

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Batubara

Batubara adalah sisa tumbuhan mati yang belum terurai secara sempurna, kemudian terawetkan dengan baik. Proses akumulasi ini terjadi bersamaan dengan pergeseran kerak bumi yang memungkinkan sisa tumbuhan terakumulasi di dalam bumi. Selama proses penimbunan, tanaman yang terkena temperatur dan tekanan tinggi yang menyebabkan perubahan fisika dan kimia. Selama periode penimbunan proporsi hidrogen dan oksigen pada batubara akan berkurang, sedangkan proporsi karbon akan meningkat. Hasilnya adalah batuan yang mengandung lebih dari 50% karbon menurut beratnya dan sekitar 70% menurut volumenya, yang kita sebut batubara.

2.1.1 Kalori Batubara dalam Menentukan Kualitasnya

Sebagai bahan bakar, batubara harus mempunyai kualitas yang baik agar dapat digunakan untuk menghasilkan energi yang diinginkan. Kualitas batubara ditentukan oleh jumlah kalori yang terkandung. Kalori batubara berfungsi menciptakan energi panas saat batubara diproses. Oleh karena itu, klasifikasi batubara umumnya menunjuk pada nilai kalorinya. Nilai kalori pada batubara menggambarkan kualitas dari batubara, apakah batubara termasuk dalam berkualitas baik, sedang, atau rendah. Biasanya untuk menentukan kalori batubara dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu uji *proksimat* dan uji *ultimate*. Uji *proksimat* dilakukan untuk mengetahui kualitas batubara dengan menguji beberapa parameter seperti : kandungan air (*moisture*), kadar abu (*ash content*), kadar zat terbang (*volatile matter*), kadar karbon tertambat (*fixed carbon*), nilai kalori (*calori value*), dan kandungan belerang (*Sulfur*) (Dafa Arifki et al., 2021). Penggolongan batubara berdasarkan nilai kalorinya terbagi menjadi tiga golongan yaitu batubara kalori rendah, batubara kalori sedang, dan batubara kalori tinggi. Kandungan air yang terlalu tinggi akan mempunyai dampak pada batubara dan berpengaruh pada proses pembakaran. Uji *ultimate* dilakukan untuk mengetahui kandungan kimia yang ada dalam batubara seperti karbon, hidrogen, oksigen, belerang, dan kandungan lainnya. Pengujian dilakukan untuk mengetahui dan menentukan jumlah udara yang

diperlukan dalam proses pembakaran dan komposisi gas untuk proses pembakaran. Rumus penghitungan kadar air yang hilang pada batubara sebagai berikut :

$$KA_{\text{hilang}} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \quad (1)$$

KA_{hilang} = Kadar air hilang

m_1 = berat awal batubara

m_2 = berat akhir batubara

2.1.2 Batubara sebagai sumber energi di Indonesia

Permintaan energi di Indonesia didominasi oleh penggunaan energi listrik yang diperkirakan akan meningkat disebabkan oleh pertumbuhan ekonomi dan pertumbuhan populasi. Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik, pemerintah Indonesia menargetkan pembangunan pembangkit untuk memenuhi kebutuhan listrik hingga 135 gigawatt pada tahun 2025 yang telah tertuang dalam Peraturan Presiden (PerPres) No.22 / 2017. Kebijakan energi nasional telah menetapkan presentase pada sumber energi pada tahun 2025 sebesar minyak (20%), gas (30%), batubara (33%), dan energi baru terbarukan (17%). Pembangkit listrik merupakan konsumen batubara terbesar di Indonesia terutama pembangkit listrik tenaga uap. Peningkatan konsumsi batubara di sektor pembangkit listrik sebesar 56 juta ton pada 2006 diperkirakan menjadi 123 ton pada 2025. Indonesia memiliki cadangan batubara sebesar 149 miliar ton dan cadangan sebesar 37,6 miliar ton (data Badan Geologi pada tahun 2018).

