



## ANALISA PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK DENGAN TENAGA UAP DI PLTU

Hammada Abbas<sup>1</sup>, Jamaluddin<sup>2</sup>, M. Arif<sup>3</sup>, Amiruddin<sup>4</sup>

*Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Makassar  
Jl. Perintis Kemerdekaan km.9 No. 29 Makassar, Indonesia 90245  
Email: [amiruddintm453@gmail.com](mailto:amiruddintm453@gmail.com)*

### ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah pembangkit yang mengandalkan energi kinetik dari uap untuk menghasilkan energi listrik. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui daya yang dibangkitkan oleh turbin dan energi kalor yang dibutuhkan oleh boiler. Metode penelitian yang dilakukan adalah metode observasi dan pengelompokan sumber data yang diperlukan seperti kondisi dan pola produksi steam pada boiler, turbin dan mengidentifikasi data-data tersebut kemudian dilakukan perhitungan pada data yang ada. Hasil penelitian boiler menunjukkan SUPERHEATED STEAM PRESSURE pada hari pertama sebesar 9.652 Mpa dan SUPERHEATED STEAM TEMP sebesar 515.367 C serta daya maksimum yang dibangkitkan turbin sebesar 110.758 MW. Hasil perhitungan menunjukkan daya maksimum turbin yang dibangkitkan selama satu jam adalah 246,526 MW sedangkan pada hari pertama panas spesifik yang dibutuhkan boiler ( $q_{\text{boiler}}$ ) adalah sebesar 3.212,2 KJ/kg. Kesimpulan besar daya maksimum yang dibangkitkan oleh turbin uap pada PLTU selama seminggu adalah 241,424 MW sedangkan kapasitas energi kalor ( $Q_{\text{boiler}}$ ) yang dihasilkan oleh boiler adalah 278,576 MW.

**Kata kunci:** Boiler dan Turbin

### ABSTRACT

*Steam Power Plant (PLTU) is a plant that relies on the kinetic energy of steam to produce electricity. The purpose of this study is to determine the power generated by turbines and the heat energy needed by the boiler. The research method used is the method of observing and grouping the required data sources such as conditions and patterns of steam production in boilers, turbines and identifying these data and then calculating the existing data. The results of the boiler study showed SUPERHEATED STEAM PRESSURE on the first day of 9,652 Mpa and SUPERHEATED STEAM TEMP of 515,367 C and the maximum power generated by the turbine was 110,758 MW. The calculation results show the maximum power of the turbine generated for one hour is 246,526 MW while on the first day the specific heat needed by the boiler ( $q_{\text{boiler}}$ ) is 3,212.2 KJ/kg. Conclusion The maximum power generated by a steam turbine at a power plant during the week is 241.424 MW while the heat energy capacity ( $Q_{\text{boiler}}$ ) produced by the boiler is 278,576 MW.*

**Keywords:** Boilers and Turbine

### PENDAHULUAN

Kendati penggunaan Bahan Bakar Minyak (BBM) untuk pembangkit listrik terus menurun. Hal ini sejalan dengan target penurunan penggunaan Bahan Bakar Minyak (BBM) untuk pembangkit listrik mencapai 0,4% pada tahun 2025 (Sofyan 2018).

Di negara kita, perusahaan pemasok listrik bagi pelanggan (masyarakat) adalah Perusahaan Listrik Negara (PLN). Atas pemakaian listrik oleh pelanggan PLN dikenakan biaya tertentu dalam rentang waktu satu bulan. Biaya listrik yang digunakan oleh pelanggan dihitung berdasarkan banyaknya energi listrik yang digunakan dalam perhitungan PLN, satuan energi listrik yang digunakan adalah KWH (Kilo Watt Hour) atau dalam bahasa Indonesia kilo watt jam (Sofyan 2018).

Pembangkit listrik tenaga uap menggunakan berbagai macam bahan bakar terutama batu bara dan minyak bakar, serta MFO untuk start-up awal (Hammada Abbas 1976).

Keuntungan utama penggunaan pembangkit listrik berbahan bakar batu bara adalah dapat beroperasi sepanjang waktu selama masih tersedianya bahan bakar. Keandalan pembangkit ini tinggi karena dalam operasinya tidak bergantung pada alam seperti halnya PLTA. Mengingat waktu start-nya yang cepat tetapi ongkos bahan bakarnya tergolong mahal, namun investasi awal pembangunan relatif murah sehingga dapat memenuhi kebutuhan energi listrik daerah terisolir yang mendesak (Nurmalita 2012).



Tujuan penelitian ini untuk mengetahui daya maksimum yang dibangkitkan turbin dan mengetahui kapasitas air fluida yang dapat dipanaskan oleh Boiler.

