



Vol. 1 No. 2 | Oktober 2017

ISSN No. 2597-4254

*Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*  
**Rekayasa Mekanik**



Di Publikasikan oleh:  
Fakultas Teknik UNIB



9 772597 425018



ISSN No. 2597 – 4254

Vol. I No. 2, Tahun I, Oktober 2017

Jurnal Rekayasa Mekanika mempublikasikan karya tulis di bidang sains – Teknologi, Murni Disiplin dan Antar Disiplin, berupa penelitian dasar, perancangan dan studi pengembangan teknologi. Jurnal ini terbit berkala setiap enam bulan (April dan Oktober)

**Penanggung Jawab**

**Dr.Eng Dedi Suryadi, S.T., M.T.**

**Penyunting Ahli (Mitra Bestari)**

**Helmizar, S.T., M.T., Ph.D. (Universitas Bengkulu)**

**Dr.Eng. Hendra, S.T., M.T. (Universitas Bengkulu)**

**Dr. Gesang Nugroho, S.T., M.T. (Universitas Gadjah Mada)**

**Dr.Eng. Nurkholis Hamidi (Universitas Brawijaya)**

**Prof. Dr.Eng. Gunawarman (Universitas Andalas)**

**Redaktur**

**Yovan Witanto, S.T., M.T.**

**Redaktur Pelaksana**

**Agus Nuramal, S.T., M.T.**

**Editor**

**Nurul Iman Supardi, S.T. M.P.**

**Ahmad Fauzan, S.T., M.T.**

**Angky Puspawan, S.T., M.Eng.**

**Hendri Van Hoten, S.T., M.T.**

**Agus Suandi, S.T., M.Eng.**

**Penerbit**

**Fakultas Teknik – Universitas Bengkulu**

**Sekretariat Redaksi**

**Gedung Dekanan Fakultas Teknik Program, Studi Teknik Mesin – Universitas Bengkulu**

**Jalan Raya WR Supratman, Kandang Limun, Bengkulu 38123, Telp. (0736) 21170, 344067, Fax (0736) 22105**

**E-mail: mesin@unib.ac.id**

## DAFTAR ISI

- *ANALYSIS OF STEAM TURBINE ISENTROPIC EFFICIENCY TYPE CONDENSATE 5U-GT 102 B IN PLANT UREA P-1 B GT-102 B, CASE STUDY IN PT. PUPUK SRIWIDJAJA-PERSERO PALEMBANG BY USING COMPUTER AIDED THERMODYNAMICS TABLE 3 (CATT3)* 1  
✓ **Angky Puspawan**
- *OPTIMASI GEOMETRI SUDUT PAHAT DAN PARAMETER PROSES TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI DAN ANOVA* 7  
Hendri Van Hoten, Roby Syaputra, Zuliantoni(1), Nurbaiti(2)
- *METODE ALIGNMENT PADA POMPA SENTRIFUGAL* 11  
Galang Perkasa Nusantara, Helmizar
- *KAJI KARAKTERISTIK MEKANISME FURLING CONTROL DENGAN SUDUT EKOR 20<sup>0</sup> PADA KINCIR ANGIN SKALA MIKRO* 21  
✓ Agus Suandi(1), Linggar Pramudiono(1), Nurul Iman Supardi(1), **Angky Puspawan(1)**
- *OPTIMASI BIAYA PERAWATAN DENGAN METODE AGE REPLACEMENT PADA MESIN SPINNING OPEN END* 27  
Zuliantoni(1), Rahmat Kurniawan(2)
- *ANALISA BEBAN STATIK MECHANICAL SEAL PADA POMPA SENTRIFUGAL 504G04 SECTION TANK FARM DENGAN MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK METODE ELEMEN HINGGA* 35  
Nopprian Ersan(1), Nurul Iman Supardi(2), Helmizar(3)
- *FORMAT PENULISAN JURNAL* 41

