

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Study Literatur**

Penulis melanjutkan dengan studi literatur dengan tujuan memeriksa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dan terkait dengan topik penelitian penulis. Informasi ini akan digunakan sebagai referensi dan perbandingan dalam mengembangkan metode penelitian serta menganalisis hasil yang diperoleh dalam penelitian ini.

Penelitian yang dilakukan oleh soleh (Soleh, Supriyanto and Surtono, 2020) yang berjudul “Analisis Potensi Energi Listrik Pikohidro dari Sumber Air Pegunungan Serta Upaya Peningkatan Daya Listrik dengan Memanfaatkan Rangkaian *Joule Thief*”. Tujuan dari alat yang dibangun oleh peneliti tersebut ialah agar dapat menyuplay daya listrik untuk tiap rumah didesa Desa Sumber Agung Kecamatan Kemiling Bandarlampung. Untuk perancangan mekanik dari alat tersebut menggunakan modul generator DC dan untuk perancangan elektrikal menggunakan modul *joue thief*. Dari hasail penerlitian tersebut dihasilkan pembangkit listrik picohidro dengan kapasitas maksimal daya AC 7,75 Watt. Tegangan maksimal yang dihasilkan modul generator diperoleh pada debit air 0,14 liter/detik yaitu sebesar 12 V. Tegangan pengisian terbesar yaitu 4,26 V dengan arus pengisian terbesar 23,19 mA.

Penelitian dilakukan oleh Gilga Monda (Monda *et al.*, 2022) yang berjudul “Purwarupa Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro Menggunakan Turbin Pelton”.

Alat yang dibuat oleh peneliti ialah pembangkit listrik tenaga air dengan kapasitas daya kecil dan pembangkit ini menggunakan turbin Pelton. Untuk turbin pelton ini dipilih karena untuk berputar turbin ini hanya membutuhkan air yang lebih sedikit dibandingkan dengan turbin yang lain. Tujuan dari perangkat ini adalah untuk secara bertahap menghidupkan lampu pijar dengan daya 15 watt dan tegangan 220-240 V. Ketika debit air mencapai 1,6 L/s (0,0016 m<sup>3</sup>/s), daya yang dihasilkan adalah 4,6 watt, yang diperoleh dari hasil perkalian antara arus (I) dan tegangan (V). Pada uji coba terakhir, ketika debit mencapai 2,1 L/s (0,0021 m<sup>3</sup>/s), lampu menyala dengan kecerahan yang lebih rendah, dan daya yang dihasilkan adalah sebesar 9 watt.

Penelitian dilakukan oleh Mustofa (Mustofa, Magga and Arifin, 2015) yang berjudul “Desain *Hibrid Panel Surya Tipe Monocrystalline Dan Thermal Kolektor Fluida Air*” hasil dari penelitian ini ialah panel surya dengan tipe Monocrystalline yang hibrid dengan Thermal Kolektor Fluida Air, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan daya yang dihasilkan dari panel surya tanpa termal kolektor fluida air dengan panel surya yang sudah di hibrid. Untuk thermal kolektor fluida air bertujuan untuk menurunkan suhu yang dihasilkan oleh panel surya. Efisiensi panel surya dalam konteks ini mengalami peningkatan. Secara lebih spesifik, efisiensi sistem PVT (*Photovoltaic Thermal*) lebih unggul dibandingkan dengan sistem PV (*Photovoltaic*) tanpa komponen termal. Ini disebabkan oleh kemampuan panel surya jenis monokristalin untuk menyerap lebih banyak panas dari lingkungan sekitarnya, yang dapat menyebabkan peningkatan suhu panel. Namun, dengan adanya sistem pendingin yang terletak di bagian bawah permukaan

panel atau dengan menggabungkan elemen termal kolektor, efisiensi dapat ditingkatkan. Dengan kata lain, *output* daya yang dihasilkan akan lebih besar dalam kasus ini..

Penelitian yang dilakukan oleh Heri Suropto (heri and Fathoni, 2021) yang berjudul “Analisis Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Secara Ekonomi; Sebuah *Review* Berdasarkan Studi Literatur di Indonesia” dari hasil penelitian tersebut diketahui bahwa untuk investasi pembangkit listrik tenaga surya sangat layak diterapkan di Indonesia dengan pertimbangan usia dari PLTS kisaran 20 tahun dan untuk pengembalian modal investasi diperkirakan selama 10 tahun jadi keuntungan yang dihasilkan ialah masyarakat dapat menikmati listrik gratis selama 10 tahun.

Penelitian yang dilakukan oleh Arief Kurniawan (Kurniawan, 2021) yang berjudul “Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (Photovoltaic-Mikrohidro) Menuju Desa Mandiri Energi” dari hasil penelitian ini dihasilkan pembangkit listrik hibrid dengan kapasitas daya yang dihasilkan oleh Solar Panel sebesar 39,98 Watt dengan tegangan rata-rata 14,93 Volt dan untuk PLTMH menghasilkan daya sebesar 14.667 Watt dengan tegangan Rata-rata 216 Volt.

Penelitian yang dilakukan oleh Heri Suropto (heri and Fathoni, 2021) yang berjudul “Desain dan Studi Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga hibrid Berbasis Energi Matahari dan Energi Hidro” hasil dari penelitian ini menyatakan bahwa dari segi ekonomi pembangkit ini layak untuk dikembangkan dengan mempertimbangkan nilai IRR pembangkit sebesar 47 %, IRR ini lebih besar dari IRR awal sebesar 12 %.

**Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu**

<b>Nama Peneliti</b>	<b>Judul</b>	<b>PLTS</b>	<b>PLTA</b>	<b>Hasil</b>
Ahmad Badrus Soleh, Amir Supriyanto, Gurum Ahmad Pauzi, dan Arif Surtono (2020)	“Analisis Potensi Energi Listrik Pikohidro dari Sumber Air Pegunungan Serta Upaya Peningkatan Daya Listrik dengan Memanfaatkan Rangkaian <i>Joule Thief</i> ”	X	√	Dari hasil penelitian tersebut dihasilkan pembangkit listrik picohidro dengan kapasitas maksimal daya AC 7,75 Watt. Tegangan maksimal yang dihasilkan modul generator diperoleh pada debit air 0,14 liter/detik yaitu sebesar 12 V. Tegangan pengisian terbesar yaitu 4,26 V dengan arus pengisian terbesar 23,19 mA.
Gilga Molanda, Eria Martaa, Doni Situmoranga, Estomihi Linggaa, Ria	“Purwarupa Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro Menggunakan Turbin Pelton”	X	√	Alat yang dibuat oleh peneliti ialah pembangkit listrik tegana air dengan kapasitas daya kecil dan pembangkit ini

Tabel 2.1 (Lanjutan)

Nama Peneliti	Judul	PLTS	PLTA	Hasil
Batubaraa, Darwis, A.Ra, Rihat Sebayanga (2022)				menggunakan turbin Pelton. Untuk turbin pelton ini dipilih karena untuk berputar turbin ini hanya membutuhkan air yang lebih sedikit dibandingkan dengan turbin yang lain
Mustofa, Ramang Magga, dan Yusnaini Arifin (2015)	“Desain Hibrid Panel Surya Tipe <i>Monocrystalline</i> Dan Thermal Kolektor Fluida Air”	V	X	Efisiensi panel surya dalam konteks ini mengalami peningkatan. Secara lebih spesifik, efisiensi sistem PVT (Photovoltaic Thermal) lebih unggul dibandingkan dengan sistem PV (Photovoltaic) tanpa komponen termal. Ini disebabkan oleh kemampuan panel surya

Tabel 2.1 (Lanjutan)

Nama Peneliti	Judul	PLTS	PLTA	Hasil
				<p>jenis monokristalin untuk menyerap lebih banyak panas dari lingkungan sekitarnya, yang dapat menyebabkan peningkatan suhu panel. Namun, dengan adanya sistem pendingin yang terletak di bagian bawah permukaan panel atau dengan menggabungkan elemen termal kolektor, efisiensi dapat ditingkatkan. Dengan kata lain, output daya yang dihasilkan akan lebih besar dalam kasus ini.</p>
Arief Kurniawan	"Perancangan Pembangkit	V	V	hasil penelitian ini dihasilkan pembangkit

Tabel 2.1 (Lanjutan)

Nama Peneliti	Judul	PLTS	PLTA	Hasil
(2021)	Listrik Tenaga Hibrid ( <i>Photovoltaic-Mikrohidro</i> ) Menuju Desa Mandiri Energi”			listrik hibrid dengan kapasitas daya yang dihasilkan oleh Solar Panel sebesar 39,98 Watt dengan tegangan rata-rata 14,93 Volt dan untuk PLTMH menghasilkan daya sebesar 14.667 Watt dengan tegangan Rata-rata 216 Volt.
Heri Sripto dan Ahmad Fathonia	“Analisis Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Secara Ekonomi; Sebuah <i>Review</i> Berdasarkan Studi Literatur di Indonesia”	V	X	hasil dari penelitian ini menyatakan bahwa dari segi ekonomi pembangkit ini layak untuk dikembangkan dengan mempertimbangkan nilai IRR pembangkit sebesar 47 %, IRR ini lebih besar dari IRR

**Tabel 2.1 (Lanjutan)**

<b>Nama Peneliti</b>	<b>Judul</b>	<b>PLTS</b>	<b>PLTA</b>	<b>Hasil</b>
				awal sebesar 12 %.
Penelitian yang diusulkan	Pembuatan Pembangkit Listrik Dengan Sistem Hibrid Untuk Penerangan Lahan Pertanian Di Desa Ngepoh	V	V	Hasil dari penelitian ini ialah tegangan tertinggi yang dihasilkan oleh PLTS 20,9V, 59,57Watt dan pembangkit PLTA Picohidro sebesar 9,46 V, 32,16Watt. Total daya yang dihasilkan oleh pembangkit sebesar 91,73Watt dalam sehari dan padapat mensuplay 1 lahan pertanian dengan total kapasitas daya lampu sebesar 75Watt.

## 2.2. Energi Matahari

Intensitas radiasi matahari hampir tidak berubah di luar atmosfer bumi. Nilai konstan matahari  $G_{sc}$  menggambarkan jumlah energi matahari yang diterima per satuan waktu pada permukaan yang tegak lurus terhadap arah radiasi matahari pada jarak rata-rata antara matahari dan bumi di luar atmosfer. World Radiation Center

(WRC) telah mencatat nilai konstan matahari ( $G_{sc}$ ) sebesar  $1367 \text{ W/m}^2$  dengan tingkat ketidakpastian sekitar 1%. (Tasik, Lobo and Sau, 2019)

Intensitas cahaya matahari berpengaruh pada daya yang dihasilkan oleh sel surya, dengan tegangan yang cenderung stabil meskipun ada perubahan dalam radiasi matahari. Namun, hanya ketika radiasi matahari sangat rendah, tegangan akan terpengaruh. (Tasik, Lobo and Sau, 2019)

### 2.3 Energi Air

Energi air merupakan salah satu dari lima sumber utama energi terbarukan yang dapat diubah menjadi listrik tanpa menghasilkan emisi gas rumah kaca seperti yang terjadi pada pembangkit listrik yang menggunakan energi fosil. Perbedaan dengan energi listrik dengan menggunakan sinar matahari ialah energi listrik yang memanfaatkan energi air dapat menghasilkan energi listrik *nonstop* selama debit air dapat terjaga. (Fitriyani, 2022)

Debit air ialah jumlah air atau laju air yang mengalir dalam satuan volume per waktu. Untuk mengukur debit aliran air secara langsung dapat dilakukan melalui 4 (Empat) katagori sebagai berikut : (Fitriyani, 2022)

1. Pengukuran volume pada air sungai atau parit.
2. Pengukuran debit air dapat dilakukan dengan cara mengukur kecepatan aliran air per waktu dan menentukan luas penampang dari sungai atau parit.
3. Pengukuran debit air juga dapat menggunakan bahan kimia (pewarna) yang dituangkan dalam aliran sungai atau parit (*substance tracing method*)

4. Untuk pengukuran debit air berikutnya dapat menggunakan bangunan yang dibuat khusus untuk mengukur debit air seperti flume (aliran air cepat) atau weir (aliran air lambat).

