

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Potensi Energi Alternatif

Indonesia memiliki Potensi Energi Baru Terbarukan (EBT) yang cukup besar diantaranya, mini/micro hydro sebesar 450 MW, Biomass 50 GW, energi surya 4,80 kWh/m²/hari, energi angin 3-6 m/det dan energi nuklir 3 GW. Data potensi EBT terbaru disampaikan Direktur Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi dalam acara Focus Group Discussion tentang Supply Demand Energi Baru Terbarukan yang belum lama ini diselenggarakan Pusdatin ESDM. Saat ini pengembangan EBT mengacu kepada Perpres No. 5 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional. Dalam Perpres disebutkan kontribusi EBT dalam bauran energi primer nasional pada tahun 2025 adalah sebesar 17% dengan komposisi Bahan Bakar Nabati sebesar 5%, Panas Bumi 5%, Biomasa, Nuklir, Air, Surya, dan Angin 5%, serta batubara yang dicairkan sebesar 2%. Untuk itu langkah-langkah yang akan diambil Pemerintah adalah menambah kapasitas terpasang Pembangkit Listrik Mikro Hidro menjadi 2,846 MW pada tahun 2025, kapasitas terpasang Biomasa 180 MW pada tahun 2020, kapasitas terpasang angin (PLT Bayu) sebesar 0,97 GW pada tahun 2025, surya 0,87 GW pada tahun 2024, dan nuklir 4,2 GW pada tahun 2024. dan nuklir 4,2 GW pada tahun 2024. Total investasi yang diserap pengembangan EBT sampai tahun 2025 diproyeksikan sebesar 13,197 juta USD.

Upaya untuk mengembangkan energi angin mencakup pengembangan energi angin untuk listrik dan non listrik (pemompaan air untuk irigasi dan air bersih), mengembangkan teknologi energi angin yang sederhana untuk skala kecil (10 kW)

dan skala menengah (50 - 100 kW) dan mendorong pabrikan memproduksi SKEA skala kecil dan menengah secara massal. Pengembangan energi surya mencakup pemanfaatan PLTS di perdesaan dan perkotaan, mendorong komersialisasi PLTS dengan memaksimalkan keterlibatan swasta, mengembangkan industri PLTS dalam negeri, dan mendorong terciptanya sistem dan pola pendanaan yang efisien dengan melibatkan dunia perbankan. Untuk mengembangkan energi nuklir, langkah-langkah yang diambil pemerintah adalah melakukan sosialisasi untuk mendapatkan dukungan masyarakat dan melakukan kerjasama dengan berbagai negara untuk meningkatkan penguasaan teknologi. Sedang langkah-langkah yang dilakukan untuk pengembangan mikrohidro adalah dengan mengintegrasikan program pengembangan PLTMH dengan kegiatan ekonomi masyarakat, memaksimalkan potensi saluran irigasi untuk PLTMH, mendorong industri mikrohidro dalam negeri, dan mengembangkan berbagai pola kemitraan dan pendanaan yang efektif.^[1]

Total sumberdaya energi laut nasional sangat melimpah, meliputi energi dari jenis panas laut, gelombang laut dan arus laut, yaitu mencapai 727.000 MW. Namun demikian, potensi energi laut yang dapat dimanfaatkan dengan menggunakan teknologi sekarang dan secara praktis memungkinkan untuk dikembangkan, berkisar antara 49.000 MW. Diantara potensi sedemikian besar tersebut, industri energi laut yang paling siap adalah industri berbasis teknologi gelombang dan teknologi arus pasang surut, dengan potensi praktis sebesar 6.000 MW.^[2]

¹<http://www.esdm.go.id/berita/37-umum/1962-potensi-energi-baru-terbarukan-ebt-indonesia.pdf>

²<http://www.esdm.go.id/news-archives/323-energi-baru-dan-terbarukan/4755->

2.2 Komponen Generator

Secara umum konstruksi generator adalah sama dengan konstruksi motor induksi, hanya saja dalam pengoperasiannya generator memerlukan penggerak mula (dalam hal ini menggunakan bandul yang di gerakkan oleh tenaga gelombang laut) untuk menggerakkan rotor motor induksi tersebut agar dapat berfungsi sebagai generator dengan tegangan dan frekuensi sama dengan tegangan dan frekuensi jala jala, maka putaran rotor harus sama dengan putaran nominal motor induksi yang dijadikan generator. Tegangan hanya dapat timbul bila ada sisa magnet pada rotor. Untuk memperoleh tegangan nominal, dipasang kapasitor paralel pada terminal kumparan stator .

