



Vol. 2 No. 2 | Oktober 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. 2, Oktober 2018

Jurnal Rekayasa Mekanik 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.**

**Desain Grafis**

**Zuliantoni, S.T., M.T.**

**Sekretariat**

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

**Penerbit**

**Fakultas Teknik – Universitas Bengkulu**

**Sekretariat Redaksi:**

**Gedung Dekanat Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin – Universitas Bengkulu**

**Jln. WR Supratman, Kandang Limun, Bengkulu 38123, Telp. (0736) 21170, 344067**

**Email: teknik\_mesin@unib.ac.id**

## DAFTAR ISI

Redaksi	i
DAFTAR ISI	ii
1. <i>PERHITUNGAN EFISIENSI TERMAL SISTEM PLTU SEKTOR BUKIT ASAM UNIT 4</i> Helmizar[1], Abdurrahman Soleh[2]	1
2. <i>PERHITUNGAN LIFE TIME TERHADAP CORROSION RATE PADA PIPA FURNACE CRUDE DISTILATION UNIT III PT. PERTAMINA REFINERY UNIT III-PLAJU PALEMBANG, PROVINSI SUMATERA SELATAN</i> Angky Puspawan[1], Nurul Iman Supardi[2], Rahmat Satrio Budiarmo[3]	7
3. <i>ANALISIS PENYEBAB KERUSAKAN BAJA SLAB MENGGUNAKAN PETA KENDALI DAN DIAGRAM PARETO</i> Zulianton[1] dan J. Ongli W. Pangaribuan[2]	17
4. <i>UJI PERFORMA MESIN DIESEL CATERPILLAR TYPE 3408 DAN 3512 DENGAN MENGGUNAKAN TAYLOR DINAMOMETER DX 3010 DI PERTAMINA DRILLING SERVICES INDONESIA</i> Agus Nuramal[1], Kana[2]	25
5. <i>ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN PANJANG INTAKE MANIFOLD TERHADAP PERFORMA MOTOR BENSIN</i> Romi Suhendar[1], Agus Nuramal[2], Angky Puspawan[3]	31
6. <i>UJI UNJUK KERJA MESIN DENGAN METODE DUMMY TEST PADA GENERATOR SET TYPE G-3406 DI PT. PERTAMINA DRILLING SERVICES INDONESIA (PDSI).</i> Rully Amirul Destianto[1], Yovan Witanto[2]	37
7. <i>PERCOBAAN BATANG PENGEMPA DENGAN ULIR DARI LILITAN BEGEL</i> A Sofwan F Alqap[1], Zuliantoni[2]	41
8. <i>ANALISA PROSES IMPACT EXTRUSION PADA MANUFAKTUR KALENG AEROSOL DI PT. XYZ</i> Hendri Van Hoten[1], Dani Julianto Parsaoran[2], Nurbaiti[3]	45
9. <i>FORMAT PENULISAN JURNAL</i>	47

# PERHITUNGAN EFISIENSI TERMAL SISTEM PLTU SEKTOR BUKIT ASAM UNIT 4

Helmizar [1], Abdurrahman Soleh [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

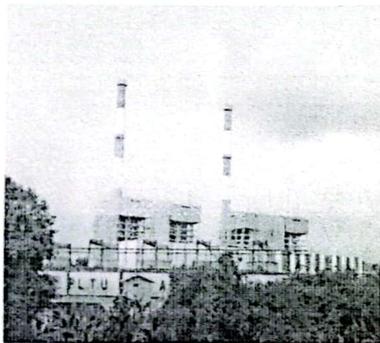
## ABSTRAK

Pembangkit listrik tenaga uap sektor bukit asam memiliki beberapa komponen utama seperti pompa, boiler, turbin, kompresor, *condensor*, dan beberapa komponen pendukung sistem lainnya. Pada PLTU unit 4 daya yang mampu dibangkitkan oleh sistem sebesar 65 MW, namun pada pengoperasiannya tidak mencapai angka yang disebutkan hal ini disebabkan banyak faktor misalnya *pressure drop*, *heat loss*, keandalan mesin yang menurun.