Dalam proses produksi, PLTU melakukan pencampuran batubara dengan berbagai kualitas untuk memastikan pengoperasian pembangkit yang berkelanjutan untuk tahun-tahun selanjutnya (Zaid et al., 2019). Pencampuran batubara yang dilakukan secara optimal akan dapat meningkatkan efisiensi dan mengurangi biaya produksi. Pencampuran batubara yang tepat akan mengurangi terjadinya beberapa masalah seperti *slagging*, *fouling*, kerusakan lingkungan karena emisi, dan kerusakan peralatan akibat korosi. Pencampuran batubara dilakukan karena terbatasnya stok batubara yang sesuai dengan spesifikasi peralatan pada PLTU. Beberapa penelitian tentang pencampuran batubara dengan berbagai kualitas untuk

mendapatkan biaya bahan bakar dan efisiensi yang sesuai. Studi ini tidak hanya melihat kualitas batubara, tetapi juga masalah berbagai proses seperti kombinasi dengan alat penggerus batubara yang keduanya berdampak pada kinerja dan hasil campuran batubara (Noroña & Laureta, 2020). Sebagian besar pembangkit listrik berbahan bakar batubara melakukan sistem *blending* batubara dengan cara memasukkan ke dalam tungku, kemudian digerus dalam *pulverizer*.

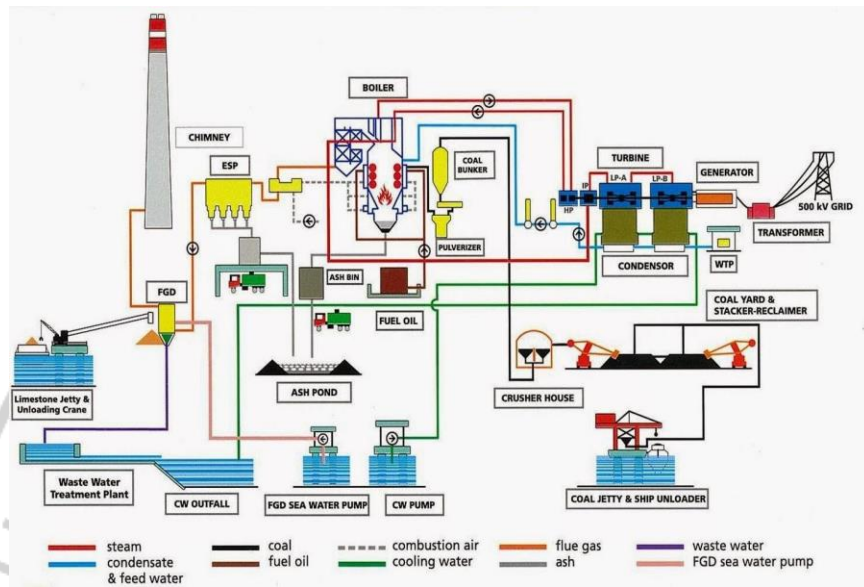
Batubara merupakan sumber energi tak terbarukan yang dihasilkan dari proses geologi selama ratusan juta tahun. Penggunaan batubara untuk kepentingan pembangkit listrik juga menghasilkan limbah berbahaya dan beracun. Pengembangan dan inovasi harus dilakukan untuk penggunaan batubara dan pemanfaatan limbah batubara, seperti pengembangan gas metana batubara, batubara tercairkan, batubara tergaskan, dan pemanfaatan limbah batubara untuk nilai dan efisiensi dalam penggunaan batubara di Indonesia

2.2 Prinsip Kerja PLTU

PLTU adalah pembangkit listrik yang menggunakan uap sebagai energi menggerakkan turbin yang digunakan menggerakkan generator. PLTU banyak digunakan karena biaya produksi listriknya murah dan mampu menghasilkan energi listrik dalam jumlah besar. Secara umum sumber energi utama yang digunakan pada PLTU adalah batubara. Bahan bakar diubah menjadi energi panas sehingga terjadi perubahan air menjadi uap kering dan membantu menggerakkan turbin sehingga menghasilkan energi mekanik yang digunakan untuk menggerakkan generator agar dapat menghasilkan listrik. Uap yang melewati turbin mengembun dan berubah menjadi air dan ditampung dalam wadah yang disebut sumur panas, kemudian air tersebut terus menerus dialirkan (Tirumala Srinivas, 2017). Gambar 2.1 dapat dilihat yaitu proses utama pada PLTU:

1. Mengubah sumber energi kimia yang terdapat dalam bahan bakar menjadi energi panas dan uap pada tekanan dan temperatur tinggi
2. Proses pemuatan uap pada turbin terjadi proses perubahan menjadi energi mekanik pada putaran turbin.
3. Proses perubahan energi mekanik yang berupa putaran turbin ke dalam generator untuk menjadi energi listrik.