Secara umum motor induksi terdiri dari rotor dan stator. Rotor merupakan bagian yang bergerak, sedangkan stator bagian yang diam. Diantara stator dengan rotor ada celah udara yang jaraknya sangat kecil. Generator (dinamo) merupakan alat yang prinsip kerjanya berdasarkan induksi elektromagnetik. Alat ini pertama kali ditemukan oleh Michael Faraday. Berdasarkan arus yang dihasilkan. Generator dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu generator AC dan generator DC. Generator AC menghasilkan arus bolak-balik (AC) dan generator DC menghasilkan arus searah (DC). Baik arus bolak-balik maupun searah dapat digunakan untuk penerangan dan alat-alat pemanas. Oleh karena itu pada prinsip kerja generator terdapat 3 hal pokok, yaitu :

- Adanya fluks magnet yang dihasilkan oleh kutub kutub magnet.
- Adanya kawat penghantar listrik yang merupakan tempat terbentuknya GGL.
- Adanya gerak relatif antara fluks magnet dengan kawat penghantar listrik.

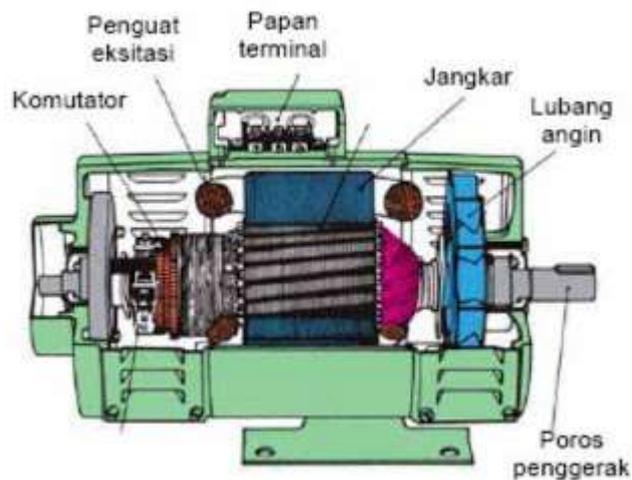
2.2.1 Generator AC.

Bagian utama generator AC terdiri atas magnet permanen (tetap), kumparan (solenoida), cincin geser, dan sikat. Pada generator, perubahan garis Gaya magnet diperoleh dengan cara memutar kumparan di dalam Medan magnet permanen. Karena dihubungkan dengan cincin geser, perputaran kumparan menimbulkan GGL induksi AC. Oleh karena itu, arus induksi yang ditimbulkan berupa arus AC. Adanya arus AC ini ditunjukkan oleh menyalnya lampu pijar yang disusun seri dengan kedua sikat. Sebagaimana percobaan Faraday GGL induksi yang ditimbulkan oleh generator AC dapat diperbesar dengan cara:

- Memperbanyak lilitan kumparan
- Menggunakan magnet permanen yang lebih kuat.
- Mempercepat perputaran kumparan, dan menyisipkan inti besi lunak ke dalam kumparan.

2.2.2 Generator DC

Generator DC merupakan sebuah perangkat mesin listrik dinamis yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Generator DC menghasilkan arus DC / arus searah. Generator DC dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan dari rangkaian belitan magnet atau penguat eksitasinya terhadap jangkar (anker). Pada umumnya generator DC dibuat dengan menggunakan magnet permanent dengan 4-kutub rotor, regulator tegangan digital, proteksi terhadap beban lebih, starter eksitasi, penyearah, bearing dan rumah generator atau casing, serta bagian rotor.

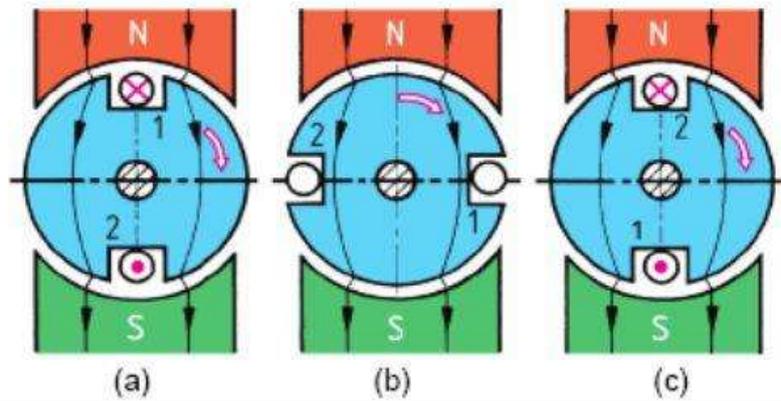


Gambar 2.1 Konstruksi Generator DC

Generator DC terdiri dua bagian, yaitu stator, yaitu bagian mesin DC yang diam, dan bagian rotor, yaitu bagian mesin DC yang berputar. Bagian stator terdiri dari: rangka motor, belitan stator, sikat arang, bearing dan terminal box. Sedangkan bagian rotor terdiri dari: komutator, belitan rotor, kipas rotor dan poros rotor.

