

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Disini penelitian dilakukan di kawasan PT. Perkebunan Nusantara V Sei Pagar, Kelurahan Pantai Raja, Kecamatan Perhentian Raja, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau. Dimana waktu penelitian dilakukan mulai tanggal 05 Juli 2017 s/d selesai. 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 rangkaian 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 Persiapan Alat dan Bahan

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	: 250°C
Tekanan uap yang dihasilkan	: 20 kg/cm ²
Temperatur air pengisi <i>boiler</i>	: 90°C
Temperatur udara	: 30°C
<i>Heating surface</i>	: 834 m ²
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. 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)

3. 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 200°C dan gas buang boiler dengan temperatur 260°C.



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

4. Gelas Penduga

Adalah suatu alat untuk dapat melihat tinggi kolom air yang ada di dalam ketel uap, yang mana pada kedua ujungnya dihubungkan dengan ruangan uap dan ruangan air.



Gambar 3.4 Gelas Penduga
(PT. Perkebunan Nusantara V Pks Sei Pagar)

5. *Main panel*

Adalah suatu alat yang dapat memberitahukan kekurangan air didalam ketel uap, dimana alat ini dapat berbunyi dan menyalakan lampu bila air dalam ketel turun atau naik melampui batas air yang diizinkan.



Gambar 3.5 Main Panel
(PT. Perkebunan Nusantara V Pks Sei Pagar)

3.3.2 Bahan Bakar Yang Digunakan

Adapun bahan bakar untuk ketel uap (*boiler*) yang digunakan di PT. Pekebunan Nusantara V yaitu bahan bakar serabut dan cangkang sawit. Dan alasan mengapa digunakan cangkang dan serabut sebagai bahan bakar ketel uap yaitu:

1. Bahan bakar cangkang dan serabut cukup tersedia dan mudah diperoleh di pabrik.
2. Cangkang dan serabut merupakan limbah dari pabrik kelapa sawit apabila tidak digunakan.
3. Nilai kalor bahan bakar cangkang dan serabut memenuhi persyaratan untuk menghasilkan panas yang dibutuhkan.

Dengan alasan tersebut, maka dipilihlah cangkang dan serabut sebagai bahan bakar ketel uap. Selain alasan diatas bahan bakar jenis ini juga cenderung lebih ekonomis jika dibandingkan dengan jenis bahan bakar yang lainnya sehingga hal tersebutlah yang mengakibatkan jenis bahan bakar ini lebih sering digunakan oleh beberapa industri PKS salah satunya PT. Perkebunan Nusantara V Sei Pagar .



**Gambar 3.6 Serabut dan Cangkang Buah Sawit
(PT. Perkebunan Nusantara V Pks Sei Pagar)**

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Persiapan Sebelum Penelitian

1. Test alarm untuk *low water*, pastikan *interlock* dapat berfungsi dengan baik.
2. Cek level air pada *gauge glass*, pastikan level > *gauge glass* (normal level).
3. Cek kebersihan dapur, bila belum bersih, bersihkan dapur sebelum diisi bahan bakar.
4. Cek stock bahan bakar di *fuel bunker* dan cek *stock* air di dalam *feedwater tank*.
5. Cek semua kondisi *conveyor* distribusi bahan bakar.
6. Cek semua kondisi *fan*.
7. Drain semua pipa *header*, cek *water pump*, *panel control* dan pastikan *boiler chemical* telah tersedia.
8. Cek *body boiler* dan pipa-pipa di luar *body boiler* dari kebocoran.
9. Beri bahan bakar pada *funace* dan lakukan *slow firing* $\pm$ 1 jam sebelum di hidupkan IDF.
10. Periksa *safety valve* secara manual.
11. Periksa *gauge glass* dan pastikan tidak sumbat.

