

1. Panel Surya

- **Pengertian Panel Surya**

Panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah **cahaya** menjadi **listrik**. Mereka disebut Surya atas matahari atau "sol" karena matahari merupakan **sumber cahaya terkuat** yang dapat dimanfaatkan. Panel surya sering kali disebut **sel *photovoltaic***, *photovoltaic* dapat diartikan sebagai "cahaya - listrik". Sel surya atau sel PV bergantung pada efek *photovoltaic* untuk **menyerap** energi matahari dan menyebabkan **arus mengalir** antara dua lapisan bermuatan yang berlawanan.

Panel surya adalah perangkat rakitan sel-sel *photovoltaic* yang mengkonversi sinar matahari menjadi listrik. Ketika memproduksi panel surya produsen harus memastikan bahwa sel-sel surya saling terhubung secara elektrik antara satu dengan yang lain pada sistem tersebut. Sel surya juga perlu dilindungi dari kelembaban dan kerusakan mekanis karena hal ini dapat merusak efisiensi panel surya secara signifikan dan menurunkan masa pakai dari yang diharapkan.

- **Prinsip Kerja Panel Surya**

Sel surya adalah suatu komponen elektronika yang dapat mengubah energi surya menjadi energi listrik dalam bentuk **arus searah** (DC). Modul surya (*photovoltaic*) adalah sejumlah sel surya yang dirangkai secara seri dan paralel, untuk meningkatkan tegangan dan arus yang dihasilkan sehingga cukup untuk pemakaian sistem **catut daya** beban.

Untuk mendapatkan keluaran energi listrik yang maksimum maka permukaan panel surya harus selalu mengarah ke matahari. Di Indonesia, energi listrik yang optimum akan didapat apabila panel surya diarahkan dengan **sudut kemiringan** sebesar **lintang lokasi** PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) tersebut berada. Sebagai contoh, untuk daerah yang berada di sebelah utara khatulistiwa maka modul surya harus dihadapkan ke selatan dan sebaliknya.

Selanjutnya energi listrik tersebut disimpan dalam baterai. Baterai di sini berfungsi sebagai penyimpanan energi listrik secara kimiawi pada siang hari dan berfungsi sebagai catu daya listrik pada malam hari. Untuk menjaga kesetimbangan energi di dalam baterai, diperlukan alat pengukur elektronik yang disebut **battery charge regulator**.

Alat ini berfungsi untuk **mengatur tegangan** maksimal dan minimal dari baterai dan memberikan **pengamanan** terhadap sistem, yaitu **proteksi** terhadap pengisian berlebihan atau overcharge oleh penyinaran matahari, pemakaian berlebih atau over discharge oleh beban, mencegah terjadinya arus balik ke modul surya, melindungi terjadinya hubung singkat pada beban listrik dan sebagai **interkoneksi** dari komponen-komponen lainnya.

- **Penerapan Ilmu Fisika Gaya Gerak Listrik**

Secara sederhana proses pembentukan gaya gerak listrik atau GGL pada sebuah sel surya adalah sebagai berikut:

- 1) **Foton** dari cahaya matahari menumbuk panel surya kemudian diserap oleh **material semikonduktor** seperti silikon.
- 2) **Elektron muatan negatif** terlempar keluar dari atomnya sehingga mengalir melalui material semikonduktor untuk menghasilkan listrik. Muatan **positif** yang disebut **hole** atau lubang mengalir dengan arah yang berlawanan dengan elektron pada panel surya silikon.
- 3) **Gabungan atau susunan** beberapa panel surya mengubah energi surya menjadi sumber daya listrik DC.

Ketika sebuah **foton** menumbuk **sebuah lempeng silikon** salah satu dari tiga proses kemungkinan terjadi yaitu:

- 1) Foton dapat **melewati silikon** biasanya terjadi pada foton dengan energi rendah.
- 2) Foton dapat **terpantulkan** dari permukaan.
- 3) Foton tersebut dapat **diserap oleh silikon** yang kemudian:
 - a) menghasilkan panas; atau
 - b) menghasilkan pasangan elektron yaitu ion positif dan elektron bebas bermuatan negatif jika energi foton lebih besar daripada nilai celah pita silikon.

