

ANALISA UNJUK KERJA BOILER TERHADAP PENURUNAN DAYA PADA PLTU PT. INDONESIA POWER UBP PERAK

Asmudi, 4207100608

Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan, ITS Surabaya

Abstrak

Boiler unit 3 di PLTU PT. Indonesia Power UBP Perak berfungsi sebagai penghasil steam untuk memutar turbin sehingga dapat digunakan untuk membangkitkan energi listrik melalui generator listrik. Boiler unit 3 beroperasi dari tahun 1978. Boiler ini tergolong tua sehingga unjuk kerjanya mengalami banyak penurunan. Untuk itu dilakukan studi analisa dengan perhitungan kehilangan panas dengan tujuan untuk mengetahui besarnya penurunan performance dan mengetahui penyebab dari penurunan performance. Berdasarkan data dan analisa maka diketahui penurunan unjuk kerja boiler sebesar 14.15%, dari 87.35% pada saat komisioning menjadi 73.20% pada kondisi sekarang. Untuk menghasilkan daya listrik yang sama (37.25 MW), pada kondisi sekarang telah mengalami kenaikan: bahan bakar, udara pembakaran, dan air umpan, dengan masing-masing kenaikan sebesar 4.28%, 4.97%, dan 11.53%. Adanya pengaruh pengotoran baik yang timbul dari bahan bakar maupun air umpan sangat berpengaruh terhadap efisiensi boiler, ini dapat dilihat dari indikator naiknya gas buang dari 11.25% menjadi 14.85%

Kata kunci : Boiler, unjuk kerja, kehilangan panas

PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan energi panas dari steam untuk memutar turbin sehingga dapat digunakan untuk membangkitkan energi listrik melalui generator. Steam yang dibangkitkan ini berasal dari perubahan fase air yang berada pada boiler akibat mendapatkan energi panas dari hasil pembakaran bahan bakar. Secara garis besar sistem pembangkit listrik tenaga uap terdiri dari beberapa peralatan utama diantaranya: boiler, turbin, generator, dan kondensor.

Boiler adalah bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk air panas atau steam. Air panas atau steam pada tekanan tertentu kemudian digunakan untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Sistem boiler terdiri dari: sistem air umpan, sistem steam, dan sistem bahan bakar. (UNEP, 2008)

Air adalah media yang dipakai pada proses bertemperatur tinggi ataupun untuk perubahan parsial menjadi energi mekanis didalam sebuah turbin. Seperti halnya boiler pada PLTU Perak unit 3 juga menggunakan fluida kerja berupa air umpan yang berasal dari pengolahan air laut.

PLTU Perak unit 3 beroperasi dari tahun 1978. Unit ini tergolong tua sehingga

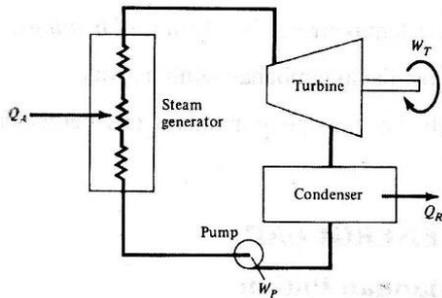
unjuk kerja dari unit ini sudah mengalami banyak penurunan, salah satunya adalah boiler. Turunnya unjuk kerja boiler disebabkan antara lain: buruknya pembakaran, kotornya permukaan penukar panas, buruknya operasi dan pemeliharaan. (UNEP, 2008) Dengan turunnya unjuk kerja boiler akan memberi dampak terhadap penurunan efisiensi keseluruhan unit 3 yang tidak mampu lagi menghasilkan daya sebesar pada saat komisioning. Dengan kondisi ini perlu adanya pengkajian dan penanganan tentang studi dan analisis unjuk kerja boiler. Dari hasil analisa yang didapat nantinya diharapkan dapat dilakukan tindak lanjut yang berdampak pada peningkatan unjuk kerja boiler dan otomatis peningkatan keseluruhan unit 3 di PLTU Indonesia Power, unit bisnis pembangkitan Perak.