3.4.2 Pelaksanaan Penelitian

1. Pastikan daya yang tersedia sudah mencukupi untuk melakukan *start* IDF.

2. Hidupkan IDF *damper* dalam keadaan tertutup, apabila amper sudah normal buka *damper* perlahan-lahan sesuai dengan *draft* ruang dapur.
3. Hidupkan *recycled conveyor*, *fuel distribution conveyor*, *fuel feeder conveyor*, *fiber* dan *shell conveyor*.
4. Hidupkan semua *fan*.
5. Atur *feeding* bahan bakar dan naikkan tekanan *boiler* perlahan-lahan.
6. Buka *main steam valve* sedikit jika tekanan 3 s/d 10 kg/cm² untuk drum dan panaskan pipa –pipa, bila sudah mencapai *working pressure boiler* 20 kg/cm².
7. Pertahankan tekanan *boiler* pada tekanan kerja.
8. Cek dan lakukan pencatatan *temperature outlet gas*, *steam superheater* setiap jam.
9. Cek level air pada *gauge glass* setiap saat dan pertahankan pada posisi stabil $\pm \frac{1}{2}$ *gauge glass*.
10. Lakukan *soot blower* setiap 4 jam sekali.
11. Jaga ketebalan bahan bakar dan ketebelan kerak, agar ketebalan bahan bakar tidak melebihi 15 cm pada permukaan lantai bakar, agar pembakaran bias sempurna.
12. Lakukan *blowdown* secara *periodic* sesuai rekomendasi hasil analisa laboratorium.
13. Lakukan pembuangan kerak setiap 2 jam sekali.
14. Kontrol *feeding* bahan bakar agar terjadi pembakaran yang lebih sempurna dan asap tidak hitam.

15. Cek tekanan *pressure deaerator*, cek level air pada *feedwater tank*.

16. Lakukan pencatatan pengoperasian *boiler*.

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 ketel uap yang digunakan di PTPN V Sei Pagar.
2. Data *log sheet boiler* di PTPN V Sei Pagar.
3. Data bahan bakar 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 temperatur *feedwater* yang terbaik terhadap *performance boiler*.

Performance merupakan nilai yang menunjukkan kinerja suatu mesin/peralatan.

Dalam analisa ketel uap (*boiler*) ada beberapa *performance* yang harus dihitung, diantaranya: jumlah kalor yang dibutuhkan ketel (Q_b), temperatur pembakaran bahan bakar (T_a), *heating surface* (F), *specific boiler load* (L_e), kebutuhan bahan

bakar (W_{fuel}), *evaporation factor* (E_v), panas yang dihasilkan proses pembakaran bahan bakar (Q_{in}), kebutuhan udara pembakaran (U_{ov}), jumlah gas asap yang terbentuk, volume gas asap yang terbentuk, dan efisiensi termal *boiler* (η_b).

3.6.1 Jumlah Panas Yang Dibutuhkan Boiler

Besarnya jumlah kalor yang dibutuhkan oleh ketel uap dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini :

$$Q_b = \dot{m}_u (h_{s_2} - h_a) \text{ (kJ/jam)} \dots \dots \dots \text{Pers 2.1 hal 34}$$

Dimana :

- $\dot{m}_u$ = Laju aliran massa uap = 20000 kg_{uap}/jam
- T_{s_2} = Temperatur uap saat keluar *superheater* = 250°C
- h_{s_2} = Entalpi uap saat keluar *superheater* = 2904,9 kJ/kg
- T_{s_1} = Temperatur uap saat masuk *Superheater* = 165°C
- h_{s_1} = Entalpi uap saat masuk *superheater* = 2065,6 kJ/kg
- T_a = Temperatur air umpan saat masuk *boiler* = 90°C
- h_a = Entalpi air umpan saat masuk *boiler* = 377,04 kJ/kg

Sehingga didapat :

$$\begin{aligned}
 Q_b &= \dot{m}_u (h_{s_2} - h_a) \text{ (kJ/jam)} \\
 Q_b &= 20000 \text{ kg/jam} \times (2904,9 - 377,04) \text{ kJ/kg} \\
 Q_b &= 20000 \text{ kg/jam} \times 2527,86 \text{ kJ/kg} \\
 Q_b &= 50557200 \text{ kJ/jam}
 \end{aligned}$$

3.6.2 Temperatur Pembakaran Bahan Bakar

Jika susunan dan jumlah gas asap diketahui, maka dapat pula menghitung temperatur pembakaran yaitu dengan mengasumsikan jumlah kehilangan panas didalam tungku (3%) dan jumlah panas yang dipancarkan langsung dari bunga api, gas-gas rangka bakar, ke bidang yang dipanaskan (20%).

Setiap kg bahan bakar membentuk $8,3 \text{ nm}^3$ gas asap kering diantaranya $0,83 \text{ nm}^3 \text{ CO}_2$.