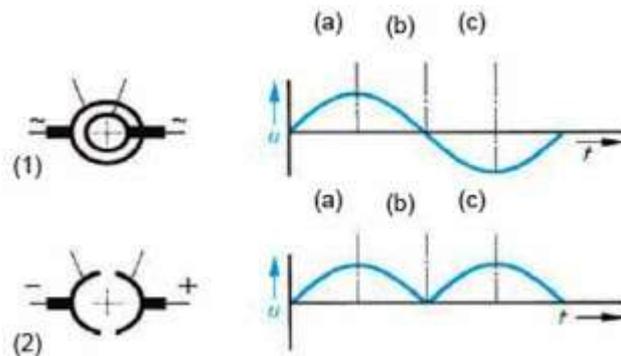
2.2.3 Prinsip kerja Generator DC

Pembangkitan tegangan induksi oleh sebuah generator diperoleh melalui dua cara yaitu dengan menggunakan cincin-seret menghasilkan tegangan induksi bolak-balik AC dan dengan menggunakan komutator menghasilkan tegangan DC. Proses pembangkitan tegangan induksi tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.2 Pembangkitan tegangan induksi

Jika rotor diputar dalam pengaruh medan magnet, maka akan terjadi perpotongan medan magnet oleh lilitan kawat pada rotor. Hal ini akan menimbulkan tegangan induksi. Tegangan induksi terbesar terjadi saat rotor menempati posisi seperti Gambar 2.2 (a) dan (c). Pada posisi ini terjadi perpotongan medan magnet secara maksimum oleh penghantar. Sedangkan posisi jangkar pada Gambar 2.2(b), akan menghasilkan tegangan induksi nol. Hal ini karena tidak adanya perpotongan medan magnet dengan penghantar pada jangkar atau rotor. Daerah medan ini disebut daerah netral.



Gambar 2.3 Tegangan Rotor yang dihasilkan melalui cincin-seret dan komutator

Jika ujung belitan rotor dihubungkan dengan slip-ring berupa dua cincin (disebut juga dengan cincin seret), seperti ditunjukkan Gambar 2.3.(1), maka dihasilkan listrik AC (arus bolak-balik) berbentuk sinusoidal. Bila ujung belitan rotor dihubungkan dengan komutator satu cincin Gambar 2.3.(2) dengan dua belahan, maka dihasilkan listrik DC dengan dua gelombang positif. Rotor dari generator DC akan menghasilkan tegangan induksi bolak-balik. Sebuah komutator berfungsi sebagai penyearah tegangan AC. Besarnya tegangan yang dihasilkan oleh sebuah generator DC, sebanding dengan banyaknya putaran dan besarnya arus eksitasi (arus penguat medan). Berdasarkan sumber arus kemagnetan bagi kutub magnet buatan, generator DC dapat dibedakan menjadi :

a. *Generator penguat terpisah*

Arus kemagnetan diperoleh dari sumber listrik searah di luar generator. Besar kecilnya arus kemagnetan tidak terpengaruh oleh nilai-nilai arus ataupun tegangan generator.

b. *Generator penguat sendiri*

- Arus kemagnetan diperoleh dari dalam generator itu sendiri. Arus kemagnetannya terpengaruh oleh nilai-nilai arus ataupun tegangan generator. Pengaruh nilai tegangan dan arus generator terhadap arus penguat ditentukan oleh rangkaian lilitan penguat magnet dengan lilitan jangkar. Berdasarkan lilitan penguat, generator ini dibedakan menjadi generator shunt, generator seri, dan generator kompon (campuran).^[3]

³ <http://dunia-listrik.blogspot.co.id/2009/01/generator-dc.html> di akses pada 17 oktober 2016

