



Vol. 2 No. 1 | April 2018

ISSN No. 2597-4254

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



Di Publikasikan oleh:  
Fakultas Teknik UNIB



*Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*



ISSN No. 2597 – 4254

Vol. 2 No. 1, April 2018

**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

- **ANALISA EFISIENSI ISENTROPIK PADA TURBIN UAP ELLIOT TYPE DYRUG III DI PT BIO NUSANTARA TEKNOLOGI** 1  
Helmizar [1], Ardi Setiawan [2]
- **PERHITUNGAN WAKTU PEMESINAN PADA PEMBUATAN KOMPONEN POMPA** 7  
Zulianton[1], Angky Puspawan[2]
- **ANALYSIS OF DAMAGING REFINING COMBINED BURNER (RCB) ON ELECTRICAL ARC FURNANCE (EAF)(Case Study in Slab Steel Plant 1, PT. Krakatau Steel, Cilegon, Banten Province)** 17  
Angky Puspawan [1]
- **PENGARUH PERLAKUAN UNDERFILLING PADA IMPELLER POMPA TERHADAP HEAD POMPA** 23  
Nuramal, A[1], Asmawi, F[2]
- **ANALISA HEADLOSSES DAN EFISIENSI GOULDS 3196 POMPA SENTRIFUGAL DARI TANKI MINYAK MENTAH KE TANKI PENGUMPULAN** 29  
M. Chairun Nawawi[1], Syahlahudhin Al Ayufhi[2], Angky Puspawan[3], Agus Suandi [4], Nurul Iman Supardi[5], Yovan Witanto[6]
- **SCREW EXTRUDER DARI SEBAGAI PEMINDAH SAMPAI PENGOLAH LIMBAH PLASTIK** 39  
A Sofwan F Alqap
- **FORMAT PENULISAN JURNAL** 49

# ANALISA EFISIENSI ISENTROPIK PADA TURBIN UAP ELLIOT TYPE DYRUG III DI PT BIO NUSANTARA TEKNOLOGI

Helmizar [1], Ardi Setiawan [2]

[1][2] Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu  
Jl.W.R.Supratman, Kandang Limun, Bengkulu, Telp (0736) 344087, 22105-227  
Email : [Simbutunib@yahoo.com](mailto:Simbutunib@yahoo.com)

## ABSTRACT

A vapour power system is a ubiquitous type of power generation system. This power generation system is also implemented in PT Bio Nusantara Teknologi. One of the subsystem in this vapour power system is a steam turbine. This company uses a typical steam turbine, which is Elliot type Dyrug III. One of the important parameter to measure performance of a steam turbine is isentropic efficiency. This paper reports on a performance analysis of the steam turbine Elliot type Dyrug III. The isentropic efficiency is calculated based upon enthalpy and entropy of the fluid work. These property are obtained from Computer Aided Thermodynamic Tables (CATT) software which the value corresponds to pressure and temperature of the fluid work. These temperature and pressure data are taken from BPV (*Back Pressure Vessel*) control system. Data shows that fluid pressure input is 3MPa, with temperature of 300°C. In addition, the pressure and temperature at the exit turbine is 0.015MPa and 100°C respectively. Thermodynamic analysis result shows that the average isentropic efficiency of the steam turbine Elliot Type Dyrug III at PT Bio Nusantara Teknologi is  $\eta = 48,36\%$ .

*Keywords; vapour power system, steam turbine, isentropic efficiency*

## 1. PENDAHULUAN

PT.Bio Nusantara Teknologi adalah perusahaan pengolahan crude palm oil (CPO). Salah satu system yang dibutuhkan oleh pabrik pengolahan CPO adalah sistem pembangkit tenaga. System pembangkit tenaga di PT Bio Nusantara Teknologi menggunakan system pembangkit uap, yang tentu saja membutuhkan turbin uap. Turbin uap adalah mesin yang merubah energi panas dari uap menjadi tenaga kinetik, selanjutnya tenaga kinetik ini berubah lagi menjadi tenaga mekanis [1]. Semburan uap panas bertekanan yang berasal dari boiler memutar Sudu-sudu turbin. Supply uap yang akan dipakai untuk memutar turbin tersebut dikendalikan dengan menggunakan control valve. Selain sebagai pembangkit tenaga, turbin ini juga dikopelkan langsung dengan pompa sentrifugal. Setelah melewati turbin, uap yang bertekanan dan bertemperatur tinggi tadi berubah menjadi uap bertekanan rendah yang kemudian dilewatkan pada