**ANALYSIS OF STEAM TURBINE ISENTROPIC EFFICIENCY TYPE CONDENSATE 5U-GT 102 B IN PLANT UREA P-1 B GT-102 B, CASE STUDY IN PT. PUPUK SRIWIDJAJA-PERSERO PALEMBANG BY USING CCOMPUTER AIDED THERMODYNAMICS  
TABLE 3 (CATT3)**

Angky Puspawan1]

[1]Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Bengkulu  
Jalan W.R. Supratman, Kandang Limun, Bengkulu 38371A  
angkyuspawan@yahoo.com

**ABSTRAK**

Salah satu indikator utama yang memperlihatkan kemajuan bidang pertanian suatu negara dapat dilihat dari kemajuan industri pupuk ureanya. Di Indonesia, PT. Pupuk Sriwidjaja, selaku industri strategis penghasil pupuk urea milik negara, ikut berperan dalam usahanya untuk meningkatkan kekuatan pertanian nasional. Oleh karena itu, PT. Pupuk Sriwidjaja terus berupaya untuk meningkatkan konsumsi pupuk urea nasional dengan cara terus berupaya meningkatkan kapasitas produksinya, melalui pengembangan peralatan penunjang. Salah satu peralatan penunjang yang sangat penting adalah turbin uap tipe *condensate 5U-GT102 B* yang difungsikan sebagai penggerak pompa sentripugal untuk menyuplai ammonia cair sebagai bahan baku urea. Pengambilan data dengan menggunakan data kondisi lapangan dan data kondisi spesifikasi peralatan turbin uap dan penyelesaian untuk memperoleh entalpi kondisi aktual dan kondisi spesifikasi dengan menggunakan perangkat lunak yaitu *Computer Aided Thermodynamics Table 3 (CATT3)*. Setelah melakukan pengamatan dengan mengambil data kerja turbin uap yang ada di pabrik. PT. Pupuk Sriwidjaja selama operasi diperoleh nilai rata-rata efisiensi isentropik turbin uap sebesar 46,73%, dengan range 46,51-46,79%. Dari hasil perhitungan dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa turbin uap yang digunakan di pabrik PT. Pupuk Sriwidjaja ini masih bekerja dengan baik.

Kata-kata kunci : turbin uap, entalpi, efisiensi isentropik

**I. PENDAHULUAN**

Salah satu indikator utama yang memperlihatkan kemajuan bidang pertanian suatu negara bisa dilihat dari kemajuan industri pupuk ureanya. Di Indonesia sendiri, PT. Pupuk Sriwidjaja, selaku industri strategis penghasil pupuk urea milik negara, ikut berperan dalam usahanya untuk meningkatkan kekuatan pertanian nasional. Oleh karena itu, PT. Pupuk Sriwidjaja terus berupaya untuk meningkatkan konsumsi pupuk urea nasional dengan cara terus berupaya meningkatkan kapasitas produksinya dan membantu mengintegrasikan antara dunia ilmu pengetahuan dan teknologi, dalam hal ini perguruan tinggi, dengan dunia pertanian melalui program riset dan teknologi.

Di perusahaan pupuk urea PT. Pupuk Sriwidjaja tentunya banyak sekali memiliki peralatan atau mesin-mesin yang digunakan untuk menjalankan pabrik dan salah satunya adalah turbin uap. Khusus turbin uap yang dibahas dalam pembahasan ini adalah turbin uap tipe *Condesate 5U-GT 102 B*. Turbin uap ini

memiliki peranan yang sangat penting karena berfungsi untuk menghasilkan daya mekanik berupa poros untuk menggerakkan pompa sentripugal dalam menyuplai ammonia cair sebagai bahan baku urea.



**Gambar 1. Turbin Uap Tipe 5U-GT 102 B**

Oleh karena itu turbin uap ini sangat perlu diperhatikan untuk menjaga kestabilan kerjanya dan salah satu cara mengetahui baik buruknya operasi/kerja turbin uap ini adalah dengan cara menganalisa efisiensi isentropik turbin uap

selama kondisi operasi dan dibanding dengan kondisi spesifikasi turbin uap itu sendiri.

