan dari thesis Hernando Barragan pada tahun 2004, seorang mahasiswa asal Kolombia. Judul thesisnya yaitu “Arduino-Revolusi Open Hardware”. Arduino diawali di ruang kelas Interactiv Design Institute di Ivrea (IDII), pada tahun 2005 di Ivrea, Italia. Arduino ditemukan oleh Massimo Banzi dan David Cuartielles dengan tujuan awal yaitu untuk membantu para siswa membuat perangkat desain dan interaksi dengan harga yang murah dibandingkan dengan perangkat lain yang tersedia pada saat itu, seperti BASIC Stamp yang harganya cukup mahal bagi pelajar pada saat itu. Arduino berasal dari bahasa Italia yang berarti teman yang berani. Pada bulan Mei 2011, arduino sudah terjual lebih dari 300.000 unit. Arduino saat ini sudah menjadi salah satu platform OSHW (Open Source Hardware).

Arduino adalah sebuah board mikrokontroler yang bersifat open source, dimana desain skematik dan PCB bersifat open source, sehingga kita dapat menggunakannya maupun melakukan modifikasi. Board Arduino menggunakan Chip/IC mikrokontroler Atmel AVR, misalnya: Arduino NG or older w/ATmega8 (Severino), Arduino Duemilanove or Nano w/ATmega328, Arduino Uno, Arduino Mega2560 dan lain-lain.

Software untuk membuat, mengkompilasi dan meng-upload program yaitu Arduino IDE atau disebut Arduino *Software* yang juga bersifat open source. *Software* ini dapat diunduh pada situs <http://www.arduino.cc>. Arduino IDE (Arduino *Software*) menghasilkan file hex dari baris kode instruksi program yang menggunakan bahasa C yang dinamakan *sketch* setelah dilakukan compile dengan perintah *Verify/Compile*.

2.5.1 Board Arduino Uno

Arduino uno adalah *board* berbasis mikrokontroler pada ATmega328. *Board* ini memiliki 14 digital *input* atau *output* pin (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 *input* analog, 16 MHz osilator Kristal, koneksi USB jack listrik tombol reset. Pin-pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya terhubung ke komputer dengan kabel USB atau sumber tegangan bisa didapat dari adaptor atau baterai untuk mengukannya.



Gambar 2.9 Board Arduino Uno
(Sumber: <http://www.jameco.com>)

Adapun data teknis *board* Arduino Uno adalah sebagai berikut:

- Mikrokontroler: ATmega328
- Tegangan Operasi: 5V
- Tegangan *Input* (*recommended*): 7-12 V
- Tegangan *Input* (*Limit*): 6-20 V
- Pin digital I/O: 14 (6 diantaranya pin PWM)

- Pin Analog *input*: 6
- Arus DC per pin I/O: 40 mA
- Arus DC untuk pin 3.3 V: 150 mA
- *Flash Memory*: 32 KB dengan 0.5 KB digunakan untuk *bootloader*.
- SRAM: 2 KB
- EEPROM: 1 KB
- Kecepatan Pewaktuan: 16 MHz

Beberapa pin *power* pada Arduino Uno:

- GND, pin *negatif*.
- Vin, pin yang digunakan jika anda ingin memberikan *power* langsung ke *board* Arduino dengan rentang tegangan yang disarankan 7V-12V.
- Pin 5V, pin output dimana ada pin tersebut mengalir tegangan 5V yang telah melalui regulator.
- 3V3, pin output dimana pada pin tersebut disediakan tegangan 3,3V yang telah melalui regulator.
- IOREF, pin yang menyediakan referensi tegangan mikrokontroler. Biasanya digunakan pada *board shield* untuk memperoleh tegangan yang sesuai, apakah 5V atau 3.3V.

Chip ATmega328 pada Arduino Uno memiliki memori 32 KB, dengan 0.5 KB dari memori tersebut telah digunakan untuk *bootloader*. Jumlah SRAM 2 KB dan EEPROM 1 KB yang dapat di baca tulis dengan menggunakan EEPROM *library* saat melakukan pemograman.