DASAR TEORI

Siklus Rankine

Siklus rankine merupakan siklus standard untuk pembangkit daya yang menggunakan tenaga uap. Siklus rankine nyata yang digunakan dalam instalasi pembangkit daya jauh lebih rumit dari pada siklus rankine ideal asli yang sederhana. Siklus rankine juga disebut siklus uap-cair, siklus ini biasanya digambarkan pada kedua diagram, yaitu P-V dan T-S dengan garis-garis yang menunjukkan

uap jenuh dan cairan jenuh. Fluida kerjanya biasanya adalah H_2O , tetapi tidak harus menggunakan fluida tersebut. ^(El-wakil, 1992)



Gambar. Bagan diagram alir siklus rankine

Pada gambar diatas menunjukkan proses aliran sederhana dimana uap yang dihasilkan dalam boiler diperlukan oleh turbin untuk menghasilkan kerja. Aliran yang keluar dari turbin melewati kondensor dimana aliran itu dipompa kembali ke boiler. Daya yang diproduksi oleh turbin lebih besar dari yang diperlukan oleh pompa dan output daya bersih sama dengan selisih antara kecepatan input panas dalam boiler dan kecepatan penolakan panas dalam kondensor

Boiler

Boiler adalah suatu kombinasi antara sistem-sistem peralatan yang dipakai untuk terjadinya perpindahan panas radiasi dan konveksi energi termal gas-gas hasil pembakaran ke fluida kerja yaitu air. Sifat perpindahan panas yang terjadi adalah pertama perpindahan sub dingin dimana panas yang diterima digunakan untuk menaikkan temperatur hingga mencapai temperatur cair jenuh. Kemudian mengalami proses kedua yaitu pendidihan dengan konveksi paksa, dimana terjadi proses boiling. Fluida kerja air secara bertahap menjadi fluida uap dan akhirnya menjadi uap jenuh. Pada tahap kedua ini tidak terjadi kenaikan temperatur. Panas yang diterima seluruhnya digunakan untuk terjadi perubahan fase. Apabila diperlukan, pemanasan dapat dilanjutkan dari uap jenuh menjadi uap super panas.

Tipe-tipe boiler

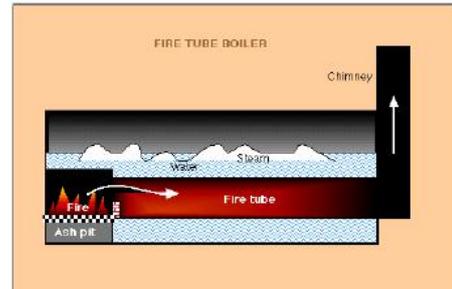
Tipe-tipe boiler dapat dibedakan menurut tujuan dan konstruksinya, daerah yang mengalami pemanasan, sumber panasnya, sirkulasinya, dan dinding penyangganya.

Ø Berdasarkan pada tujuan dan konstruksinya boiler dibedakan menjadi :

- Package boiler
- Industrial boiler
- Utility boiler
- Circulating fluidized bed boiler
- Supercritical boiler
- Marine boiler

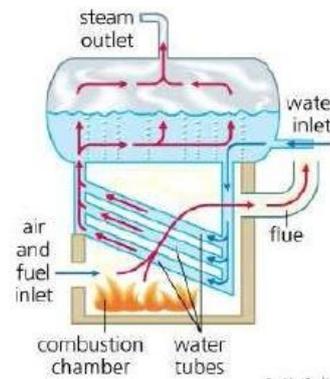
Ø Berdasarkan daerah yang mengalami pemanasan boiler dibedakan menjadi :

- Fire tube boiler



Gambar. Fire tube boiler ^(UNEP, 2008)

- Water tube boiler



Gambar. Diagram sederhana water tube boiler ^(UNEP, 2008)

Ø Berdasarkan sumber panasnya boiler dibedakan menjadi :