## II. LANDASAN TEORI

### 2.1 Turbin Uap

Turbin uap adalah suatu mesin yang merubah energi potensial dari uap menjadi energi kinetik berupa energi kecepatan, selanjutnya energi kinetik ini berubah menjadi energi mekanik berupa putaran poros. Uap yang menggerakkan turbin uap diproduksi di ketel uap (*boiler*).

Fungsi dari sebuah turbin uap adalah untuk menurunkan tekanan dan temperatur suatu gas akibat proses ekspansi. Tekanan dan temperatur gas dapat diturunkan dengan memaksakan untuk menambahkan volumenya dan ketika volumenya ditambah, tekanan dan temperaturnya akan naik.

#### Klasifikasi Turbin Uap

Klasifikasi turbin uap digolongkan, yaitu :

#### A. Turbin uap berdasarkan prinsip kerja

1. Turbin impuls.
2. Turbin reaksi

#### B. Turbin uap berdasarkan tingkat penurunan tekanan

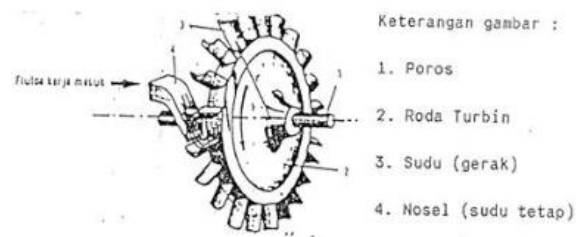
1. Turbin tunggal.
2. Turbin bertingkat.

#### C. Turbin uap berdasarkan proses penurunan tekanan uap

1. Turbin kondensasi.
2. Turbin tekanan lawan.
3. Turbin ekstraksi.

### 2.2 Prinsip Dasar Turbin Uap

Pada roda turbin terdapat sudu dan fluida kerja mengalir ruang diantara sudu tersebut. Apabila kemudian ternyata bahwa roda turbin dapat berputar maka tentu ada gaya yang bekerja sudu. Gaya tersebut timbul karena terjadi perubahan momentum dari fluida kerja seperti gambar 2.

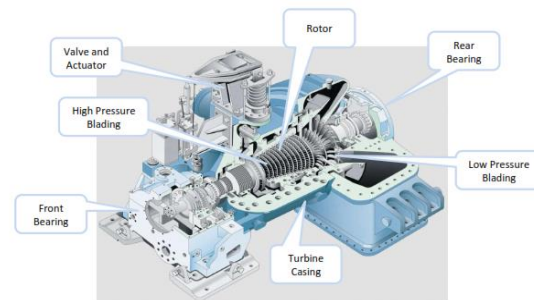


Gambar 2. Prinsip Kerja Turbin Uap

Sistem turbin uap yang diidealisasikan proses dimulai dari fluida cair dipompa masuk ke dalam ketel. Ketel menguapkan fluida yang menghasilkan uap tekanan tinggi, uap kemudian masuk turbin dan berekspansi sedemikian rupa sesuai sudu yang dilaluinya. Uap tekanan rendah masuk ke kondensor setelah sebagian energinya digunakan untuk memutar sudu-sudu turbin. Di dalam kondensor, uap didinginkan pada tekanan atmosfer, sehingga mengembun menjadi air. Selanjutnya air kembali ke tempat penampungan dan dipompa kembali ke dalam ketel. Proses pengulangan tersebut disebut **Siklus Rankine**.

### 2.3 Komponen-komponen Turbin Uap

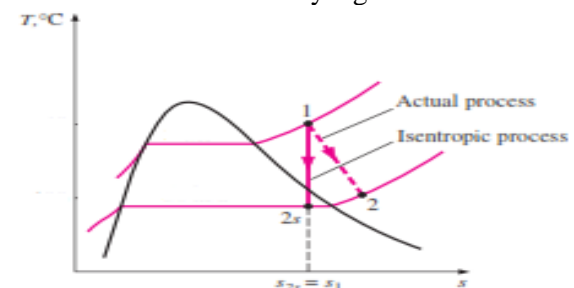
Sebagai mesin rotasi (*rotating equipment*) turbin uap terdiri dari dua bagian utama, yaitu bagian yang diam dan bagian yang berputar. Komponen utama turbin uap terdiri : *base Frame*, rumah turbin, rotor, *bearing housing* dan penyekat, peralatan kontrol uap seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Komponen Turbin Uap

### 2.4 Efisiensi Isentropik Turbin Uap

Efisiensi isentropik merupakan perbandingan antara kinerja aktual sebuah peralatan dan kinerja yang dapat dicapai di bawah keadaan ideal untuk keadaan masuk yang sama dan tekanan keluar yang sama.