Arduino Uno memiliki 14 buah digital pin yang dapat digunakan sebagai *input* atau output, dengan menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()` dan `digitalRead()`. Pin-pin tersebut bekerja pada tegangan 5V dan setiap pin dapat menyediakan atau menerima arus 20mA dan memiliki tahanan pull-up sekitar 20-50 K Ω (secara *default* dalam posisi *disconnect*). Nilai maximum adalah 40mA yang sebisa mungkin dihindari untuk menghindari kerusakan *chip* mikrokontroler.

Beberapa pin memiliki fungsi khusus:

- Komunikasi Serial, terdiri dari 2 pin: pin 0 (RX) dan pin 1 (TX) yang digunakan untuk menerima (RX) dan mengirim (TX) data serial.
- External Interrupt, yaitu pin 2 dan pin 3. Kedua pin tersebut dapat digunakan untuk mengaktifkan *interrupt*. Gunakan fungsi *attachInterrupt()*.
- PWM (*Pulse-Width Modulation*): pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11 menyediakan output PWM 8-bit dengan menggunakan fungsi *analogWrite()*.
- SPI (*Serial Peripheral Interface*): pin 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO) dan 13 (SCK) mendukung komunikasi SPI dengan menggunakan *SPI Library*.
- LED: pin 13, pada pin ini terhubung *built-in* led yang dikendalikan oleh digital pin no 13.
- TWI (*Two Wire Interface*): pin A4 (SDA) dan pin A5 (SCL) yang mendukung komunikasi TWI dengan menggunakan *Wire Library*.

Arduino Uno memiliki 6 buah *input* analog, yang diberi tanda dengan A0-A5. Masing-masing pin analog tersebut memiliki resolusi 10 bit (jadi bisa memiliki 1024 nilai). Secara default, pin-pin tersebut diukur dari ground ke 5V, namun bisa juga menggunakan pin AREF dengan menggunakan fungsi *analogReference()*. Beberapa pin lainnya pada board ini adalah :

- AREF. Sebagai referensi tegangan untuk *input* analog.
- Reset. Hubungkan ke *LOW* untuk melakukan reset terhadap mikrokontroler. Sama dengan penggunaan tombol reset yang tersedia.

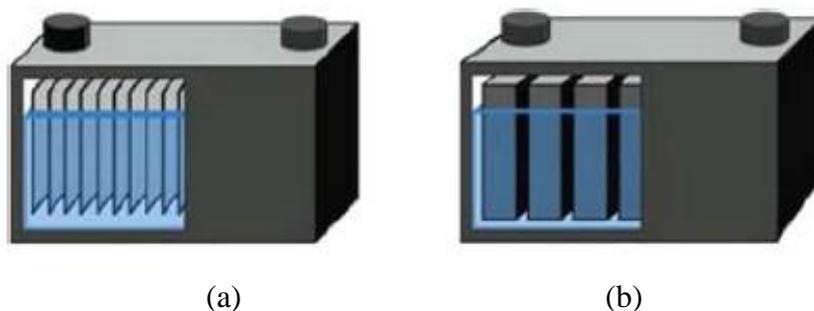
Arduino board merupakan perangkat yang berbasis mikrokontroler. Perangkat lunak (*software*) merupakan komponen yang membuat sebuah mikrokontroler dapat bekerja. *Arduino board* akan bekerja sesuai dengan perintah yang ada dalam perangkat lunak yang ditanamkan padanya.

Bahasa Pemrograman Arduino adalah bahasa pemrograman utama yang digunakan untuk membuat program untuk arduino *board*. Bahasa pemrograman arduino menggunakan bahasa pemrograman C sebagai dasarnya.

2.6 AKI (*Accumulator*)/Baterai

Accumulator atau sering disebut *accu* adalah perangkat kimia untuk menyimpan tenaga listrik dari tenaga surya. Tanpa aki/baterai, energi surya hanya dapat digunakan pada saat ada sinar matahari. Berdasarkan aplikasi maka aki dapat dibedakan untuk *engine starter* (otomotif) dan *deep cycle*.

- Aki untuk *engine starter* (otomotif), umumnya dibuat dengan plat timbal yang permukaannya lebih besar. Dengan demikian aki ini bisa menyuplai arus listrik yang besar pada saat awal untuk menghidupkan mesin.
- Aki *deep cycle*, biasanya digunakan untuk sistem fotovoltaiik (*Solar Cell*) dan *back up power*, dimana aki mampu mengalami *discharge* hingga muatan listriknya tinggal sedikit.



