

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Tempat pelaksanaan pengambilan data untuk penelitian tugas akhir tentang pengaruh variasi tekanan uap *outlet superheater* terhadap *performance steam turbine* di PT. Perkebunan Nusantara V Sei Pagar ini dilaksanakan pada tanggal 05 Juli 2017 selama \pm 7 hari (1 minggu) pada pukul 07.00 sampai 17.00 WIB di PT . Perkebunan Nusantara Sei Pagar Kampar Riau. Gambar lokasi penelitian dapat dilihat pada (**gambar 3.1**) dibawah ini :



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian PT. Perkebunan Nusantara V

3.2 Persiapan

Persiapan merupakan kegiatan sebelum memulai pengumpulan dan pengolahan data. Dalam tahap persiapan disusun hal-hal yang harus dilakukan dengan tujuan untuk efektifitas waktu dan pekerjaan penulisan. Tahap persiapan ini meliputi kegiatan antara lain :

1. Penentuan studi kasus yang akan dianalisis.
2. Menentukan kebutuhan data.
3. Menentukan sumber data yang dibutuhkan.
4. Studi literatur.

3.3 Alat Yang Diteliti

3.3.1 Alat dan Parameter Yang Diteliti

1. Ketel Uap (*boiler*)

Peralatan yang diteliti adalah *boiler* merk *Takuma Water Tube Boiler*, dengan spesifikasi sebagai berikut :

Pabrik Manufaktur	: PT. Super Andalas Steel
Type	: N-600 SA
Tahun Manufaktur	: 1995
Kapasitas <i>boiler</i>	: 20 Ton/Jam
Temperatur uap yang dihasilkan	: 260°C
Tekanan uap yang dihasilkan	: 20 kg/cm ²
Temperatur air pengisi <i>boiler</i>	: 90°C
Temperatur udara	: 30°C
Bahan bakar yang digunakan	: Cangkang dan serabut (fibres) kelapa sawit
<i>Low Heating Value</i> (LHV)	: 10173,92 kJ/kg
Perbandingan bahan bakar	: 25/75 %
Efisiensi Boiler	: 73%

2. Turbin uap (*steam Turbine*)

Peralatan yang di teliti adalah turbin uap dengan spesifikasi sebagai berikut :

1. Power : 1296 HP
2. Putaran : 1500 rpm
3. Trip Speed : 2000 rpm
4. Inlet Temp (stand) : 222 °C
5. Inlet Temp (max) : 260 °C

6. Inlet Press (stand) : 16 kg / cm²
7. Inlet Press (max) : 21 kg / cm²
8. Kapasitas uap : 20000 kg/jam
9. Efisiensi Thermis : 65 %
10. Merek : Avan Kaick
- a. Buatan : Generatoren and Motoren Werke D 6078
Nev – Isenburg
- b. Type : D 1 DB 100 / 625 – 4
- c. No : 5438118
- d. Excitation : 51,1 Volt
- e. Frekuensi : 50 Hz
- f. Jenis : 3 Phase
- g. Aux Excitation : 166 Volt
- h. Frekuensi Aux : 200 Hz
- i. Insul Clase : F IP 23 Z 263330
- j. Jumlah : 2 Unit

1. Manometer

Manometer adalah suatu alat untuk indicator untuk mengukur tekanan kerja pada drum atau *header uap superheater*.



**Gambar 3.2 Manometer
(PT. Perkebunan Nusantara V Pks Sei Pagar)**

2. Thermometer Ruangan

Adalah suatu alat untuk mengukur *temperature* uap dari boiler, peralatan ini juga di pasang untuk memonitor *temperature* gas buang boiler pada cerobong asap, dengan temperatur 260°C dan gas buang boiler dengan temperatur 300°C.



**Gambar 3.3 Thermometer
(PT. Perkebunan Nusantara V Pks Sei Pagar)**

3. Main Panel Turbin Uap

Adalah suatu sistem *equipment* yang terdiri dari pemutus, *metering*, *protection*, *control*, dan *monitoring* menjadi satu kesatuan bagian yang saling berhubungan.



**Gambar 3.4 Main Panel Turbin uap
(PT. Perkebunan Nusantara V Pks Sei Pagar)**

4. *Pressure gauge*

Pressure gauge adalah suatu alat untuk indicator untuk mengukur tekanan kerja pada turbin uap.