Susunan gas asap dengan demikian terdiri :

$$\begin{aligned}
 (\text{N}_2 + \text{O}_2) &= (11,7 - 1,28) \text{ nm}^3 \\
 &= 10,42 \text{ nm}^3
 \end{aligned}$$

Berat 1 nm^3 uap air = $18 \text{ kg} \div 22,4 = 0,80 \text{ kg}$

Sehingga uap air yang terbentuk per kg bahan bakar = $0,48 \div 0,804 = 0,6 \text{ nm}^3$

Untuk sementara temperatur api dianggap 1000°C , maka panas jenis rata-rata antara $0 - 1000^\circ\text{C}$ adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Panas jenis } \text{CO}_2 \text{ dan } \text{SO}_2 &= 2,135 \text{ kJ/kg.K} \\
 \text{Panas jenis } \text{O}_2 \text{ dan } \text{N}_2 &= 1,382 \text{ kJ/kg.K} \\
 \text{Panas jenis } \text{H}_2\text{O} &= 1,675 \text{ kJ/kg.K}
 \end{aligned}$$

Sehingga setiap kenaikan temperatur gas asap K membutuhkan panas sebanyak :

$$\begin{aligned}
 &= \text{P.J. } \text{CO}_2 \text{ dan } \text{SO}_2 \times \text{Jumlah kadar } \text{O}_2 \times \text{Jumlah kadar gas asap} + \text{P.J. } \text{H}_2\text{O} \\
 &\quad \times \text{Jumlah kadar uap air} \\
 &= 2,135 \times 1,28 \times 10,42 + 1,675 \times 0,6 \\
 &= 17,72 + 1,675 + 0,7 \\
 &= 18,138 \text{ kJ/kg.K bahan bakar}
 \end{aligned}$$

Setiap kg bahan bakar akan memberikan panas kepada gas asap sebanyak :

$$\begin{aligned}
 &= (100\% - 20\%) \times (100\% - 3\%) \times LHV \\
 &= (100\% - 20\%) \times (100\% - 3\%) \times 10173,92 \text{ kJ/kg} \\
 &= 0,80 \times 0,97 \times 10173,92 \text{ kJ/kg} \\
 &= 7894,96 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

Bahan bakar dan udara yang masuk ke dalam tungku dengan temperatur 30°C atau

303 K . Kenaikan temperatur sebanyak :

$$= 7894,96 \text{ kJ/kg} \div 18,14 \text{ kJ/kg.K} = 435 \text{ K}$$

Sehingga didapat temperatur didalam tungku menjadi :

$$T_a = 435 \text{ K} + 303 \text{ K}$$

$$T_a = 738 \text{ K} = 465^\circ\text{C}$$

3.6.3 Heating Surface

Heating surface (luas bidang) yang dipanaskan dari sebuah ketel uap yaitu luas bidang dimana panas dari api diserahkan melewati bidang tersebut, baik kepada air maupun kepada uap. Dan untuk menghitung besarnya nilai *heating surface* yang diperoleh ketel uap, maka digunakanlah persamaan berikut :

$$F = \frac{Q_b}{k \times \Delta T_{rata-rata}} \text{ (m}^2\text{)} \dots\dots\dots \text{Pers 2.3 hal 35}$$

Dimana :

$$Q_b = \text{Jumlah panas yang dibutuhkan ketel uap} = 50557200 \text{ kJ/jam}$$

$$T_t = \text{Temperatur pembakaran bahan bakar} = 465^\circ\text{C}$$

$$T_{s_2} = \text{Temperatur uap saat keluar Superheater} = 250^\circ\text{C}$$

$$T_c = \text{Temperatur asap yang keluar dari cerobong} = 200^\circ\text{C}$$

$$T_a = \text{Temperatur air umpan saat masuk boiler} = 90^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{rata-rata} = \frac{(T_t - T_{s_2}) - (T_c - T_a)}{\ln \frac{(T_t - T_a)}{(T_c - T_a)}}$$

$$\Delta T_{rata-rata} = \frac{(465^\circ\text{C} - 250^\circ\text{C}) - (200^\circ\text{C} - 90^\circ\text{C})}{\ln \frac{(465^\circ\text{C} - 250^\circ\text{C})}{(200^\circ\text{C} - 90^\circ\text{C})}}$$

$$\Delta T_{rata-rata} = 156,72^\circ\text{C}$$

$F = \text{Heating surface} = 834 \text{ m}^2$ (Berdasarkan spesifikasi *boiler* yang digunakan di PTPN V)