kondensor. Panas sisa kemudian diserap oleh kondensor sehingga uap berubah fase menjadi air yang kemudian dipompakan kembali menuju boiler [2]. Turbin uap yang digunakan pada pabrik pengolahan CPO di PT Bio Nusantara adalah Turbin uap Elliot Type Dyrug III seperti pada gambar 1. Tentu saja kinerja dari turbin ini adalah faktor yang sangat penting untuk mendukung kinerja pabrik secara keseluruhan. Salah satu indicator dari kinerja turbin ialah efisiensi isentropic [3]. Oleh karena itu efisiensi isentropic Turbin uap Elliot Type Dyrug III pada PT Bio Nusantara Teknologi adalah hal yang akan dianalisa dan dibahas pada paper ini

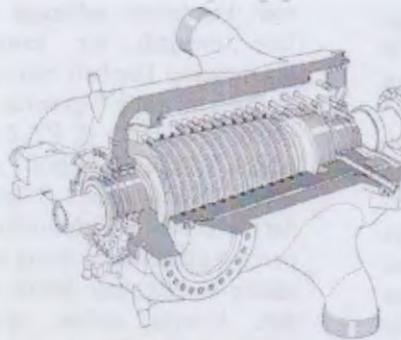


Gambar 1 Turbin uap Elliot Type Dyrug III

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Turbin Uap

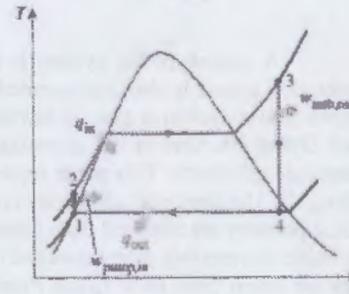
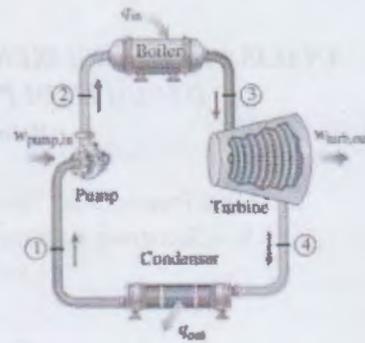
Turbin uap seperti ditunjukkan pada gambar 2 adalah mesin yang merubah energi panas dari uap menjadi tenaga kinetik, selanjutnya tenaga kinetik ini berubah lagi menjadi tenaga mekanis. Uap yang menggerakkan turbin uap maupun mesin uap diproduksi di ketel uap. Energi potensial adalah energi enthalpy yang dikandung oleh uap itu sendiri, sedangkan energi kinetik adalah energi yang dimiliki uap karena uap itu sendiri yang bergerak dan dengan bantuan nozzle momentum fluida kerja dapat dinaikkan guna memutar turbin [4].



Gambar 2 Turbin Uap [5]

### 2.2 Cara Kerja Siklus Rankine

Siklus Rankine ideal dapat digambarkan dalam diagram T-S seperti gambar 3.



Gambar 3 Siklus Rankine [3]

Siklus Rankine Ideal terdiri dari empat tahapan proses:

- 1 – 2 Kompresi isentropik dengan pompa
- 2 – 3 Penambahan panas dalam boiler secara isobar
- 3 – 4 Ekspansi Isentropik pada turbin
- 4 – 1 Pelepasan panas pada kondenser secara isobar dan isothermal