#### **2.4 Pembangkit Listrik Hibrid**

Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PLTH) adalah sistem pembangkit yang menggunakan lebih dari satu jenis sumber energi utama untuk memasok daya yang sama. Tujuan utama pengembangan PLTH adalah untuk memastikan pasokan sumber energi utama yang stabil bagi pembangkit listrik, sehingga produksi listrik dapat dijamin. Selain itu, dengan adanya sistem hibrid ini, efisiensi dan ekonomi operasi sistem pembangkit akan meningkat. Tujuan lain dari PLTH adalah menggabungkan kelebihan dari setiap jenis sumber energi utama sambil menutupi kelemahan yang dimiliki oleh masing-masing sumber energi untuk mengatasi situasi tertentu. Dengan demikian, secara keseluruhan sistem dapat beroperasi lebih efisien dan ekonomis, serta mampu menghasilkan daya listrik secara efisien dalam berbagai situasi pembebanan. (Kurniawan, 2021)

#### **2.5 Panel Surya *Photovoltaic***

Panel surya adalah perangkat yang memiliki kemampuan untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Perangkat ini sangat sesuai untuk digunakan di negara-negara yang terletak di sekitar garis katulistiwa karena mereka menerima paparan sinar matahari sepanjang tahun.

Teknologi fotovoltaik pertama kali diperkenalkan pada tahun 1839 oleh seorang fisikawan Perancis yang bernama Alexandre Edmond Becquerel. Ia melakukan percobaan dengan menyinari dua elektroda dan menggunakan selenium sebagai bagian dari upayanya untuk menghasilkan energi listrik. Hasil dari percobaannya mengindikasikan bahwa cahaya memiliki potensi untuk diubah menjadi energi listrik. (Aji, Wibowo and Windarta, 2020)

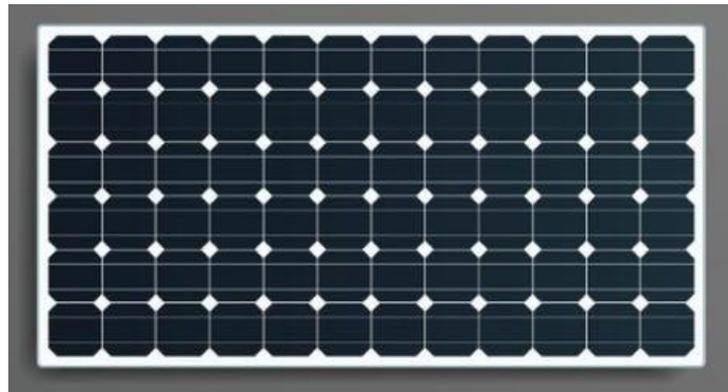
### **2.5.1 Jenis-jenis Panel Surya**

Sel surya terbagi dalam 2 jenis sebagai berikut:

1. Sel Surya *Monocrystalline*

Sel Surya *Monocrystalline* adalah panel surya paling efisien yang dihasilkan dengan teknologi terbaru dan menghasilkan daya listrik tertinggi per unit luas. Panel monokristalin ini dirancang untuk digunakan di lokasi-lokasi yang memerlukan konsumsi listrik besar, terutama di daerah-daerah dengan iklim ekstrem dan kondisi alam yang keras. Mereka memiliki efisiensi yang bervariasi antara 11 hingga 15 persen. Namun, kelemahan dari jenis panel ini adalah kinerjanya akan menurun signifikan ketika terkena kurangnya sinar matahari (seperti dalam kondisi teduh) dan saat cuaca mendung. (Hidayat *et al.*, 2020).

Adapun contoh Sel Surya *Monocrystalline* dapat dilihat pada gambar 2.1



**Gambar 2.1 Sel Surya *Monocrystalline***

Sumber : (Hidayat *et al.*, 2020)

## 2. Sel Surya *Polycrystalline*

Solar panel *polycrystalline* proses pembuatannya lebih mudah dibanding *monocrystalline*, sehingga harganya lebih murah di pasaran. Solar panel jenis *polycrystalline* dapat menyerap energi dengan baik disaat kondisi mendung atau berawan. Kekurangan solar panel jenis *polycrystalline* adalah efisiensi yang dimiliki rendah, sekitar 13% - 16% (Hidayat *et al.*, 2020), Adapun contoh Sel Surya *Polycrystalline* dapat dilihat pada gambar 2.2



**Gambar 2.2 Sel Surya *Polycrystalline***

Sumber : (Hidayat *et al.*, 2020)

2.5.2. Perhitungan Sel Surya

Berikut adalah parameter untuk menentukan nilai *output* pada sel surya untuk menentukan hasil efisiensi pada panel surya digunakan perhitungan sebagai berikut. (Pido, Santy and Mohamad, 2019)

1. Arus Hubung Singkat

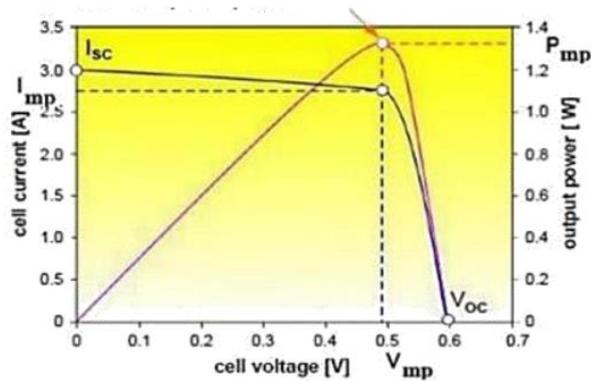
Arus hubung singkat atau *shortcircuit current* ( $I_{sc}$ ) adalah keluaran maksimum yang diperoleh dari sel surya pada kondisi tidak ada resistansi ( $R$ ).

2. Tegangan Hubung Terbuka

Tegangan hubung terbuka atau *open circuit voltage* adalah kapasitas tegangan maksimum yang dapat dicapai pada saat tidak adanya arus.

3. Daya maksimum

Daya maksimum ( $P_{max}$ ) pada gambar 2.3, berada pada titik A ( $V_{max}$ ,  $I_{max}$ ). Daya maksimum diperoleh dari perkalian antara arus ( $I_{mp}$ ) dikalikan dengan tegangan ( $V_{mp}$ ).