2.3 Gelombang Laut

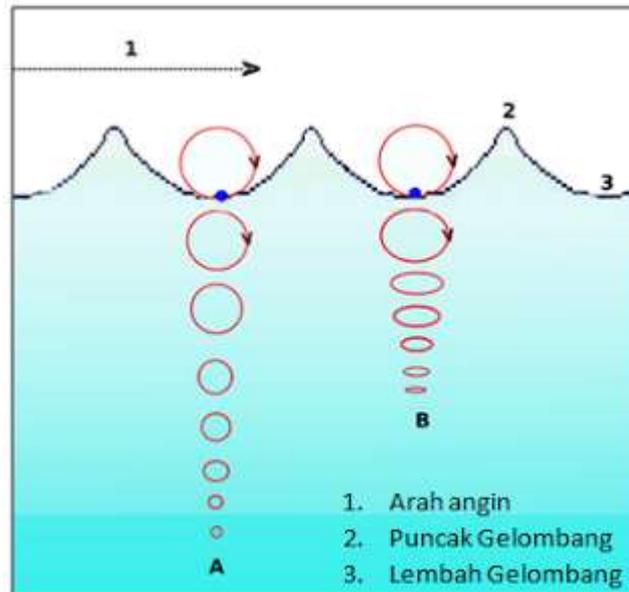
Gelombang laut adalah bentuk permukaan laut yang berupa punggung atau puncak gelombang dan palung atau lembah gelombang oleh gerak ayun (oscillatory movement) akibat tiupan angin, erupsi gunung api, pelongsoran dasar laut, atau lalu lintas kapal (Sunarto, 2003). Gelombang laut memiliki dimensi yaitu periode gelombang, panjang gelombang, tinggi gelombang, dan cepat rambat gelombang.

Periode gelombang (T) adalah waktu tempuh di antara dua puncak atau dua lembah gelombang secara berurutan pada titik yang tetap (satuan detik). Panjang gelombang (L) adalah jarak horizontal antara dua puncak atau dua lembah yang berurutan (satuan meter). Tinggi gelombang (H) adalah jarak vertikal antara puncak gelombang dan lembah gelombang (satuan meter). Cepat rambat gelombang (C) adalah kecepatan tempuh perjalanan suatu gelombang, yang dapat diperoleh dengan pembagian panjang gelombang (L) dengan periode gelombang (T) atau $C=L/T$.

Ketinggian dan periode gelombang tergantung pada panjang fetch pembangkitnya. Fetch adalah jarak perjalanan tempuh gelombang dari awal. Fetch ini dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Semakin panjang jarak fetchnya ketinggian gelombang semakin besar. Angin juga mempunyai pengaruh pada ketinggian gelombang. Angin yang lebih kuat akan menghasilkan gelombang yang lebih besar

Ada dua tipe gelombang, bila dipandang dari sisi sifat-sifatnya yaitu gelombang pembangun/pembentuk pantai (constructive wave) dan gelombang yang tidak membentuk pantai (deconstructive wave). Yang termasuk gelombang pembentuk pantai, bercirikan mempunyai ketinggian kecil dan cepat rambatnya

rendah. Gelombang yang sifatnya tidak membentuk pantai biasanya mempunyai ketinggian dan kecepatan rambat yang besar (sangat tinggi).



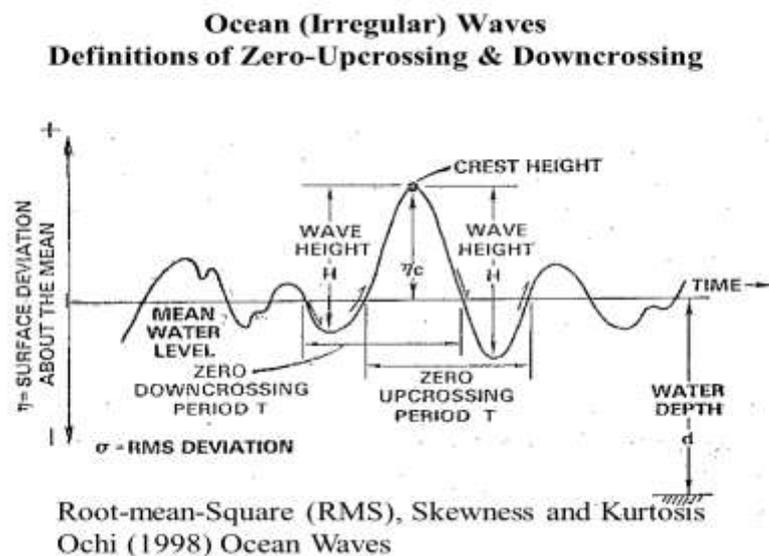
Gambar 2.4 Klasifikasi Gelombang

Klasifikasi gelombang berdasarkan ukuran dan penyebabnya (Pond and Pickard, 1983):

1. Riak (ripples) / gelombang kapiler (capillarywave) dengan panjang gelombang 1,7 meter dan periode kurang dari 0,2 detik disebabkan oleh adanya tegangan permukaan dan tiupan angin yang tidak terlalu kuat pada permukaan laut.
2. Gelombang angin (seas/wind waves) dengan panjang gelombang sampai kira-kira 130 meter dan periode 0,2- 0,9 detik ditimbulkan angin.
3. Alun (swell) dengan panjang gelombang sampai ratusan meter dan periode 0,9-15 detik ditimbulkan oleh angin yang bertiup lama.

