

## PERHITUNGAN ASR & EFISIENSI INTERNAL *STEAM TURBINE (BACK PRESSURE)*

### ASR CALCULATION & INTERNAL EFFICIENCY OF *STEAM TURBINE (BACK PRESSURE)*

Tesa Mutia Anggraini<sup>1\*</sup>, Ari Susandy Sanjaya<sup>1</sup>, Ronggo Ahmad Wikanswasto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman  
Jl. Sambaliung No. 9, Kampus Gunung Kelua, Samarinda, Indonesia

<sup>2</sup>Process Engineering & Energy Section, Technical Department, PT Badak NGL  
Jl. Raya Kutai, Bontang, Indonesia

\*Email : Tezamutia5@gmail.com

#### Abstrak

Turbin uap adalah mesin tenaga yang berfungsi untuk mengubah energi thermal (energi panas yang terkandung dalam uap) menjadi energi poros (putaran). Setiap turbin memiliki nilai efisiensi yang berbeda – beda, tergantung pada kondisi *steam* yang masuk ke turbin. Sedangkan kondisi *steam* tersebut dipengaruhi oleh faktor tekanan uap yang masuk ke turbin. Tujuan dari perhitungan ASR (*Actual Steam Rate*) & efisiensi internal *steam turbine* adalah untuk mengetahui kinerja *steam turbine* dilihat dari pengaruh *electrical power* yang dihasilkan *steam turbine*. Metodologi yang digunakan untuk menghitung efisiensi internal turbin dan nilai ASR yaitu pengumpulan data aktual pada *back pressure turbine* PT 9 Badak NGL yang diperoleh di DCS (*Distributed Control System*) dan pengolahan data aktual untuk dilakukan perhitungan. Berdasarkan hasil perhitungan dapat diketahui bahwa semakin besar *electrical power* yang dihasilkan turbin uap, maka semakin besar efisiensi internal turbin. Pada 4,9 MW menghasilkan efisiensi 53,26 %, pada 5,9 MW menghasilkan efisiensi 60,58% dan pada 7,5 MW menghasilkan efisiensi 72,04%. Sedangkan pada nilai *electrical power* yang sama, nilai ASR yang dihasilkan oleh tekanan *steam* tinggi masukan lebih rendah dari pada tekanan *steam* rendah yang masuk.

**Kata kunci** : *back pressure turbine, electrical power, tekanan, efisiensi, actual steam rate*

#### Abstract

*Steam turbine is a power machine that serves to convert thermal energy (heat energy contained in steam) into shaft energy (rotation). Each turbine has different values depending on the steam conditions that enter the turbine. The vapor conditions provided by the vapor pressure factor that entering the turbine. Aims of calculation of ASR (Actual Steam Rate) & internal efficiency of steam turbine is to know the performances from the electrical power generator effect that produces steam turbine. The methodology that used to calculate the internal efficiency of the turbine and the ASR value is collected actual data on the PT 9 back pressure turbine of Badak NGL obtained at DCS (Distributed Control System) and the process of actual data will be calculated. Based on the calculation results can be seen that the bigger electrical power produced by steam turbine, then the bigger internal efficiency of the turbine. At 4.9 MW produced 53.26% efficiency, at 5.9 MW produced 60.58% efficiency and at 7.5 MW produced 72.04% efficiency. While at the same electrical power value, the ASR value produced by high vapor pressure inlet is lower than the low vapor pressure inlet.*

**Keywords** : *back pressure turbine, electrical power, pressure, efficiency, actual steam rate*

#### 1. PENDAHULUAN

Turbin uap adalah mesin yang berfungsi

untuk mengubah energi thermal menjadi energi poros. Terdapat dua jenis turbin uap penggerak

generator, yaitu *Back Pressure Turbine* dan *Condensing Turbine*.

*Back Pressure Turbine* terdiri atas 9 stage yang digerakkan oleh *steam* bertekanan tinggi sekitar 62,5 kg/cm<sup>2</sup>. Energi dari *steam* ini berupa energi panas dan tekanan yang diubah menjadi energi gerak melalui beberapa proses (Operation Department, 2006).

*Condensing Turbine* terdiri atas 17 stage yang digerakkan oleh *steam* bertekanan tinggi. Proses terjadinya listrik sama dengan proses yang terjadi pada *Back Pressure Turbine*, hanya saja turbin jenis ini dapat beroperasi secara kondensasi total, secara ekstraksi dan secara induksi (Operation Department, 2006).