4. Pada PLTU bahan bakar batubara, sistem peralatan pemasok, pengolah dan pembakar batubara sangat penting. Pada PLTU, peralatan tersebut meliputi *coal feeder*, *coal burner*, dan *pulverizer*, dan *boiler*.



Gambar 2. 1 Proses Terbentuknya Listrik (Buku Saku PLTU)

2.3 Coal Feeder



Gambar 2. 2 Coalfeeder type belt (PLTU di Cilegon)

Coal feeder (gambar 2.2) berfungsi menentukan dan memasok jumlah batubara ke *pulverizer*. Jumlah batubara yang masuk ke *pulverizer* dapat berubah sesuai dengan beban unit pembangkit atas permintaan pusat pengatur beban PT

PLN. Jumlah batubara berubah sesuai dengan kebutuhan produksi pembangkit. Pengaturan *coal flow* pada *coal feeder* dilakukan dengan dua cara yaitu dengan sistem *volumetric* dan *gravimetric*. Setting *coal flow* pada *coal feeder* di PLTU adalah *gravimetric*, yang beroperasi dengan cara mengukur *bulk density* pada batubara. *Coal feeder* akan mengontrol berat batubara pada *belt* dan melakukan penyaluran batubara dengan cara menimbang serta mengatur kecepatan *belt*. *Belt feeder* adalah tipe *coal feeder* yang paling banyak digunakan saat ini

2.3.1 Komponen-komponen Coal Feeder

- *Belt* berfungsi menyalurkan batubara dari keluaran *coal bunker* (*raw coal*) menuju ke *pulverizer*.
- *Clean out conveyor* (gambar 2.3 b) berfungsi membersihkan batubara yang jatuh dari *belt coal feeder*.
- *Head Pulley* dan *Take Up Pulley* berfungsi sebagai tempat *belt feeder* berputar dari atas ke bawah dan dari bawah ke atas. *Take Up Pulley* memiliki kunci pengatur yang berfungsi mengatur posisi *belt*.
- *Belt V-Guide* (gambar 2.3 c) berfungsi sebagai pengatur *belt* agar selalu di posisi tengah. Pada *cover* bawah terdapat *belt V guide* yang terletak pada tengah *belt*.
- *Junction Box* berfungsi sebagai tempat lampu indikator untuk *belt feeder*, dan *clean out conveyor* saat operasi ataupun berhenti, posisi *remote-lokal*, *forward-reverse*, *bunker outlet open-close* dan lampu penerangan pada posisi operasi (on) atau mati (off), serta tombol *emergency stop*.
- Lokal kontrol panel (gambar 2.3 d) berisi *relay* dan *keyboard* yang memberikan informasi status *coal feeder* dan *display* yang berfungsi menampilkan keadaan peralatan
- *Coal silo gate* (gambar 2.3 a) sebagai pembatas batubara antara *coal silo* dengan *coalfeeder* pada saat di tutup



(a)



(b)



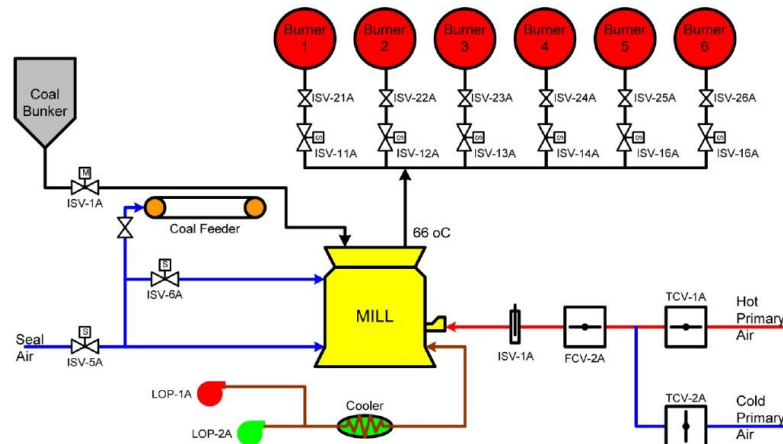
(c)



(d)

Gambar 2. 3 komponen utama *coal feeder* (a). *coal silogate* (b). *Clean out conveyor* (c). *Belt* (d). Panel lokal