4. Gelombang pasang surut (tidal wave) dengan panjang gelombang beberapa kilometer dengan periode 5 jam, 12 jam, dan 25 jam oleh fluktuasi gaya gravitasi Matahari dan Bulan.

Menentukan tinggi gelombang laut pada sebuah perairan dapat menggunakan teori dasar gelombang laut irregular. Dimana teori gelombang laut irregular sangat cocok diterapkan karena kondisi suatu perairan memiliki gelombang yang tidak beraturan.



Gambar 2.5 Gelombang Irregular

Gambar 2.5 menggambarkan respon gelombang irregular dengan λ adalah panjang gelombang T adalah periode gelombang yang dibutuhkan dalam 1 gelombang penuh, σ adalah simpangan gelombang dan H adalah ketinggian gelombang. Ketinggian gelombang laut dapat diklasifikasikan menurut WMO (world meteorological organization) yang dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.1 Ketinggian dan klasifikasi karakteristik gelombang laut

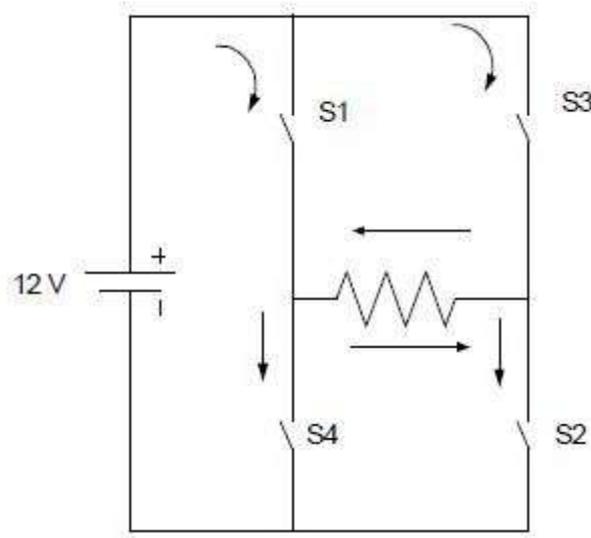
Sea state	Wave Height (m)	Wind speed (m/s)	Characteristic
0	0	0.7717	Calm (glassy)
1	0 to 0.1	2.5722	Calm (rippled)
2	0.1 to 0.5	4.3728	Smooth (wavelets)
3	0.5 to 1.25	6.945	Slight
4	1.25 to 2.5	9.7744	Moderate
5	2.5 to 4	12.6039	Rough
6	4 to 6	19.2917	Very rough
7	6 to 9	26.4939	High
8	9 to 14	30.6094	Very high
9	Over 14	32.9244	Phenomenal

Tabel 2.1 menjelaskan tentang kode sea state yang berfungsi untuk menghitung ketinggian gelombang laut dan karakteristik gelombang laut. (National Marine Weather Guide 2014).

2.4 Inverter

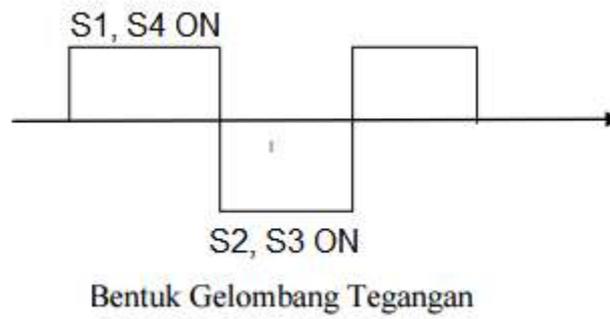
Inverter adalah rangkaian yang mengubah DC menjadi AC. Atau lebih tepatnya inverter memindahkan tegangan dari sumber DC ke beban AC. Sumber tegangan inverter dapat berupa batteray, solar panel, aki kering dan sumber tegangan DC lainnya. Sedangkan keluaran dari inverter adalah tegangan AC 220v atau 120v, dan frekuensi output 50Hz atau 60Hz.

Pada dasarnya inverter adalah alat yang membuat tegangan bolak-balik dari tegangan searah dengan cara pembentukan gelombang tegangan. Namun gelombang yang terbentuk dari inverter tidak berbentuk gelombang sinusoida, melainkan gelombang persegi. Pembentukan tegangan AC tersebut dilakukan dengan menggunakan dua buah pasang saklar. Berikut ini adalah gambar yang menerangkan prinsip kerja inverter dalam pembentukan gelombang tegangan persegi.