**Kata kunci :** *Pressure drop*, *heat loss*

## I. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Uap sektor Bukit Asam adalah salah satu dari pembangkit listrik tenaga uap di pulau Sumatera yang beroperasi sebagai produsen listrik, listrik yang dihasilkan oleh PLTU sektor Bukit Asam akan didistribusikan untuk memenuhi kebutuhan listrik di Sumbagsel .



**Gambar 1.** PLTU Bukit Asam

Dalam proses produksi listrik PLTU Bukit Asam bekerja sama dengan PT. BA sebagai pemasok batu bara yang nantinya akan digunakan sebagai bahan bakar untuk merubah fasa fluida kerja.

Kinerja atau performa dari pembangkit secara keseluruhan adalah faktor yang sangat penting untuk diketahui pada sebuah sistem pembangkit secara menyeluruh karena hal ini berkaitan dengan faktor ekonomi. Oleh karena itu perhitungan performa secara

menyeluruh dari sistem menjadi sangat penting untuk di hitung.

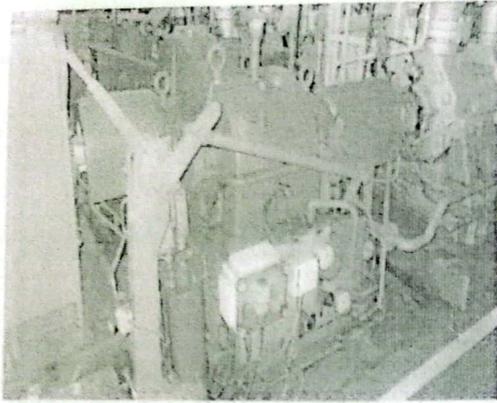
## II. TINJAUAN PUSTAKA

### Peralatan PLTU Bukit Asam

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) memiliki beberapa komponen utama yang menjadi syarat mutlak untuk dapat mengoperasikan sistem pembangkit listrik ini, komponen-komponen utama tersebut adalah:

### Pompa

Pompa merupakan sebuah mesin untuk menggerakkan fluida. Pompa akan menaikkan tekanan fluida yang digerakkannya, sumber energi yang digunakan biasanya berasal dari energi listrik. Ada dua buah pompa yang digunakan dalam sistem PLTU sector Bukit Asam yaitu *Condensat pump* dan *Boiler feed pump*. Kedua prinsip kerja dari pompa ini sama hanya saja memiliki kapasitas yang berbeda, *Condensate pump* berfungsi untuk menggerakkan fluida kerja dari kondensor menuju *daerator*. Sedangkan *boiler feed pump* berfungsi untuk mensirkulasikan fluida kerja.

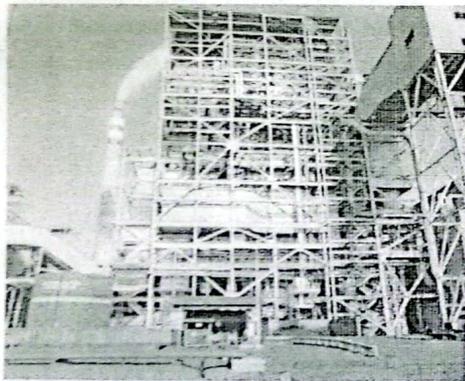


Gambar 2. Boiler Feed Pump.

**Boiler**

Boiler atau ketel uap adalah suatu bejana tertutup yang di dalamnya berisi fluida air yang dipanaskan sampai berubah fasa menjadi fluida gas. Energi panas dari uap air keluaran boiler tersebut.