### Alat

Objek yang dilakukan pengujian kinerja pada penelitian ini adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap. Alat ukur yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah semua alat ukur sensor yang terpasang di ruang pengendali (control room) dan alat ukur yang terpasang di lapangan.

### Bahan

Bahan yang dipergunakan dalam kegiatan uji kinerja ini adalah Ketel Uap, Super Heater dan Turbin Uap.

### Metode Analisis

Adapun metode penelitian yang dilakukan adalah pengelompokan sumber data yang diperlukan seperti kondisi dan pola produksi steam pada boiler, turbin dan mengidentifikasi data-data tersebut. Setelah itu, dilakukan analisis data untuk menentukan metode pengambilan data dalam kurun 1–2 bulan Sehingga data tersebut dapat dievaluasi pada tahap pemeriksaan menyeluruh. Setelah ditemukan metode pengambilan data, selanjutnya dilakukan pemeriksaan menyeluruh dengan melakukan pengamatan terhadap alat ukur yang digunakan dan melakukan analisa, baik terhadap alat yang digunakan secara kontinu maupun alat yang bersifat tidak tetap. Tahapan selanjutnya dari pemeriksaan menyeluruh ini adalah melakukan pemeriksaan dan pencacatan atau pengambilan data. Pengambilan data dilakukan dengan cara yaitu Pengumpulan data sekunder

Data sekunder merupakan data penunjang yang diperoleh dari pihak instansi termasuk data yang tidak dapat diukur di ruang pengendali (control room) dan data hasil pengamatan langsung. Dalam metode analisis ataupun perhitungan data pada Turbin dan Boiler PLTU yang tidak terlepas dari tujuan dari penelitian ini maka peneliti menggunakan beberapa persamaan berikut: untuk menghitung kapasitas air fluida yang dipanaskan oleh Boiler pada PLTU. Penulis menggunakan persamaan sebagai berikut:

1. Panas spesifik yang dibutuhkan di Boiler ( $q_{Boiler}$ )

$$Q_{Boiler} = h_1 - h_2 \dots \dots \dots (1)$$

2. Energi kalor Boiler ( $Q_{Boiler}$ ).

$$Q_{Boiler} = m \cdot q_{Boiler} \dots \dots \dots (2)$$

Untuk menghitung daya yang dibangkitkan oleh Turbin pada PLTU penulis menggunakan persamaan sebagai berikut:

1. Laju spesifik keluaran Turbin ( $w$ )

$$W = h_1 - h_2 \dots \dots \dots (3)$$

2. Daya yang di bangkitkan oleh Turbin.

$$W_T = m \cdot w \dots \dots \dots (4)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil penelitian diambil berdasarkan beban aktual maksimum di setiap harinya selama seminggu. Data hasil penelitian diambil dengan metode observasi yang digunakan untuk mempermudah dalam penyelesaian permasalahan dalam pengambilan data di PLTU adalah sebagai berikut: Beban generator merupakan beban aktual maksimum dalam 24 jam nilai tekanan dan temperatur pada HP turbin, IP turbin dan LP turbin merupakan daya maksimum perhari. Nilai *Steam Flow* dan entalpi keluaran pada IP turbin dan LP turbin merupakan interpolasi dengan data **manual book**.

**Tabel 1. Data Awal Boiler**

No	Parameter	Satuan	Waktu						
			12/07/19	13/07/19	14/07/19	15/07/19	16/07/19	17/07/19	18/07/19
1	(P1)	MPa	9,652	9,792	9,618	9,711	9,711	9,791	9,641
2	(T1)	0 C	515,367	520,521	522,239	520,082	519,090	515,517	520,235
3	(T3)	0 C	47,274	47,655	47,401	47,655	47,751	47,908	47,781
4	(h1)	kJ/kg	3418,5	3430	3436,3	3429,8	3427,2	3424,9	3431,0
5	(m1)	t/h	326,440	333,444	327,695	330,632	330,425	332,906	336,016
6	(m4)	t/h	288,311	305,191	303,754	322,081	306,292	321,912	319,192