Gambar 2.10 (a) AKI Jenis *Starter* (otomotif) dan (b) AKI Jenis *Deep Cycle*
(Sumber: <http://www.akibaterai.com>)

Secara umum Aki terdiri dari beberapa macam yaitu:

- Aki Kering

Aki kering dikenal juga sebagai baterai. Dalam aki kering ini tidak mengandung cairan sama sekali. Dilihat dari dapat atau tidaknya diisi ulang, baterai ini dikategorikan sebagai baterai yang sekali pakai dan dapat diisi ulang (*rechargeable*). Dari segi bahan, baterai ada yang terbuat dari *Nickel-Cadmium* (Ni-Cd), *Nickel-Metal Hybride* (Ni-Mh), *Lithium Ion*

sampai tercanggih terbuat dari *Lithium Polymer*. Aki kering ini, biasanya dipakai untuk peralatan elektronik karena lebih ringkas. Contohnya dapat diaplikasikan pada ponsel, kamera digital atau laptop. Kelemahan dari aki ini memiliki daya tahan yang rendah dan memiliki ampere yang rendah.

- Aki Basah

Aki basah merupakan salah satu jenis accumulator yang diisi oleh larutan elektrolit asam sulfat. Larutan elektrolit ini akan bereaksi dengan lempengan timah (Pb) yang terdapat pada aki basah. Larutan elektrolit yang dapat digunakan sebagai isi ada dua jenis, yaitu larutan elektrolit berupa asam sulfat yang biasanya merupakan botol merah (zuur), dan yang berbotol biru yang isinya air murni (aqua demineral).

- Aki MF (*Maintenance Free*)

Aki MF (*maintenance free*) merupakan aki dari pengembangan dari aki basah. Aki jenis ini tidak memerlukan tambahan cairan elektrolit lagi. Aki MF ini hanya diisi sekali saja. Aki jenis ini dapat menguap, hanya air hasil penguapannya ditampung kembali dalam aki. Setelah dingin, air hasil penguapan tersebut disirkulasikan lagi dalam ruang sel aki. Dengan demikian, air aki akan terus berputar.

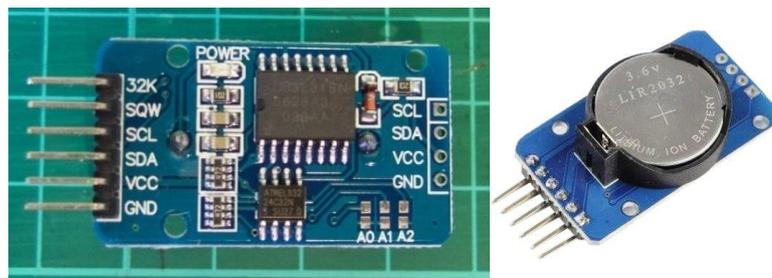
Tegangan *solar cell* yang dihasilkan akan digunakan oleh *charge controller* untuk mengisi baterai. Untuk menghidupkan tegangan AC (*alternating current*) seperti pada lampu, televisi dan lain-lain, arus baterai *disupply* oleh *inverter*. Energi yang disimpan pada baterai atau aki inilah yang digunakan pada malam hari.

2.7 RTC (*Real Time Clock*) DS3231

RTC (*Real Time Clock*) merupakan sebuah IC yang memiliki fungsi untuk menghitung waktu, mulai dari detik, menit, jam, tanggal, bulan, serta tahun. Ada beberapa RTC yang dijual di pasaran, seperti: DS1307, DS1302, DS12C887, DS3234 dan DS3231.

DS3231 adalah jenis RTC dengan biaya yang cukup rendah, I2C (RTC) sangat akurat dengan *temperature compensated* terintegrasi osilator Kristal (TCXO) dan Kristal. Perangkat ini menggabungkan masukan baterai dan memelihara ketepatan waktu yang akurat ketika listrik utama ke perangkat terganggu. Integrasi *resonator* Kristal meningkatkan akurasi jangka panjang perangkat juga sebagai mengurangi jumlah potongan-bagian dalam garis manufaktur.

RTC mempertahankan detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan dan informasi tahun. Jam dapat diatur dengan format 24 jam atau dengan format 12 jam (PM/AM).