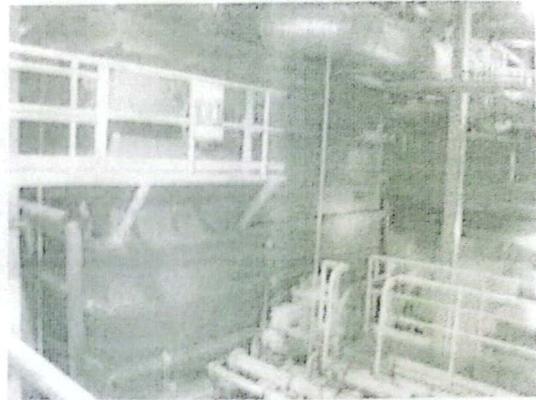
Selanjutnya digunakan untuk memutar sudu pada turbin uap. Sumber energi panas yang didapatkan untuk mengubah fasa fluida kerja bermacam-macam, tetapi pada PLTU sector Bukit Asa mini sumber energi panas berasal dari proses pembakaran batu bara.



Gambar 3. Boiler.

**Kondensor**

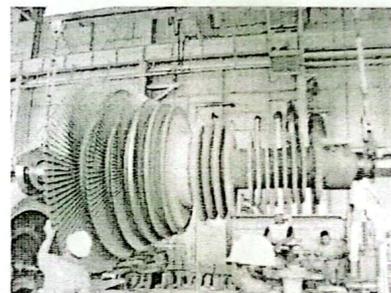
Kondensor adalah suatu peralatan yang berfungsi sebagai pendingin uap keluaran turbin sehingga terjadi perubahan fasa dari fasa uap menjadi fasa cair. Perubahan fasa ini menjadikan vacuum didalam ruangan condensor tersebut.



Gambar 4. Kondensor

**Turbin**

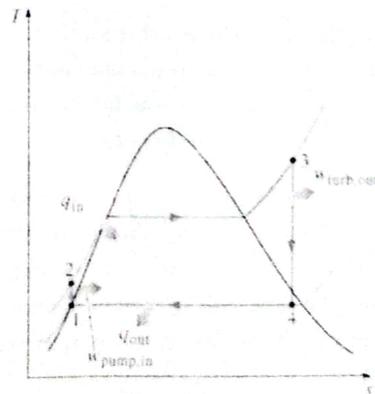
Turbin merupakan komponen yang berfungsi untuk merubah energi potensial yang terdapat pada uap bertekanan yang akan dirubah menjadi energi mekanik berupa putaran. Poros turbin terhubung dengan generator sehingga akan ditimbulkan energi listrik akibat dari putaran poros turbin.



Gambar 4. Turbin.

**Siklus Rankine Ideal**

Siklus ideal yang mendasari siklus kerja dari suatu pembangkit daya uap adalah siklus Rankine. Siklus Rankine berbeda dengan siklus-siklus udara ditinjau dari fluida kerjanya yang mengalami perubahan fase selama siklus berlangsung yaitu pada saat evaporasi dan kondensasi.



**Dasar Perhitungan Efisiensi Termal**

Efisiensi termal ( $\eta_{\text{termal}}$ ) dari siklus rankine merupakan perbandingan antara kerja neto (kerja yang dihasilkan turbin uap dikurangi kerja yang dilakukan pompa) dengan jumlah kalor yang dimasukkan pada boiler ( $Q_{in}$ ).

**III. METODOLOGI**

Penelitian ini dilakukan dengan dua metode pengumpulan data yaitu:

a. Observasi

Dengan cara mengamati secara langsung dan mencatat kejadian yang terjadi dilapangan.

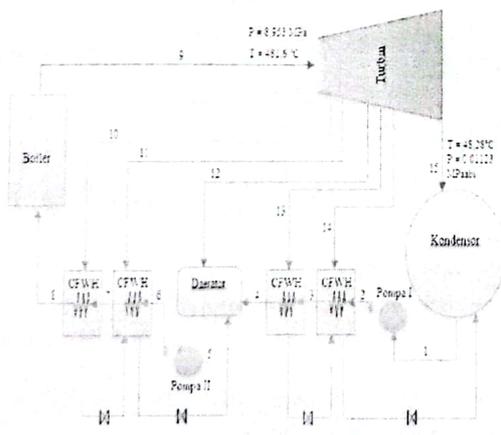
b. Wawancara

Pengumpulan data dengan bertanya pada pimpinan perusahaan atau karyawan yang bekerja langsung pada bagian yang akan diamati, dan mengambil data pada buku panduan (*manual book*).