Gambar 4. Diagram h-s Aktual dan Isentropik

Persamaan menghitung efisiensi isentropik turbin uap adalah :

- Kerja Turbin Uap Isentropik ( $W_{ts}$ )  
 $W_{ts} = h_1 - h_{2s}$  (kJ/kg).....(2.1)
- Kerja Turbin Uap Kondisi Aktual ( $W_a$ )  
 $W_a = h_1 - h_{2a}$  (kJ/kg).....(2.2)
- Fraksi Uap  
 $X_{2s} = \frac{S_{2s} - S_f}{S_{fg}}$  .....(2.3)
- Efisiensi Isentropik Turbin Uap ( $\eta_t$ )  
 $\eta_t = \frac{\text{Actual Turbine Work}}{\text{Isentropic Turbine Work}} = \frac{W_a}{W_{ts}} \times 100\%$

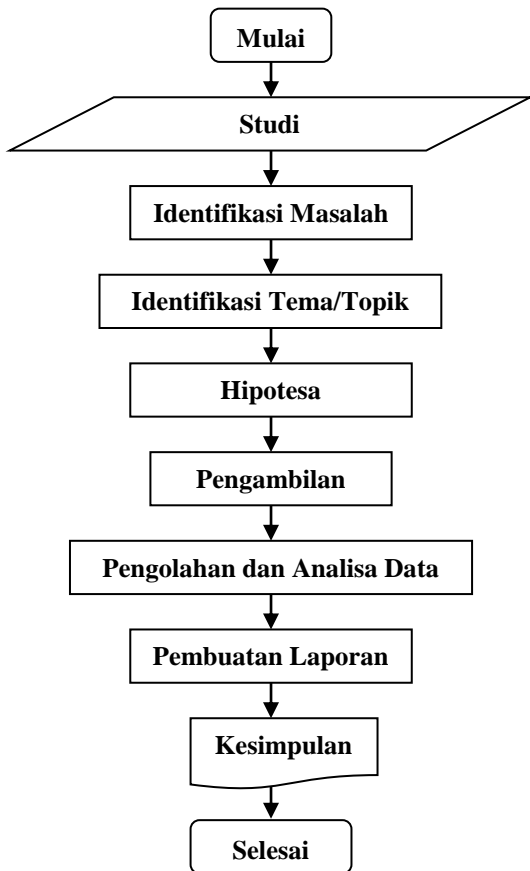
$$\eta_t = \frac{h_1 - h_{2a}}{h_1 - h_{2s}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.4)$$

**Keterangan:**

- $\eta_t$  = Efisiensi Isentropik Turbin (%)
- $h_1$  = Entalpi Aktual Masuk Turbin (kJ/kg)
- $h_{2a}$  = Entalpi Aktual Keluar Turbin (kJ/kg)
- $h_{2s}$  = Entalpi Isentropik Keluar Turbin(kJ/kg)
- $X_{2s}$  = Fraksi Uap