- Conventional boiler
- Heat Recovery Steam Generator

Ø Berdasarkan sirkulasinya boiler dibedakan menjadi :

- Natural circulation
- Forced circulation

Ø Berdasarkan dinding penyangganya boiler dibedakan menjadi :

- Bottom supported
- Top supported

Bagian-bagian boiler

Secara umum bagian utama dari boiler terdiri dari :

- Ø Main equipment

- Furnace (ruang bakar)
- Main steam drum
- Super heater
- Reheater
- Risers (pipa penguap)
- Economizer
- Burner
- ∅ Auxiliary equipment
- Force draft fan
- Induce draft fan
- Valves, control, dan instrument
- ∅ Balance of boiler
- Deaerator
- Feed water heater
- Blowdown system

Perpindahan panas pada boiler

- ∅ Perpindahan panas secara pancaran (radiation)

Perpindahan panas secara radiasi adalah perpindahan panas antara suatu benda ke benda yang lain dengan jalan melalui gelombang-gelombang elektromagnetik tanpa tergantung kepada ada atau tidak adanya media diantara benda yang menerima pancaran panas tersebut.

Molekul-molekul api yang merupakan hasil pembakaran bahan bakar dan udara akan menyebabkan terjadinya gangguan keseimbangan elektromagnetik terhadap media yang disebut aether (materi bayangan tanpa bobot yang mengisi ruangan). Sebagian panas yang timbul dari hasil pembakaran tersebut diteruskan ke aether yang kemudian diteruskan kepada bidang yang akan dipanasi yaitu dinding atau pipa ketel.

- ∅ Perpindahan panas secara aliran (convection)

Perpindahan panas secara konveksi adalah perpindahan panas yang dilakukan oleh molekul-molekul suatu fluida (cair maupun gas). Molekul-molekul fluida tersebut dalam gerakannya melayang-layang kesana kemari membawa sejumlah panas masing-masing q joule. Pada saat molekul fluida tersebut menyentuh dinding atau pipa ketel maka panasnya dibagikan sebagian kepada dinding atau pipa ketel, sedangkan sebagian lagi dibawa molekul pergi.

Gerakan-gerakan molekul yang melayang-layang tersebut disebabkan karena perbedaan temperatur didalam fluida itu sendiri. Dalam gerakannya, molekul-molekul api tersebut tidak perlu melalui lintasan yang

lurus untuk mencapai dinding bidang yang dipanasi.

- ∅ Perpindahan panas secara rambatan (conduction)

Perpindahan panas secara konduksi adalah perpindahan panas dari suatu bagian benda padat ke bagian lain dari benda padat yang sama atau dari benda padat yang satu ke benda padat yang lain karena terjadinya persinggungan fisik (kontak fisik atau menempel) tanpa terjadinya perpindahan panas molekul-molekul dari benda padat itu sendiri.

Didalam dinding ketel, panas akan dirambatkan oleh molekul-molekul dinding ketel sebelah dalam yang berbatasan dengan api, menuju ke molekul-molekul dinding ketel sebelah luar yang berbatasan dengan air. Perambatan tersebut menempuh jarak terpendek. (Djokosetyardjo, 1993)

Perhitungan efisiensi boiler

Efisiensi adalah suatu tingkatan kemampuan kerja dari suatu alat. Sedangkan efisiensi pada boiler adalah prestasi kerja atau tingkat unjuk kerja boiler atau ketel uap yang didapatkan dari perbandingan antara energi yang dipindahkan ke atau diserap oleh fluida kerja didalam ketel dengan masukan energi kimia dari bahan bakar. Untuk tingkat efisiensi pada boiler atau ketel uap tingkat efisiensinya berkisar antara 70% hingga 90%. (Agung.N, 2007)

Terdapat dua metode pengkajian efisiensi boiler :

- Metode Langsung: energi yang didapat dari fluida kerja (air dan steam) dibandingkan dengan energi yang terkandung dalam bahan bakar boiler.
- Metode Tidak Langsung: efisiensi merupakan perbedaan antara kehilangan dan energi yang masuk.