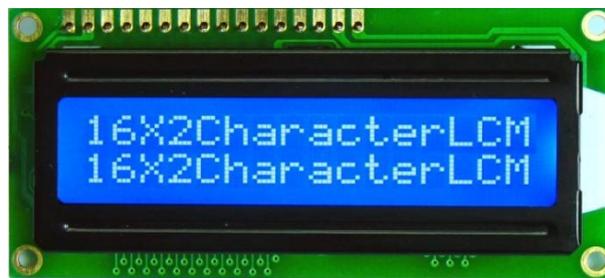
Gambar 2.11 RTC DS3231
(Sumber: <http://indo-ware.com>)

Modul RTC (*Real Time Clock*) ini memiliki akurasi dan presisi yang sangat tinggi dalam mencacah waktu dengan menggunakan IC RTC DS3231 *extremely accurate temperature compensated* RTC (TCXO). IC RTC DS3231 ini memiliki kristal internal dan rangkaian kapasitor tuning dimana suhu dan Kristal dimonitor secara berkesinambungan dan kapasitor diatur secara otomatis untuk menjaga kestabilan detak frekuensi.

Biasanya *Real Time Clock* berbentuk suatu *chip* (IC) yang memiliki fungsi sebagai penyimpan waktu dan tanggal. Dan dalam proses penyimpanannya RTC memiliki register yang dapat menyimpan data detik, menit, jam, tanggal, bulan dan tahun. RTC ini memiliki 128 lokasi RAM yang terdiri dari 15 Byte untuk data waktu serta kontrol dan 113 byte sebagai RAM umum.

Pencacahan waktu pada solusi RTC lain dapat bergeser (*drift*) hingga hitungan menit per bulannya, terutama pada kondisi perubahan suhu yang ekstrim. Modul ini paling jauh hanya bergeser kurang dari 1 menit per tahunnya (<http://www.indo-ware.com>, 2016), dengan demikian modul ini cocok untuk aplikasi kritis yang sensitif terhadap akurasi waktu yang tidak perlu disinkronisasikan secara teratur.

2.8 LCD (*Liquid Crystal Display*)



Gambar 2.12 LCD 16x2
(Sumber: www.boarduino.web.id)

LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. Dipasaran tampilan LCD sudah tersedia dalam bentuk modul yaitu tampilan LCD beserta rangkaian pendukungnya termasuk ROM dan lain-lain. LCD mempunyai *pin* data, kontrol catu daya, dan pengatur kontras tampilan.

Sekarang LCD lebih dipilih dari pada dot matriks, seven-segment LED atau Multi-segment LED untuk tampilan, disebabkan oleh selain harganya murah, LCD sudah mampu menampilkan huruf, angka bahkan grafik sekalipun serta dalam memprogramnya lebih mudah.

LCD juga merupakan perangkat display yang paling umum dipasangkan di Mikrokontroler, Mengingat ukurannya yang kecil dan kemampuannya menampilkan karakter atau grafik yang lebih dibandingkan *display 7 segment*. Pada pengembangan sistem embedded LCD mutlak diperlukan sebagai sumber pemberi informasi utama, misalnya alat pengukur kadar gula darah, penampil jam, penampil *counter* putaran motor industri dan lainnya.

Tabel 2.1 Keterangan pin LCD

No	Nama	Fungsi	Keterangan
1	Vss	Catu daya (0 V atau GND)	
2	Vcc	Catu daya +5 V	
3	Vee	Tegangan LCD	
4	RS	<i>Register Select</i> , untuk memilih mengirim perintah atau data (<i>Input</i>)	“0” memilih register perintah dan “1” register data
5	R/W	<i>Read/Write</i> , pin untuk pengendali baca atau tulis (<i>Input</i>)	“0” untuk proses tulis dan “1” untuk proses baca, dalam banyak aplikasi tidak ada proses pembacaan data dari LCD, sehingga R/W bisa langsung dihubungkan ke GND
6	E	<i>Enable</i> , untuk mengaktifkan LCD untuk memulai operasi baca tulis	Pulsa: Rendah–Tinggi – Rendah
7 - 14	DB0 – DB7	Bus data (<i>Input/Output</i>)	Pada operasi 4 bit hanya DB4 - DB7 yang digunakan, yang lain dihubungkan ke GND. DB7 dapat digunakan sebagai bit status sibuk (<i>busy flag</i>)
15	V+	4,2 V	
16	V-	GND	

Adapun fitur yang disajikan dalam LCD ini adalah:

- Terdiri dari 16 karakter dan 2 baris.
- Mempunyai 192 karakter tersimpan.
- Terdapat karakter generator terprogram.
- Dapat dialamati dengan mode 4bit dan 8bit.
- Dilengkapi dengan *backlight*.