**Gambar 2.3 Grafik Arus Kuat dan Tegangan Panel Surya**

Sumber : (Pido, Santy and Mohamad, 2019)

$$P_{max} = V_{mp} \times I_{mp} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

$P_{max}$  = Daya maksimum keluaran (W)

$V_{mp}$  = Tegangan maksimum (V)

$I_{mp}$  = Arus maksimum (A)

#### 4. Faktor Pengisi (FF)

Faktor pengisi adalah indikator yang mengukur sejauh mana sel surya berkualitas, yang dapat dinilai melalui perbandingan antara daya maksimum teoritis dan daya yang dihasilkan pada saat tegangan rangkaian terbuka dan pendek terjadi. Faktor pengisi yaitu parameter yang menyatakan seberapa besar  $I_{sc} \times V_{oc}$  dari daya maksimum  $V_m \times I_m$  yang dihasilkan sel Surya.

$$FF = (V_{mp} \times I_{mp}) / V_{oc} \times I_{sc} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

FF = Faktor pengisi

$V_{mp}$  = Tegangan maksimum (V)

$I_{mp}$  = Arus maksimum (A)

$V_{oc}$  = Rangkaian tegangan terbuka (V)

$I_{sc}$  = Arus hubung singkat (A)

#### 5. Daya Masukan ( $P_{in}$ )

Daya masukan adalah daya yang dihasilkan dari hasil perkalian antara intensitas radiasi matahari yang diterima oleh sel surya dengan luas area sel surya, dan dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$P_{in} = I_r \times A \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

$P_{in}$  = Daya input akibat radiasi matahari (W)

$I_r$  = Intensitas radiasi matahari (W/ )

$A$  = Luas area permukaan sel surya

#### 6. Daya Keluaran ( $P_{out}$ )

Daya keluaran adalah ukuran yang diperoleh dengan mengalikan tegangan rangkaian terbuka ( $V_{oc}$ ) dengan arus hubung singkat ( $I_{sc}$ ), serta faktor pengisi (FF) yang dihasilkan oleh sel surya, dan dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

$P_{out}$  = Daya *output* sel surya (W)

$V_{oc}$  = Tegangan rangkaian terbuka (V)

$I_{sc}$  = Arus hubung singkat (A)

FF = Faktor Pengisi

#### 7. Efisiensi Sel Surya

Efisiensi sel surya merupakan ukuran keluaran daya listrik panel surya dibandingkan dengan luas permukaannya. Efisiensi dari *solar cell* dapat dihitung menggunakan persamaan Dibawah ini. (Bawol, Rumbayan and M.Tulung, 2014)

$$\eta = (P_{out}/P_{in}) \times 100\% \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

$\eta$  = Efisiensi panel surya (%)

$P_{in}$  = Daya intensitas matahari (W)

$P_{out}$  = Daya keluaran (W)

Penggunaan sel surya sangat bermanfaat dalam berbagai aplikasi, terutama saat pasokan listrik tidak tersedia, seperti di daerah terpencil, satelit yang mengorbit, kalkulator genggam, pompa air, dan sebagainya (Iskandar dkk, 2018). Sel surya, baik dalam bentuk rangkaian atau panel surya, juga dapat diinstal di daerah yang terpencil atau belum terhubung dengan jaringan listrik PLN.

## 2.6 Solar Charge Controller

*Solar Charge Controller* adalah perangkat elektronik yang berfungsi untuk mengendalikan arus searah yang mengisi baterai dan yang diambil dari baterai untuk digunakan pada beban, seperti yang terlihat pada gambar 2.4. Kontroler pengisian surya mengatur masalah-masalah seperti pengisian berlebihan (karena baterai sudah terisi penuh) dan tegangan berlebih dari panel surya atau sel surya. Kelebihan tegangan dan pengisian ini dapat mempersingkat masa pakai baterai.. (H Kara, 2014)

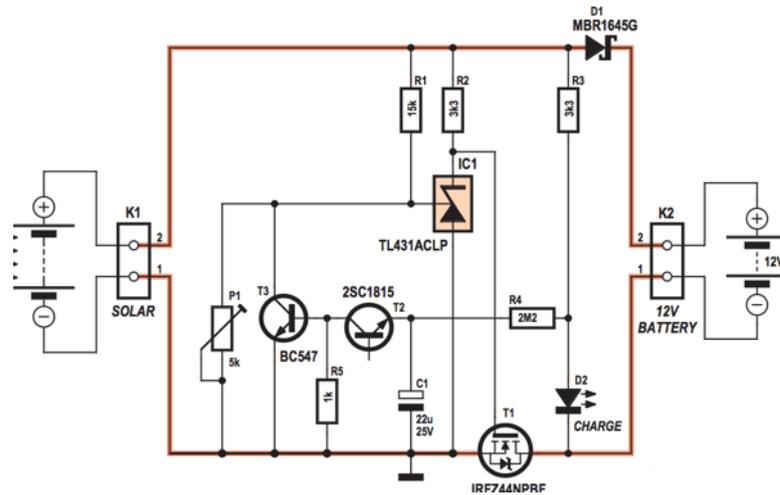
*Solar charge controller* menggunakan teknologi Modulasi Lebar Pulsa (PWM) untuk mengatur bagaimana baterai diisi dan bagaimana arus dikeluarkan dari baterai ke beban.



**Gambar 2.4 Solar Charge Controller**

Sumber : (H Kara, 2014)

Untuk mengetahui skema kerja dari *Solar Charger Controller* dapat dilihat dari wiring diagram pada gambar 2.5.