*Steam turbine* merupakan unit terpenting untuk membangkitkan generator agar dapat menghasilkan listrik. Selain itu, *steam turbine* juga menghasilkan *steam* bertekanan medium dan rendah yang akan digunakan pada area proses. Setiap turbin memiliki nilai efisiensi yang berbeda – beda, tergantung pada kondisi *steam* yang masuk ke turbin. Sedangkan kondisi *steam* tersebut dipengaruhi oleh faktor tekanan uap yang masuk ke turbin. Besarnya nilai efisiensi internal turbin juga berhubungan dengan daya listrik (*electrical power*) yang dihasilkan turbin uap.

Oleh karena itu diperlukan perhitungan ASR & efisiensi internal turbin untuk mengetahui kinerja turbin uap. Selain itu juga diperlukan pemahaman mengenai nilai konsumsi laju uap pada saat tekanan uap tinggi dan rendah masuk turbin jika dalam keadaan nilai daya listrik yang dihasilkan sama.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan penulis untuk mencapai tujuan dari penelitian dibagi dalam beberapa tahapan pengerjaan, yaitu pendefinisian masalah, tinjauan pustaka, pengumpulan data, pengolahan data, analisa dan pembahasan.

### 2.1. Pendefinisian masalah

Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui kinerja yang dihasilkan turbin uap yaitu dengan menghitung efisiensi internal turbin 31 PT 9 pada *inlet* tekanan *steam* rendah. Selain itu untuk mengetahui hubungan antara ASR (*Actual Steam Rate*) pada *inlet* tekanan *steam* rendah dan tinggi terhadap *electrical power* yang dihasilkan.

### 2.2. Tinjauan Pustaka

Penulis menggunakan beberapa literatur utama untuk dijadikan pedoman dalam menghitung nilai ASR (*Actual Steam Rate*) dan efisiensi internal turbin. Literatur yang digunakan meliputi buku Sistem Utilitas Pabrik Kimia dan buku-buku lain yang membahas mengenai turbin uap. Selain studi literatur, penulis juga mengumpulkan informasi terkait operasional pabrik dan teknik penyelesaian masalah dari pembimbing, *engineer* dan *operator*.

### 2.3. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penyelesaian penelitian ini antara lain, data aktual yang diambil di DCS yaitu berupa data tekanan *steam* masuk dan keluar turbin uap, Temperatur *steam* masuk dan keluar turbin uap, Laju *steam* masuk turbin uap dan *Electrical power* yang dihasilkan turbin uap. Data-data yang diperoleh akan digunakan untuk menghitung dan membuat kurva nilai ASR (*Actual Steam Rate*) pada *inlet* tekanan *steam* rendah dan tinggi serta menghitung efisiensi internal turbin pada *inlet* tekanan *steam* rendah dengan variasi 3 data *electrical power* yaitu 4,9 MW, 5,9 MW dan 7,5 MW.

### 2.4. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan untuk menghitung nilai ASR (*Actual Steam Rate*) pada *inlet* tekanan *steam* rendah dan tinggi. Data yang digunakan adalah *inlet* tekanan *steam* rendah dan tinggi, *Electrical power* dan Laju uap turbin. Dari data tersebut diperoleh nilai ASR (*Actual Steam Rate*) dengan persamaan sebagai berikut (Susanto, 2007).

$$ASR = m/W \quad (1)$$

Dengan nilai *m* adalah laju uap yang dibutuhkan turbin, sedangkan *W* adalah *electrical power* yang dihasilkan turbin uap. Dari nilai ASR yang didapatkan selanjutnya data ASR dan *Electrical power* dimasukkan dalam bentuk kurva agar dapat dianalisis pengaruh nilai ASR pada *inlet* tekanan *steam* rendah dan tinggi terhadap *electrical power* yang dihasilkan dalam nilai yang sama.

Data selanjutnya yang perlu diolah adalah data *inlet* dan *outlet* tekanan *steam* rendah, *inlet* dan *outlet* temperatur *steam* rendah. Data tersebut perlu diolah untuk menghitung nilai

TSR (*Theoretical Steam Rete*) dengan persamaan sebagai berikut (Susanto, 2007).

$$TSR = 3600 / (h_i - h_e) \quad (2)$$

Dengan nilai  $h_i$  adalah inlet *enthalpy*, sedangkan  $h_e$  yaitu nilai *outlet enthalpy* yang diperoleh dari *steam table*. Data ASR dan TSR tersebut digunakan untuk menghitung nilai efisiensi internal turbin 31 PT 9 pada inlet tekanan *steam* rendah dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Susanto, 2007).