Air masuk pompa pada kondisi satu sebagai cairan jenuh (saturated liquid) dan dikompresi sampai tekanan operasi boiler. Temperatur air meningkat selama kompresi isentropik karena menurunnya volume spesifik air. Air memasuki boiler sebagai cairan terkompresi (compressed liquid) pada kondisi 2 dan menjadi superheated pada kondisi tiga. Dimana panas diberikan oleh boiler ke air pada tekanan yang tetap. Boiler dan seluruh bagian yang menghasilkan uap ini disebut sebagai steam generator. Uap superheated pada kondisi tiga kemudian akan memasuki turbin untuk ekspansi secara isentropik dan akan menghasilkan kerja untuk memutar poros yang terhubung dengan generator dan pompa sentrifugal. Tekanan dan temperature dari uap akan turun selama proses ini

menuju keadaan empat dimana steam akan masuk kondensor dan biasanya sudah berubah menjadi uap jenuh atau campuran antara air dan uap. Uap ini akan dicairkan pada tekanan konstan dan akan meninggalkan kondenser sebagai cairan jenuh yang akan masuk pompa untuk melengkapi siklus ini.

### 2.3 Parameter-parameter pada Turbin Uap

Proses yang terjadi pada turbin uap dapat digambarkan pada T-S diagram seperti ditunjukkan pada gambar 4. Kinerja turbin uap berkaitan dengan beberapa parameter utama, yaitu :

- Entalpi  
Entalpi adalah istilah termodinamika yang menyatakan jumlah energi internal dari suatu fluida kerja. Usaha adalah tenaga yang diserahkan oleh sistem di dalam melakukan kerja yang dilambangkan dengan W. Usaha (W) merupakan selisih nilai entalpi yang masuk dengan entalpi yang keluar.

#### 1) Kerja Turbin Kondisi Aktual ( $W_a$ )

$$W_a = (h_1 - h_2) \quad (1)$$

Keterangan :

$W_a$  = Kerja Turbin (kJ/kg)

$h_1$  = nilai Entalpi uap masukan turbin  $h_1$  (kJ/kg)

$h_2$  = nilai Entalpi uap keluaran turbin kondisi aktual (kJ/kg)

#### 2) Kerja Turbin Kondisi Isentropik ( $W_s$ )

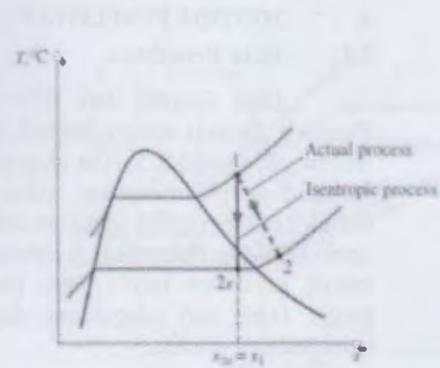
$$W_s = (h_1 - h_{2s}) \quad (2)$$

Keterangan :

$W_s$  = Kerja turbin secara isentropik (kJ/kg)

$h_1$  = nilai Entalpi uap masukan turbin  $h_1$  (kJ/kg)

$h_{2s}$  = nilai Entalpi keluaran turbin kondisi isentropik (kJ/kg)



Gambar 4 T-S diagram [3]

#### • Fraksi Uap

Fraksi Uap merupakan nilai fraksi uap yang terkandung dalam uap keluar turbin. Nilai fraksi ini digunakan untuk menghitung entalpi keluar turbin. Dengan asumsi isentropic, maka entropi fluida kerja masuk dan keluar sama, maka bisa dihitung fraksi uap beserta entalpi keadaan 2 dengan persamaan 3.

$$X = \frac{S_2 - S_f}{S_g - S_f} = \frac{h_2 - h_f}{h_g - h_f} \quad (3)$$

Keterangan :

X : Nilai Fraksi cairan

$S_f$  : spesifik entropi air (kJ/kg.K)

$S_2$  : spesifik entropi fluida kerja (kJ/kg.K)

$S_g$  : spesifik entropi uap (kJ/kg.K)

$h_f$  : spesifik entalpi air (kJ/kg)

$h_2$  : spesifik entalpi fluida kerja (kJ/kg)

$h_g$  : spesifik entalpi uap (kJ/kg)