**Gambar 2.5** Wiring Diagram *Solar Charger Controller*

Sumber : (Muhammad Usman Rafiq, 2015)

## 2.7 Baterai

Baterai adalah suatu perangkat yang terdiri dari satu atau lebih sel elektrokimia, dengan koneksi eksternal yang disediakan, untuk menyediakan daya untuk perangkat listrik seperti senter, ponsel, dan mobil listrik. Ketika baterai menyuplai daya listrik, terminal positifnya berfungsi sebagai katode, sedangkan terminal negatifnya adalah anoda. Terminal yang memiliki tanda negatif merupakan sumber elektron yang mengalir melalui rangkaian listrik eksternal menuju terminal yang berlabel positif. Saat baterai dihubungkan ke beban listrik eksternal, reaksi redoks mengubah reaktan berenergi tinggi menjadi produk berenergi lebih rendah, dan selisih energi bebas ini disalurkan ke sirkuit eksternal sebagai energi listrik. Secara historis, istilah "baterai" merujuk secara khusus kepada perangkat yang terdiri dari beberapa sel, tetapi penggunaan istilah ini telah

berkembang untuk mencakup perangkat yang terdiri dari satu sel. (Wikipedia, 2022)

Baterai dapat dibuat dengan menggabungkan sel-sel mandiri yang ditempatkan dalam wadah khusus yang disebut kotak baterai. Kotak baterai plastik ini memiliki kontak-kontak dan kawat-kawat yang menghubungkan sel-sel listrik di dalam baterai.

Baterai umumnya dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu baterai primer dan baterai sekunder. Dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya, baterai yang umumnya digunakan adalah baterai tipe sekunder, karena baterai sekunder dapat diisi ulang dan dikosongkan berkali-kali. Baterai sekunder biasanya terbuat dari bahan seperti timah hitam (Timbel) dan Nikel Cadmium.

Kapasitas baterai diukur dalam satuan Ampere jam (Ah) dan biasanya terdokumentasi dalam spesifikasi baterai. Sebagai contoh, jika sebuah baterai memiliki kapasitas 50 Ah, maka baterai tersebut akan terisi penuh dengan arus 2 ampere selama 25 jam. Baterai juga memiliki nilai yang disebut DOD (Depth Of Discharge) yang memengaruhi masa pakai baterai. Semakin tinggi nilai DOD, maka umur pemakaian baterai akan semakin singkat, dan sebaliknya. Nilai DOD yang disarankan untuk baterai jenis sealed, VRLA, dan AGM adalah sekitar 50%.

**Tabel 2.2 Level DOD dan Nilai Tegangan Baterai**

<i>Depth of Discharge Battery</i>		
<i>Level</i>	<i>Type</i>	
	<i>SEALED &amp; VRLA and AGM</i>	<i>WET</i>
100%	13,00	12,60
90%	12,75	12,50

**Tabel 2.2 (Lanjutan)**

<i>Depth of Discharge Battery</i>		
<i>Level</i>	<i>Level</i>	
	<i>SEALED &amp; VRLA and AGM</i>	<i>WET</i>
80%	12,50	12,42
70%	12,30	12,32
60%	12,15	12,20
50%	12,05	12,06
40%	11,95	11,90
30%	11,81	11,75
20%	11,66	11,58
10%	11,51	11,31
0%	11,50	10,50

Perhitungan Kebutuhan Kapasitas Baterai untuk menentukan kapasitas baterai yang dibutuhkan pada perancangan ini, dapat menggunakan persamaan tersebut:

$$Ah = \left( \frac{W}{V_{baterai}} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (2.7)$$

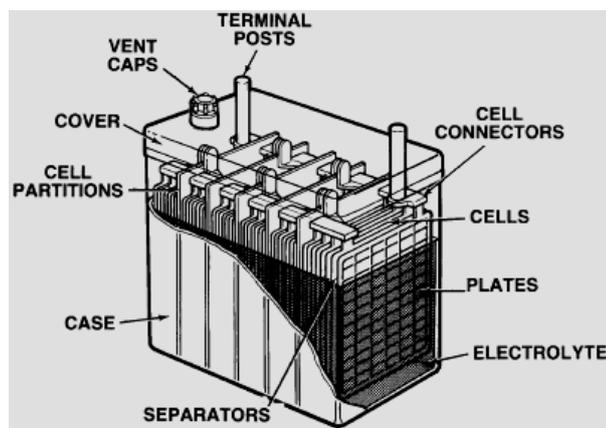
Keterangan:

Ah = Kapasitas baterai (Ah)

W = Jumlah energi yang dibutuhkan beban (W)

V<sub>baterai</sub> = Tegangan nominal baterai (V)

DOD = *Depth Of Discharge* (%)

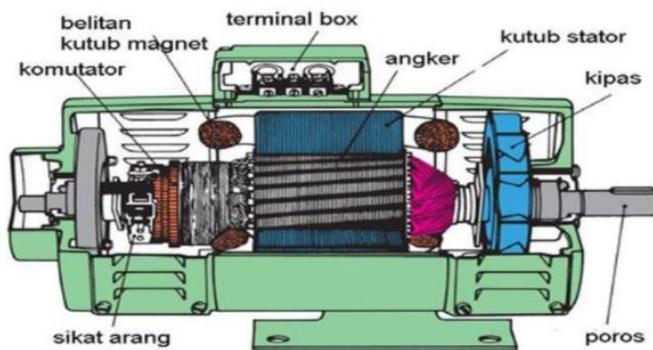


**Gambar 2.6 Baterai**

Sumber : (Wikipedia, 2022)

## 2.8 Generator DC

Generator arus searah memiliki komponen dasar yang pada dasarnya mirip dengan komponen mesin listrik lainnya. Secara umum, generator arus searah adalah perangkat yang mengubah energi mekanis berupa gerakan berputar menjadi energi listrik berupa arus searah. Energi mekanis ini digunakan untuk menggerakkan kumparan kawat penghantar dalam medan magnet. Sesuai dengan hukum Faraday, perubahan fluks magnetik yang dilingkupi oleh kawat penghantar akan menghasilkan GGL induksi, yang besarnya berkaitan dengan tingkat perubahan fluks tersebut. Jika kumparan kawat ini merupakan rangkaian tertutup, maka akan muncul arus induksi. Perbedaan utama antara generator-generator biasanya terletak pada komponen penyearahnya, yang seringkali mencakup komutator dan sikat. (Saputra *et al.*, 2016)



**Gambar 2.7 Generator DC**

Sumber : (Saputra *et al.*, 2016)

Untuk dapat menentukan daya yang dihasilkan oleh generator dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$P = A \times PF \text{ (Powe Factor) } \dots\dots\dots (2.8)$$