**III. METODOLOGI**

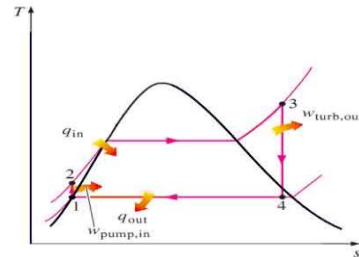
**3.1 Diagram Alir**



Gambar 5. Diagram Alir

**3.2 Metode Analisis Kasus**

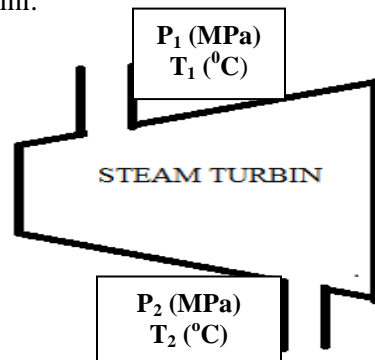
Studi lapangan untuk mengamati secara langsung kinerja turbin uap. Pengambilan data tekanan, temperatur dan data-data lainnya dilakukan di PT. Pupuk Sriwidjaja. Efisiensi isentropik turbin uap dihitung setelah tabel matriks data telah diisi dengan data lapangan dengan menggunakan persamaan 2.4 berdasarkan siklus pada gambar 3.2.



Gambar 6. Siklus T-s pada Siklus Rankine

Untuk menghitung dan menentukan nilai entalpi dapat menggunakan program *Computer Aided Thermodynamics Table 3 (CATT3)* atau dengan cara manual dengan menggunakan tabel termodinamika tentunya dengan memasukkan data temperatur dan tekanan dari data yang di dapat di lapangan (data aktual) dan data spesifikasi turbin uap.

Ada dua titik pengukuran yang di lakukan pada data-data yang di dapat pada kompresor, dan lebih jelas dapat di lihat gambar 3.3 di bawah ini.



Gambar 7. Sketsa Titik-titik Pengukuran

**3.3 Spesifikasi Turbin Uap**

Spesifikasi turbin uap tipe *condensate 5U-GT 102 B* seperti pada gambar 1

**Model turbin: DL61K**

**Konsumsi uap: 3312kg/h**

**Tekanan uap masuk: 41,5kg/cm<sup>2</sup>=4,41MPa**

**Tekanan uap keluar:0,12kg/cm<sup>2</sup>=0.0176MPa**

**Temperatur uap masuk: 339 °C**

**Temperatur uap keluar: 49 °C**

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Hasil

###### ❖ Perhitungan Entalpi Kondisi Isentropik

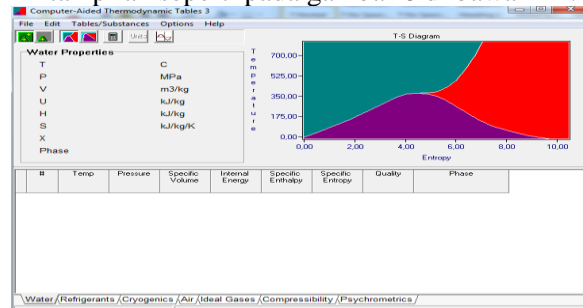
Data Kondisi Sisi Keluar :

- Tekanan Keluar ( $P_2$ ) =  $0,12 \text{ kg/cm}^2 = 0,01176 \text{ MPa}$
- Temperatur Keluar ( $T_2$ ) =  $49 \text{ }^\circ\text{C}$

Data tersebut menentukan entalpi 2 hasilnya adalah:  $h_{2s} = 2147,52 \text{ kJ/kg}$

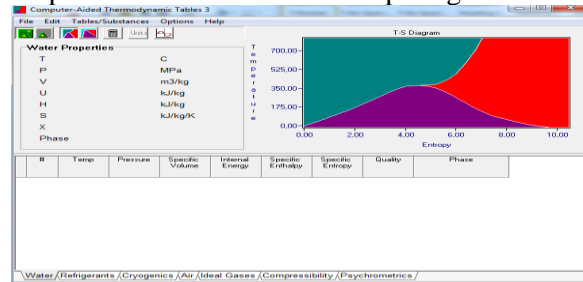
Nilai entalpi 2 menggunakan program *Computer Aided Thermodynamics Table 3 (CATT3)* dan Langkah-langkah sebagai berikut.