2.9 Relay

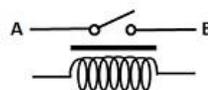
Relay adalah saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen *Electromechanical* (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (*Coil*) dan Mekanikal (Sepangkat kontak saklar/*switch*).

Relay menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan *relay* yang menggunakan Elektromagnet 5V dan 50 mA mampu megerakkan *Armature relay* (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A.

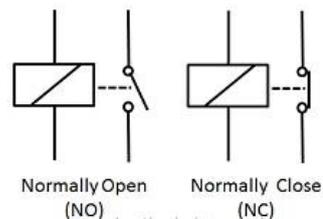
Gambar 2.12 dan gambar 2.13 merupakan bentuk *relay* dan simbol *relay* yang sering ditemukan di rangkaian Elektronika.



Gambar 2.13 Bentuk-Bentuk *Relay*
(Sumber: <http://teknikelektronika.com>)



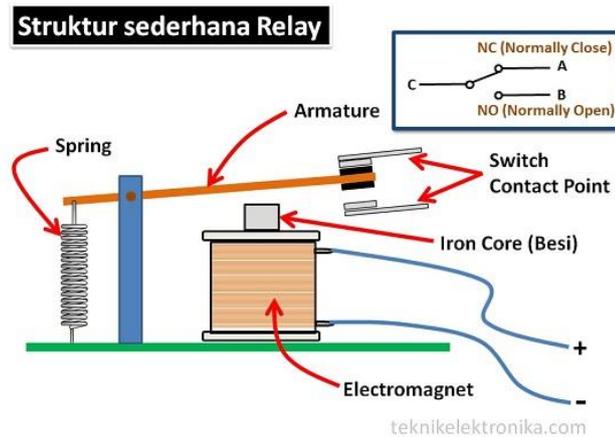
atau



Gambar 2.14 Simbol *Relay*
(Sumber: <http://teknikelektronika.com>)

Pada dasarnya, *relay* terdiri dari 4 komponen dasar, yaitu:

1. *Electromagnet (Coil)*
2. *Armature*
3. *Switch Contact Point (Saklar)*
4. *Spring*



Gambar 2.15 Bagian-Bagian *Relay*
(Sumber: <http://teknikelektronika.com>)

Kontak Poin (Contact Point) *Relay* terdiri dari 2 jenis yaitu :

- Normally Close (NC) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi CLOSE (tertutup)
- Normally Open (NO) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi OPEN (terbuka)

Berdasarkan gambar diatas, sebuah Besi (*Iron Core*) yang dililit oleh sebuah kumparan *Coil* yang berfungsi untuk mengendalikan Besi tersebut. Apabila Kumparan *Coil* diberikan arus listrik, maka akan timbul gaya Elektromagnet yang kemudian menarik *Armature* untuk berpindah dari Posisi sebelumnya (NC) ke posisi baru (NO) sehingga menjadi Saklar yang dapat menghantarkan arus listrik di posisi barunya (NO). Posisi dimana *Armature* tersebut berada sebelumnya (NC) akan menjadi OPEN atau tidak terhubung. Pada saat tidak dialiri arus listrik, *Armature* akan kembali lagi ke posisi Awal (NC). *Coil* yang digunakan oleh *Relay* untuk menarik Contact Poin ke Posisi Close pada umumnya hanya membutuhkan arus listrik yang relatif kecil.