**Tabel 2. Data Awal Turbin**

No	Parameter	Satuan	Waktu						
			12/07/19	13/07/19	14/07/19	15/07/19	16/07/19	17/07/19	18/07/19
1	(P <sub>1</sub> )	MPa	9,652	9,792	9,618	9,711	9,711	9,791	9,641
2	(P <sub>2</sub> )	MPa	30,815	31,442	31,002	31,107	31,048	31,203	30,908
3	(T <sub>1</sub> )	° C	515,367	520,521	522,239	520,082	519,090	515,517	520,235
4	(T <sub>2</sub> )	° C	161,422	162,102	162,017	162,359	182,363	162,700	162,273
5	(h <sub>1</sub> )	kJ/kg	3418,5	3430	3436,3	3429,8	3427,2	3424,9	3431,0
6	(h <sub>2</sub> )	kJ/kg	699,36	703,13	702,5	704,02	456,42	705,52	703,53
7	(m <sub>1</sub> )	t/h	326,440	333,444	327,695	330,632	330,425	332,906	336,016

Berdasarkan data pada tabel 1 dapat dihitung kapasitas kalor yang dihasilkan oleh boiler, dan pada tabel 2 dapat dihitung daya yang dihasilkan oleh turbin. Kapasitas kalor yang dihasilkan diboiler dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (1) dan (2). Berikut adalah hasil perhitungan Boiler selama seminggu.

**Tabel 3. Hasil yang diperoleh dari perhitungan Boiler**

No	Tanggal	( $q_{boiler}$ ) kJ/kg	( $Q_{boiler}$ ) MW
1	12	3.212,20	257,252
2	13	3.221,99	273,128
3	14	3.338,41	281,662
4	15	3.229,03	288,869
5	16	3.226,11	274,477
6	17	3.224,17	288,305
7	18	3.229,62	286,338
<b>Rata-rata</b>		<b>3.240,22</b>	<b>278,576</b>

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh peneliti terhadap analisis pembangkit listrik dengan tenaga uap di PLTU, maka diketahui hasil perhitungan kinerja dari boiler data yang diambil pada hari pertama pada jam 18:00 pm. Pada hari pertama panas yang dihasilkan oleh spesifik boiler adalah sebesar 3212,2

$\text{kJ/kg}$ , adalah untuk menghasilkan nilai energi kalor boiler di hari pertama yang memperoleh nilai sebesar 257,252 MW. Sehingga dalam penelitian yang dilakukan selama 1 minggu dapat diperoleh nilai rata-rata dari kondisi spesifik yang dibutuhkan di boiler adalah sebesar 3.240,22  $\text{kJ/kg}$  sedangkan nilai rata-rata dari energi kalor boiler yang dihasilkan selama 1 minggu adalah sebesar 278,576 MW.

Menurut Cahyo Adi Basuki, dkk (2011) besarnya laju aliran massa uap lanjut (*superheated*) yang ada dalam boiler mengalami perubahan setiap saat. Hal ini mengakibatkan adanya perubahan laju aliran massa bahan bakar yang berbeda-beda setiap saat mengikuti besarnya perubahan beban. Akibat yang ditimbulkan dari peristiwa ini adalah efisiensi termal atau efisiensi siklus juga mengalami perubahan setiap saat sesuai dengan perubahan beban.

Menurut Dendi Junaedi (2010) kecenderungan adanya penambahan *feedwater heater* akan mengurangi kalor yang masuk (boiler dan reheater) mungkin dengan mengekstraksi uap yang melalui tingkatan turbin pada beberapa *feedwater heater* akan menghemat rugi-rugi kalor yang terjadi selama uap mengalir di aliran sistem.

Daya maksimum yang dibangkitkan oleh turbin selama seminggu adalah sebagai berikut:

**Tabel 4. Hasil yang diperoleh dari perhitungan turbin.**

No	Tanggal	w (kJ/kg)	$W_T$ (MW)
1	12/07/2019	2.718,64	246,526
2	13/07/2019	2.726,87	231,157
3	14/07/2019	2.733,8	230,651
4	15/07/2019	2.725,78	243,848
5	16/07/2019	2.970,88	252,762
6	17/07/2019	2.719,38	243,205
7	18/07/2019	2.727,47	241,817
8	Rata-rata	2.760,4	241,424

Dari hasil pengamatan dan perhitungan data turbin dan boiler berdasarkan beban maksimum yang diambil di PLTU yang dilakukan diperoleh variasi nilai yang berbeda-beda di setiap harinya. Berdasarkan data-data perhitungan yang diperoleh maka dapat disajikan pembahasan mengenai persentase perubahan nilai  $w$  dan  $W_T$ , serta nilai  $q_{\text{Boiler}}$  dan  $Q_{\text{Boiler}}$ . Boiler pada beban maksimum PLTU (tabel 3) ditunjukkan hasil perhitungan boiler selama seminggu diperoleh nilai  $q_{\text{Boiler}}$  sebesar 3.212,2  $\text{kJ/kg}$ , dari nilai spesifik tersebut diperoleh  $Q_{\text{Boiler}}$  sebesar 257,252 MW. Sedangkan  $q_{\text{Boiler}}$  maksimum yang dihasilkan oleh boiler pada tanggal 14 Juli 2019 pukul 21:00PM sebesar 3.338,41  $\text{kJ/kg}$  dan  $q_{\text{Boiler}}$  minimum boiler pada tanggal 12 Juli 2019 pukul 18:00PM sebesar 3.212,2  $\text{kJ/kg}$ . Untuk nilai  $Q_{\text{Boiler}}$  maksimum yang dihasilkan oleh boiler pada 15 Juli 2019 jam 01:00 PM merupakan nilai maksimum sebesar 288,869MW, sedangkan nilai minimum  $Q_{\text{Boiler}}$

