

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Air

PLTA adalah jenis pembangkit yang ramah lingkungan tanpa melalui proses pembakaran sehingga tidak menghasilkan limbah bekas pembakaran. PLTA yang menggunakan waduk dapat difungsikan dengan multi guna, misalnya untuk pengairan, perikanan, dll.

Unit pembangkit Saguling adalah salah satu unit pembangkit yang berada dibawah PT Indonesia Power. Unit Pembangkit Saguling adalah unit pembangkitan yang menggunakan tenaga air sebagai penggerak utama. Pengembangan Pusat Listrik Tenaga Air merupakan perwujudan upaya pemerintah untuk melakukan diversifikasi tenaga listrik dan konversi minyak bumi. Beberapa kelebihan PLTA Saguling adalah :

- a. Waktu start-up relatif lebih cepat (15 menit).
- b. Sistem operasinya mudah mengikuti dengan frekuensi yang diinginkan oleh sistem penyaluran.
- c. Biaya produksinya relatif lebih murah, karena menggunakan air.
- d. Putaran turbin relatif rendah dan kurang menimbulkan panas. Sehingga tingkat kerusakan peralatan lebih kecil.
- e. PLTA adalah jenis pembangkit yang ramah lingkungan, tanpa melalui proses pembakaran sehingga tidak menghasilkan emisi hasil pembakaran.

- f. PLTA yang dilengkapi dengan waduk dapat digunakan secara multiguna.

Sampai saat ini telah beroperasi 3 PLTA sistem kaskad dialirkan sungai Citarum dan salah satunya adalah PLTA Saguling yang lokasinya berada paling hulu. Sedangkan di bagian hilirnya berturut – turut adalah PLTA Cirata dan PLTA Jatiluhur

Tabel 2.1 Pembangkit pada PLTA Saguling.

No	Mesin Pembangkit	Daya Terpasang	Merek Turbin	Tahun Operasi
1	Saguling 1	175,18 MW	Toshiba	1985
2	Saguling 2	175,18 MW	Toshiba	1985
3	Saguling 3	175,18 MW	Toshiba	1985
4	Saguling 4	175,18 MW	Toshiba	1985

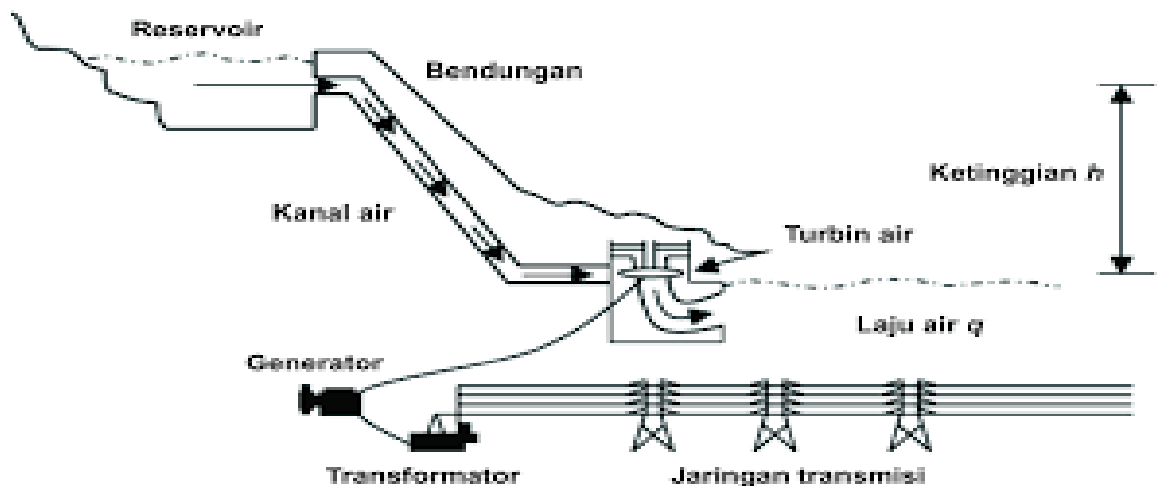
2.1.1. Proses Produksi Listrik

Aliran sungai Citarum dengan sejumlah anak sungainya memiliki debit air yang cukup besar. Air tersebut ditampung dalam sebuah waduk (waduk Saguling) dan kemudian air dialirkan melalui pintu pengambilan air, yang pengaturannya dilakukan pusat pengendali bendungan (*Dam Control Center*).