Ketika sebuah foton diserap energinya diberikan ke elektron di lapisan kristal., biasanya elektron ini berada pada pita valensi, dan terikat erat secara kovalen antara atom-atom tetangganya sehingga tidak dapat bergerak jauh dengan leluasa. Energi yang diberikan kepadanya oleh foton mengeksitasinya ke pita konduksi, di mana ia akan bebas untuk bergerak dalam semikonduktor tersebut. Ikatan kovalen yang

sebelumnya terjadi pada elektron tadi menjadi kekurangan satu elektron, hal ini disebut hole atau lubang. Keberadaan ikatan kovalen yang hilang menjadikan elektron yang terikat pada atom tetangga bergerak ke lubang, meninggalkan lubang lainnya, dan dengan jalan ini sebuah lubang dapat bergerak melalui lapisan kristal. Jadi dapat dikatakan bahwa foton- foton yang diserap dalam semikonduktor membuat pasangan-pasangan elektron lubang yang dapat bergerak.

2. Kincir Angin

Kincir angin menerapkan prinsip fisika, yaitu gerak melingkar. Salah satu implementasi konsep tersebut adalah pada rotor turbin yang berputar berlawanan arah. Kincir angin yang berputar saat digunakan tersebut akan menghasilkan listrik.

- Konsep Gerak Melingkar

Gerak melingkar ialah sebuah gerak dengan lintasnya yang berbentuk lingkaran. Menurut Refiana (2016), Terdapat dua jenis gerak melingkar yaitu **gerak melingkar beraturan (GMB)** dan **gerak melingkar berubah beraturan (GMBB)**. Dalam selang waktu yang sama besar posisi sudut Teta pada **GMB** ialah tetap namun pada **GMBB** Besar posisi sudutnya akan berbeda. Pada **GMB** Besar **kecepatan linearnya konstan** namun **arahnya berubah**, sedangkan pada **GMBB** nilai kecepatan linear dan arah pun **berubah**. Besar dan arah kecepatan sudut pada **GMB** adalah konstan, tetapi pada **GMBB** besar dan arah berubah. Pada **GMB** besar percepatan tangensial dan percepatan sudutnya sama dengan **nol**, sedangkan pada **GMBB** besar percepatan tangensial dan percepatan ialah sudutnya **konstan**.

Pada **GMB** hanya hanya terdapat **percepatan sentripetal**, namun pada **GMBB** terdapat dua jenis percepatan, yaitu percepatan **sentripetal** dan **tangensial**. Percepatan **sentripetal** hanya mengubah **arah kecepatan**, sedangkan percepatan **tangensial** mengubah **besar kelajuan**. Pada **GMBB** besar perecepatan tangensial selalu konstan. Sehingga kelajuan linier benda bertambah secara teratur. Selain kelajuan liniernya berubah, pada **GMBB** kecepatan sudutnya juga berubah, Perubahan kecepatan sudut setiap detik inilah yang disebut dengan **percepatan sudut** (Halliday, 2010).

Dalam **gerak melingkar** terdapat **dua jenis besaran**, yaitu besaran sudut (anguler) dan besaran linear (tangensial). **Besaran sudut** adalah besaran yang arah

kerjanya melingkar atau membentuk sudut tertentu (untuk besaran vektor) sedangkan **besaran linear atau tangensial** adalah besaran yang arah kerjanya lurus (tidak membentuk sudut). Besaran sudut pada gerak melingkar meliputi periode, frekuensi, posisi sudut, kecepatan sudut dan percepatan sudut. Sedangkan besaran linear pada gerak melingkar adalah jari-jari, panjang lintasan, kecepatan linear, percepatan tangensial, percepatan sentripetal dan percepatan total. Gerak melingkar berdasarkan karakteristik kecepatan, dibedakan menjadi gerak melingkar beraturan (GMB) dan gerak melingkar berubah beraturan (GMBB) (Halliday, 2010).

Besaran-besaran fisis gerak melingkar terdiri dari, periode, frekuensi, perpindahan sudut, perpindahan linear, kecepatan linear, kecepatan sudut, percepatan tangensial, dan percepatan sudut. **Periode (T)** adalah waktu yang diperlukan suatu benda untuk melakukan **satu putaran**,

$$T = \frac{t}{n} \quad (1)$$

dengan n adalah jumlah putaran dan t adalah waktu (sekon). Frekuensi (f) adalah jumlah putaran yang dilakukan benda dalam satuan waktu.

$$f = \frac{n}{t} \quad (2)$$

Dari kedua persamaan tersebut terdapat hubungan antara periode dan frekuensi yang ditunjukkan pada Persamaan 3.

$$T = \frac{1}{f} \quad (3)$$

Menurut Neny (2020), perpindahan pada gerak melingkar disebut perpindahan sudut ($\Delta\theta$). **Perpindahan sudut ($\Delta\theta$)** adalah sudut yang disapu oleh sebuah garis radial mulai dari posisi awal garis θ hingga posisi akhir garis θ dengan satuan SI untuk $\Delta\theta$ adalah rad. Perpindahan Linear atau panjang lintasan yang ditempuh benda tersebut untuk satu lingkaran penuh sama dengan keliling lingkaran ($2\pi r$) dengan r adalah jari-jari lingkaran.