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

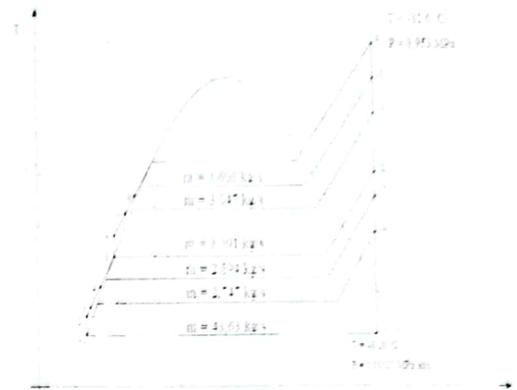
Sistem PLTU Bukit Asam memiliki beberapa komponen regeneratif yang fungsinya untuk meningkatkan efisiensi sistem.

Komponen yang ditambahkan adalah 4-unit *Close Feed Water Heater* dan satu unit *Daerator*.



**Gambar 6. Skema PLTU Bukit Asam.**

T-s diagram sistem PLTU Bukit Asam merepresentasikan keseluruhan sistem, sistem ini diasumsikan berada pada kondisi isentropic.



**Gambar 7. Ts Diagram PLTU Bukit Asam**

**Solusi:** Sebuah pembangkit listrik tenaga uap beroperasi pada ideal regenerative siklus rankin, dengan 4 buah *Close Feed Water Heater* dan 1 *Open Feed Water Heater*

**Asumsi:** 1. Sistem dianggap beroperasi pada keadaan isentropic 2. Energy potensial dan kinetic diabaikan.

**Analisis:** Diagram Ts dan Skematik dari pembangkit listrik tenaga uap dapat dilihat dari gambar 3.2 dan gambar 3.3. Siklus dianggap beroperasi pada keadaan isentropic sehingga entropi uap yang masuk dan meninggalkan turbin dianggap sama. Fluida kerja yang dipompa dan memasuki *CFWH* maupun *OFWH* berfasa cair, sedangkan pada saat setelah dipompa (keadaan 2 dan 6) berfasa cair jenuh. Dikarenakan ada beberapa properti yang tidak dapat diukur pada sistem, perhitungan dimulai dari perhitungan kerja turbin.

- Boiler (Keadaan 9)

$$\begin{aligned}
 T &= 481,6 \text{ }^\circ\text{C} & h_9 &= 3.341 \text{ kJ/kg} \\
 P &= 8,953 \text{ MPa} & s &= 6,599 \text{ kJ/kg, K} \\
 \dot{m} &= 59,34 \text{ kg/s}
 \end{aligned}$$

- *Close Feed Water Heater* 1 (Keadaan 10)

$$\begin{aligned}
 T &= 192,5 \text{ }^\circ\text{C} & h_{10} &= 2.804 \text{ kJ/kg} \\
 P &= 1,095 \text{ MPa} & s_9 &= s_{10}
 \end{aligned}$$

$$\dot{m} = 3,608 \text{ kg/s}$$

- *Close Feed Water Heater II* (Keadaan 11)

$$\begin{array}{l} T = 166,5^\circ\text{C} \\ P = 0,7269 \text{ MPa} \\ \dot{m} = 3,047 \text{ kg/s} \end{array} \left. \begin{array}{l} h_{11} = 2.725 \text{ kJ/kg} \\ s_{10} = s_{11} \end{array} \right\}$$