2.3.2 Aliran Batubara dari *bunker* menuju ke *boiler*

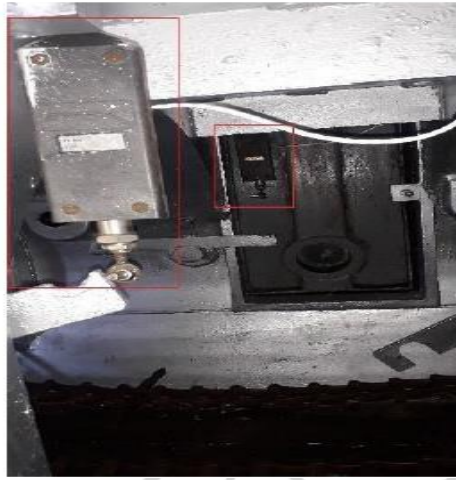


Gambar 2. 4 Aliran Batubara Dari Bunker Ke Boiler (Buku Saku PLTU)

Batubara yang disimpan di *coal bunker* disalurkan melalui *outlet coal bunker* menuju *coal feeder*. Jumlah aliran batubara diatur sesuai kebutuhan pembangkit atau beban unit. Batubara akan jatuh pada meja penggiling akan tergilas menjadi bubuk batubara oleh penggerus (*roller wheel*). Selanjutnya batubara halus akan menuju ke *burner* dengan bantuan udara primer yang dipasok dari *primary air fan*. Udara dari *primary air fan* dibagi menjadi *hot air* dan *cold air* yang diatur oleh *damper* untuk mendapatkan temperatur *outlet pulverizer* sesuai dengan set point yaitu 66°C. Partikel batu bara yang masih besar (>200 *mesh*) tidak dapat melewati *clasifier* akan kembali ke meja penggiling. Benda-benda asing yang keras akan dibuang dari meja penggiling dan jatuh ke dalam *pyrite box* menggunakan penyapu (Buku Saku PLTU 2016).

2.3.3 Elemen instrument pada *coal feeder*

- *Load cell* (gambar 2.5 a) berfungsi mendeteksi berat batu bara yang terdapat di *belt feeder*.
- *Tachometer* (gambar 2.5 b) berfungsi mendeteksi kecepatan putaran *drive belt feeder*. Sensor ini menyatu dengan motor penggeraknya.



(a)



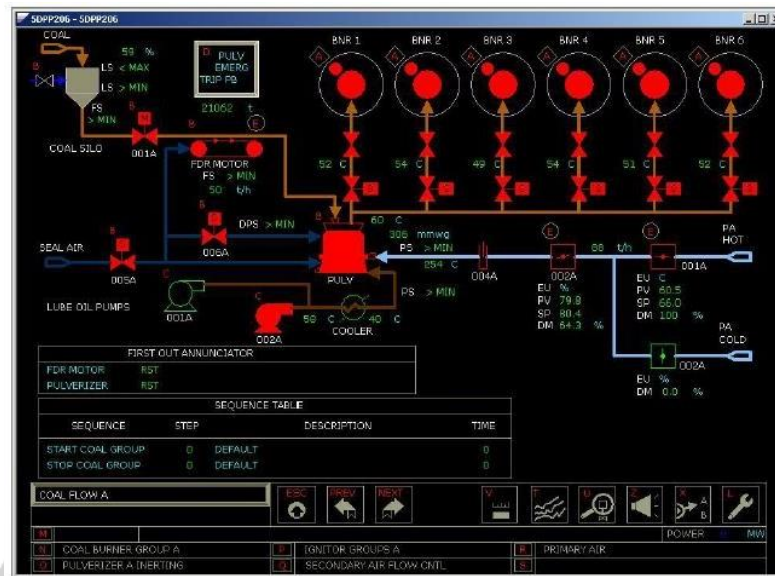
(b)

Gambar 2. 5 Komponen *instrument* pada *coal feeder* (a). *Load cell* (b). *Tachometer* (*instrument coal feeder* pada PLTU di Cilegon

2.3.4 Sistem kontrol *Coal Feeder*

Pengontrolan laju aliran batu bara bertujuan menjaga jumlah batubara yang masuk ke dalam *pulverizer*, jika batubara yang masuk ke *mill* (*pulverizer*) terlalu banyak, maka akan menimbulkan *plugging* pada *mill* serta beban motor akan semakin berat (*overload*) karena tidak sesuainya putaran motor dengan jumlah batubara yang dihaluskan, jika batu bara yang masuk terlalu sedikit sedangkan udara dari *Primary Air Fan* dan putaran motor *mill* pada kondisi untuk beban penuh, akan mengakibatkan naiknya *temperature* pada *mill*.