**Gambar 3.5 *Pressure Gauge*
(PT. Perkebunan Nusantara V Pks Sei Pagar)**

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Pemeriksaan Sebelum *Start Up*

1. Periksa dengan teliti semua pemasangan atau tindakan perawatan pada turbin, generator dan perlengkapannya apakah sudah semuanya selesai.
2. Periksa bahwa semua peralatan dalam kondisi yang bagus dengan isolasi panas yang bagus dan lingkungan kerja bersih dari benda-benda yang tidak di perlukan. Alat – alat kerja harus dipersiapkan di tempat kerja seperti, alat pengukur getaran, *tachometer*, alat untuk pembuka kran, stik untuk mendengarkan suara *bearing*, dan lain-lain.
3. Periksa semua panel dan instrumen dalam kondisi bagus dan dengan indikasi yang benar. Semua *power* instrumen sudah ON.
4. Minta bagian listrik untuk mengukur insulasi motor.
5. Periksa dan pastikan semua instrumen lokal dalam kondisi bagus, kran-kran utama dan kran *secondary* dalam keadaan terbuka.
6. Periksa kondisi generator,
7. Periksa dan pastikan *turning gear* dalam keadaan bagus dan kran olihnya harus dalam keadaan terbuka. Dan periksa putaran motornya apakah dalam arah yang benar.
8. Periksa sistem olihnya sebagai berikut:
 - a) Hidupkan pompa oli dengan penggerak *steam* maupun dengan penggerak motor (AC/DC), dan matikan kembali jika ternyata kondisinya bagus.

- b) Periksa pipa pada oli sistem semuanya dalam kondisi bagus dan tidak terdapat kebocoran.
 - c) Periksa kran pembuangan pada tangki oli dan pada *oil cooler* apakah sudah tertutup dengan rapat dan sudah terpasang label “jangan di ganggu”.
 - d) Buka kran masuk dan keluar pada *oil cooler* yang beroperasi, buka kran keluar dan tutup kran masuk *oil cooler* yang *standby*.
 - e) Periksa level oli di tangki dan indikatornya bisa bergerak dengan normal.
9. *Steam* dan *water* sistem harus di periksa sebagai berikut:
- a) Tutup kran *auto steam* utama, kran manual, kran dengan penggerak motor listrik dan kran ekstraksi.
 - b) Tutup kran pengatur tekanan (DP) dan kran suplai *steam* ke *gland* sistem (*bearing*).
 - c) Tutup *steam* masuk ke *gland heater* tapi tutup kran masuk dan kran keluar airnya. Buka kran *steam* dan *water balance* dari *flash tank* dan tutup kran pembuangan airnya yang menuju ke lantai dasar.
 - d) Tutup kran masuk *steam turbo oil pump*. Buka kran pembuangan air di *steam lead*.

3.4.2 Persiapan menjalankan Turbine Uap

- Bersihkan unit mesin dan area unit mesin (setiap hari)
- Pastikan alat pengaman dan perangkat kerja berfungsi dengan baik
- Perhatikan tekanan *steam/uap* yang tersedia cukup

- Periksa kondisi dan volume oli pelumas *gear box* turbin dan *gear box* unit *governor* (*Olie turbo T-68*)
- Perhatikan kebocoran-kebocoran yang ada pada instalasi pelumas
- Buka katup-katup *by pass* pembuangan *condensate steam separator* dan turbin
- Buka *make up valve steam* ke BPV dengan tek BPV < 3 bar
- Buka katup aliran uap sisa (*exhaust valve*) di BPV untuk pemanasan turbin
- Buka katup air pendingin turbin (*cooling water valve*)

3.5 Pengumpulan Data

Untuk dapat melakukan analisis yang baik, diperlukan data / informasi dan teori konsep dasar, sehingga kebutuhan data sangat mutlak diperlukan. Dalam tahap pengumpulan data ini, data – data yang diperlukan diantaranya:

3.5.1 Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh secara survey di lapangan maupun dari instansi terkait ,meliputi:

1. Data spesifikasi turbin uap yang digunakan di PTPN V Sei Pagar.
2. Data *log sheet* turbin uap di PTPN V Sei Pagar.
3. Data *log sheet boiler* yang digunakan untuk ketel uap (*boiler*) di PTPN V Sei Pagar.

3.5.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh berdasarkan referensi dan kepustakaan yang ada.