$k = \text{Koefisien perpindahan panas konveksi} = 386,8 \text{ kJ/m}^2 \text{ jam}^\circ\text{C}$

$$k = \frac{Q_b}{F \times \Delta T_{rata-rata}}$$

$$k = \frac{50557200 \text{ kJ/jam}}{834 \text{ m}^2 \times 156,72^\circ\text{C}}$$

$$k = 386,8 \text{ kJ/m}^2 \text{ jam}^\circ\text{C}$$

Sehingga didapat :

$$F = \frac{Q_b}{k \times \Delta T_{rata-rata}}$$

$$F = \frac{50557200 \text{ kJ/jam}}{386,8 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{jam}^\circ\text{C} \times 156,72^\circ\text{C}}$$

$$F = 834 \text{ m}^2$$

3.6.4 *Specifik Boiler Load*

Specifik boiler load yaitu perbandingan antara uap yang dihasilkan oleh ketel uap (s) terhadap luas bidang yang dipanaskan (F). Dan untuk mendapatkan nilai *specifik boiler load* dari ketel uap tersebut maka dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$L_e = \frac{S}{F} \text{ (kg uap/m}^2\text{)} \dots\dots\dots \text{Pers 2.4 hal 36}$$

Dimana :

$$S = \text{Produksi uap} = 20000 \text{ kg uap/jam}$$

$$F = \text{Heating surface} = 834 \text{ m}^2$$

Sehingga didapat :

$$L_e = \frac{S}{F} \text{ (kg uap/m}^2\text{)}$$

$$L_e = \frac{20000 \text{ kg/jam}}{834 \text{ m}^2}$$

$$L_e = 23,98 \text{ (kg uap/m}^2\text{)}$$

3.6.5 *Kebutuhan Bahan Bakar*

Banyaknya pemakaian bahan bakar yang dibutuhkan ketel uap untuk menghasilkan uap dengan kondisi yang diinginkan dapat dihitung dengan rumus :

$$W_{fuel} = \frac{\dot{m}_u (h_{s2} - h_a)}{\eta_b \cdot LHV} \text{ (kg/jam)} \dots\dots\dots \text{Pers 2.5 hal 36}$$

Dimana :

$\dot{m}_u$ = Laju aliran massa uap = 20000 kg_{uap}/jam

h_{s_2} = Entalpi uap saat keluar *superheater* = 2904,9 kJ/kg

h_a = Entalpi air umpan saat masuk *boiler* = 377,04 kJ/kg

η_b = 0,73 (Berdasarkan spesifikasi *boiler* yang digunakan di PTPN V)

LHV = *Low Heating Value* = 10173,92 kJ/kg

Sehingga didapat :

$$W_{fuel} = \frac{\dot{m}_u (h_{s_2} - h_a)}{\eta_b \cdot LHV}$$

$$W_{fuel} = \frac{20000 \text{ kg/jam} (2904,9 - 377,04) \text{ kJ/kg}}{0,73 \cdot 10173,92}$$

$$W_{fuel} = 6807,3 \text{ kg}_{bb}/\text{jam}$$

3.6.6 Evaporation Factor

Evaporation factor adalah perbandingan antara jumlah uap yang dihasilkan oleh ketel uap (s) terhadap pemakaian bahan bakar (W_f). Dan untuk mendapatkan nilai *evaporation factor* dari *boiler* maka dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$E_v = \frac{S}{W_f} (\text{kg}_{uap}/\text{kg}_{bb}) \dots \dots \dots \text{Pers 2.6 hal 37}$$

Dimana :

S = Produksi uap = 20000 kg_{uap}/jam

W_f = Pemakaian bahan bakar = 6807,3 kg_{bb}/jam

Sehingga didapat :

$$E_v = \frac{S}{W_f} (\text{kg}_{uap}/\text{m}^2)$$

$$E_v = \frac{20000 \text{ kg}_{uap}/\text{jam}}{6807,3 \text{ kg}_{bb}/\text{jam}}$$

$$E_v = 2,94 \text{ kg}_{uap}/\text{kg}_{bb}$$

3.6.7 Jumlah Panas Yang Dihasilkan Proses Pembakaran Bahan Bakar

Besarnya panas yang dihasilkan proses pembakaran bahan bakar dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$Q_{in} = W_f \cdot \text{LHV} \text{ (kJ/jam)} \dots\dots\dots \text{Pers 2.7 hal 37}$$