Pembakaran

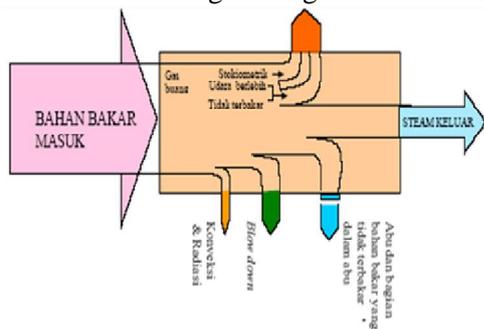
Pembakaran terjadi secara proses kimia antara bahan-bahan yang mudah terbakar dengan oksigen dari udara untuk menghasilkan energi panas yang dapat digunakan untuk keperluan lain. Komponen utama bahan-bahan yang mudah terbakar adalah carbon, hidrogen, dan campuran lainnya. Dalam proses pembakaran komponen ini terbakar menjadi karbondioksida dan uap air. Sejumlah sulfur juga terdapat pada sebagian besar bahan bakar. (Singer, 1991)

Pada proses pembakaran jumlah oksigen yang digunakan dapat mempengaruhi kualitas pembakaran. Oksigen merupakan salah satu elemen udara yang jumlahnya mencapai 20.9% seluruh komponen dari udara. Komponen yang ada pada udara dapat dilihat pada table 1 dibawah ini. Bahan bakar akan terbakar pada keadaan normal jika terdapat udara yang cukup.

Neraca Kalor

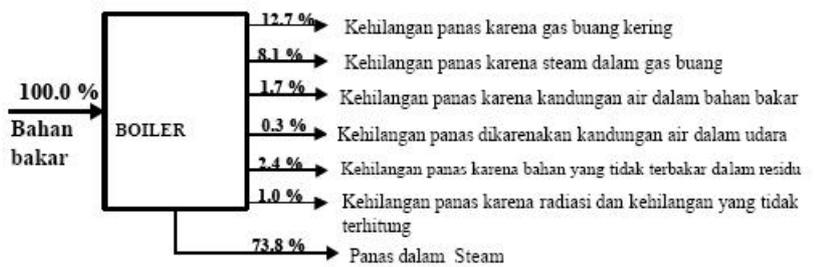
Parameter kinerja boiler, seperti efisiensi dan rasio penguapan, berkurang terhadap waktu disebabkan buruknya pembakaran, kotornya permukaan penukar panas dan buruknya operasi dan pemeliharaan. Bahkan untuk boiler yang baru sekalipun, alasan seperti buruknya kualitas bahan bakar dan kualitas air dapat mengakibatkan buruknya kinerja boiler. Neraca panas dapat membantu dalam mengidentifikasi kehilangan panas yang dapat atau tidak dapat dihindari. Uji efisiensi boiler dapat membantu dalam menemukan penyimpangan efisiensi boiler dari efisiensi terbaik dan target area permasalahan untuk tindakan perbaikan.

Proses pembakaran dalam boiler dapat digambarkan dalam bentuk diagram alir energi. Diagram ini menggambarkan secara grafis tentang bagaimana energi masuk dari bahan bakar diubah menjadi aliran energi dengan berbagai kegunaan dan menjadi aliran kehilangan panas dan energi. Panah tebal menunjukkan jumlah energi yang dikandung dalam aliran masing-masing. (UNEP, 2008)



Gambar. Diagram neraca energi boiler

Neraca panas merupakan keseimbangan energi total yang masuk boiler terhadap yang meninggalkan boiler dalam bentuk yang berbeda. Gambar berikut memberikan gambaran berbagai kehilangan yang terjadi untuk pembangkitan steam. (UNEP, 2008)



Gambar. Kehilangan panas pada boiler berbahan bakar batubara

Heat Exchanger

Heat exchanger adalah alat untuk memindahkan energi panas dari suatu fluida ke fluida lain. Fluida panas memberikan panasnya ke fluida dingin melalui suatu media atau secara langsung sehingga akan terjadi perubahan sesuai dengan yang dikehendaki, baik penurunan maupun kenaikan temperatur. Pada umumnya perpindahan panas ini terjadi secara kombinasi antara konduksi dan konveksi.