1. Buka program *Computer Aided Thermodynamics Table 3 (CATT3)*, muncul tampilan seperti pada gambar 8 di bawah ini.



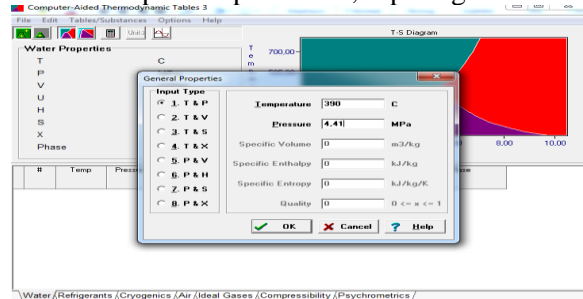
Gambar 8. *Computer Aided Thermodynamics Table 3 (CATT3)*

2. Selanjutnya klik Menu *Tables* dan pilih pilihan *Air*. Maka muncul seperti gambar 9.



Gambar 9. Tabel Data Tekanan dan Temperatur

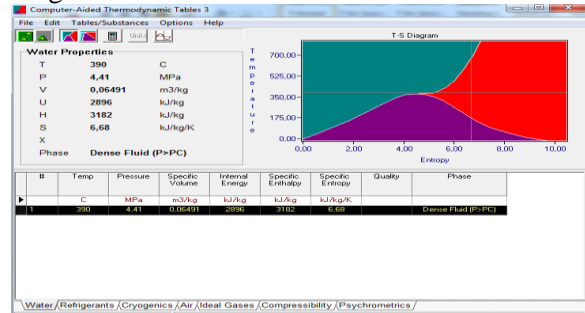
3. Klik *Calculate* dan masukkan nilai tekanan dan temperatur pada isian, seperti gambar 10.



Gambar 10. *General Properties* dari data

4. Setelah nilai tekanan dan temperatur diisikan, klik *OK*. Maka nilai entalpi yang kita cari

akan muncul, seperti yang ditunjukkan oleh gambar 11.



Gambar 11. Hasil Program

###### ❖ Perhitungan Entalpi Kondisi Aktual

Data berikut diambil pada pukul 08.00 Wib

- Tekanan Turbin Uap Masuk ( $P_1$ ) =  $45 \text{ kg/cm}^2 = 4.41 \text{ MPa}$
- Temperatur Turbin Uap Masuk ( $T_1$ ) =  $390^\circ\text{C}$
- Tekanan Turbin Uap Keluar ( $P_2$ ) =  $650 \text{ mmHg} = 0,086 \text{ MPa}$
- Temperatur Turbin Uap Keluar ( $T_2$ ) =  $110^\circ\text{C}$

Data diatas menentukan entalpi 1 dan 2 adalah:

- $h_1 = 3182 \text{ kJ/kg}$
- $h_2 = 2698 \text{ kJ/kg}$

###### Hasil Efisiensi Isentropik Turbin Uap

Nilai entalpi yang diperoleh dari program *Computer Aided Thermodynamics Table 3 (CATT3)* :

Pada titik 1 (Kondisi Aktual)

$P_1 = 4.41 \text{ MPa}$ ,  $T_1 = 390^\circ\text{C}$  ( $663,15 \text{ K}$ ),  
 $h_1 = 3182 \text{ kJ/kg}$

$S_1 = 6,680 \text{ kJ/kg.K}$

Pada titik 2 (Kondisi Aktual)

$P_2 = 0.086 \text{ MPa}$ ,  $T_2 = 93^\circ\text{C}$  ( $383,15 \text{ K}$ ),  
 $h_{2a} = 2698 \text{ kJ/kg}$

Pada titik  $2_s$  (Kondisi Isentropik)

$P_2 = 0,01176 \text{ MPa}$

$h_{2s} = 1034,47 \text{ kJ/kg}$

$S_f = 0,7183 \text{ kJ/kg.K}$

$S_{fg} = 7,338 \text{ kJ/kg.K}$

$S_{2s} = S_1$

Fraksi Uap

$$X_{2s} = \frac{S_{2s} - S_f}{S_{fg}}$$

$$X_{2s} = \frac{6,680 - 0,7183}{7,338}$$

$$X_{2s} = 0,8124$$

Entalpi  $h_{2s}$

$$h_{2s} = h_f + x_{2s} h_{fg}$$

$$h_{2s} = 213,91 + 0,8124 \cdot 2380$$

$$h_{2s} = 2147,52 \text{ kJ/kg}$$

**Kerja Turbin Kondisi Ideal**

$$W_{ts} = h_1 - h_{2s}$$

$$W_{ts} = 3182 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 2147,52 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$= 1034,47 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