- **Angin dan Kincir Angin**

Fachri, M.R., dan Hendrayana (2017), mengatakan bahwa angin adalah udara yang bergerak dari tekanan tinggi menuju ke tekanan rendah atau sebaliknya yaitu

dari suhu udara yang rendah ke suhu udara yang lebih tinggi. Penyebab dari pergerakan ini adalah pemanasan bumi oleh radiasi matahari. Udara di atas permukaan bumi selain di panaskan oleh matahari secara langsung, juga mendapat pemanasan dari radiasi matahari. Kondisi bumi yang tidak homogen, sehingga terjadi perbedaan suhu dan tekanan udara antara daerah yang menerima energi panas lebih besar dengan daerah lain yang lebih sedikit menerima energi panas, mengakibatkan terjadinya aliran udara pada wilayah tersebut.

Menurut Pusat Asesmen dan Pembelajaran Republik Indonesia, cara kerja dari pembangkit listrik tenaga angin ini yaitu awalnya energi angin memutar turbin angin. Angin akan memutar sudut turbin, lalu diteruskan untuk memutar rotor pada generator di bagian belakang turbin angin. Generator mengubah energi gerak menjadi energi Listrik

Ketika poros generator mulai berputar, akan dihasilkan tegangan dan arus tertentu. Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan ini disalurkan melalui kabel jaringan listrik untuk akhirnya digunakan oleh masyarakat. Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh generator ini berupa AC (*Alternating Current*). Energi listrik ini biasanya akan disimpan kedalam baterai sebelum dapat dimanfaatkan.

Menurut Wagner (2016), saat ini ada berbagai jenis kincir angin yang beroperasi. Kincir angin yang paling umum adalah kincir angin sumbu horizontal. Berdasarkan kecepatan berputarnya, kincir angin ini terbagi menjadi dua. Yang pertama adalah kincir angin dengan rotasi cepat. Kincir jenis ini umumnya hanya memiliki sepasang baling-baling yang berputar. Hal tersebut mengurangi jumlah permukaan kincir yang bergesekan dengan udara. Akibatnya, kincir bisa berputar lebih kencang. Selaiknya, kincir angin dengan rotasi lambat memiliki banyak baling-baling yang berputar. Jumlah permukaan kincir yang bergesekan dengan udara semakin. Akibatnya, kincir berputar lebih lambat. Meskipun berputar lebih lambat, justru kincir angin jenis ini sangat stabil. Hal tersebut karena getaran akibat putaran kincir yang bergerak lambat cenderung kecil. Hal itu juga yang menyebabkan kincir angin jenis ini bisa beroperasi lebih lama.

Kincir sumbu horizontal hanya terdiri dari beberapa bilah rotor yang dioptimalkan secara aerodinamis. Cara untuk mengaturnya adalah dengan merancang sudut sedemikian rupa sehingga aliran udara di sepanjang sudu akan mengalami

turbulensi pada kecepatan tertentu. Menurut Wagner (2016), kincir ini dapat memberikan daya mulai dari 10 kW hingga beberapa MW. Untuk bisa digunakan sebagai pembangkit listrik, dibutuhkan mesin dengan kecepatan tinggi. Oleh sebab itu, kincir-kincir angin umumnya berukuran besar dan tinggi.

Jenis kincir angin yang lain ialah kincir angin sumbu horizontal. Ini adalah jenis kincir angin multiblade. Kincir angin tersebut memiliki torsi awal yang tinggi yang membuatnya cocok untuk menggerakkan pompa air secara mekanis. Meskipun demikian, kincir jenis ini memiliki jumlah putarannya rendah, dan bilahnya terbuat dari lembaran sederhana dengan bentuk geometri yang lebih sederhana. Untuk meningkatkan jumlah putaran, kincir jenis ini telah dilengkapi dengan sudut yang lebih efisien secara aerodinamis sehingga memudahkan untuk memproduksi listrik.