#### • Efisiensi Isentropik

Efisiensi isentropik merupakan perbandingan antara kerja aktual sebuah peralatan dengan kerja yang dapat dicapai dibawah keadaan yang melalui proses isentropik.

$$\eta_t = \frac{w_a}{w_s} = \frac{h_1 - h_{2a}}{h_1 - h_{2s}} \quad (4)$$

Keterangan :

$\eta_t$  = Efisiensi Isentropik (%)

$W_a$  = Kerja turbin aktual (kJ/kg)

$W_s$  = Kerja turbin isentropik (kJ/kg)

### 3. METODA PENELITIAN

#### 3.1 Data Penelitian

Data diambil dari BPV (*Back Pressure Vessel*) sistem kontrol seperti terlihat pada gambar 5. Alat ukur yang digunakan untuk mengukur suhu yang masuk ke dalam turbin yaitu termometer, sementara alat ukur untuk tekanan yang masuk ke dalam turbin yaitu pressure gauge. Hasil dari pengukuran dapat di baca pada monitor:



Gambar 5 BVP sistem kontrol

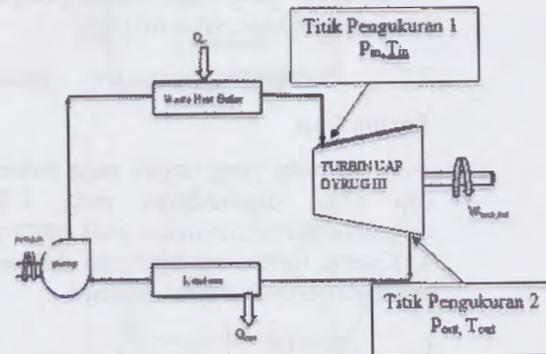
Pengambilan data pada turbin uap Elliot Type Dyrug III dengan selang dua jam seperti di tunjukkan pada tabel 1:

Tabel 1 Data Aktual Turbin Uap Elliot Type Dyrug III

No	Time (WIB)	Inlet Steam Turbin		Outlet Steam Turbin	
		(Aktual)		(Aktual)	
		Tekanan Masuk	Temp Masuk	Tekanan Keluar	Temp Keluar
		( $P_{in}$ )	( $T_{in}$ )	( $P_{out}$ )	( $T_{out}$ )
		(MPa)	(°C)	(MPa)	(°C)
1	07:00	3	300	0.015	120
2	10:00	3	300	0.015	100
3	13:00	3	300	0.015	100
4	16:00	3	300	0.015	100
Rata rata		3	300	0.015	105

#### 3.2 Skema Instalasi Sistem Turbin Uap

Skema instalasi sistem turbin uap pada PT Bio Nusantara Teknologi seperti terlihat pada gambar 6.



Gambar 6 Skema Instalasi Sistem Turbin Uap

Spesifikasi Turbin Uap Elliot Type Dyrug III yang ada di PT.Bio Nusantara Teknologi ada pada table 2 :

Tabel 2 Spesifikasi Turbin Uap Elliot Type Dyrug III [6]

Serial Number	: F102318-1
Max Cont Speed	: 4810 RPM
Trip speed	: 5291 RPM
Max Inlet Temp	: 399°C
Max Inlet Press	: 48.2 BARG
First Critical Speed	: 8850 RPM
Max Exhaust Press	: 6.9 BARG
Normal Inlet Temp	: 270 °C
Normal Exhaustion press	: 3.5 BARG
Rated Speed	: 4800 RPM
Rated power	: 1276 KW
Normal inlet press	: 30.0 BARG
Produksi tahun	: 2012

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

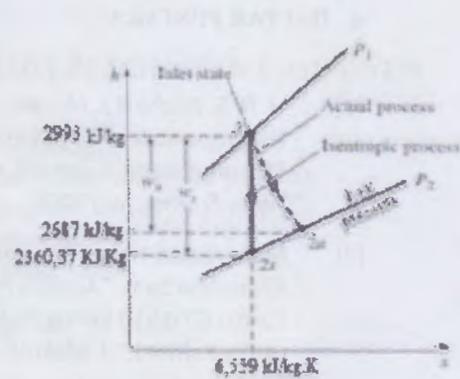
Nilai entalpi untuk tiap keadaan ditentukan dengan *Computer Aided Thermodynamic Tables (CATT)*.