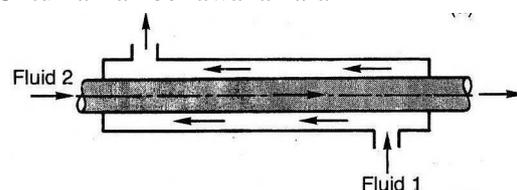
Beda temperatur rata-rata logaritmik (ΔT_{lmtD})

Besarnya ΔT_{lmtD} dapat dihitung berdasarkan jenis susunan aliran yang diterapkan dalam penukar kalor. Persamaan untuk menghitung ΔT_{lmtD} pada aliran sejajar, berlawanan dan aliran silang (cross flow) dijelaskan dalam penjelasan berikut.

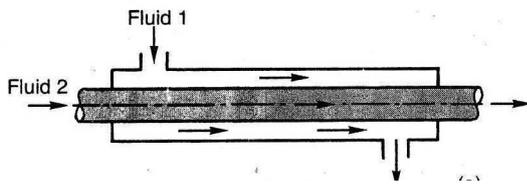
Metode beda temperatur rata-rata logaritmik digunakan sebagai langkah awal dalam analisa heat exchanger, bila temperatur masuk dan keluar fluida pada heat exchanger diketahui, baik untuk fluida panas maupun dingin, sehingga dapat menentukan beda temperatur rata-rata logaritmik. Jika keadaan masuk fluida panas diidentifikasi kondisi 1 dan keadaan keluar fluida diidentifikasi 2, sedang keadaan fluida dingin diidentifikasi sesuai dengan point-point tersebut maka beda temperatur rata-rata logaritmik adalah : (Incropera, 1990)

$$\Delta T_{lmtD} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}}$$

Untuk aliran berlawanan arah



Untuk aliran searah



METODOLOGI

- o Studi literatur mengenai rumus yang relevan untuk menentukan penurunan unjuk kerja boiler, kerugian panas yang terjadi.
- o Pengumpulan data yang dibutuhkan untuk proses perhitungan
- o Menganalisis penurunan unjuk kerja boiler, kerugian panas dan penyebab turunnya unjuk kerja pada boiler
- o Menganalisis unjuk kerja air heater dengan metode LMTD

PEMBAHASAN

Klasifikasi Boiler PLTU Perak Unit 3

Berdasarkan pada tujuan dan konstruksinya boiler di PT. Indonesia Power unit bisnis pembangkitan Perak, termasuk kategori industrial boiler karena memiliki spesifikasi antara lain boiler digunakan untuk menggerakkan turbin, bisa menggunakan bahan bakar berupa minyak, memiliki kapasitas uap sebesar 210.000 kg/jam, bertekanan desain 104 kg/cm², tekanan desain outlet superheater 91 kg/cm², temperatur desain outlet superheater 513 °C, dengan perakitannya dilakukan di PLTU Perak dimana boiler tersebut akan digunakan.

Berdasarkan daerah yang mengalami pemanasan, boiler di PLTU Perak unit 3 termasuk tipe water tube boiler. Disitu terlihat jelas bahwa air sirkulasi pada boiler masuk melalui pipa-pipa dan panas hasil pembakaran dilewatkan melalui permukaan luar pipa tersebut.

Berdasarkan sumber panasnya boiler di PLTU Perak termasuk tipe conventional boiler karena jenis boiler ini tidak memanfaatkan panas dari gas buang proses lain dan hanya menggunakan sumber panas dari pembakaran residu saja.

Berdasarkan sirkulasinya boiler PLTU Perak termasuk forced circulation boiler.