3.6 Pengolahan Data

Teknik analisis data hasil penelitian menggunakan analisis deskriptif untuk mendapatkan tekanan uap *outlet superheater* yang terbaik terhadap *performance* turbin uap. *Performance* merupakan nilai yang menunjukkan kinerja suatu mesin/peralatan. Dalam analisa turbin uap ada beberapa *performance* yang harus dihitung, diantaranya : daya turbin (N_T), Torsi (T), daya poros efektif (N_e), panas yang masuk (Q_{in}), panas yang keluar (Q_{out}), efesiensi thermal (η_{th}), kerja turbin (W_T), kerja pompa (W_P), kerja yang berguna (W_n).

Dimana nilai parameter yang telah diketahui saat penelitian sebagai berikut:

$T_1 = 84^{\circ}\text{C}$	$h_1 = 351,75 \text{ kJ/kg}$
$T_2 = 90^{\circ}\text{C}$	$h_2 = 377,04 \text{ kJ/kg}$
$T_3 = 130^{\circ}\text{C}$	$h_3 = 2720,1 \text{ kJ/kg}$
$T_4 = 250^{\circ}\text{C}$	$h_4 = 2904,9 \text{ kJ/kg}$
$T_5 = 135^{\circ}\text{C}$	$h_5 = 2728,8 \text{ kJ/kg}$

3.6.1 Daya Turbin

Pada turbin, daya yang berguna ialah daya poros, karena daya poros itulah menggerakkan beban. Daya poros itu sendiri dibangkitkan oleh daya indikator dibutuhkan untuk mengatasi gesekan mekanik, misalnya gesekan poros dan bantalannya. Disamping itu, daya indicator harus pula menggerakkan beberapa aksesoris yang terdapat pada turbin. Daya turbin dapat dinyatakan dalam satuan kW dengan demikian besar daya turbin dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$N_T = \dot{m}_{\text{uap}} \cdot (h_4 - h_5) \dots \dots \dots \text{pers 2.1 (hlm 22)}$$

Diketahui : - T_4 = temperatur uap masuk turbin = 250°C

$h_4 =$ entalpi uap masuk turbin = 2904,9 kJ/kg \rightarrow (tabel
superheated steam)

- $T_5 =$ temperatur uap keluar turbin = 135⁰C

$h_5 =$ entalpi uap keluar turbin = 2728,8 kJ/kg \rightarrow (tabel
superheated steam)

- $\dot{m}_{uap} = 20000$ kg/jam

$$N_T = \dot{m}_{uap} (h_4 - h_5)$$

$$N_T = 20000 \text{ kg/jam} (2904,9 - 2728,8) \text{ kJ/kg}$$

$$N_T = 3522000 \text{ kJ/jam}$$

$$N_T = 3522000 \text{ kJ/jam} \times \frac{1 \text{ jam}}{3600 \text{ s}}$$

$$N_T = 978,33 \text{ kJ/s}$$

$$N_T = 978,33 \text{ kW}$$

3.6.2 Torsi

Torsi merupakan momen puntir atau energi mekanik yang digunakan untuk dapat menggerakkan beban generator. Konsep torsi dalam fisika juga disebut momen, diawali dari kerja archimedes. Informalnya, torsi dapat dipikir sebagai gaya rotasional yang dinyatakan dalam satuan N.m Untuk menghitung nilai torsi dapat menggunakan persamaan berikut:

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{N_T}{n} \dots \dots \dots \text{pers.2.2 (hlm 23)}$$

Diketahui = $N_T =$ daya turbin = 978,33 kW

$n =$ putaran turbin = 1500 rpm

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \frac{N_T}{n}$$

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \frac{978,33 \text{ kW}}{1500 \text{ rpm}}$$

$$T = 635262,28 \text{ kg.mm}$$

$$T = 635262,28 \text{ kg.mm} \times \frac{0,0098 \text{ N.m}}{1 \text{ kg.mm}}$$

$$T = 6225,57 \text{ N.m}$$

3.6.3 Daya Poros Efektif

Daya poros efektif pada turbin adalah proses dari pergerakan sudu-sudu turbin yang mengakibatkan poros pada turbin berputar sehingga terjadi energi kinetik menjadi energi mekanis yang selanjutnya untuk menggerakkan beban (generator). Daya poros efektif (N_e) dinyatakan dalam satuan kW. Untuk menghitung nilai daya poros efektif dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$N_e = \frac{2\pi \cdot n \cdot T}{60 \times 1000} \dots \dots \dots \text{pers.2.3 (hlm 23)}$$