**Kerja Turbin Kondisi Aktual**

$$W_a = h_1 - h_{2a}$$

$$W_a = 3182 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 2698 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$= 484 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

**Maka Efisiensi Isentropis Turbin Uap**

$$\eta_t = \frac{W_a}{W_s} \times 100 \%$$

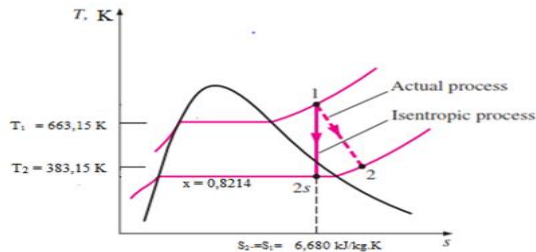
$$\eta_t = \left[ \frac{h_1 - h_{2a}}{h_1 - h_{2s}} \right] \times 100 \%$$

$$\eta_t = \left[ \frac{3182 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 2698 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}{3182 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 2147,52 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} \right] \times 100 \%$$

$$\eta_t = \left[ \frac{484 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}{1034,47 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} \right] \times 100 \%$$

$$\eta_t = 46,79 \%$$

Setelah melakukan perhitungan efisiensi Isentropik turbin uap ( $\eta_t$ ) yang diperoleh berdasarkan data kompresor pada kondisi aktual (waktu operasi) 08.00 WIB adalah **46,79 %**.



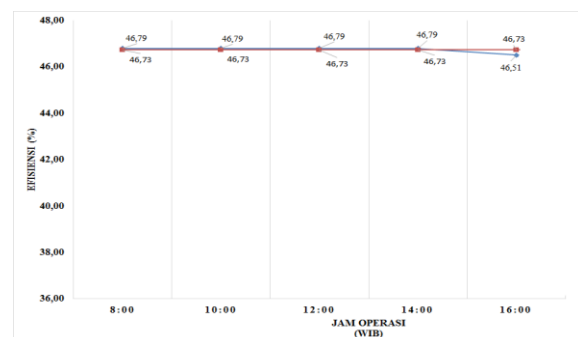
**Gambar 12. T-s Diagram**

#### 4.2 Pembahasan

Untuk melakukan perhitungan efisiensi isentropik turbin uap tentu kita memerlukan data dari turbin uap itu sendiri mulai dari data spesifik sampai data kerja nyata turbin uap. Data yang diperlukan antara lain adalah tekanan masuk turbin uap, tekanan keluar turbin uap, selanjutnya temperatur masuk turbin uap dan temperatur keluar turbin uap dan data spesifikasi turbin uap sendiri digunakan sebagai data isentropik untuk data lapangan merupakan data aktual. Dengan menggunakan program *Computer Aided Thermodynamics Table 3*

(*CATT3*) kita dapat menentukan atau mengetahui nilai entalpi dari setiap data yang diambil.

