



TECHNOMA Vol. 4, No. 1, 2025

KEMAMPUAN TEKANAN UAP TERHADAP PUTARAN TURBIN DI PABRIK MINYAK KELAPA SAWIT (PMKS) BANYUASIH PT. GLOBALINDO AGRO LESTARI

Dede Supriatna¹, Azizi Hakim^{2*}, Sony Sukmara³, Fahmi Qudratullah⁴

Abstrak. Kebutuhan konsumen akan daya listrik bervariasi dari waktu ke waktu yang menyebabkan beban mekanis yang dipikul oleh poros Turbin turut bervariasi pula. Perubahan pada beban mekanis ini menyebabkan perubahan langsung pada kerja yang dilakukan oleh poros Turbin. Pengurangan atau penambahan beban dari beban rancangan akan menurunkan unjuk kerja suatu Turbin yang dalam hal ini dilihat dari nilai konsumsi kalor per daya yang dihasilkan terminal generatornya atau Heat Rate Turbin pada variasi titik pembebanan tertentu. Operasi puncak 1800 kW atau lebih, dimana pada beban tersebut konsumsi kalor turbin atau Heat Rate Turbin cukup rendah berkisar antara $1833,278 \pm 1871,901$ Kcal/kWh. Heat Rate tertinggi terjadi bila turbin dioperasikan pada beban rendah 1000 kW dengan nilai Heat Rate mencapai 1958,554 Kcal/kWh.

Kata Kunci : turbin uap

1 Pendahuluan

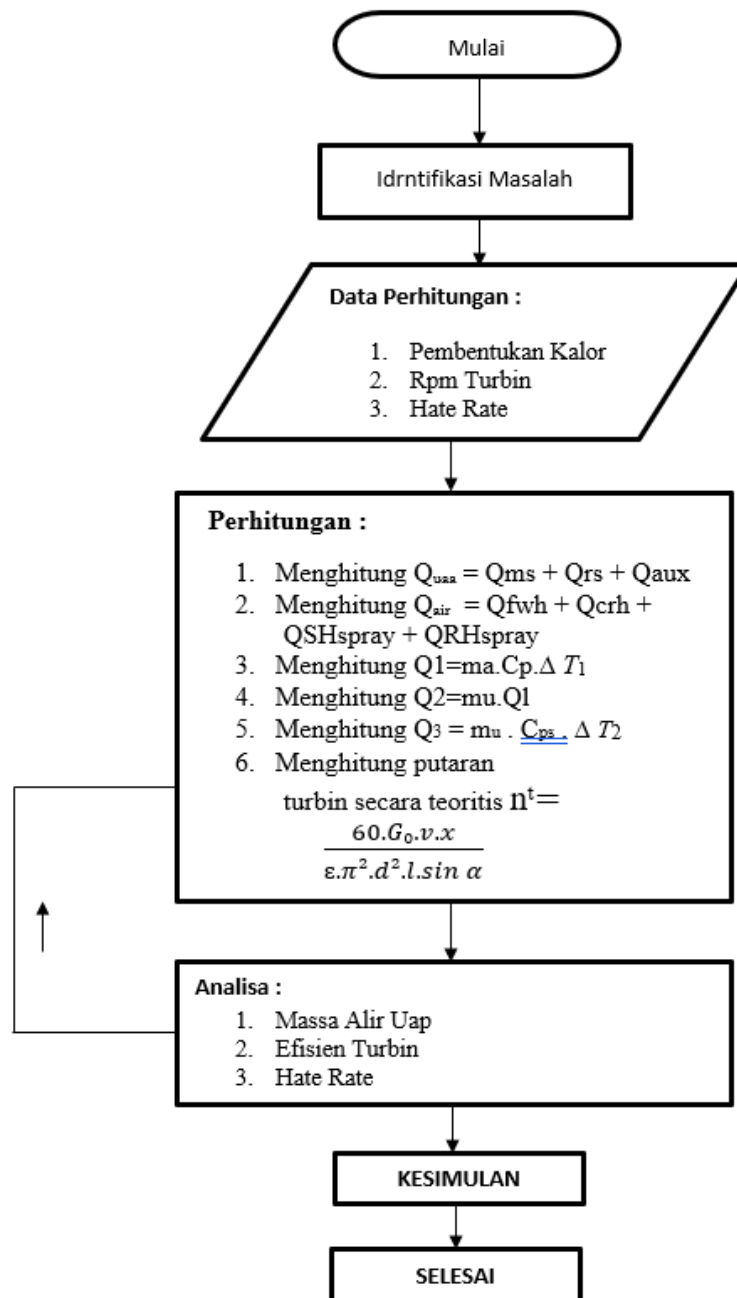
Saat ini kebutuhan dan aktivitas sehari-hari manusia tidak lepas dari energi. Perkembangan teknologi dan industri yang semakin pesat mendorong peningkatan penggunaan energi. Salah satu energi yang sangat berpengaruh dan penting dalam kehidupan manusia saat ini ialah listrik. Pemanfaatan listrik terus bertambah mulai dari rumah tangga, perusahaan/ pabrik, perkantoran, dan lain-lain. Penggunaan energi listrik yang besar dan terus meningkat serta tidak tersedia secara alami di alam. Membutuhkan suatu alat yang dapat mengubah energi dari bentuk lain menjadi energi listrik, salah satu teknologi yang digunakan untuk mengubah suatu energi menjadi energi listrik yaitu Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) [1].