Diketahui = n = putaran poros turbin = 1500 rpm

T = torsi = 6225,57 N.m

$$N_e = \frac{2\pi \cdot n \cdot T}{60 \times 1000}$$

$$N_e = \frac{2\pi \cdot (1500 \text{ rpm}) \cdot (6225,57 \text{ N.m})}{60 \times 1000}$$

$$N_e = 977,41 \text{ kW}$$

3.6.4 Panas Yang Masuk

Panas masuk (Q_{in}) adalah uap masuk turbin digunakan untuk menggerakkan sudu-sudu turbin sehingga poros turbin berputar dan menghasilkan energi mekanis. Panas yang masuk menyatakan hasil pengurangan antara entalpi uap masuk turbin dengan entalpi masuk *superheater* yang dinyatakan dalam

satuan kJ/jam. Untuk menghitung nilai panas yang masuk pada turbin dapat menggunakan persamaan berikut:

$$Q_{in} = h_4 - h_2 \dots \dots \dots \text{pers.2.4 (hlm 24)}$$

Diketahui = T_4 = temperatur uap masuk turbin = 250°C

h_4 = entalpi uap masuk turbin = $2904,9 \text{ kJ/kg}$

T_2 = temperatur uap keluar boiler = 90°C

h_2 = entalpi air umpan boiler = $2659,6 \text{ kJ/kg}$

$$Q_{in} = h_4 - h_2$$

$$Q_{in} = (2904,9 - 2659,6) \text{ kJ/kg}$$

$$Q_{in} = 245,3 \text{ kJ/kg}$$

3.6.5 Panas Yang Keluar

Panas yang keluar menyatakan hasil pengurangan antara entalpi uap keluar turbin dan entalpi air masuk pompa. Panas yang keluar dapat dinyatakan dalam satuan kJ/kg. Untuk menghitung nilai panas keluar pada turbin dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_{out} = h_5 \dots \dots \dots \text{pers. 2.5 (hlm 24)}$$

Diketahui = T_5 = temperatur uap keluar turbin = 135°C

h_5 = entalpi uap keluar turbin = $2728,8 \text{ kJ/kg}$

$$Q_{out} = h_5$$

$Q_{out} = 2728,8 \text{ kJ/kg} \rightarrow$ (dikarenakan dalam permasalahan ini menggunakan siklus rankine terbuka)

3.6.6 Kerja Turbin

Kerja turbin beroperasi dengan cara nozzle menyemprotkan uap (*steam*) ke sudu-sudu turbin sehingga sudu-sudu turbin tersebut berputar dan

terjadi proses energi kinetik menjadi energi mekanik, dan dapat dinyatakan dalam satuan (kJ/kg). Untuk menghitung nilai kerja turbin dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$W_T = h_4 - h_5 \dots \dots \dots \text{pers. 2.6 (hlm 25)}$$

Diketahui = T_4 = temperatur uap masuk turbin = 250°C

h_4 = entalpi uap masuk turbin = $2904,9 \text{ kJ/kg}$

T_5 = temperatur uap keluar turbin = 135°C

h_5 = entalpi uap keluar turbin = $2728,8 \text{ kJ/kg}$

$$W_T = h_4 - h_5$$

$$W_T = (2904,9 - 2728,8) \text{ kJ/kg}$$

$$W_T = 176,1 \text{ kJ/kg}$$

3.6.7 Kerja Pompa

Pompa adalah alat yang digunakan untuk memindahkan suatu fluida dari satu tempat ke tempat lain. Dengan kata lain, pompa berfungsi mengubah tenaga mekanis dari suatu sumber tenaga (penggerak) menjadi tenaga kinetis (kecepatan) dan dapat dinyatakan dalam satuan (kJ/kg). Untuk menghitung nilai kerja pompa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$W_p = h_2 - h_1 \dots \dots \dots \text{pers. 2.7 (hlm 25)}$$

Diketahui = T_2 = temperatur air masuk boiler = 90°C

h_2 = entalpi air masuk boiler = $377,04 \text{ kJ/kg}$

T_1 = temperatur air masuk pompa = 84°C

h_1 = entalpi air masuk pompa = $351,75 \text{ kJ/kg}$

$$W_p = h_2 - h_1$$

$$W_P = (377,04 - 351,75) \text{ kJ/kg}$$

$$W_P = 25,29 \text{ kJ/kg}$$

3.6.8 Kerja Yang Berguna

Kerja yang berguna adalah kerja efektif yang dihasilkan oleh instalasi turbin uap. Dapat dicari dengan pengurangan antara kerja turbin dengan kerja pompa dapat dinyatakan dalam satuan kJ/jam. Untuk menghitung nilai kerja yang berguna dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$W_n = W_T - W_P \dots \dots \dots \text{pers.2.8 (hlm 26)}$$