Pada penguraian di atas merupakan salah satu data untuk mewakili data selama 9 jam yang ada sebagai contoh perhitungan untuk menentukan efisiensi isentropik turbin uap. Untuk mendapatkan nilai entalpi pada kondisi isentropik diketahui dengan menggunakan data spesifikasi turbin uap dan didapat nilai entalpinya sebesar ( $h_{2s}$ ) = 2147,52 kJ/kg dan untuk menentukan nilai entalpi pada kondisi aktual ditentukan berdasarkan data lapangan. Data hasil perhitungan pada tabel 4.1 yaitu data yang pertama yang di ambil pukul 08.00 WIB dengan nilai entalpi *inlet steam turbine* ( $h_1$ ) = 3182 kJ/kg untuk titik pengukuran pertama dan ( $h_2$ ) = 2698 kJ/kg untuk entalpi *oulet steam turbine* pada titik pengukuran kedua. Setelah seluruh nilai entalpi diketahui, kita dapat menentukan nilai efisiensi isentropik turbin uap. Setelah dilakukan perhitungan di dapat nilai efisiensi isentropik sebesar 46.79% dan dapat dilihat efisiensi yang di dapat berbeda pada pukul 16.00, itu dikarenakan data lapangan yang berbeda pukul tersebut. Sedangkan untuk pukul 08.00 hingga pukul 14.00 nilai efisiensi isentropic adalah sama, dikarenakan data lapangan yang sama pula. Nilai rata-rata efisiensi isentropik dari seluruh data yang ada dan telah dilakukan perhitungan didapat sebesar 46.73% dengan *range* 46.51- 46.79%. Setelah melihat hasil perhitungan efisiensi isentropik turbin uap dari seluruh data yang ada dapat dinilai bahwa turbin uap tersebut masih bekerja dengan baik. Gambar 13 menunjukkan perbandingan antara efisiensi isentropik turbin uap pada waktu operasi.



**Gambar 13. Grafik Efisiensi Isentropis Turbin Uap Selama Operasi**



Faktor yang paling berpengaruh terhadap efisiensi isentropik turbin adalah adanya perpindahan panas dari sistem ke lingkungan atau sebaliknya. Idealnya proses yang terjadi di turbin dan mesin kalor lainnya adalah adiabatik, dimana tidak ada pertukaran panas antara sistem dengan lingkungan. Namun hal ini hampir tidak mungkin dapat terwujud. Tetapi banyak usaha yang bisa dilakukan untuk memperkecil jumlah panas yang hilang ke lingkungan untuk memperbesar efisiensi turbin. Salah satunya dengan sistem *sealing* yang diperbaiki. Sistem *sealing* yang bagus akan menghambat perpindahan panas dari sistem ke lingkungan begitu pula sebaliknya. Selain itu, karena faktor internal dari utilitas sendiri apabila uap sebagian berasal dari *package boiler* maka kinerja turbin meningkat karena suhu akan naik dan tekanan uap masuk menuju turbin uap. Akibatnya, turbin uap akan mengalami peningkatan efisiensi isentropik. Jika selama proses dari *Waste Heat Boiler* dapat menuju Turbin Uap dapat dijaga suhu.

## V. KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian dengan mengambil data kerja turbin uap yang ada di PT. Pupuk Sriwidjaja diperoleh nilai rata-rata efisiensi isentropik sebesar 46,73 %, dengan *range* 46,51-46,79%. Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa turbin uap yang digunakan di PT. Pupuk

Sriwidjaja ini digolongkan masih bekerja dengan baik walaupun turbin uap ini bekerja terus menerus. Dan temperatur dan tekanan yang masuk pada turbin uap sangat mempengaruhi kinerja uap. Jika temperature dan tekanan masuk turbin uap besar maka kinerja turbin uap meningkat begitupun sebaliknya.

## VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] -----, 1979. *Buku Manual Turbin*, PT. PUSRI Palembang, Sumatera Selatan.
- [2] Arismunandar, W. 1997. *Penggerak Mula Turbin*, ITB, Bandung.
- [3] Cengel, Yunus A. & Boles, Michael A. *Thermodynamics: An Engineering Approach 5<sup>th</sup> ed.* 2006. Published by Mc Graw-Hill College, Boston, MA.
- [4]<http://manung95.blogspot.co.id/2011/05/turbin-uap.html> (diakses tanggal 23 Januari 2017)
- [5] Moore, W. 1950. *Turbin Uap*, Bina Samudra, Jakarta.
- [6] Reynold, C. 1996. *Termodinamika Teknik*, Erlangga, Jakarta.
- [7] Saarlans, M. 1978. *Steam and Gas Turbines for Marine Propulsion*, United States Naval Institute Annapolis, Maryland.
- [8] Shlyakhin, P. 1993. *Turbin Uap*, Erlangga, Jakarta.