Selanjutnya masuk kedalam terowongan tekan (*Headrace Tunnel*). Sebelum memasuki pipa pesat (*Penstock*), air tersebut harus

melalui tangki pendatar (*Surge Tank*), yang berfungsi mengamankan pipa pesat apabila terjadi tekanan kejut atau tekanan mendadak yang bisa disebut sebagai pukulan air saat katup tutup seketika. Setelah katup utama dibuka aliran air memasuki rumah keong (*Spiral Case*) bergerak memutar turbin. Dari turbin, air mengalir keluar pipa pelepas (*Tail Race*) dan selanjutnya dibuang ke saluran pembuang.

Poros turbin yang berputar tersebut dikopel dengan poros generator sehingga menghasilkan listrik. Melalui transformator utama, energi listrik tersebut disalurkan kepada konsumen melalui jaringan Gardu Induk dan disalurkan melalui jaringan tegangan tinggi.



Gambar 2.1 Proses Produksi Listrik PLTA

2.2 Transformator Daya

Transformator Daya adalah suatu peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga atau daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya.

Dalam operasi penyaluran tenaga listrik transformator dapat dikatakan jantung dari transmisi dan distribusi. Dalam kondisi ini suatu transformator diharapkan dapat beroperasi secara maksimal (kalau bias secara terus menerus tanpa berhenri). Mengingat kerja keras dari suatu transformator seperti itu, maka cara pemeliharaan juga dituntut sebaik mungkin. Oleh karena itu transformator harus dipelihara dengan menggunakan system dan peralatan yang benar, baik dan tepat. Untuk itu regu pemeliharaan harus mengetahui bagian-bagian transformator dan bagian-bagian mana yang perlu diawasi melebihi bagian lainnya.

Berdasarkan tegangan operasinya dapat dibedakan menjadi transformator 500/150 kV dan 150/70 kV biasa disebut *Interbus Transformator* (IBT). Transformator 150/20 kV dan 70/20 kV disebut juga trafo distribusi. Titik netral transformator ditanahkan sesuai dengan kebutuhan untuk system pengamanan / proteksi, sebagai contoh transformator 150/70 kV ditanahkan secara langsung di sisi netral 150 kV dan transformator 70/20 kV ditanahkan dengan tahanan rendah atau tahanan tinggi atau langsung disisi netral 20 kV nya.

2.3 Prinsip Kerja Transformator

Transformator terdiri atas dua buah kumparan (primer dan sekunder) yang bersifat induktif. Kedua kumparan ini terpisah secara elektrik namun berhubungan secara magnetis melalui jalur yang memiliki reluktansi (*reluctance*) rendah. Apabila kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik maka fluks bolak-balik akan muncul di dalam inti yang dilaminasi, karena kumparan tersebut membentuk jaringan tertutup maka mengalirlah arus primer. Akibat adanya fluks di kumparan primer maka di kumparan primer terjadi induksi (*self induction*) dan terjadi pula induksi di kumparan sekunder karena pengaruh induksi dari kumparan primer atau disebut sebagai induksi bersama (*mutual induction*) yang menyebabkan timbulnya fluks magnet di kumparan sekunder, maka mengalirlah arus sekunder jika rangkaian sekunder dibebani, sehingga energi listrik dapat ditransfer keseluruhan (secara magnetisasi).

2.3.1 Transformator Menurut Fungsi

Transformator dapat dibagi menurut fungsi / pemakaian seperti :

- a. Transformator Mesin (Pembangkit).
- b. Transformator Gardu Induk.
- c. Transformator Distribusi.

2.3.2 Transformator Menurut kapasitas dan Tegangan

Transformator dapat juga dibagi menurut kapasitas dan tegangan seperti :

- a. Transformator besar.
- b. Transformator sedang.
- c. Transformator kecil.