$$\text{Diketahui} = W_T = \text{Kerja Turbin} = 176,1 \text{ kJ/kg}$$

$$W_P = \text{Kerja Pompa} = 25,29 \text{ kJ/kg}$$

$$W_n = W_T - W_P$$

$$W_n = (176,1 - 25,29) \text{ kJ/kg}$$

$$W_n = 150,81 \text{ kJ/kg}$$

3.6.9 Efisiensi Termal

Efisiensi thermal menyatakan perbandingan antara daya yang berguna dengan panas yang masuk pada turbin. Untuk menghitung nilai efisiensi thermal dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\eta_{th} = \frac{W_n}{Q_{in}} \times 100\% \dots \dots \dots \text{pers. 2.9 (hlm 26)}$$

$$\text{Diketahui} = W_n = \text{Kerja yang Berguna} = 150,81 \text{ kJ/kg}$$

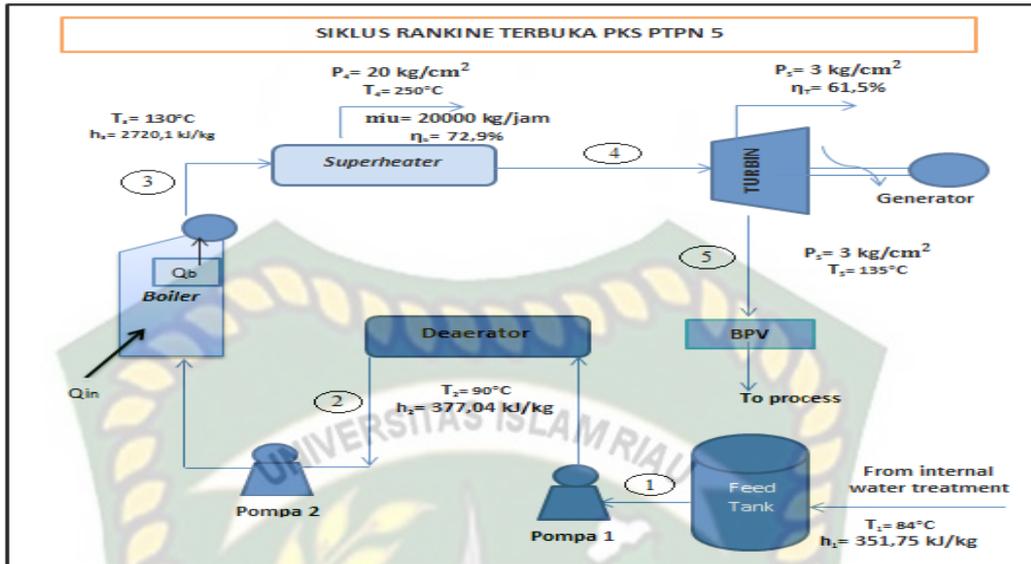
$$Q_{in} = \text{panas yang masuk} = 245,3 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta_{th} = \frac{W_n}{Q_{in}} \times 100\%$$

$$\eta_{th} = \frac{150,81 \text{ kJ/kg}}{245,3 \text{ kJ/kg}} \times 100 \%$$

$$\eta_{th} = 61,5 \%$$

3.7 Skema Hasil Siklus Rankine Terbuka



Gambar 3.6 Skema Siklus Hasil Rankine Terbuka

3.8 Hasil dan Pembahasan

Dalam tahap ini didapat hasil dari pengolahan data yang telah diperoleh akan dibahas lebih lanjut hubungannya terhadap permasalahan yang ada, dalam hal ini pengaruh variasi tekanan uap *outlet superheater* terhadap parameter unjuk kerja (*performance*) turbin uap.

3.9 Kesimpulan

Atas dasar pertimbangan hal diatas, dapat ditarik kesimpulan pengaruh variasi tekanan uap *outlet superheater* terhadap parameter unjuk kerja (*performance*) turbin uap di PT. Perkebunan Nusantara V Sei Pagar.

3.10 Diagram Alir Penelitian

Didalam penelitian ini menggunakan metode penelitian deskriptif yaitu membuat penulisan secara sistematis dan akurat tentang fakta yang diambil melalui penelitian secara tersusun dan terencana. Dimana dalam penelitian ini ada beberapa tahapan yang harus dilalui. Dimana tahapan-tahapan tersebut dapat dilihat pada gambar 3.7 (Diagram alir penelitian) dibawah ini :



Gambar 3.7 Diagram Alir Penelitian