Terdapat berbagai macam peralatan utama yang digunakan dalam prosesnya Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) menggunakan berbagai macam peralatan utama dalam prosesnya contohnya boiler, kondensor, turbin, dan generator. Ketel uap atau boiler adalah bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk air panas atau uap. Komponen penting pada boiler adalah burner, ruang bakar, penukar panas dan sistem kontrol. Komposisi yang tepat dalam pencampuran antara bahan bakar dan udara di ruang bakar akan menghasilkan pembakaran yang sempurna. Panas yang dihasilkan ditransfer ke air melalui penukar panas. Air panas atau uap pada tekanan tertentu kemudian digunakan untuk proses produksi [2].

Selain ketel uap atau boiler peralatan utama yang digunakan pada proses Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yaitu Turbin uap adalah suatu penggerak mula yang mengubah energi potensial uap menjadi energi mekanis dalam bentuk putaran poros turbin. Poros turbin dihubungkan baik secara langsung atau dengan bantuan roda gigi reduksi dengan mekanisme yang digerakkan. Turbin dituntut harus mempunyai kemampuan untuk beroperasi dengan kestabilan yang cukup dalam jangka waktu yang luas dari keadaan tanpa beban hingga ke beban penuh. Karena adanya hubungan langsung antara daya yang dihasilkan turbin dengan aliran massa uap melalui turbin tersebut, maka setiap variasi beban pada terminal generator akan langsung mempengaruhi laju aliran uap, bertambah atau berkurang tergantung pada apakah beban tersebut bertambah besar atau mengecil [3].

Kecepatan perputaran turbin harus dijaga untuk tetap konstan pada nilai tertentu tanpa dipengaruhi oleh tekanan yang ada. Volume uap yang mengalir harus sesuai dengan tekanan yang dapat ditanggung oleh poros turbin. Tekanan yang semakin besar akan membuat aliran uap bertambah besar pula, dan tekanan yang semakin kecil akan membuat aliran uap bertambah kecil [4][5].

2 METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 2.1 Flowchart penelitian

Bahan dan Peralatan

Bahan dan peralatan penelitian yang di gunakan dalam penulisan ini, adalah besar kemampuan standar tekanan steam uap terhadap putaran turbin penambahan tekanan steam uap

1,2 sampai 2 atm terhadap putaran turbin kekurangan dalam penambahan tekanan steam uap terhadap putaran turbin.

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian Ini dilaksanakan di PMKS Banyuasih PT Globalindo Agro Lestari Karangbolong, Cigeulis, Pandeglang Regency, Banten 42282.