Dimana :

$$W_f = \text{Pemakaian bahan bakar} = 6807,3 \text{ kg}_{bb}/\text{jam}$$

$$\text{LHV} = \text{Lower Heating Value} = 10173,92 \text{ kJ/kg}$$

Sehingga didapat :

$$Q_{in} = W_f \cdot \text{LHV}$$

$$Q_{in} = 6807,3 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 10173,92 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_{in} = 69256925,6 \text{ kJ/jam}$$

3.6.8 Kebutuhan Udara Pembakaran

Jika susunan bahan bakar diketahui, maka dapat dihitung jumlah kebutuhan udara pembakaran untuk menghasilkan pembakaran yang sempurna.

Bila terhadap bahan bakar tertentu hanya diberikan sejumlah udara teoritisnya (U_o) saja, maka pembakaran tidak akan menjadi sempurna, karena dengan udara teoritis (U_{og}) tersebut butiran-butiran bahan bakar tidak seluruhnya dikelilingi oleh udara yang cukup, sehingga harus diberikan udara pembakaran yang lebih banyak dari udara teoritis yang menurut perhitungan, untuk mencegah penguraian kembali atau diasosiasi dari CO_2 dan H_2O yang terbentuk.

Tabel 3.1 Persentase Cangkang dan Serabut

Unsur	Cangkang (%)	Serabut (%)
Carbon (C)	50,4	42,6
Oksigen (O)	34,2	32,1
Sulfur (S)	0,2	0,3
Hidrogen (H)	5,8	5,2
Nitrogen (N)	0,6	1,4
Abu (Ash)	2,8	6,4
Air (W)	6,0	12
Jumlah	100	100

Sumber : PKS Sei Pagar

Pada industri PKS Sei Pagar ini menggunakan perbandingan bahan bakar serabut (*fiber*) dan cangkang sawit sebesar 75% *fiber* dan 25% cangkang. Maka persentase bahan bakar setelah dicampur adalah sebagai berikut :

$$\text{Carbon (C)} = (50,4 \times 0,25) + (42,6 \times 0,75) = 44,55$$

$$\text{Hidrogen (H}_2\text{)} = (5,8 \times 0,25) + (5,2 \times 0,75) = 5,35$$

$$\text{Sulfur (S)} = (0,2 \times 0,25) + (0,3 \times 0,75) = 0,275$$

$$\text{Nitrogen (N)} = (0,6 \times 0,25) + (1,4 \times 0,75) = 1,2$$

$$\text{Oksigen (O)} = (34,2 \times 0,25) + (32,1 \times 0,75) = 32,63$$

$$\text{Air (W)} = (6 \times 0,25) + (12 \times 0,75) = 10,5$$

$$\text{Abu (Ash)} = (2,8 \times 0,25) + (6,4 \times 0,75) = 5,5$$

Berdasarkan hasil campuran persentase kimia kedua bahan bakar diatas, maka dapat dihitung nilai kebutuhan udara pembakaran bahan bakar tersebut :

$$U_{og} = \frac{100}{23,1} \times (2,67 C + 8H - O + S) \text{ kg udara/kg bb.....Pers 2.8.1 hal 38}$$

Untuk mendapatkan pembakaran yang sempurna dari bahan bakar dibutuhkan

penambahan udara sebesar aktual dapat diperoleh :

$$U_{ov} = \frac{100}{29,8} \times (2,67 C + 8H - O + S) \text{ nm}^3_{\text{udara}} / \text{kg}_{\text{bb}} \dots \text{Pers 2.8.2 hal 38}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} C &= \text{Carbon} = 0,445 \\ H &= \text{Hidrogen} = 0,0535 \\ O &= \text{Oksigen} = 0,3263 \\ S &= \text{Sulfur} = 0,00275 \end{aligned}$$