2.10 Motor DC Power Window

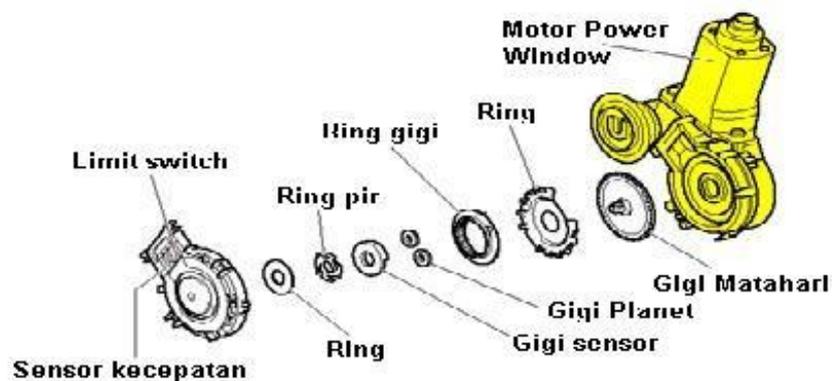
Secara teori, cara kerja motor *power window* adalah dengan mensupply tegangan untuk menurunkan jendela/mengunci pintu adalah dengan membalikkan kutub tegangan tadi. Berikut ini gambar motor DC *power window*:



Gambar 2.16 Motor *Power Window*
(Sumber: <https://www.tetrixrobotics.com>)

Spesifikasi

Voltage Rating (V)	No Load		Load Rating			Locked Torque (Kgf.cm)	Locked Current (A)
	Speed (r.p.m)	Current (A)	Torque (Kgf.cm)	Speed (r.p.m)	Current (A)		
12	85 ± 25	≤ 3	30	70 ± 20	≤ 7	85 ± 25	≤ 20



Gambar 2.17 Konstruksi Motor *Power Window*
(Sumber : <http://yunusarisumpurworejopowerwindow.blogspot.co.id>)

Motor DC adalah suatu motor yang mengubah energi listrik searah menjadi mekanis yang berupa tenaga penggerak torsi. Motor DC digunakan dimana kontrol kecepatan dan kecepatan torsi diperlukan untuk memenuhi kebutuhan bagian motor DC yang paling penting adalah rotor dan stator. Yang termasuk bagian stator adalah badan motor, sikat-sikat dan inti kutub magnet. Bagian rotor adalah bagian yang berputar dari suatu motor DC. Yang termasuk rotor yaitu lilitan kangkar, jangkar, komutator, tali, isolator, poros, bantalan dan kipas.

Motor DC biasanya digunakan dalam rangkaian yang memerlukan kepresisian yang tinggi untuk pengaturan kecepatan, pada torsi yang konstan. Semua motor DC beroperasi atas dasar arus yang melewati konduktor yang berada dalam medan magnet motor DC disini digunakan sebagai motor penggerak utama. Terdapat dua tipe motor DC berdasarkan prinsip medannya, yaitu:

1. Motor DC dengan magnet permanen.
2. Motor DC dengan lilitan yang terdapat pada stator.

Motor DC dapat bekerja hanya dengan memberi polaritas tegangan pada motornya. Untuk pengaturan penggunaannya diperlukan suatu rangkaian *driver*. Fungsi dari rangkaian *driver* ini adalah agar motor DC tersebut dapat diatur berjalan atau berhenti.

Untuk menentukan torsi dan kecepatan yang dikehendaki oleh motor DC. Diatur melalui besar beda potensial yang diberikan. Semakin besar potensial yang diberikan maka torsi yang dihasilkan akan semakin kecil sedangkan kecepatannya akan semakin besar.

Alasan penggunaan motor *power window* karena banyak faktor seperti torsi tinggi dengan rating tegangan *input* yang rendah yaitu 12VDC dan dimensi motor yang relatif *simple (ramping)* dilengkapi dengan internal gearbox sehingga memudahkan untuk instalasi mekanik.

Aplikasi orisinil motor ini dipakai sebagai actuator *open-close* jendela mobil, akan tetapi banyak pula ditemui pemakaian motor ini dalam sistem actuator robot sebagai modul yang membutuhkan spek kecepatan rendah dan torsi yang tinggi. Motor *Power Window* (*made in Jerman*) memiliki spesifikasi sebagai berikut:

<i>Rate voltage</i>	: DC 12 Volt <i>Operating</i>
<i>Voltage Range</i>	: DC 10-16 Volt <i>Operating</i>
<i>Temperature Range</i>	: -30° C – (+) 80° C (-22° F – (+) 176° F)
<i>Speed</i>	: 40 ± 5 rpm
<i>Load</i>	: 4 N.m
<i>Power Window</i>	: 200 mA (<i>coil load</i>) 12 V 10 A
Seri	: 4 Ra 003 510-08