Waktu Penelitian selama 2 (dua) bulan, yang di mulai tanggal 01 Februari 2020 dan berakhir pada tanggal 30 Maret 2020. Terdapat 5 (Lima) hari Kerja dalam seminggu, yaitu dari senin sampai hari sabtu . Jam kerjanya pada hari senin sampai jum'at pukul 08.00 – 16.00, penempatan dalam kegiatan Penelitian ini yaitu di Pabrik PMKS Banyuasih PT Globalindo Agro Lestari Karangbolong, Cigeulis, Pandeglang Regency, Banten 42282.

Teknik Pengumpulan Data

Untuk mendapatkan data yang tepat dan akurat guna kesempurnaan analisis sistem pneumatik teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Wawancara

Yaitu salah satu teknik pengumpulan data yang dilaksanakan secara lisan dalam pertemuan tatap muka secara individual atau kelompok . Kelebihan dari wawancara yakni peneliti bisa kontak langsung dengan responden selain itu wawancara bisa direkam sehingga data dan informasi bisa lebih lengkap. Dalam hal ini, wawancara yang peneliti lakukan yaitu dengan pihak Perusahaan seperti Manager Engineering. yang berkaitan dengan objek penelitian. Wawancara ini penulis lakukan untuk memperoleh data yang relevan mengenai objek penelitian.

2. Observasi

Observasi merupakan model pengumpulan data dengan cara melakukan pengamatan kegiatan yang sedang berlangsung (sukmadinata,2004:220). Dalam observasi ini, penulis melakukan beberapa kegiatan Analisis baik di mesin produksi maupun di Engineering , Sehingga penulis bisa mengumpulkan data yang di butuhkan mengenai objek penelitian

3. Studi Pustaka

Metode studi pustaka ialah salah satu pencairan dan pengumpulan data dengan cara membaca buku, laporan – laporan yang berkaitan dengan objek penelitian dan dapat di jadikan sebagai dasar teori serta dapat di jadikan bahan perbandingan.

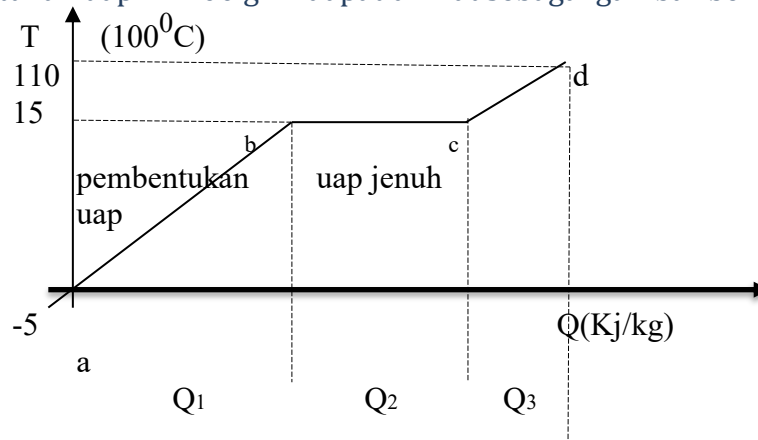
Pengelolaan dan Analisis Data

Didalam melakukan sebuah kegiatan Analisis Data harus sesuai dengan prosedur dan juga langkah-langkah yang sudah ditentukan. Berikut ini beberapa langkah dalam menganalisis data tersebut :

1. Pengumpulan Data, pada tahap ini kalian harus melakukan kegiatan Pengumpulan Data yang nantinya akan dianalisis.
2. Langkah Penyuntingan, adalah proses pengecekan dari kejelasan dan kelengkapan berhubungan dengan pengisian dari instrumen pengumpulan data.
3. Tahap Pengkodean, adalah proses yang didalamnya mengidentifikasi dan mengklarifikasi semua pernyataan pada instrumen yang digunakan untuk mengumpulkan data berdasarkan variabel yang sedang dipelajari.
4. Pengujian, adalah sebuah proses yang digunakan untuk menguji kualitas data, baik itu dari segi validitas maupun reliabilitas suatu instrumen dari hasil pengumpulan data.
5. Mendelaporkan penelitian Data, adalah sebuah proses untuk menggambarkan data dengan cara menyajikannya didalam bentuk tabel frekuensi atau diagram dengan berbagai ukuran. Tujuannya untuk memahami karakteristik data sampel suatu penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pembentukan uap 12.200 grm dapat dilihat sebagai gambar berikut ini:



Gambar 2.4 Grafik Hubungan T – Q

Keterangan gambar 2.7.