Gambar 2.7 Prinsip Dasar Inverter

Prinsip kerja inverter dapat dijelaskan dengan menggunakan 4 sakelar seperti ditunjukkan pada diatas. Bila sakelar S1 dan S2 dalam kondisi on maka akan mengalir aliran arus DC ke beban R dari arah kiri ke kanan, jika yang hidup adalah sakelar S3 dan S4 maka akan mengalir aliran arus DC ke beban R dari arah kanan ke kiri. Inverter biasanya menggunakan rangkaian modulasi lebar pulsa (pulse width modulation – PWM) dalam proses conversi tegangan DC menjadi tegangan AC. Pembentukan gelombang saklar dapat dilihat dari gambar berikut:



Gambar 2.8 Bentuk Gelombang Tegangan

2.4.1 Full-Bridge Converter Theory

Full bridge converter adalah rangkaian teori dasar yang digunakan untuk mengubah DC ke AC. Full bridge converter mempunyai pasangan saklar (S1,S2) dan (S3,S4). Keluaran AC didapatkan dari masukan DC dengan membuka dan menutup saklar-saklar pada urutan yang tepat. Tegangan keluaran V_o bisa berupa $+V_{dc}$, $-V_{dc}$, atau nol, tergantung pada saklar yang mana tertutup. Rangkaian ekivalen kombinasi saklar full bridge converter diperlihatkan pada Gambar 2.3. Sebagai catatan bahwa S1 dan S4 tidak boleh menutup pada saat yang bersamaan, begitu juga dengan S2 dan S3, yang akan menyebabkan terjadinya short circuit pada sumber DC. Saklar yang nyata tidak bisa on atau off secara seketika. Berikut tegangan keluaran pada table berikut:

Tabel 2.2 Teori Konverter

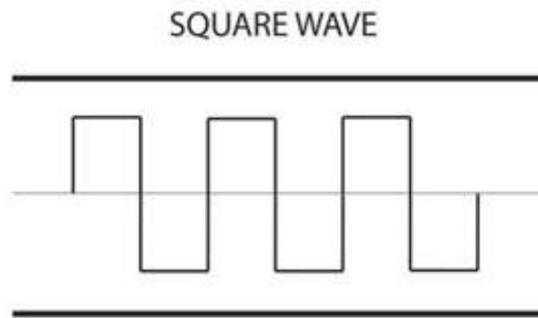
Saklar tertutup	Tegangan keluaran (V0)
S1 dan S2	+Vdc
S3 dan S4	-Vdc
S1 dan S3	0
S2 dan S4	0

2.4.2 Jenis Inverter Berdasarkan Gelombang yang Dihasilkan

Berdasarkan gelombang keluaran yang dihasilkan, inverter dapat dibagi menjadi 3 macam yaitu square wave, modified sine wave, dan pure sine wave.

2.4.2.1 Square Wave Inverter

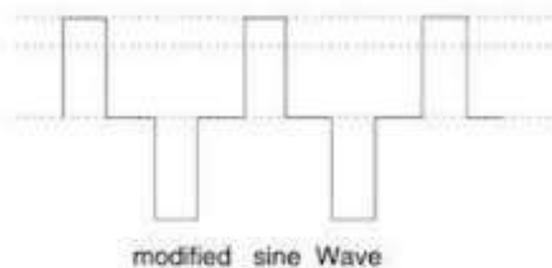
Square Wave Inverter ini adalah yang paling sederhana. Walaupun inverter jenis ini dapat menghasilkan tegangan 220 VAC, 50 Hz namun kualitasnya sangat buruk. Sehingga dapat digunakan pada beberapa alat listrik saja. Hal ini disebabkan karena karakteristik output inverter ini adalah memiliki level ‘*total harmonic distortion*’ yang tinggi. Mungkin karena alasan itu inverter ini disebut ‘*dirty power supply*’.



Gambar 2.9 Output Square Wave

2.4.2.2 Modified Sine Wave

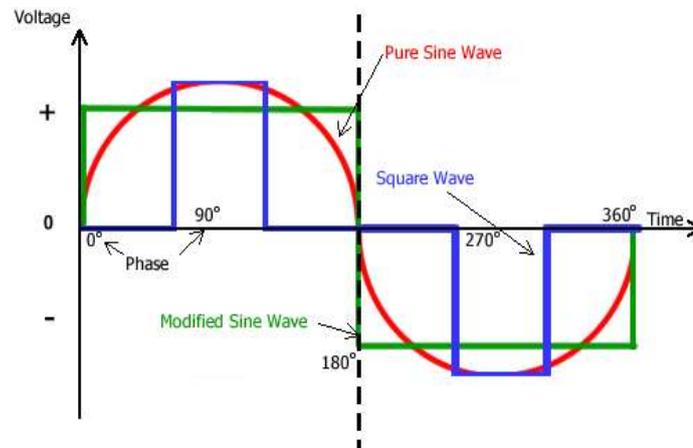
Modified Sine Wave disebut juga “Modified Square Wave” atau “Quasy Sine Wave” karena gelombang modified sine wave hamper sama dengan square wave, namun pada modified sine wave outputnya menyentuh titik 0 untuk beberapa saat sebelum pindah ke positif atau negatif. Selain itu karena modified sine wave mempunyai harmonic distortion yang lebih sedikit dibanding square wave maka dapat dipakai untuk beberapa alat listrik seperti computer, tv, lampu namun tidak bias untuk beban-beban yang lebih sensitive.