Contoh :

jika pada sebuah tamplate generator tertera nilai dari powernya adalah 2KVA dengan *power factor (PF)* 0.8 dan tegangan (*Voltage*) 24V. hitunglah berapa daya yang dapat digunakan :

$$\begin{aligned} P &= 2000VA \times 0,8 \\ &= 1600Watt \end{aligned}$$

Maka total daya yang dapat digunakan oleh generator tersebut sebesar 1600Watt dengan tegangan 24Volt

## 2.9 Kincir Air

Untuk PLTA Pikohidro memakai kinci air yang terbuat dari besi seng dengan pertimbangan efisiensi penggunaan dikarenakan tujuan dari alat tersebut ialah sebagai pembangkit listrik hibrid *portable* yang dapat mudah dipindahkan dan

dipasang meskipun dengan menggunakan kincir energi yang dihasilkan tidak maksimal. Hasil studi yang dilakukan oleh para pakar dalam bidang mesin-mesin fluida telah mengidentifikasi tiga jenis turbin air yang telah terbukti memiliki keunggulan tertentu, yang dapat disesuaikan dengan karakteristik potensi air yang tersedia dan besarnya daya yang ingin dihasilkan. (Bachtiar and Gamindra, 2015)

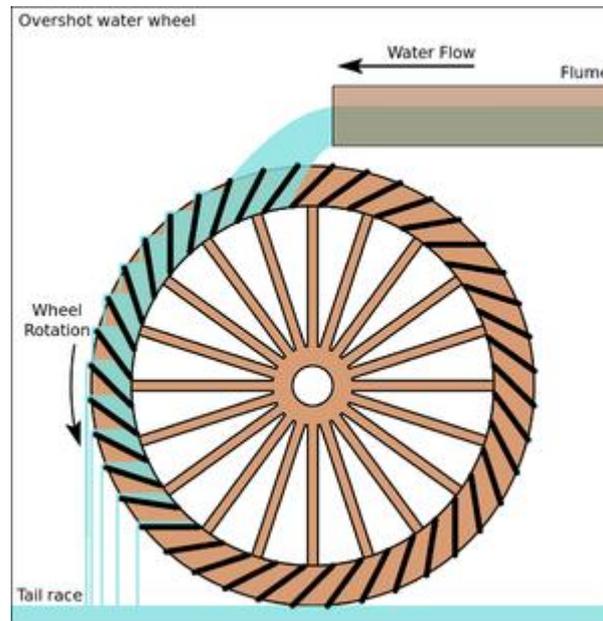
### **2.9.1 Tipe-tipe Kincir Air Untuk Pembangkit Listrik**

Dalam menentukan kincir air yang akan digunakan dalam pembuatan pembangkit listrik tenaga air (PLTA) para ahli menetapkan 3 tipe yang paling efisien dan teruji keunggulannya antara lain :

#### 1. *Tipe over shoot water wheel*

Turbin air jenis overshoot adalah tipe kincir air yang dapat dibangun ketika terjadi penurunan signifikan dalam ketinggian air di sungai atau saluran air yang digunakan untuk menggerakkan kincir. Biasanya, jenis kincir ini dibangun di lereng bukit dengan ketinggian minimal sekitar 4,5 meter.

Dalam kincir air tipe overshoot, air dialirkan dari saluran di atas kincir itu sendiri. Kemudian, air jatuh ke bilah-bilah kincir air, mendorong roda berputar ke depan. Keunikan dari metode ini adalah bahwa air dimasukkan di bagian paling atas roda, sehingga jatuh dari ketinggian yang paling tinggi, sehingga membuat kincir ini sangat efisien, dengan tingkat efisiensi sekitar 80 hingga 90%.(pendidikan Energi, 2023)



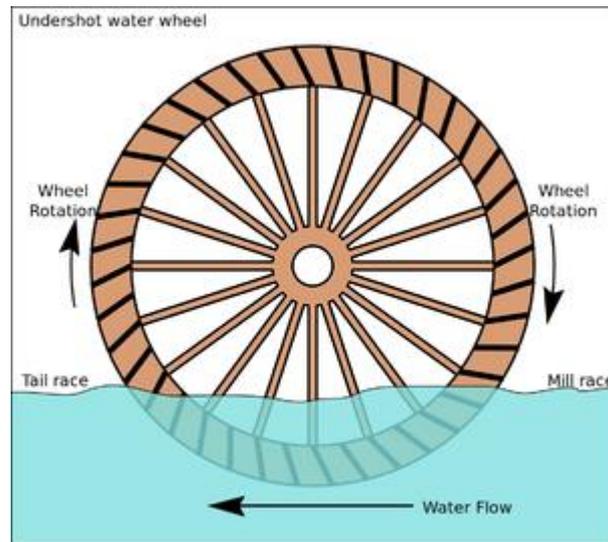
**Gambar 2.8 Kincir Tipe *over shoot water wheel***

Sumber : (pendidikan Energi, 2023)

## 2. Tipe *under shoot water wheel*

Di wilayah-wilayah yang memiliki kemiringan yang sedikit atau bahkan tidak ada, kincir air undershot merupakan satu-satunya pilihan yang dapat beroperasi secara efektif. Karena ada sedikit aliran air yang turun, kincir air ini memiliki tingkat efisiensi yang lebih rendah dibandingkan dengan jenis kincir air lainnya. Hal ini disebabkan oleh kenyataan bahwa kincir air undershot mengandalkan aliran air yang besar dan cepat untuk menggerakkan roda. Oleh karena itu, roda ini biasanya dibangun di atas sungai yang besar dan memiliki aliran air yang kuat.