pada tanggal 12 Juli pukul 21:00PM sebesar 257,252MW. Nilai rata-rata  $q_{\text{Boiler}}$  selama seminggu sebesar 3.240,22 $\text{kJ/kg}$  dan nilai rata-rata  $Q_{\text{Boiler}}$  selama seminggu sebesar 278,576MW. Pada tabel 4, ditunjukkan hasil perhitungan turbin selama seminggu pada tanggal 12 Juli 2019 pukul 18:00PM diperoleh nilai  $w$  sebesar 2.718,64 $\text{kJ/kg}$  dan nilai  $W_T$  sebesar 246,526MW. Dari hasil perhitungan selama seminggu nilai rata-rata  $w$  sebesar 246,526  $\text{kJ/kg}$ ,  $w_t$  sebesar 241,424 MW.

Menurut Riyki Apriandi (2016), faktor yang dapat mempengaruhi kinerja dari turbin uap yaitu menurunnya performa peralatan PLTU seperti peralatan pemanas / *heater* air demin di antaranya HP *heater*, LP *heater*, *deaerator*. Selain itu performa kondensor juga sangat mempengaruhi, karena dikondensor terjadi fase perubahan fluida dari uap menjadi air nantinya air tersebut digunakan kembali untuk dipanaskan di boiler menjadi *superheated* untuk memutar turbin.

## KESIMPULAN

Berdasarkan analisa perhitungan data yang diperoleh dari hasil penelitian di PLTU Jenepono pada tanggal 12 juli 2019 dapat di simpulkan sebagai berikut:

1. Besar daya maksimum yang di bangkitkan oleh turbin uap pada PLTU Jenepono selama seminggu adalah 241,424 MW
2. Kapasitas energi kalor ( $Q_{\text{boiler}}$ ) yang dihasilkan oleh boiler adalah 278,576 MW

## UCAPAN TERIMA KASIH:

Pertama-tama kami ucapkan terima kasih banyak kepada orang tua dan ketua jurusan program studi yang selalu memberikan arahan dan masukannya sampai terselesainya penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA:

- Abbas, H. 1976. *Neraca Turbin UAP*. Skripsi. Fakultas Teknik Ujung Pandang, Universitas Hasanuddin.
- Apriandi, R., Mursadin, A. 2016. *Analisis Kinerja Turbin Uap Berdasarkan Performance Test PLTU PT. Indocement P-12 Tarjun*. Jurnal Kinematika. Vol.1, No.1, pp 37-46
- Junaedi, D. 2010. *Analisis Kinerja Boiler Pada PLTU Unit 1 PT. Semen Tonasa*. Jurnal Sinergi Jurusan Teknik Mesin 11.1, 74, 85.
- Junial, H., Djoko, Y. W. 2018. *Analisa Kerja Boiler Feed Pump PLTU Cirebon 1X660 Mw*. Program Studi Teknik Mesin, Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon.



- Munson, R. B., Donald, F., Okiishi, H. T. 2015. *Mekanika Fluida*. Budiarmo. – Ed. 4, -- Jakarta : Erlangga.
- Pudjanarso, A., Nursuhud, D. 2013. *Mesin Konveksi Energi*. Editor FL. Sigit Suyantoro Edisi Ketiga. Yogyakarta.
- Rohmat, A. T., Made, S., Junaidi, D. 2010. *Keseimbangan Massa Dan Kalor Serta Efisiensi Pembangkit Listrik Tenaga Uap Pada Berbagai Perubahan Dengan Menvariasikan Jumlah Feedwater Heater*. Jurusan Teknik Industri dan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
- Zulfiana, E., Musyafa, A. 2013. *Analisis Bahaya dengan Metode Hazop dan Manajemen Risiko pada Steam Turbin PLTU di Unit 5 Pembangkitan Listrik Paiton (PT. YTL Jawa Timur)*. *Jurnal Teknik Pomits*. Vol.2, No.2