Bila klor jenis air -5 adalah $2.100 \text{ J/Kg}^0\text{C}$, Cair $4.200 \text{ J/Kg}^0\text{C}$ dan Uap air $2.010 \text{ J/Kg}^0\text{C}$

Dimana :

m = massa air (kg)

C_p = panas spesifik air (kkal/kg)

ΔT = Kenaikan Suhu (^0C)/Suhu Akhir – Suhu Awal

$$Q_a = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q_a = m \cdot L \cdot \Delta T + M \cdot C_a \cdot \Delta T + m \cdot U \cdot \Delta T$$

$$Q_a = 12.2 \cdot 2100(0 - (-5)) + 12.2 \cdot 4.200 + 12.2 \cdot 2.010(110 - 0)$$

$$Q_a = 25.620 \cdot (5) + 51.240 + 24.522 \cdot (110)$$

$$Q_a = 128.100 + 51.240 + 2.697.420$$

$$Q_a = 2.876.760 \text{ J}$$

$$Q = 2876,76 \text{ Kj}$$

Untuk mencari putaran turbin teoritis dapat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$n^t = \frac{60 \cdot G_0 \cdot v \cdot x}{\varepsilon \cdot \pi^2 \cdot d^2 \cdot l \cdot \sin \alpha}$$

Keterangan : G_0 = Masa alir uap (kg/s)

n^t = Kecepatan putar roda sudu

v = Volume spesifik uap m^3/kg

x = Fraksi kekeringan uap

ε = Derajat pemasukan uap parsial

d = Diameter roda turbin (m)

l = Tinggi sisi keluar nosel (m)

α = Sudut nosel

Data yang diperoleh dari data yang ada di perusahaan adalah

$$\varepsilon = 1$$

$$G_0 = 12,2 \text{ kg/dtk}$$

$$x = 0,7$$

$$d = 0,6 \text{ m}$$

$$l = 0,02 \text{ m}$$

$$\sin \alpha = 18 = 0,309$$

$$v = 0,242 \text{ m}^3/\text{kg}$$

(Pahrd : $t_0 = 3300$ dan $P = 8,5$ bar) jadi putaran teoritis jam I (06.00) :

$$\begin{aligned} n^t &= \frac{60 \cdot 12,2 \cdot 0,242 \cdot 0,7}{0,0110(3,14)^2 \cdot (0,6)^2 \cdot 0,02 \cdot 0,309} \\ &= 5.100 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Untuk menghitung *Heat Rate Turbin* kita harus menghitung terlebih dahulu

energi panas air. Pada perhitungahn energi panas air pada Cold reheat steam, Superheater spray water heater dan Reheater spray water heater adalah sama dengan perhitungan energi panas uap sedangkannya perhitungan pada Final feed water dicari melalui keseimbangan kalor dan massa aliran uap-air pada Heater no.7 (Heater terakhir). Keseimbangan kalor dan massa aliran uap- air ini dapat dilihat pada diagram alir uap-air (heat balance) pada gambar.

Keseimbangan Kalor Dan Massa Aliran Uap Air Keseimbangan pada Feed water heat

Data tabel Nilai Heat rate

Parameters	Simbol	Satuan	Commisioning
Panas Uap utama	Qms	Kcal/jam	969689745,6
Panas Uap Pemanasan	Qrs	Kcal/jam	877806992,4
panas uap tambahan ke Turbin	Qaux	Kcal/jam	581099
panas pada <i>Feed water heater</i>	Qfwh7	Kcal/jam	308416587,2
panas uap Cold reheat steam	Qcrh	Kcal/jam	7844493428
panas uap Superheater spray water heater	Qshspray	Kcal/jam	7844493428
panas uap Reheater spray water heater	Qrsspray	Kcal/jam	1875897,6