Dalam jenis kincir air ini, tidak ada saluran khusus untuk mengalirkan air. Sebaliknya, air mengalir di sepanjang dasar kincir air, mengakibatkan kincir air berputar ke belakang terhadap arah aliran air. Putaran ini terjadi karena air mendorong sudut-sudut yang bersentuhan dengan permukaan air. (pendidikan Energi, 2023)



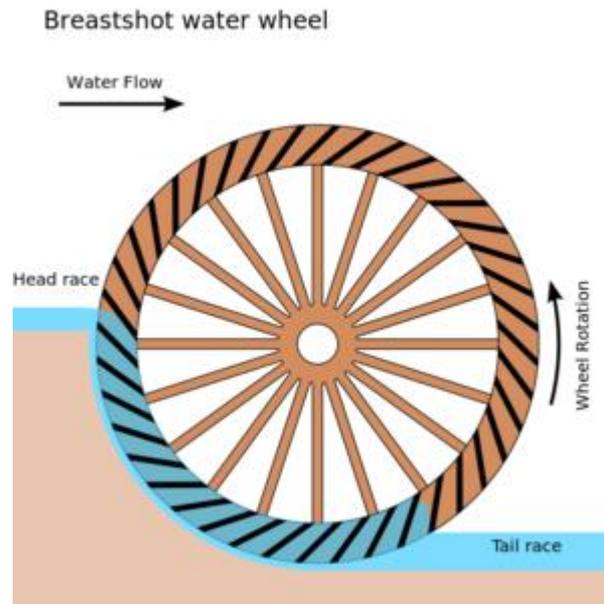
**Gambar 2.9 Kincir Tipe *Under Shoot Water Wheel***

Sumber : (pendidikan Energi, 2023)

### 3. Tipe *breast water wheel*

Kincir air tipe breastshot digunakan ketika ada perubahan tingkat air yang sedang. Biasanya, jenis roda breastshot digunakan ketika perubahan tingkat air berkisar antara 1,8 hingga 2,4 meter. Kincir air ini memiliki peran penting dalam periode Revolusi Industri, dan pada masa itu, roda ini umumnya terbuat dari besi. Roda jenis ini dapat dibuat dengan ukuran yang sangat besar untuk meningkatkan daya hasil tenaganya.

Dalam kincir air tipe ini, air mengalir menuju roda hampir setengah jalan dari bagian atas roda dan mendorong bilah-bilah roda ke arah bawah saat turun. Air kemudian terus mengalir di bawah roda, mendorongnya lebih lanjut saat bergerak ke depan. (pendidikan Energi, 2023)



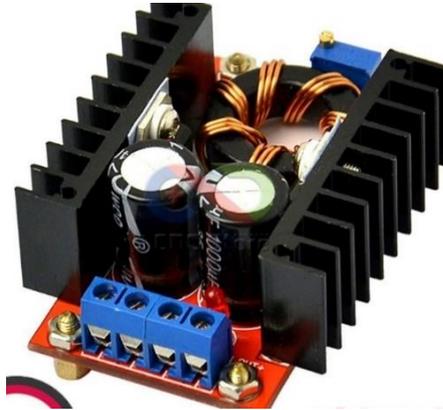
**Gambar 2.10 Kincir Tipe *Breastshot Water Wheel***

Sumber : (pendidikan Energi, 2023)

## 2.10 Step Up

*SWITCHED-MODE step-up dc-dc converter* berasal dengan pengembangan modulasi lebar pulsa (PWM) meningkatkan *konverter*. *Step-up* DC-DC topologi mengubah dc yang lebih rendah level tegangan ke level yang lebih tinggi dengan menyimpan input sementara energi dan kemudian melepaskannya ke *output* pada tingkat tegangan yang lebih tinggi. Penyimpanan tersebut dapat terjadi pada komponen penyimpanan medan magnet (induktor tunggal/induktor berpasangan) atau listrik komponen penyimpanan lapangan (kapasitor) melalui penggunaan berbagai elemen *switching* aktif atau pasif (sakelar daya dan dioda). Dengan diperkenalkannya sakelar semikonduktor di Tahun 1950-an, *konverter* DC-DC *StepUp* mencapai kinerja yang stabil kemajuan dan penggunaannya dipercepat sampai tahun 1960-an ketika sakelar semikonduktor menjadi tersedia secara

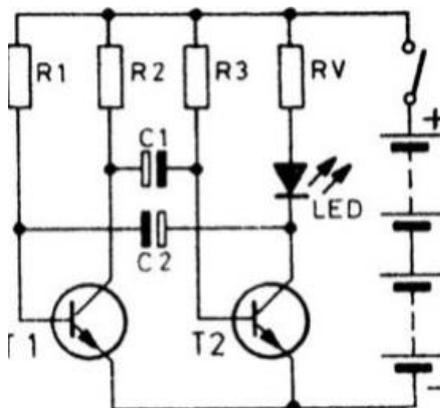
komersial dengan teknologi manufaktur sekutu (Forouzesh *et al.*, 2017). Untuk mengetahui bentuk dari *StepUp* dapat dilihat pada gambar 2.11



**Gambar 2.11 StepUp DC**

Sumber : (Forouzesh *et al.*, 2017)

Agar dapat lebih mudah untuk mengetahui skema kerja dari *StepUp* dapat dilihat pada gambar 2.12. Pada gambar 2.12 dapat dilihat dari wiring diagram *StepUp* tersebut yang terdiri dari *Resistor*, *Transistor*, *Kapasitor* dan *specific R*.



**Gambar 2.12 Wiring Diagram StepUp**

Sumber : (ElecCircuit, 2022)

## 2.11 Dioda Bridge

*Dioda Bridge*, atau Dioda Jembatan, adalah jenis dioda yang berperan dalam mengubah arus bolak-balik (*Alternating Current/AC*) menjadi arus searah (*Direct*

*Current/DC*), seperti yang terlihat dalam gambar 2.13. Dioda Bridge pada dasarnya terdiri dari empat dioda yang diatur dalam sebuah konfigurasi rangkaian jembatan dan diintegrasikan menjadi satu komponen dengan empat terminal. Dua dari terminal ini digunakan sebagai input untuk tegangan/arus listrik AC (bolak-balik), sedangkan dua terminal lainnya adalah terminal output, yaitu terminal positif (+) dan terminal negatif (-). (Dickson, 2022)



**Gambar 2.13 Dioda Bridge**

Sumber : (Dickson, 2022)

## **2.12 Inverter**

*Inverter* adalah rangkaian elektronika daya yang memiliki fungsi untuk merubah atau mengkonversi arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC). Fungsi dari inverter berbanding terbalik dengan *converter*, adapun *inverter* yang saat ini sudah beredar dipasaran memiliki 3 jenis *inverter* antara lain :

### *1. Square Sine Wave Inverter*

Inverter DC to AC pertama berdasarkan jenis gelombang yang dihasilkan adalah Inverter Sine Wave Kotak. Ini adalah suatu rangkaian dengan gelombang sinyal yang berbentuk kotak, sesuai dengan namanya. Sinyal berbentuk kotak ini

tidak sesuai jika digunakan untuk perangkat bercoil dan tidak cocok untuk beberapa jenis transformator. Inverter ini, juga dikenal sebagai push-pull inverter, tidak disarankan untuk mengoperasikan perangkat dengan komponen coil seperti kulkas karena dapat berpotensi merusak peralatan elektronik tersebut.