$$\eta = (TSR/ASR) \times 100\% \quad (2.3)$$

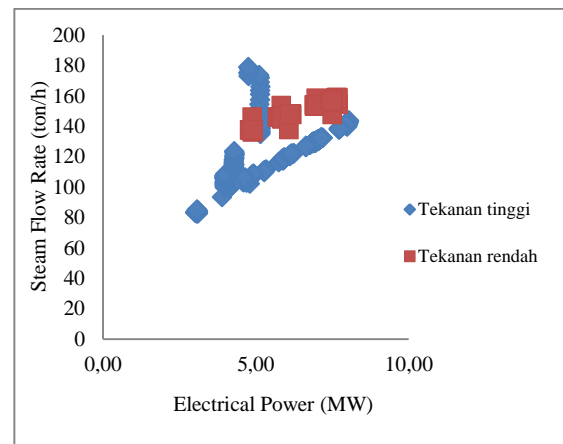
$\eta$  adalah efisiensi internal turbin yang dihitung berdasarkan variasi 3 data *electrical power* yaitu pada saat turbin menghasilkan *electrical power* 4,9 MW, 5,9 MW dan 7,5 MW.

## 2.5. Analisa dan Pembahasan

Setelah diperoleh nilai ASR pada inlet tekanan *steam* rendah dan tinggi, dilakukan analisis mengenai pengaruh nilai ASR pada inlet tekanan *steam* rendah dan tinggi terhadap *electrical power* dengan nilai yang sama. Selanjutnya untuk nilai efisiensi internal turbin pada inlet tekanan *steam* rendah dilakukan analisis mengenai pengaruh efisiensi turbin yang dihasilkan terhadap 3 data *electrical power*.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mendapatkan nilai ASR (*Actual Steam Rate*) membutuhkan nilai laju uap dengan *electrical power* yang dihasilkan oleh turbin uap. Kurva hubungan antara laju uap (*steam flow*) terhadap *electrical power* dapat dilihat pada **Gambar 1**. Berdasarkan **Gambar 1**, dapat dilihat bahwa pada inlet tekanan *steam* tinggi dan rendah, semakin meningkat *electrical power* yang dihasilkan turbin, maka semakin besar *steam flow* yang dibutuhkan turbin uap.

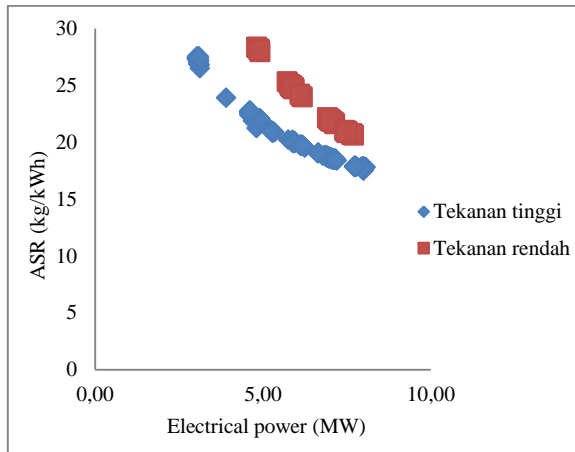


**Gambar 1. Grafik hubungan antara laju uap (*steam flow*) terhadap *electrical power***

Dari data laju uap dan *electrical power*, selanjutnya dapat dihitung nilai ASR (*Actual Steam Rate*) pada inlet tekanan *steam* rendah dan tinggi. Untuk inlet tekanan *steam* rendah yaitu menggunakan rata-rata tekanan 61,2 kg/cm<sup>2</sup>, 61,3 kg/cm<sup>2</sup> dan 61,4 kg/cm<sup>2</sup>. Sedangkan untuk inlet tekanan *steam* tinggi yaitu menggunakan rata-rata tekanan 61,6 kg/cm<sup>2</sup> dan 61,7 kg/cm<sup>2</sup>. Kurva hubungan antara nilai ASR (*Actual Steam Rate*) pada inlet tekanan *steam* rendah dan tinggi terhadap *electrical power* yang besarnya sama dapat dilihat pada **Gambar 2**.

Berdasarkan **Gambar 2**, dapat diketahui bahwa untuk menghasilkan *electrical power* yang sama, pada inlet tekanan *steam* rendah memiliki nilai ASR yang lebih tinggi daripada inlet tekanan *steam* tinggi. Sebaliknya, pada inlet tekanan *steam* tinggi memiliki nilai ASR yang lebih rendah daripada inlet tekanan *steam* rendah.

Dari **Gambar 2**, dapat disimpulkan bahwa untuk menghasilkan *electrical power* yang sama lebih baik menggunakan inlet tekanan *steam* tinggi agar nilai ASR yang dihasilkan lebih rendah, sehingga *steam flow* yang dibutuhkan lebih kecil.