Dibagian Inlet dari turbin dengan tekanan  $P_1=3\text{MPa}$ , dan Temperatur  $T_1=300^\circ\text{C}$ , maka didapat  $h_1 = 2993\text{kJ/kg}$  dan  $S_1=6,539 \text{ kJ/kg.K}$ . Pada keadaan outlet, nilai actual entalpi, dicari berdasarkan data lapangan. Dengan tekanan  $P_2=0,015\text{Mpa}$ , dan temperature  $T_2=100^\circ\text{C}$  maka didapatkan entalpi actual keadaan outlet sebesar  $h_{2a}=2687 \text{ kJ/kg}$ . Untuk mendapatkan nilai entalpi pada kondisi isentropik ditentukan dengan cara menganggap entropi keadaan pertama dan kedua adalah sama yaitu  $S_2= S_1=6,539 \text{ kJ/kg.K}$ . Maka fraksi uap dapat di hitung dengan persamaan 3, dan didapat fraksi uap sebesar  $x=0,8645$ . Dengan diketahuinya fraksi uap  $x=0,8645$ , maka nilai entalpi  $h_{2s}$  juga bisa dihitung dari persamaan 3, dan didapat entalpi isentropic pada keadaan 2 sebesar  $h_{2s}=2360.37\text{kJ/kg}$ . untuk lebih memudahkan memahami data yang ada, maka data di berikan dalam bentuk table di tabel 3.

Tabel 3 data data analisa

	Inlet	Outlet
Tekanan	$P_1=3 \text{ MPa}$	$P_2=0.015 \text{ Mpa}$
Temp	$T_1=300^\circ\text{C}$	$T_2=105^\circ\text{C}$
Entropi	$S_1=6,539 \text{ kJ/kgK}$	$S_2=6,539 \text{ kJ/kgK}$
Fraksi Uap		$x=0,8645$
Entalpi	$h_1=2993\text{kJ/kg}$	$h_{2s}=2360.37\text{kJ/kg}$
		$h_{2a}=2687 \text{ kJ/kg}$

Setelah seluruh nilai entalpi di ketahui, kita dapat menentukan nilai efisiensi turbin uap dengan persamaan 4. Perhitungan efisiensi isentropic menunjukkan efisiensi isentropik sebesar  $\eta_i=48,36\%$ .



Gambar 7 Diagram h-s hasil analisis

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pengamatan dan analisa yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan dan saran sebagai berikut :

1. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi isentropic dari Turbin uap Elliot Type Dyrug III di PT Bio Nusantara Teknologi adalah  $\eta_i=48,36\%$ .
2. Masih ada beberapa peluang untuk menaikkan efisiensi ini diantaranya dengan memperbaiki system sealing, perawatan pada turbin secara regular, sehingga setiap ada permasalahan yang berpotensi mengurangi efisiensi segera dapat ditangani.

**6. DAFTAR PUSTAKA**

- [1] H. N. S. Michael J. Moran, *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*, 5th ed. John Wiley & Sons, Inc, 2006.
- [2] Muhammad Hasan Basri dan Alimuddin Sam, "Analisis Prestasi Turbin GT-1510 Borsig Pada Unit Utility Kaltim I," *J. Mektek*, vol. 8, 2006.
- [3] B. M. Cengel Y, *Thermodynamics: an Engineering Approach 8th Edition*, 8th ed. 2015.
- [4] P K Nag, *Basic and Applied Thermodynamics*, 8th ed. Delhi: Tata McGraw-Hill, 2006.
- [5] Unesco, "Steam Turbine Components and System," in *Encyclopedia of Life Support System (EOLSS)*, vol. III, Robin A Chaplin, Ed. Oxford, 2009, pp. 1-7.
- [6] PT. Bio Nusantara Teknologi, *Manual book, Turbin Uap Elliot Type Dyrug III*,. Bengkulu: PT. Bio Nusantara Teknologi.