Menurut Wagner (2016), kincir angin sumbu horizontal terbagi menjadi dua jenis, yaitu darrieus dan savonius. Turbin angin darrieus merupakan turbin angin sumbu vertikal dengan poros rotor utama yang disusun tegak lurus. Maka dari itu, kincir jenis ini memiliki kelebihan tidak bergantung pada arah angin saat beroperasi. Untuk kincir savonius hanya digunakan dalam kegiatan penelitian untuk mengukur kecepatan angin. Jadi, kincir jenis ini tidak digunakan untuk memproduksi listrik.

Jenis kincir terakhir sebagai *Up-Stream-Power-Station* atau menara termal (Wagner (2016)). Pada prinsipnya, dapat dianggap sebagai gabungan antara kincir angin dan kolektor surya. Di puncak menara yang sempit dan tinggi terdapat kincir/turbin angin dengan sumbu vertikal yang digerakkan oleh udara hangat yang bergerak naik. Sebuah kolektor surya dipasang di sekitar kaki menara untuk memanaskan udara. Meskipun terdengar sangat menjanjikan, namun di seluruh dunia hanya ada satu pembangkit listrik jenis ini. Pembangkit listrik tersebut dirancang oleh sebuah perusahaan di Jerman. Pembangkit Listrik *Up-Stream* kedua dengan kinerja listrik 200 MW direncanakan di Australia, tetapi belum direalisasikan sampai saat ini. Tinggi menara harus sekitar 1000 m dan diameter area kolektor harus sekitar 7000 m. Sejauh ini belum ada *Up-Stream-Power-Station* baru yang dirancang dan dipasang. Sejak ada kemajuan teknis yang luar biasa selama sepuluh tahun terakhir mengenai stasiun pertanian surya serta kincir angin sumbu horizontal.

Menurut Pusat Asesmen dan Pembelajaran Republik Indonesia, cara kerja dari pembangkit listrik tenaga angin ini yaitu awalnya energi angin memutar turbin angin.

Angin akan memutar sudut turbin, lalu diteruskan untuk memutar rotor pada generator di bagian belakang turbin angin. Generator mengubah energi gerak menjadi energi listrik. Ketika poros generator mulai berputar, akan dihasilkan tegangan dan arus tertentu. Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan ini disalurkan melalui kabel jaringan listrik untuk akhirnya digunakan oleh masyarakat. Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh generator ini berupa AC (*Alternating Current*). Energi listrik ini biasanya akan disimpan kedalam baterai sebelum dapat dimanfaatkan. Skema kerja dari Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 2. Skema kerja pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB)

Pada baling-baling kincir terdapat gaya yang bekerja, maka besar torsi dapat diketahui. **Torsi** adalah perkalian vektor antara jarak sumbu putar dengan gaya yang bekerja pada titik yang berjarak dari sumbu pusat. Berikut adalah penulisan rumus oleh Halliday, (2010). Secara teori dapat dirumuskan:

$$T = rF \quad (4)$$

dengan T adalah torsi akibat putaran poros (N.m), R adalah jarak baling-baling kincir (m), dan F adalah gaya (N). Energi yang terdapat pada angin adalah energi kinetik ditunjukkan pada Persamaan 5.

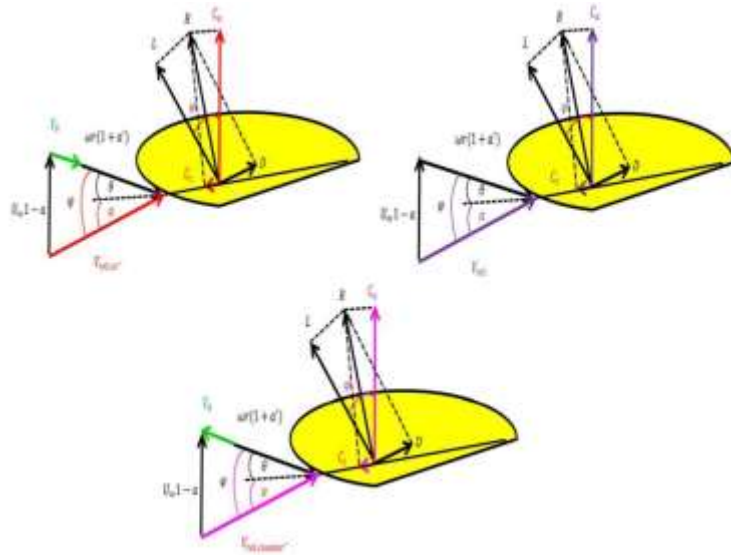
$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \quad (5)$$

dengan E_k adalah energi kinetik (Joule), m adalah massa (kg) dan v adalah kecepatan angin (m/s).