2.4 Konstruksi Bagian-bagian pada Transformator

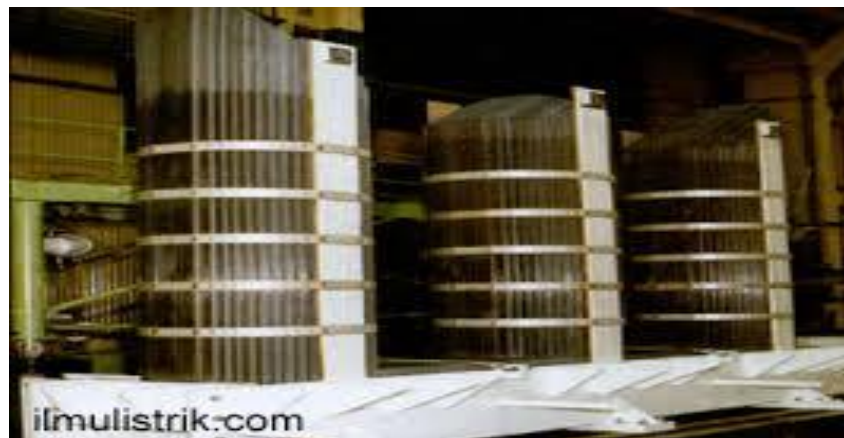
Konstruksi bagian-bagian pada Transformator terdiri dari :

2.4.1 Bagian Utama

1. Inti Besi

Inti besi berfungsi sebagai tempat mengalirnya fluks dari kumparan primer ke kumparan sekunder.

Dibuat dari lempengan-lempengan besi tipis yang berisolasi, mengurangi panas (sebagai rugi-rugi besi) yang ditimbulkan oleh *Eddy Current*.



Gambar 2.2 Inti Besi

2. Kumparan Transformator

Kumparan Transformator terdiri dari lilitan kawat berisolasi dan membentuk kumparan. Kawat yang dipakai adalah kawat tembaga berisolasi yang berbentuk bulat atau plat.

3. Minyak Transformator

Sebagian besar kumparan-kumparan dan inti trafo daya direndam dalam minyak trafo, terutama trafo-trafo daya yang berkapasitas besar, karena minyak trafo mempunyai sifat sebagai isolasi. Dan berguna juga sebagai pendingin transformator.

4. Bushing

Bushing Transformator adalah sebuah konduktor yang berfungsi untuk menghubungkan kumparan Transformator dengan rangkaian luar yang diberi selubung isolator yang sekaligus berfungsi sebagai penyekat antara konduktor tersebut dengan tangki trafo.



Gambar 2.3 Bushing.

5. Tangki Konservator

Konservator merupakan tangki berisi minyak yang berfungsi untuk menjaga ekspansi atau meluapnya minyak akibat pemanasan dan sebagai saluran pengisian minyak.



Gambar 2.4 Tangki Konservator

2.4.2 Peralatan Bantu

1. Pendingin



Gambar 2.5 Sistem pendingin Transformator.

Transformator umumnya diisi minyak sebagai bahan isolasi antara kumparan dengan kumparan dan kumparan dengan kaki. Transformator tenaga umumnya dilengkapi dengan sistem pendingin, yang dimaksudkan agar trafo dapat bekerja sesuai rating yang tertera pada spesifikasinya. Tipe pendingin trafo adalah secara alami dan paksaan, yaitu menggunakan riben (sirip), radiator dan bantuan motor

untuk mengembus udara. Banyaknya riben atau motor-motor yang terpasang sesuai dengan kapasitas trafo dan permukaan yang didinginkan.

Tabel 2.2 Tipe Pendinginan Transformator

No	Macam Sistem Pendingin	Media			
		Dalam Transformator		Diluar Transformator	
		Sirkulasi Alamiah	Sirkulasi Paksa	Sirkulasi Alamiah	Sirkulasi Paksa
1.	AN	-	-	Udara	-
2.	AF	-	-	-	Udara
3.	ONAN	Minyak	-	Udara	-
4.	ONAF	Minyak	-	-	Udara
5.	OFAN	-	Minyak	Udara	-
6.	OFAF	-	Minyak	-	Udara
7.	OFWF	-	Minyak	-	Air
8.	ONAN/ONAF	Kombinasi 3 dan 4			
9.	ONAN/OFAN	Kombinasi 3 dan 5			
10.	ONAN/OFAF	Kombinasi 3 dan 6			
11.	ONAN/OFWF	Kombinasi 3 dan 7			

b. *Tap Changer*

Tap Changer adalah alat perubah perbandingan transformasi untuk mendapatkan tegangan operasi sekunder yang lebih baik (diinginkan) dari tegangan jaringan/primer yang berubah-ubah.