## 2. *Modified Sine Wave*

*Inverter* berdasarkan karakteristik gelombangnya yang kedua adalah *Modified Sine Wave*. Jenis ini adalah hasil modifikasi dari gelombang kotak (*square sine wave*). Berbeda dari jenis sebelumnya, inverter yang menghasilkan gelombang dengan karakteristik ini memungkinkan penggunaan perangkat dengan komponen coil. Namun, kelemahannya adalah hasilnya tidak seoptimal yang diinginkan.

Selain itu, gelombang modifikasi ini juga memiliki kecenderungan untuk menghasilkan pemborosan daya yang lebih tinggi. Jenis rangkaian dengan karakteristik gelombang modifikasi ini tidak dianjurkan untuk digunakan pada peralatan elektronik yang memiliki sensitivitas tinggi, seperti peralatan audio.

## 3. *Pure Sine Wave Inverter*

Inverter berikutnya berdasarkan karakteristik gelombangnya adalah *Pure Sine Wave Inverter*. Ini merupakan jenis inverter dengan hasil output yang paling baik dibandingkan dengan jenis-jenis lainnya. Mayoritas peralatan listrik yang tersedia di pasaran dirancang untuk dapat beroperasi secara optimal dengan pasokan daya AC berbentuk *pure sine wave* ini.

*Pure sine wave* ini memiliki ciri khas gelombang yang beroperasi secara optimal pada semua peralatan elektronik karena gelombang yang dihasilkan identik dengan gelombang yang dihasilkan oleh PLN. Keunggulan dari jenis inverter ini

adalah tingkat efisiensi daya yang lebih tinggi karena konsumsi daya yang lebih rendah.

Selain itu, jenis inverter ini dapat disesuaikan dengan kebutuhan daya individual. Namun, meskipun menawarkan sejumlah keunggulan, satu kelemahannya adalah bahwa harganya cenderung lebih tinggi.

## **2.13 Kabel Penghantar**

Dalam menentukan kabel penghantar pada sistem pembangkit listrik tenaga surya, perlu memperhatikan beberapa hal yakni:

### **2.13.1 Jenis Kabel**

Kabel memiliki beberapa jenis yang sesuai dengan fungsinya dalam sistem. Beberapa jenis kabel meliputi kabel instalasi gedung yang digunakan untuk beban dengan tegangan rendah, seperti lampu dan peralatan listrik lainnya. Selanjutnya, ada kabel kontrol yang digunakan dalam instalasi gedung, stasiun pengalihan, dan pabrik industri di mana risiko kecelakaan mekanis rendah. Terakhir, terdapat kabel tenaga yang digunakan baik dalam instalasi gedung maupun di bawah tanah. Berdasarkan tegangan kerjanya, kabel tenaga dibagi menjadi empat kategori, yaitu low voltage (0.6 – 1kV), medium voltage (3.6 – 6kV), high voltage (6 -10kV), dan extra high voltage (10 – 170kV).

### **2.13.2 Luas Penampang kabel**

Untuk Untuk menentukan penghantar DC yang digunakan dalam PLTS ini diperlukan nilai arus maksimal keluaran panel surya, dihitung dalam persamaan dibawah ini. (Tuluk, Buyung and Soejono, 2017) :

$$I_{max} = I_{sc} \times \text{Jumlah Sting} \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan :

$I_{max}$  = Arus maksimal keluaran panel surya (A)

$I_{sc}$  = Arus hubung singkat (A)

Kemudian tentukan kuat hantar arus kabel dengan persamaan berikut :(Aji, Wibowo and Windarta, 2020)

$$KHA = I_{max} \times \text{Faktor koreksi} \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan :

KHA = Kuat hantar arus kabel (A)

$I_{max}$  = Arus maksimal keluaran panel surya (A)

Faktor Koreksi = 1,25

Untuk menentukan penghantar AC yang digunakan dalam PLTS ini diperlukan nilai arus maksimal keluaran dari *inverter*, dapat dilihat dari spesifikasi pada *inverter* yang digunakan. Selanjutnya dapat dihitung dalam persamaan berikut: (Aji, Wibowo and Windarta, 2020)

$$KHA = I_{max} \times \text{Faktor koreksi} \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan :

KHA = Kuat hantar arus kabel (A)

$I_{max}$  = Arus maksimal keluaran panel surya (A)

Faktor Koreksi = 1,25

Dari perhitungan tersebut dapat ditentukan menggunakan kabel dengan luas penampang yang sesuai kebutuhan berdasarkan tabel 2.3 yang berpedoman pada PUIL 2011.:

Tabel 2.3 Spesifikasi Kabel Solar Panel Dari PUIL 2011

Jenis Kabel	Luas Penampang mm <sup>2</sup>	KHA terus menerus					
		Inti tunggal		2 inti		3 inti	
		ditanah	diudara	ditanah	diudara	ditanah	diudara
1	2	3	4	5	6	7	8
	1,5	40	26	31	20	26	18,5
	2,5	54	35	41	27	34	25
	4	70	46	53	37	44	34
	6	90	58	68	48	56	43
NY Y	10	122	79	92	66	75	60
NYBY	16	160	105	121	89	98	80
NYFGBY							
NYRGBY	25	206	140	153	118	128	106
NYCY	23	249	174	187	145	157	131
NYCWY	50	296	212	222	176	185	159
NYSY							
NYCEY	70	365	269	272	224	228	202
NYSEY	95	438	331	328	271	275	244
NYHSY	120	499	386	375	314	313	282
NYKY							
NYKBY	150	561	442	419	361	353	324
NYKFGBY							
Y	185	637	511	475	412	399	317
NYKRGBY							
Y	240	743	612	550	484	464	436
	300	843	707	525	590	524	481
	400	986	859	605	710	600	560
	500	1125	1000	-	-	-	-