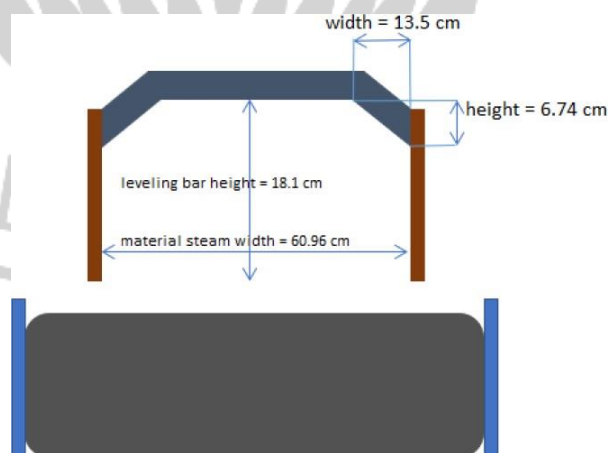
Banyaknya batubara yang masuk ke *mill* diatur berdasarkan *differential pressure* yaitu perbandingan antara output batu bara pada *mill* dengan *flow udara force draft fan*. Jika nilai kalori bahan bakar batu bara dengan udara tidak sesuai, maka akan terjadi pembakaran yang tidak sempurna pada *burner*.



Gambar 2. 6 Display Operasi *Interface System Coal Feeder*
(*Interface DCIS PLTU*)

2.3.5 Perhitungan Kecepatan Motor Dengan Metode *Pulse/Length*

Perhitungan digunakan untuk mengetahui tepat atau tidak hasil kalibrasi *coal feeder* yang telah dilakukan. Untuk menghitung kecepatan motor *drive belt*, ada 2 metode perhitungan yaitu metode *pulse/length* dan metode perhitungan *gear ratio*, perhitungan yang digunakan pada *coal feeder* menggunakan metode *pulse/length*, sebab metode ini lebih akurat dan tidak akan berubah meski *gear reducer* pada motor *belt feeder* diganti. Nilai dimensi yang digunakan untuk melakukan perhitungan *volume* batubara saat kalibrasi *coal feeder* adalah:



Gambar 2. 7 Dimensi Kalibrasi Volume Coal Feeder

Perhitungan *coal flow* pada *coal feeder* :

$$\text{Coal flow} = \frac{\text{jumlah pemakaian batubara (kg)}}{\text{waktu operasi (jam)}} \quad (2)$$

2.4 Nilai SFC

Menurut (Hasanudin et al.,2020) *Specific Fuel Consumption* (SFC) dapat digunakan dalam menentukan performa mesin atau tolak ukur performa mesin yang berhubungan langsung dengan nilai keekonomian sebuah mesin. SFC menghitung jumlah kebutuhan batubara untuk menyuplai PLTU menghasilkan sejumlah energi dalam jangka waktu tertentu. Perhitungan nilai SFC dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\text{SFC}_{\text{bruto}} = \frac{q_f}{\text{kWh}_{\text{bruto}}} \text{ (kg/kWh)} \quad (3)$$

$$\text{SFC}_{\text{netto}} = \frac{\text{Jumlah pemakaian batubara}}{\text{kWh}_{\text{netto}}} \text{ (kg/kWh)} \quad (4)$$

SFC = *Specific fuel Concumption* (kg/kWh)

Qf = Jumlah pemakaian batubara (kg)

kWh bruto = Produksi listrik bruto (kWh)

kWh netto = Produksi listrik netto (kWh)