- **Hubungan Konsep Gerak Melingkar Dan Prinsip Kerja Kincir Angin**

Pada skema di bawah, kecepatan dan gaya yang dihasilkan untuk aliran masuk dari turbin bagian akhir yang beroperasi di belakang turbin bagian awal dari susunan turbin yang berputar bersama dan berlawanan. Angka-angka elemen baling-baling menunjukkan perubahan untuk tiga kondisi aliran masuk. Untuk susunan turbin yang berputar bersama (Gambar a), komponen sudut dari aliran masuk menambah komponen sudut yang dihasilkan dari rotasi rotor. Sedangkan untuk counter-rotating array (Gambar c), komponen sudut berlawanan dengan rotasi rotor. Dengan demikian, **kecepatan relatif** untuk *co-rotating array* yang berputar bersama **meningkat** dan kecepatan relatif untuk *counter-rotating array* yang berputar berlawanan **dikurangi**. Gaya yang bekerja pada elemen sudut juga berubah. Yang menjadi perhatian khusus adalah pada koefisien beban tangensial C_t . C_t menentukan torsi yang diberikan oleh setiap elemen sudut. Dilihat dari koefisien beban tangensial untuk ketiga kasus tersebut, terlihat jelas bahwa *counter-rotating array* memiliki C_t **tertinggi** sedangkan *co-rotating array* memiliki C_t **terendah**. Ini menjelaskan mengapa rotor ujung akhir dalam susunan turbin yang berputar berlawanan mungkin memiliki kinerja yang **lebih baik** jika dibandingkan dengan turbin ujung akhir dalam susunan turbin yang berputar bersama.

Dari beberapa penjelasan sebelumnya, terdapat hubungan antara konsep gerak melingkar dengan prinsip kincir angin. Baling-baling pada kincir angin menangkap hembusan angin dan dari putaran baling-baling tersebut akan dihasilkan putaran motor yang selanjutnya diubah menjadi energi listrik. Secara sederhana, angin yang dihasilkan setiap waktunya digunakan untuk memutar turbin atau kincir angin. Ketika turbin atau kincir berputar, dorongan dari putaran tersebut dapat diteruskan untuk memutar salah satu bagian pada generator yaitu rotor di belakang kincir angin. Selanjutnya dari tahap tersebut, energi listrik dapat dihasilkan. Namun, sebelum energi listrik yang telah dihasilkan dapat digunakan, alangkah baiknya jika energi listrik tersebut tadi disimpan pada tempat penyimpanan energi.



Gambar 2. Kecepatan dan gaya yang dihasilkan pada bidang rotor untuk: (a).

Turbin yang berputar bersama dengan komponen kecepatan sudut positif pada co - rotating. (b). Tidak ada komponen sudut dalam aliran masuk dan (c) turbin counter- rotating dengan komponen kecepatan sudut negatif pada aliran masuk.

Daya kincir angin adalah daya yang dihasilkan oleh poros kincir akibat daya angin yang melintasi sudut-sudut kincir. Secara teori daya kincir yang dihasilkan oleh gerak melingkar pada poros kincir angin dapat pada persamaan berikut.

$$P_{OUT} = T \cdot \omega \quad (6)$$

dengan P_{OUT} adalah daya yang dihasilkan kincir angin (Watt), T adalah torsi (Nm), ω adalah kecepatan sudut (rad/s). Kecepatan sudut adalah radian per sekon (rad/s), satuan lain yang digunakan adalah putaran per menit (rpm). Konversi satuan yang menghubungkan (rpm) dan (rad/s) adalah $1 \text{ rpm} = 2\pi/60 \text{ rad/s}$, maka persamaan (6) dapat dirubah menjadi,

$$P_{OUT} = T \frac{2\pi n}{60} \quad (7)$$

dengan n adalah putaran poros (rpm). Tip speed ratio (Tsr) adalah perbandingan antara kecepatan ujung sudut kincir angin yang berputar melingkar dengan kecepatan angin yang me lewatinya. Tsr dapat dirumuskan seperti pada persamaan (8).

$$Tsr = \frac{2\pi r n}{60v} \quad (8)$$

dengan r adalah jari-jari kincir angin (m), n adalah putaran poros (rpm) dan y adalah kecepatan angin (m/s). Gerak baling-baling kincir angin yaitu gerak melingkar beraturan. Arah kecepatan linier benda pada suatu titik adalah searah dengan arah garis singgung lingkaran pada titik tersebut. Jadi, pada gerak melingkar beraturan, vektor kecepatan linier adalah tidak tetap karena arahnya selalu berubah, sedangkan kelajuan linear tetap.