Sedangkan daya generator dalam perhitungan ini adalah pada titik pembebanan 100 %, yaitu :

$$P_{\text{gen}} = 1800 \text{ KW}$$

$$\begin{aligned} \text{Heat rate} &: \frac{Q_{\text{uap}} - Q_{\text{air}}}{P_{\text{generator}}} \\ &= \frac{(Q_{\text{ms}} + Q_{\text{rs}} + Q_{\text{aux}}) - (Q_{\text{fwh7}} + Q_{\text{c}_{\text{rh}}} Q_{\text{shs}} + Q_{\text{rspray}})}{P_{\text{generator}}} \\ &= \frac{(969689745,6 + 877806992,4 + 581099) - (308416587,2 + 7844493428 + 4575360 + 1875897,6) \text{ Kcal/jam}}{1800 \text{ kW}} \\ &= \frac{184807784 - 394312779 \text{ Kcal/jam}}{1800 \text{ kW}} \\ &= \frac{375.832.001 \text{ Kcal/jam}}{1800 \text{ kW}} \\ &= 208.795 \text{ Kcal/kWH} \end{aligned}$$

dimana : Q_{uap} = energi panas uap dari boiler yang masuk ke turbin (Kcal/jam).

Q_{air} = Energi panas air yang masuk ke boiler yaitu pada heater terakhir, uap keluaran high pressure turbin dan pada superheater dan reheater spray (Kcal/jam).^c

P_{gen} = Daya keluaran generator pada titik pembebanan yang dipilih (kW).

Q_{uap} dan Q_{air} dihitung berdasarkan rumus:

Untuk mendapatkan entalpi pada perhitungan efisiensi turbin, nilai h diambil dari uap yang masuk dan keluar pada High Pressure Turbin. Dari data didapat nilai h untuk beban 1800 kW adalah sebagai berikut :

$$h_1 = 811,68 \text{ Kcal/kg}$$

h_2 didapat dari Diagram Mollier dengan memasukkan nilai tekanan dan temperatur dari uap keluaran High Pressure Turbin atau Cold Reheat steam sebagai berikut :

$$\text{Data : } P = 40,45 \text{ Kg/cm}^2$$

$$= 0,4045 \text{ bar}$$

$$T = 358,49 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

dari Diagram Mollier didapat $h_2 = 3130 \text{ KJ/kg} = 747,757 \text{ Kcal/kg}$

sedangkan nilai h_2' adalah nilai yang didapat dari data aktual dari hasil pengamatan yaitu $h_2' = 726,27 \text{ Kcal/kg}$

maka efisiensi turbin dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$n = \frac{M(h_1 - h_2)}{M(h_1 - h_2')} \quad n = \frac{(h_1 - h_2)}{(h_1 - h_2')}$$

dimana : M = Laju aliran

n = efisiensi turbin

h_1 = entalpi uap masuk turbin (Kcal/kg)

h_2 = entalpi uap keluar turbin teoritis (Kcal/kg)

h_2' = entalpi uap keluar turbin aktual (Kcal/kg)

$$n = \frac{M(h_1 - h_2)}{M(h_1 - h_2')}$$

$$n = \frac{(811,68 - 747,757) \text{ Kcal/kg}}{(811,68 - 726,27) \text{ Kcal/kg}} \quad n = \frac{63,923 \text{ Kcal/kg}}{85,41 \text{ Kcal/kg}}$$

$$n = 0,7484$$

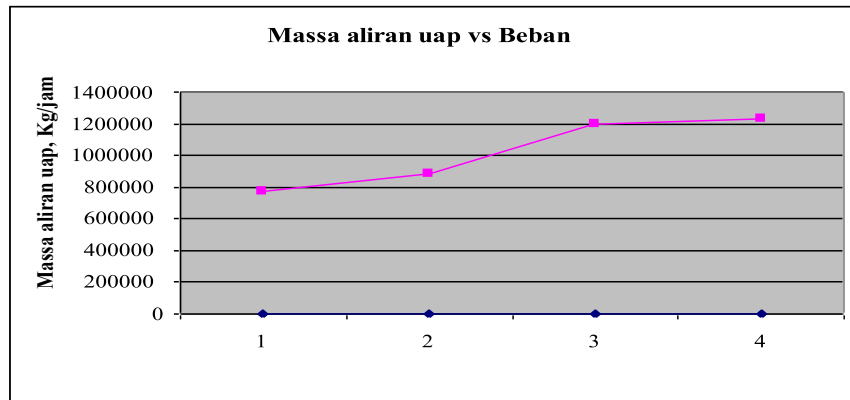
$$n = 0,7484 \cdot 100\%$$

$$n = 74,84\%$$

Massa Aliran Uap Utama

Dari hasil perhitungan diatas kita dapat menggambarkan hubungan antara massa aliran uap utama dengan perubahan beban sebagai berikut :