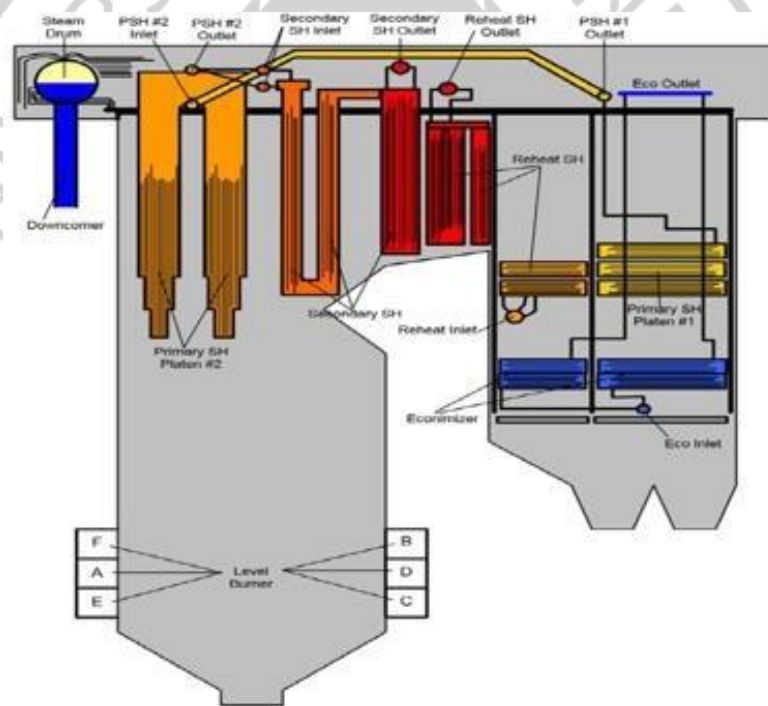
2.5 Boiler

Dalam jurnal yang ditulis oleh Aprilia (2021), *boiler* adalah alat berupa tungku tertutup yang digunakan untuk menghasilkan uap. Uap dihasilkan dengan memanaskan air dalam tungku. *Boiler* memerlukan bahan bakar dengan berbagai jenis mulai bahan bakar cair (residu,solar), padat (batubara), dan gas. Air dalam *boiler* dipanaskan oleh pembakar bahan bakar sehingga menyebabkan perpindahan panas dari sumber panas ke dalam air, sehingga berubah menjadi uap. Komponen utama pada *boiler* terdiri dari :

1. Tempat pembakaran yang berfungsi mengubah energi kimia menjadi energi panas
2. *Evaporator* berfungsi mengubah energi panas menjadi uap potensial.

Pada *boiler* sistem *natural circulation*, yang berarti sirkulasi air dalam proses pembakaran berjalan secara natural memanfaatkan gaya gravitasi. Besar kecilnya

sirkulasi air pada *boiler* tergantung beberapa faktor antara lain ketinggian *boiler*, tekanan operasi *boiler*, Jumlah panas dari pembakaran, dan diameter pipa yang dialiri. Uap yang dihasilkan *boiler* merupakan jenis uap *superheat/* kering dengan kualitas yang ditentukan pada *pressure, temperature*, dan unsur kimia dan juga kuantitas atau *flow* sesuai yang dibutuhkan oleh turbin yang selanjutnya akan dirubah menjadi gerak turbin untuk menghasilkan listrik. Jumlah produksi uap yang dihasilkan pada pembangkit tergantung pada luas permukaan pemindah panas, laju aliran, dan panas pembakaran yang diberikan. *Boiler* disebut bagus jika memiliki efisiensi yang tinggi.



Gambar 2. 8 Boiler (Buku Saku PLTU)

2.6 Nilai heat rate

Nilai *heat rate* adalah parameter paling umum yang digunakan dalam industri pembangkit listrik dalam menilai kinerja dan efisiensi pembangkit. Nilai *heat rate* suatu pembangkit dipengaruhi oleh *flow* batubara yang ada pada *coal feeder*. Semakin rendah nilai *heat rate* maka pembangkit semakin efisien. Pada suatu unit pembangkit listrik, biaya produksi terbesar berkaitan dengan bahan bakar, yaitu mencapai sebesar 80% hingga 88% dari total biaya operasional. Salah satu

parameter untuk mengukur efisiensi pembangkit listrik adalah *Net Plant Heat rate* (NPHR), yang merupakan jumlah kalori bahan bakar yang dibutuhkan untuk memproduksi 1 kWh listrik. Semakin rendah NPHR, maka semakin efisien pembangkit listrik tersebut. Dengan mengurangi nilai NPHR melalui konservasi pada peralatan pembangkit listrik, efisiensi unit pembangkit listrik dapat ditingkatkan (Kumar et al., 2018). Kenaikan harga batubara menyebabkan pembangkit listrik melakukan inovasi untuk mengurangi tagihan bahan bakar tahunan .

$$\text{NPHR} = \frac{\text{Nilai kalori batubara} \times \text{jumlah pemakaian batubara}}{\text{Total produksi netto}}$$

$$= \frac{\text{Nilai kalori batubara} \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \right) \times \text{jumlah pemakaian batubara (kg)}}{\text{produksi gross} - \text{pemakaian sendiri (kWh)}} \quad (5)$$

BAB III