3. Geothermal

- **Pengertian**

Kata **geothermal** berasal dari Yunani yaitu **geo (bumi)** dan **therme (panas)**. Sehingga bila digabungkan maka energi geothermal diartikan menjadi panas yang berasal dari bumi. Uap air (*steam*) dan air panas yang dihasilkan dari dalam bumi dapat digunakan untuk menghasilkan listrik dan panas. Selain itu, energi geothermal merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui. Hal itu dikarenakan, sumber energi geothermal memiliki dua komposisi yaitu: **air (hidro)** dan **panas (thermal)** dimana, cadangan air dapat diisi lagi dari hujan sedangkan panas secara kontinyu dihasilkan oleh bagian dalam bumi.

Energi geothermal dihasilkan pada bagian inti bumi yang berjarak sekitar 4,000 mil di bawah permukaan. Temperatur yang lebih panas dari permukaan matahari secara kontinyu dihasilkan di bagian dalam bumi melalui proses penghancuran partikel radioaktif yang terjadi di semua batuan. Bumi memiliki beberapa lapisan dalam strukturnya, yaitu:

- a) **Inti bumi**, lapisan ini memiliki dua jenis lapisan, yaitu: padatan inti yang **keras** dan inti luar yang tersusun dari **lelehan batuan** yang sangat panas, biasa disebut **magma**.
- b) **Mantel**, lapisan yang mengelilingi bagian inti bumi dengan ketebalan ± 1.800 mil. Lapisan ini tersusun dari magma dan batu-batuan.
- c) Bagian **kerak bumi** merupakan lapisan terluar dari bumi. Tanah pada lapisan ini akan membentuk **benua (daratan)** dan **dasar laut**.

Energi geothermal dapat menemukan jalannya menuju permukaan dalam beberapa bentuk, antara lain:

- Gunung api dan fumarole (lubang dimana gas vulkanik keluar),

- Sumber air panas, dan,
- Air mancur panas.

Sumber aktif geothermal ditemukan sepanjang **batas plate utama** dimana terdapat **konsentrasi** gempa bumi dan gunung api. Aktivitas geothermal di dunia terjadi di area yang disebut cincin api, yang mengelilingi samudra pasifik.

Beberapa aplikasi dari energi geothermal menggunakan temperatur bumi yang dekat dengan permukaan. Tiga penggunaan utama dari energi geothermal adalah:

- Penggunaan **langsung** dan **Sistem Pemanasan Distrik**, yaitu penggunaan air panas dari mata air secara langsung dengan menggali sumur atau memompakan air bawah tanah yang panas atau uap air ke permukaan.
- Pembangkit listrik Tenaga Uap (PLTU)**, dimana membutuhkan air atau uap air dengan **temperatur** yang **sangat tinggi** (300°F – 700°F) sebagai sumber energinya.
- Pemompaan panas geothermal** menggunakan temperatur air yang stabil dan dekat dengan permukaan untuk memanaskan dan mengontrol temperatur bangunan.

d) Proses Geothermal

Pemanfaatan energi geothermal menjadi sumber listrik tidak termasuk pemanfaatan langsung karena harus melalui proses terlebih dahulu untuk menghasilkan energi listrik. Proses tersebut dilakukan di Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP). Proses perubahan energi geothermal menjadi listrik dimulai dari proses pemompaan dari dalam bumi ke permukaan.

Energi geothermal yang dipompa dari reservoir menuju permukaan berupa **brine** dan **gas**. Setelah mencapai permukaan, maka **brine** dengan gas akan dipisahkan melalui **cyclone separator**. Proses pemisahan pada **cyclone separator** merupakan tahap pertama dari proses pemisahan pada keseluruhan proses. Keluaran dari proses pada separator berupa **wet steam** dan kondensat (air hasil pemisahan) yang telah terpisah. **Wet steam** akan menuju ke tahap kedua dari proses pemisahan yaitu pada **cyclone scrubber**, sementara kondensat akan diinjeksikan kembali ke dalam tanah.