Sehingga didapat :

$$\begin{aligned} U_{og} &= \frac{100}{23,1} \times (2,67 C + 8H - O + S) \text{ kg}_{\text{udara}} / \text{kg}_{\text{bb}} \\ U_{og} &= \frac{100}{23,1} \times (2,67 \times 0,445 + 8 \times 0,0535 - 0,3263 + 0,00275) \text{ kg}_{\text{udara}} / \text{kg}_{\text{bb}} \\ U_{og} &= 4,329 \times (1,18 + 0,428 - 0,33) \text{ kg}_{\text{udara}} / \text{kg}_{\text{bb}} \\ U_{og} &= 4,329 \times 1,278 \\ U_{og} &= 5,53 \text{ kg}_{\text{udara}} / \text{kg}_{\text{bb}} \end{aligned}$$

dan juga didapat :

$$\begin{aligned} U_{ov} &= \frac{100}{29,8} \times (2,67 C + 8H - O + S) \text{ nm}^3_{\text{udara}} / \text{kg}_{\text{bb}} \\ U_{ov} &= \frac{100}{29,8} \times (2,67 \times 0,445 + 8 \times 0,0535 - 0,3263 + 0,00275) \\ U_{ov} &= \frac{100}{29,8} \times (1,19 + 0,428 - 0,33) \\ U_{ov} &= 3,36 \times 1,288 \\ U_{og} &= 4,33 \text{ nm}^3_{\text{udara}} / \text{kg}_{\text{bb}} \end{aligned}$$

3.6.9 Jumlah Gas Asap Yang Terbentuk

Berat gas asap yang terbentuk dari hasil pembakaran 1 kg bahan bakar adalah sama dengan jumlah berat udara yang dibutuhkan ditambah dengan berat bahan bakar yang berubah menjadi gas asap kecuali abunya, agar dapat menghitung jumlah gas asap yang terbentuk maka digunakanlah persamaan

berikut :

$$G_{ov} = U_{ov} + 5,6 \left(H - \frac{O}{8} \right) 1,24 W + 0,8 N \text{ m}^3/\text{kg bb} \dots\dots\dots \text{Pers 2.9 hal 39}$$

Dimana :

U_{ov} = Jumlah udara pembakaran bahan bakar aktual = $4,33 \text{ m}^3 \text{ udara/kg bb}$

H = Hidrogen = 0,0535

O = Oksigen = 0,3263

N = Nitrogen = 0,012

W = Air = 0,105

Sehingga didapat :

$$G_{ov} = U_{ov} + 5,6 \left(H - \frac{O}{8} \right) 1,24 W + 0,8 N \text{ m}^3/\text{kg bb}$$

$$G_{ov} = 4,33 + 5,6 \left(0,0535 - \frac{0,3263}{8} \right) 1,24 \times 0,105 + 0,8 \times 0,012 \text{ m}^3/\text{kg bb}$$

$$G_{ov} = 4,33 + 0,071 \times 1,24 \times 0,105 + 0,0096 \text{ m}^3/\text{kg bb}$$

$$G_{ov} = 4,33 + 0,00924 + 0,0096 \text{ m}^3/\text{kg bb}$$

$$G_{ov} = 4,35 \text{ m}^3/\text{kg bb}$$

3.6.10 Efisiensi Termal *Boiler*

Efisiensi termal *boiler* adalah perbandingan antara jumlah panas yang berguna bagi *boiler* dengan panas yang dihasilkan proses pembakaran bahan bakar, sehingga untuk dapat menghitung nilai efisiensi termal *boiler* maka digunakan persamaan berikut:

$$\eta_b = \frac{Q_{berguna}}{Q_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots \text{Pers 2.10 hal 39}$$

atau

$$\eta_b = \frac{\dot{m}_u (h_{s_2} - h_a)}{q \cdot \text{LHV}} \times 100\%$$

Dimana :

$Q_{berguna}$ = Jumlah panas yang berguna bagi *boiler* = 50557200 kJ/jam

Q_{in} = Jumlah panas yang masuk ke dalam *boiler* = 69256925,6 kJ/jam

Sehingga didapat :