Gambar 2.6 *Tap Changer*.

c. *Arrester*



Gambar 2.7 *Arrester*

Arrester petir atau disingkat arrester adalah suatu alat pelindung bagi peralatan system tenaga listrik terhadap surya petir. Alat pelindung terhadap gangguan surya ini berfungsi melindungi

peralatan system tenaga listrik dengan cara membatasi surja tegangan lebih yang datang dan mengalirkannya ke tanah.

2.5 Pengaruh Suhu Terhadap Transformator

2.5.1 Kumparan Transformator



Gambar 2.8 Kumparan Transformator

Kumparan Transformator terdiri dari lilitan kawat berisolasi dan membentuk kumparan. Kawat yang dipakai adalah kawat tembaga berisolasi yang berbentuk bulat atau plat. Kumparan Transformator diberi isolasi baik terhadap kumparan lain maupun inti besinya.

Kumparan transformator ini yang menyebabkan transformator panas akibat dari beban yang diberikan. Jika suhu yang diberikan oleh belitan terlalu tinggi akan membahayakan alat-alat lain yang berada di transformator sehingga suhu yang diberikan harus sesuai standar. Penggunaan belitan sesuai standar berguna untuk menjaga agar transformator bekerja sesuai keandalan dan memiliki umur sesuai prediksi atau bahkan lebih.

Jika belitan bekerja normal ataupun dibawah batas maksimal maka akan memberikan keuntungan untuk perusahaan karena transformator bekerja normal dan berumur panjang. Pemeliharaan pun harus dilakukan sesuai yang telah dijadwalkan.

2.5.2 Minyak Transformator



Gambar 2.9 Minyak Transformator

Sebagian besar kumparan-kumparan dan inti trafo daya direndam dalam minyak trafo, terutama trafo-trafo daya yang berkapasitas besar, karena minyak trafo mempunyai sifat sebagai isolasi. Syarat minyak trafo antara lain :

- a. Mempunyai kekuatan isolasi.
- b. Penyalur panas yang baik dan berat jenis kecil, sehingga partikel-partikel kecil dapat mengendap dengan cepat.
- c. Tidak mudah menguap.
- d. Sifat kimia yang stabil.

2.5.3 Pengaruh suhu

Isolasi yang biasa dipakai dalam transformator bisa cepat sekali menjadi buruk apabila dikenai panas dengan suhu diatas 100 °C secara terus menerus. Suhu diatas 100 °C ini hanya dapat ditahan dalam selang waktu yang relatif singkat, namun efek komulatif dan hubungan antara suhu dengan waktu tidak dapat ditentukan.

Secara umum dapat dinyatakan bahwa penyebab utama kemunduran kertas adalah dari ketidakstabilan panas. Penuaan isolasi kertas menurut Arrhenius, ia mengungkapkan pengaruh suhu terhadap penuaan dengan persamaan bahwa untuk setiap kenaikan suhu 6 sampai 8 °C, umur isolasi kertas dibagi dua. Sebagai contoh, jika suhu operasi isolasi adalah 40 °C, kehidupan yang isolasi diperkirakan 110.000 tahun. Namun, jika isolasi yang sama ini terkena suhu 140 ° C yang diperkirakan sekarang umurnya hanya sekitar satu tahun. Apabila temperatur *hot-spot* trafo melebihi 140 ° C akan menimbulkan gelembung-gelembung gas pada minyak trafo.

Pada saat transformator sedang melayani beban, maka semakin besar beban semakin besar beban yang diliyani transformator maka sebanding dengan kenaikan panas pada lilitan kawat dan inti transformator.