Dilakukannya proses pemisahan tahap kedua karena **steam** yang dihasilkan masih mengandung air walaupun telah melalui proses pemisahan pada **cyclone**

separator. Karena itulah pada *cyclone scrubber*, **wet steam** akan mengalami proses **pemisahan kembali**. Dari proses ini, *steam* yang dihasilkan sudah berupa *dry steam* yang siap untuk menggerakkan turbin, sehingga menghasilkan energi listrik. Kemudian listrik menuju transformer dan siap untuk dialirkan ke rumah rumah. Sementara air hasil pemisahan yang berupa kondensat diinjeksikan kembali ke tanah sebagai sumber untuk energi geothermal.

4. Hydropower

- **Pengertian Hydropower**

Air merupakan sumber energi yang **murah** dan **relatif mudah** didapat, karena pada air tersimpan **energi potensial** (pada air jatuh) dan **energi kinetik** (pada air mengalir). **Tenaga air** (*hydropower*) adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir. Energi yang dimiliki air dapat dimanfaatkan dan digunakan dalam wujud energi mekanis maupun energi listrik. Pemanfaatan energi air banyak dilakukan dengan menggunakan kincir air atau turbin air yang memanfaatkan adanya suatu air terjun atau aliran air di sungai.

Energi *hydropower* sangat bergantung dengan **curah hujan**. Seperti yang kita ketahui, panas matahari menyebabkan air di danau dan lautan menguap dan membentuk awan. Air kemudian jatuh kembali ke bumi sebagai hujan atau salju, dan mengalir ke sungai dan sungai yang mengalir kembali ke laut. Air yang mengalir ini dapat digunakan untuk memutar turbin yang mendorong proses mekanis untuk memutar generator yang dapat menghasilkan listrik.

- **Cara Kerja Hydropower**

Aliran sungai dengan sejumlah anak sungainya dibendung dengan sebuah **Dam**. Airnya ditampung dalam waduk yang kemudian dialirkan melalui Pintu Pengambilan Air (**Intake Gate**) yang selanjutnya masuk ke dalam Terowongan Tekan (**Headrace Tunnel**). Sebelum memasuki Pipa Pesat (**Penstock**), air harus melewati Tangki Pendatar (**Surge Tank**) yang berfungsi untuk **mengamankan pipa pesat** apabila terjadi **tekanan kejut** atau tekanan mendadak yang biasa disebut sebagai pukulan air (**water hammer**) saat Katup Utama (**Inlet Valve**) ditutup seketika. Setelah Katup Utama dibuka, aliran air memasuki Rumah Keong (**Spiral Case**). Aliran air yang bergerak memutar Turbin dan dari turbin, air mengalir keluar melalui Pipa Lepas (**Draft Tube**) dan selanjutnya dibuang ke Saluran Pembuangan (**Tail Race**). Poros

turbin yang berputar tersebut dikopel dengan poros generator sehingga **menghasilkan energi listrik**. Melalui Trafo Utama (*Main Transformer*), energi listrik disalurkan melewati Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 70 kV ke konsumen melalui Gardu Induk.

Komponen - komponen dasar PLTA berupa dam, turbin, generator dan transmisi. **Dam** berfungsi untuk **menampung air** dalam jumlah besar karena turbin memerlukan pasokan air yang cukup dan stabil. Selain itu dam juga berfungsi untuk pengendalian banjir. Contoh waduk Jatiluhur yang berkapasitas 3 miliarkubik air dengan volume efektif sebesar 2,6 miliar kubik. **Turbin** berfungsi untuk **mengubah energi potensial** menjadi **energi mekanik**. Gaya jatuh air yang mendorong baling - baling menyebabkan turbin berputar. Turbin air kebanyakan seperti kincir angin, dengan menggantikan fungsidorong angin untuk memutar baling-baling digantikan air untuk memutar turbin.

Perputaran turbin ini di hubungkan ke generator. Turbin terdiri dari berbagai jenis seperti turbin Francis, Kaplan, Pelton, dll. Generator dihubungkan ke turbin dengan bantuan **poros** dan *gearbox*. Memanfaatkan perputaran turbin untuk memutar kumparan magnet didalam generator sehingga terjadi pergerakan elektron yang membangkitkan arus AC. **Travo** digunakan untuk **menaikan tegangan** arus bolak balik (AC) agar listrik tidak banyak terbuang saat dialirkan melalui transmisi. Travo yang digunakan adalah travo *step up*. Transmisi berguna untuk mengalirkan listrik dari PLTA ke rumah-rumah atau industri. Sebelum listrik kita pakai tegangannya di turunkan lagi dengan travo *step down*.