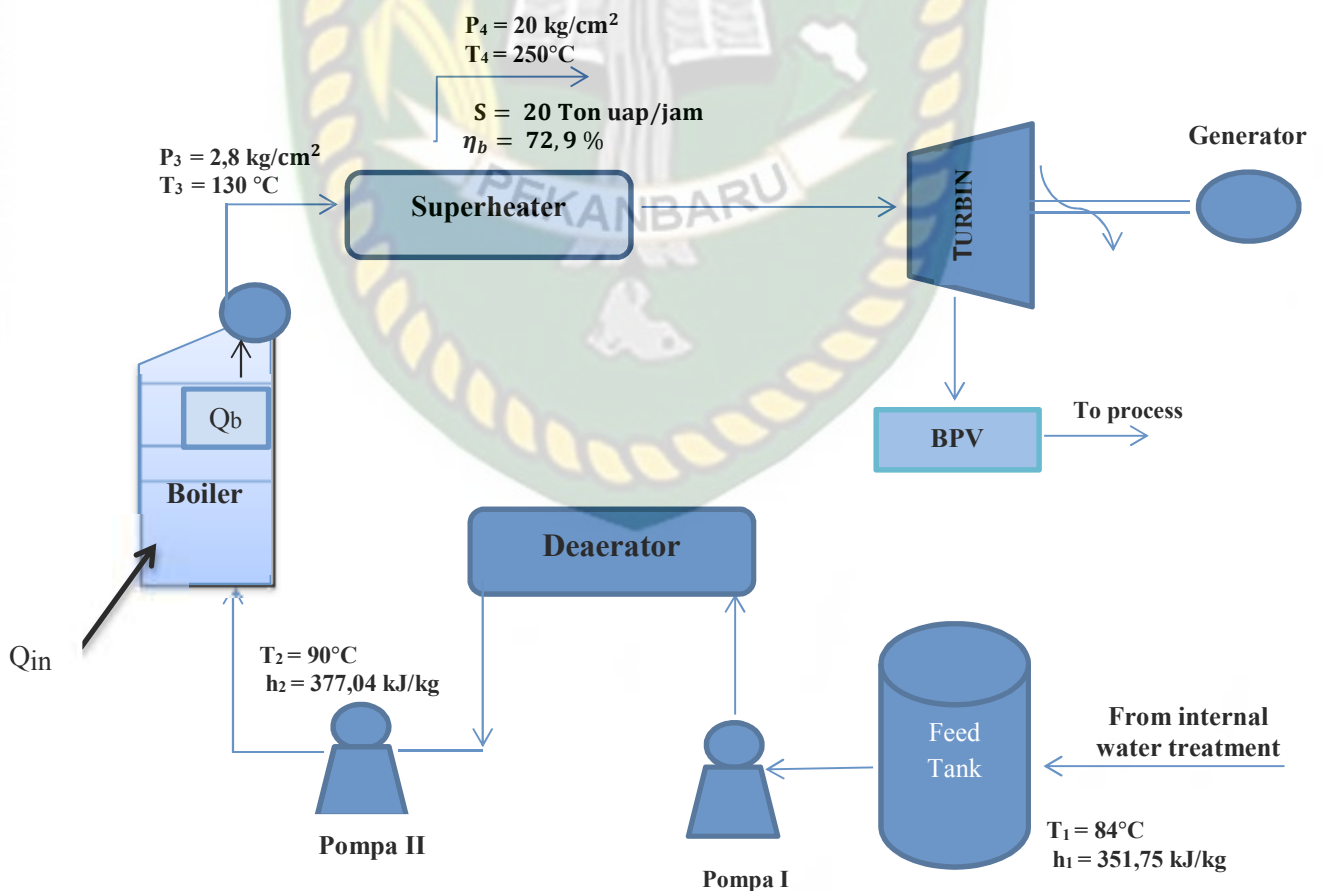
$$\eta_b = \frac{Q_{berguna}}{Q_{in}} \times 100\%$$

$$\eta_b = \frac{50557200 \text{ kJ/jam}}{69256925,6 \text{ kJ/jam}} \times 100\%$$

$$\eta_b = 72,9\%$$

3.7 Siklus Rankine Terbuka Pada *Boiler* PTPN V Sei Pagar

Pada pabrik kelapa sawit di PT. Perkebunan Nusantara V Sei Pagar menggunakan siklus Rankine terbuka yang dapat dilihat seperti pada gambar di bawah ini :



Gambar 3.7 Diagram Alir Siklus Rankine Terbuka

3.8 Hasil dan Pembahasan

Dalam tahap ini akan hasil dari pengolahan data yang telah diperoleh akan dibahas lebih lanjut hubungannya terhadap permasalahan yang ada, dalam hal ini pengaruh variasi temperatur *feedwater* terhadap parameter unjuk kerja (*performance*) boiler.

3.9 Kesimpulan

Atas dasar pertimbangan hal diatas, dapat ditarik kesimpulan pengaruh variasi temperatur *feedwater* terhadap parameter unjuk kerja (*performance*) boiler 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 3.2 (Diagram alir penelitian) dibawah ini :



Gambar 3.8 Diagram Alir Penelitian