- *Open Feed Water Heater III* (Keadaan 12)

$$\begin{array}{l} T = 136,7^\circ\text{C} \\ P = 0,3288 \text{ MPa} \\ \dot{m} = 3,391 \text{ kg/s} \end{array} \left. \begin{array}{l} h_{12} = 2.583 \text{ kJ/kg} \\ s_{11} = s_{12} \end{array} \right\}$$

- *Close Feed Water Heater IV* (Keadaan 13)

$$\begin{array}{l} T = 109,2^\circ\text{C} \\ P = 1,395 \text{ MPa} \\ \dot{m} = 2,894 \text{ kg/s} \end{array} \left. \begin{array}{l} h_{13} = 2.444 \text{ kJ/kg} \\ s_{12} = s_{13} \end{array} \right\}$$

- *Close Feed Water Heater V* (Keadaan 14)

$$\begin{array}{l} T = 75,1^\circ\text{C} \\ P = 0,03894 \text{ MPa} \\ \dot{m} = 2,747 \text{ kg/s} \end{array} \left. \begin{array}{l} h_{14} = 2.260 \text{ kJ/kg} \\ s_{14} = s_{14} \end{array} \right\}$$

- Kondensator (Keadaan 15)

$$\begin{array}{l} T = 48,28^\circ\text{C} \\ \dot{m} = 43,3 \text{ kg/s} \end{array} \left. \begin{array}{l} s_{14} = s_{15} \\ h_{15} = 2.589 \text{ kJ/kg}; P = 0,01123 \text{ MPa} \end{array} \right\}$$

$$w_{turb,out} = \dot{m}_{10}(h_9 - h_{10}) + \dot{m}_{11}(h_9 - h_{11}) + \dot{m}_{12}(h_9 - h_{12}) + \dot{m}_{13}(h_9 - h_{13}) + \dot{m}_{14}(h_9 - h_{14}) + \dot{m}_{15}(h_9 - h_{15})$$

$$\begin{aligned} w_{turb,out} &= 3,608 \text{ kg/s} (3.341 \text{ kJ/kg} \\ &\quad - 2.804 \text{ kJ/kg}) \\ &\quad + 3,047 \text{ kg/s} (3.341 \text{ kJ/kg} \\ &\quad - 2.725 \text{ kJ/kg}) \\ &\quad + 3,391 \text{ kg/s} (3.341 \text{ kJ/kg} \\ &\quad - 2.583 \text{ kJ/kg}) \\ &\quad + 2,894 \text{ kg/s} (3.341 \text{ kJ/kg} \\ &\quad - 2.444 \text{ kJ/kg}) \\ &\quad + 2,747 \text{ kg/s} (3.341 \text{ kJ/kg} \\ &\quad - 2.260 \text{ kJ/kg}) \\ &\quad + 43,63 \text{ kg/s} (3.341 \text{ kJ/kg} \\ &\quad - 2.589 \text{ kJ/kg}) \end{aligned}$$

$$w_{turb,out} = 45.017,608 \text{ kJ/s}$$

Analisa energi selanjutnya adalah menghitung kalor yang masuk pada boiler:

- *Close Feed Water Heater I* (Keadaan 8)

$$\begin{array}{l} P = 8,953 \text{ MPa} \\ T = 189,7^\circ\text{C} \\ \dot{m} = 59,34 \text{ kg/s} \end{array} \left. \begin{array}{l} h_8 = 801,1 \text{ kJ/kg} \end{array} \right\}$$

- Boiler (Keadaan 9)

$$\begin{array}{l} T = 481,6^\circ\text{C} \\ P = 8,953 \text{ MPa} \\ \dot{m} = 59,34 \text{ kg/s} \end{array} \left. \begin{array}{l} h_9 = 3.341 \text{ kJ/kg} \end{array} \right\}$$

$$q_{in} = \dot{m}_g (h_9 - h_8)$$

$$q_{in} = 59,34 \text{ kg/s} (3.341 \text{ kJ/kg} - 801,1 \text{ kJ/kg})$$

$$q_{in} = 150.717,67 \text{ kJ/s}$$

Kerja yang dilakukan oleh pompa dihitung melalui persamaan energi berikut:

- Kondensator (Keadaan 1)

$$\begin{array}{l} T = 48,28^\circ\text{C} \\ \dot{m} = 59,34 \text{ kg/s} \end{array} \left. \begin{array}{l} s_{15} = s_1 \end{array} \right\}$$

$$P_1 = 0,01123 \text{ MPa}$$

- Pompa I (Kecadaan 2)

$$T = 48,28^\circ\text{C}; v = 0,00101084 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$P = 1,956 \text{ MPa}$$

$$\dot{m} = 59,34 \text{ kg/s}$$

$$w_{pump,I} = v (P_2 - P_1)$$

$$w_{pump,I} = 0,00101084 \text{ m}^3/\text{kg} (1,195,6 \text{ kPa} - 11,23 \text{ kPa}) \cdot \left(1 \frac{\text{kJ}}{\text{kPa} \cdot \text{m}^3}\right)$$

$$w_{pump,I} = 1,197 \text{ kJ/kg}$$

- Kecadaan 5

$$P_5 = P_2 = 11,23 \text{ kPa}$$

- Pompa II (Kecadaan 6)

$$P = 8,953 \text{ MPa}; v = 0,001134 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\dot{m} = 59,34 \text{ kg/s}$$

$$w_{pump,II} = v (P_6 - P_5)$$

$$w_{pump,II} = 0,001134 \text{ m}^3/\text{kg} (8,953 \text{ kPa} - 1,195,6 \text{ kPa}) \cdot \left(1 \frac{\text{kJ}}{\text{kPa} \cdot \text{m}^3}\right)$$

$$w_{pump,II} = 8,796 \text{ kJ/kg}$$

Lalu, kerja total pompa dihitung dengan rumus:

$$w_{pump,total} = \dot{m} (w_{pump,I} + w_{pump,II})$$

$$w_{pump,total} = 59,34 \text{ kg/s} (8,796 \text{ kJ/kg} + 1,197 \text{ kJ/kg})$$

$$w_{pump,total} = 593,037 \text{ kJ/s}$$

Sehingga efisiensi termal diselesaikan dengan persamaan berikut:

$$\eta_{th} = \frac{w_{turb,out} - w_{pump,in}}{q_{in}}$$

$$\eta_{th} = \frac{45.017,60 \text{ kJ/s} - 593,03 \text{ kJ/s}}{150.717,67 \text{ kJ/s}}$$

$$\eta_{th} = 0,297 \text{ atau } 29,7\%$$

## V. KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisa termal dari PLTU Bukit Asam Unit 4 dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai efisiensi termal sistem PLTU Bukit Asam Unit 4 adalah 29,47%. atau 2.919,526 kCal/kWh.
2. Nilai *heat rate* hasil analisa adalah 2.919,526 kCal/kWh sedangkan nilai *heat rate* hasil perhitungan LitBang PT. PLN adalah 3.015 kCal/kWh.
3. Faktor-faktor yang menyebabkan nilai efisiensi termal sistem PLTU Unit 4 adalah *head loss* akibat korosi pada pipa, *heat loss* akibat isolasi pipa yang sudah menua, kualitas batu bara, dan vibrasi pada generator dan turbin.

## DAFTAR PUSTAKA

- Michael J. Moran, H. N. (2006). *Fundamentals of engineering thermodynamics*. Hobogen, NJ: Wiley.
- PT PLN (Persero) Kit Sumbagsel. (2005). *Buku Saku SBAM*. Tanjung Enim: PT. PLN .
- Wibawa, R. (2012). *Sistem Termodinamika Siklus Rankin Organik*. Depok: Universitas Indonesia.
- Yunus, A. C. (2005). *Thermodynamics An Engineering Approach*. New York: McGraw-Hill Science.