Pada prinsipnya PLTA mengolah energi potensial air diubah menjadi energi kinetis dengan adanya *head*, lalu energi kinetis ini berubah menjadi energi mekanis dengan adanya aliran air yang menggerakkan turbin, lalu energi mekanis ini berubah menjadi energi listrik melalui perputaran rotor pada generator. Jumlah energi listrik yang bisa dibangkitkan dengan sumber daya air tergantung pada dua hal, yaitu jarak tinggi air (*head*) dan berapa besar jumlah air yang mengalir (debit). Untuk bisa menghasilkan energi listrik dari air harus melalui beberapa tahapan perubahan energi, yaitu:

a. Energi Potensial

Energi potensial yaitu energi yang terjadi akibat adanya beda potensial, yaitu akibat adanya perbedaan ketinggian. Besarnya energi potensial yaitu:

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

Dimana:

E_p = Energi Potensial (Joule)

m = Massa (kg)

g = Gravitasi ($9,8 \text{ kg/m}^2$)

h = Head (m)

b. Energi Kinetis

Energi kinetis yaitu energi yang dihasilkan akibat adanya aliran air sehingga timbul air dengan kecepatan tertentu, yang dirumuskan dengan:

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v \cdot v$$

Dimana:

E_k = Energi Kinetik (Joule)

m = Massa (kg)

v = Kecepatan (m/s)

c. Energi Mekanis

Energi mekanis yaitu energi yang timbul akibat adanya pergerakan turbin. Besarnya energi mekanis tergantung dari besarnya energi potensial dan energi kinetis. Besarnya energi mekanis dirumuskan:

$$E_p = T \cdot \omega \cdot t$$

Dimana:

E_m = Energi mekanis (Joule)

T = Torsi (Nm)

ω = Kecepatan sudut (rad/s)

t = Waktu (s)

d. Energi Listrik

Ketika turbin berputar maka rotor juga berputar sehingga menghasilkan energi listrik sesuai persamaan:

$$E_l = W = V \cdot I \cdot t$$

Dimana:

$E_l = W$ = Energi listrik (Joule)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

t = Waktu (s)

5. Biodiesel

Biodiesel adalah bahan bakar alternatif yang dihasilkan dari bahan alami yang terbarukan seperti **minyak nabati** dan **hewani**. Sebagai bahan bakar nabati, biodiesel dapat dibuat dari bahan baku seperti minyak kelapa sawit, minyak buah jarak, dan minyak kedelai. Biodiesel berupa sumber energi yang berupa **asam lemak** hasil proses lemak tersebut dan salah satu pengganti bahan bakar untuk kendaraan bermotor atau sebagai campuran bahan bakar.

Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang menjanjikan, bersifat ramah lingkungan, tidak mempunyai efek terhadap kesehatan yang dapat dipakai sebagai bahan bakar kendaraan bermotor yang dapat menurunkan emisi bila dibandingkan dengan minyak diesel. Biodiesel dapat digunakan secara murni maupun dicampur, dan dikhususkan untuk mesin jenis diesel. Saat ini, biodiesel dimanfaatkan untuk mengurangi konsumsi solar.

Cara membuat biodiesel dari minyak kelapa sawit yang berkelanjutan salah satunya dengan menggunakan metode transesterifikasi. Caranya sebagai berikut. Pertama, minyak sawit mentah (*Crude Palm Oil* (CPO)) diproses menjadi *Refined*, *Bleached*, and

Deodorized Palm Oil (RBDPO). Setelah itu, RBDPO dicampur dengan methanol dan sodium methyllate di mesin *mixer*. Hasil campuran itu kemudian didiamkan selama 1–2 jam hingga endapan FAME dan gliserin terpisah dengan sendirinya. FAME kemudian melewati proses pencucian untuk menghilangkan berbagai senyawa yang dapat mempengaruhi kualitasnya.

Untuk meningkatkan kualitas biodiesel, komponen air dikeringkan dengan cara pemanasan pada suhu 130°C selama 10 menit. Pada tahap terakhir, biodiesel akan melewati tahap penyaringan mekanik untuk menghilangkan partikel dan molekul kotor, sehingga menghasilkan produk akhir dengan kualitas yang luar biasa. Selain dari proses esterifikasi/ transesterifikasi dapat juga dilakukan dengan konversi enzimatis.