**Gambar 2. Grafik hubungan antara nilai ASR pada inlet tekanan steam rendah dan tinggi terhadap electrical power yang besarnya sama**

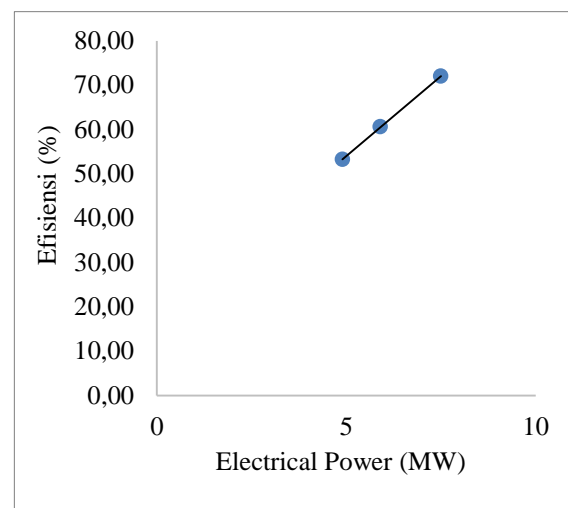
Pada perhitungan efisiensi internal turbin 31 GT 9 menggunakan data inlet tekanan steam rendah, data-data yang digunakan pada perhitungan efisiensi internal turbin diperoleh di DCS meliputi data inlet dan outlet tekanan, steam flow, electrical power, Inlet dan outlet temperatur. Pada Electrical Power sebesar 7,5 MW diambil pada tanggal 15 September 2017, Electrical Power 5,9 MW diambil pada tanggal 12 September 2017 dan pada Electrical Power 4,9 MW diambil pada tanggal 14 September 2017. Data hasil perhitungan efisiensi internal turbin dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Perhitungan efisiensi internal turbin 31 PT 9**

Parameter	Electrical Power (MW)		
	7,5	5,9	4,9
Steam Flow	156400 kg/h	15989.8 kg/h	137767 kg/h
P inlet	61.47 kg/cm <sup>2</sup>	61.3 kg/cm <sup>2</sup>	61.3 kg/cm <sup>2</sup>
T inlet	450 °C	450 °C	450 °C
H inlet	3301.38 kJ/kg	3301.63 kJ/kg	3301.63 kJ/kg
P outlet	17.3 kg/cm <sup>2</sup>	17.39 kg/cm <sup>2</sup>	17.49 kg/cm <sup>2</sup>
T outlet	313,3 °C	313,3 °C	313,3 °C
H outlet	3061.69 kJ/kg	3061.46 kJ/kg	3061.2 kJ/kg
TSR	15.02 kg/kWh	14.99 kg/kWh	14.97 kg/kWh
ASR	20.85 kg/kWh	24.74 kg/kWh	28.12 kg/kWh
Efisiensi	72.04 %	60.58 %	53.26%

Dari perhitungan Tabel 1. dapat dihasilkan kurva hubungan antara efisiensi internal turbin

terhadap electrical power yang dapat dilihat pada Gambar 3. Berdasarkan Gambar 3. dapat diketahui bahwa semakin meningkat electrical power yang dihasilkan turbin, maka efisiensi internal turbin akan semakin meningkat. Hal ini dikarenakan daya turbin yang dihasilkan semakin besar, sehingga mempengaruhi kerja turbin. Dengan kerja turbin yang semakin besar akan membuat putaran poros turbin semakin besar, sehingga kinerja turbin akan semakin efisien. Hal ini juga dikarenakan adanya pengaruh inlet tekanan steam yang mengalami peningkatan, sehingga efisiensi turbin juga akan meningkat (Risqiawan dan Putra, 2013).



**Gambar 3. Grafik hubungan antara efisiensi internal turbin terhadap electrical power**

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pada hubungan antara Electrical Power dengan efisiensi internal turbin dapat diketahui bahwa semakin besar Electrical Power yang dihasilkan maka semakin besar efisiensi internal turbin.
2. Pada nilai Electrical Power yang sama, nilai ASR yang dihasilkan inlet tekanan steam tinggi lebih rendah dari pada inlet tekanan steam rendah.

#### DAFTAR PUSTAKA

Risqiawan, D.D. dan Putra, A.,B., Khrisna., 2013. Studi Eksperimen Perbandingan Pengaruh Variasi Tekanan Inlet Turbin dan Variasi Pembebanan Terhadap Karakteristik Turbin Pada Organic

*Rankine Cycle*. Jurnal Teknik POMITS 2  
(3) pp. 414-418

Operation Department. 2006. Pengenalan  
Sistem Utilitas I dan II. Badak NGL,  
Bontang.

Susanto, Herri. 2007. Sistem Utilitas Pabrik  
Kimia, Bandung.