Gambar 2.10 Output Modified Sine Wave

2.4.2.3 Pure Sine Wave

Pure Sine Wave atau true sine wave merupakan gelombang inverter yang hampir menyerupai (bahkan lebih baik dibandingkan dengan gelombang sinusoida sempurna pada jaringan listrik dalam hal ini PLN. Dengan total harmonic distortion (THD) < 3% sehingga cocok untuk semua alat elektronik. Oleh sebab itu inverter ini juga disebut ‘‘ clean power supply’’. Teknologi yang digunakan inverter jenis ini umumnya disebut pulse width modulation (PWM) yang dapat mengubah tegangan DC menjadi AC dengan bentuk gelombang yang hampir sama dengan gelombang sinusoida.⁴



Gambar 2.11 Output Pure Sine Wave

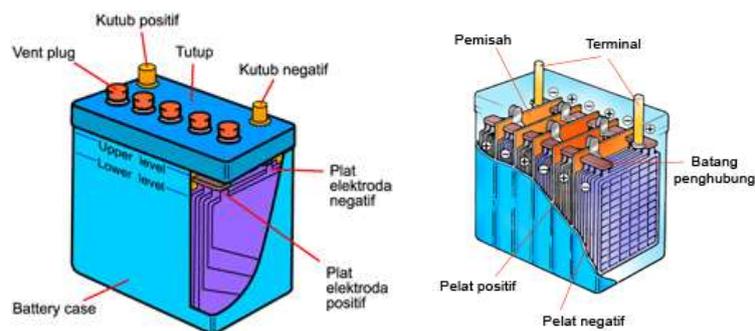
2.5 Baterai

Baterai merupakan suatu alat penyimpanan energi listrik yang dapat diisi ulang setelah energi yang digunakan berkurang. Kapasitas atau kemampuan menyimpan energi listrik ditentukan oleh semua komponen di dalam baterai seperti jenis material yang digunakan dan jenis elektrolitnya. Alat untuk mengisi ulang

⁴ *Teori Inverter*. <http://etd.repository.ugm.ac.id/downloadfile/79503/potongan/D3-2015-315075-chapter1.pdf> diakses pada 17 Oktober 2016

energi listrik baterai dinamakan rectifier (charging) yang berfungsi mengubah arus bolak-balik menjadi searah dan tegangan outputnya sesuai dengan tegangan baterai.

Aki yang ada di pasaran ada 2 jenis yaitu aki basah dan aki kering. Aki basah media penyimpan arus listrik ini merupakan jenis paling umum digunakan. Aki jenis ini masih perlu diberi air aki yang dikenal dengan sebutan accu zuur. Sedangkan aki kering merupakan jenis aki yang tidak memakai cairan, mirip seperti baterai telepon selular. Aki ini tahan terhadap getaran dan suhu rendah (gambar 2.5). Dalam aki terdapat elemen dan sel untuk penyimpan arus yang mengandung asam sulfat (H_2SO_4). Tiap sel berisikan pelat positif dan pelat negatif. Pada pelat positif terkandung oksid timbal coklat (PbO_2), sedangkan pelat negatif mengandung timbal (Pb). Pelat-pelat ditempatkan pada batang penghubung. Pemisah atau separator menjadi isolasi diantara pelat itu, dibuat agar baterai acid mudah beredar disekeliling pelat. Bila ketiga unsur kimia ini berinteraksi, munculah arus listrik.



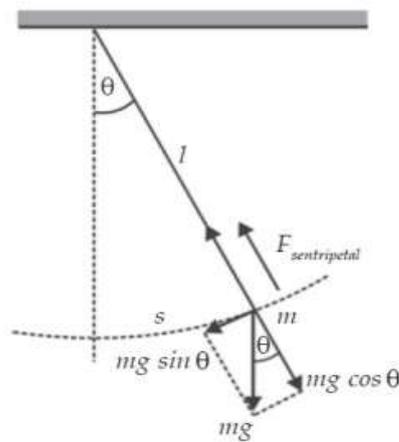
Gambar 2.12 Sel Aki

Aki memiliki 2 kutub/terminal, kutub positif dan kutub negatif . Biasanya kutub positif (+) lebih besar atau lebih tebal dari kutub negatif (-), untuk menghindarkan kelalaian bila aki hendak dihubungkan dengan kabel-kabelnya. Pada aki terdapat batas minimum dan maksimum tinggi permukaan air aki untuk masing-

masing sel. Bila permukaan air aki di bawah level minimum akan merusak fungsi sel aki. Jika air aki melebihi level maksimum, mengakibatkan air aki menjadi panas dan meluap keluar melalui tutup sel.