Beban, kW	1800
Massa aliran uap utama, Kg/jam	208.795

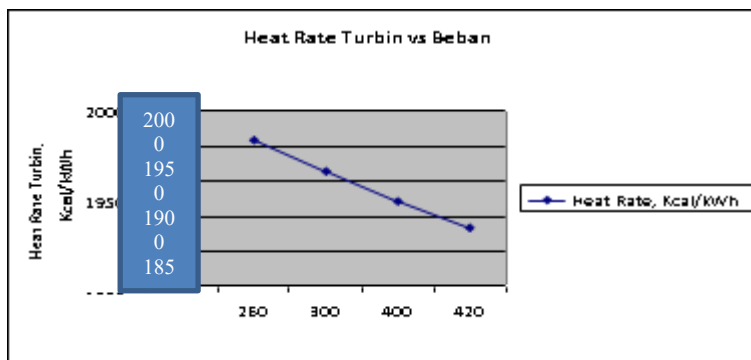


Heat Rate Turbin

Dari hasil perhitungan diatas kita dapat menggambarkan hubungan antara konsumsi kalor turbin (Heat Rate) dengan perubahan beban sebagai berikut :

Beban, kW	1800
Massa aliran uap utama,Kg/jam	1.871,901

Tabel 4. 1 Heat Rate vs Beban



Grafik 4. 1 Heat Rate Turbin

4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa yang telah dibuat maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut Heat Rate Turbin unit 1 PMKS Banuuasih mencapai 208.795 Kcal/kWh pada beban 1800 kW dan pada beban Pada kondisi normal Turbin unit 1 PMKS Banyuasih memiliki unjuk kerja yang baik pada beban operasi puncak 1800 kW atau lebih, dimana pada beban tersebut konsumsi kalor turbin atau Heat Rate Turbin cukup rendah berkisar antara $208.795 \pm 1871,901$ Kcal/kWh. Pada beban-beban dibawah 1800 kW konsumsi kalornya menjadi sangat tinggi, Heat Rate tertinggi terjadi bila turbin dioperasikan pada beban rendah 1000 kW dengan nilai Heat Rate mencapai 1958,554 Kcal/kWh.

5 Referensi

- [1] M. A. Hakim, E. Heriana, M. A. Hakim, S. Sukmara, and D. Susanto, “Perancangan kendaraan kampus dengan penggerak motor listrik,” *Technoma*, vol. 01, no. 02, pp. 60–66, 2022.
- [2] M. A. Hakim, E. Heriana, A. Ekoprianto, S. Sukmara, and D. Susanto, “RANCANGAN SISTEM PENGEMUDI JENIS RACK AND,” vol. 01, no. 02, 2022.
- [3] E. Heriana, M. A. Hakim, A. Ekoprianto, S. Sukmara, and D. Susanto, “Analisis Kapasitas Baterai Dan Sistem Charger,” *Technoma*, vol. 02, no. 01, 2022.
- [4] A. M. Yunita, A. H. Wibowo, R. Rizky, and N. N. Wardah, “Implementasi Metode SAW Untuk Menentukan Program Bantuan Bedah Rumah Di Kabupaten Pandeglang,” *J. Teknol. Dan Sist. Inf. Bisnis*, vol. 5, no. 3, pp. 197–202, 2023, doi: 10.47233/jteksis.v5i3.835.
- [5] R. Rizky and Z. Hakim, “Sistem Pendukung Keputusan Menentukan Kader Terbaik Di Puskesmas Cisata Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (Ahp) Berbasis Web,” vol. 12, no. 2, 2023.