2.6 Teori Bandul Sederhana

Gerak bandul merupakan gerak harmonik sederhana hanya jika amplitudo geraknya kecil. Gambar dibawah ini memperlihatkan bandul sederhana yang terdiri dari tali dengan panjang L dan beban bermassa m . gaya yang bekerja pada beban adalah beratnya mg dan tegangan T pada tali.



Gambar 2.13 Ilustrasi gerak harmonik sederhana

Persamaan gaya pemulih pada bandul sederhana adalah $F = -mg \sin\theta$. Untuk sudut θ kecil (θ dalam satuan radian), maka $\sin\theta = \theta$. Oleh karena itu persamaannya dapat ditulis $F = -mg \left(\frac{x}{l}\right)$. Karena persamaan gaya sentripetal adalah $F = -4\pi^2 mf^2 X$, maka kita peroleh persamaan sebagai berikut:

$$-4\pi^2 mf^2 X = -mg \left(\frac{X}{l}\right)$$

$$4\pi^2 f^2 = \frac{g}{l}$$

Periode gerak harmonic tersebut mempunyai persamaan

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Menurut persamaan (2.1) diatas makin panjang tali, makin besar periode, yang konsisten dengan pengamatan eksperimen. Dari rumus diatas terlihat bahwa periode tidak bergantung pada massa. Hal ini berlaku karena gaya pemulih berbanding lurus dengan massa. Begitu pula dengan frekuensi dan periode tidak bergantung pada amplitudo osilasi, segi umum gerak harmonic sederhana. Periode dan frekuensi bandul sederhana tidak bergantung pada massa dan simpangan bandul, tetapi hanya bergantung pada panjang tali dan percepatan gravitasi setempat. Kriteria gerak harmonic sederhana yang dinyatakan dalam besaran-besaran sudut ini adalah bahwa percepatan sudut harus berbanding lurus dengan simpangan sudut dan berlawanan arah. (Tipler, 1998).

2.7 Sistem Pengisian Baterai

Pengertian dari battery charger adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengisi battery dengan arus konstan hingga mencapai tegangan yang ditentukan. Bila level tegangan yang ditentukan itu telah tercapai, maka arus pengisian akan turun secara otomatis ke level aman tepatnya yang telah ditentukan dan menahan arus pengisian hingga menjadi lebih lambat sehingga indikator menyala menandakan battery telah terisi. Battery (Accumulator) merupakan salah satu media penyimpan energi yang biasa digunakan pada kendaraan bermotor untuk menyalakan lampu dan sebagainya. Dalam proyek akhir ini, accumulator

digunakan untuk menyimpan energi listrik yang berasal dari pembangkit listrik tenaga gelombang menggunakan bandul. Penelitian atau percobaan tentang charge/discharge telah menghasilkan banyak sekali metode yaitu antara lain :

- a. Proses charge discharge dengan arus konstan.
- b. Proses charge discharge dengan daya konstan
- c. Proses charge dengan arus konstan ketika tegangan terminal lebih rendah dari pada tegangan charge.
- d. Proses discharge dengan resistansi konstan ketika tegangan battery turun dan arus juga turun.

Untuk mengetahui waktu dalam proses pengisian accumulator, dapat menggunakan perhitungan pada persamaan (2.2) dan persamaan (2.3) : Lama pengisian arus :

$$T_A = AH/A \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan : T_A = Lamanya pengisian arus (jam)

Ah = Besarnya kapasitas accumulator (Ampere hours)

A = Besarnya arus pengisian ke accumulator (Ampere)

Lama pengisian daya :

$$T_D = \text{daya Ah} / \text{daya A} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan : T_D = Lamanya pengisian daya (jam)

Daya Ah = Besarnya daya yang didapat dari perkalian Ah dengan besar tegangan accumulator (Watt hours)

Daya A = Besarnya daya yang didapat dari perkalian A dengan besar tegangan accumulator (Watt).^[5]

⁵https://www.academia.edu/22394768/RANCANG_BANGUN_PEMBANGKIT_LISTRIK_TENAGA_ANGIN_PADA_STASIUN_PENGISIAN_ACCU_MOBIL_LISTRIK diakses pada 8 November 2016