Boiler yang ada di pembangkit listrik pada umumnya menggunakan peralatan tambahan untuk meningkatkan efisiensinya, antara lain adalah force draft fan untuk sirkulasi udara, dan boiler feed pump untuk sirkulasi air.

Berdasarkan dinding penyangganya boiler di PLTU Perak termasuk bottom supported boiler karena menggunakan bantalan bawah untuk menyokong boiler yang ada.

Analisa Kondisi Komisioning

PLTU Indonesia Power dalam pengoperasian normalnya menggunakan bahan bakar HFO. Untuk melakukan analisa lebih lanjut, maka perlu dilakukan perhitungan untuk mendapatkan rumus empiris maupun rumus molekul dari bahan bakar tersebut. Data yang didapat dari hasil fuel analysis yang digunakan pada saat komisioning adalah:

- Carbon, C	= 85.46 wt%
- Hydrogen, H	= 11.68 wt%
- Sulphur, S	= 2.24 wt%
- Nitrogen, N	= 0.07 wt%
- Oxygen, O	= 0.20 wt%
- Ash, a	= 0.04 wt%
- Moisture	= 0.31 wt%
- HHV	= 10473 kcal/kg
- LHV	= 9840 kcal/kg
- Specific gravity	= 0.9475

Beban 37.5 MW

$$\dot{m}_{udara} \cdot h_{udara} + \dot{m}_{mfo} \cdot HV = \dot{m}_{flue} \cdot h_{flue} + Q$$

$$Q = \dot{m}_{udara} \cdot h_{udara} + \dot{m}_{mfo} \cdot HV - \dot{m}_{flue} \cdot h_{flue}$$

Boiler

Input :

~Laju aliran massa dari feed water

$$= 139580 \text{ kg/h}$$

$$= 38.77 \text{ kg/s}$$

~Entalpi dari feed water

$$= 183.19 \text{ kcal/kg}$$

$$= 766315.04 \text{ joule/kg}$$

Output :

~Laju aliran massa dari boiler steam outlet

$$= 139760 \text{ kg/h}$$

$$= 38.82 \text{ kg/s}$$

~Entalpi dari boiler steam outlet

$$= 817.9 \text{ kcal/kg}$$

$$= 3421337.86 \text{ joule/kg}$$

~Energi panas yang diterima oleh air

$$= 38.82 \text{ kg/s} \times 3421337.86 \text{ joule/kg} -$$

$$38.77 \text{ kg/s} \times$$

$$766315.04 \text{ joule/kg}$$

$$= 103112201.69 \text{ joule/s}$$

Furnace

Input :

~Laju aliran massa bahan bakar

$$= 9246 \text{ kg/h}$$

$$= 2.57 \text{ kg/s}$$

~Heating value bahan bakar

$$= 9840 \text{ kcal/kg}$$

$$= 41161467.84 \text{ joule/kg}$$

~Laju aliran massa udara pembakaran

$$= 136836 \text{ kg/h}$$

$$= 38.01 \text{ kg/s}$$

~Entalpi dari udara pembakaran

$$= 324426.50 \text{ joule/kg}$$

Output:

*Flue gas

~Laju aliran massa gas buang

$$= 139912.2 \text{ kg/h}$$

$$= 38.86 \text{ kg/s}$$

~Entalpi dari gas buang

$$= 341819.64 \text{ joule/kg}$$

~Energi panas hasil pembakaran

$$= (2.57 \text{ kg/s} \times 41161467.84 \text{ joule/kg} +$$

$$38.01 \text{ kg/s} \times$$

$$324426.50 \text{ joule/kg}) - (38.86 \text{ kg/s} \times$$

$$341819.64 \text{ joule/kg})$$

$$= 104763171.77 \text{ joule/s}$$

~Kerugian energi yang tidak ditransfer ke air

$$= 104763171.77 \text{ joule/s} -$$

$$103112201.69 \text{ joule/s}$$

$$= 1650970.08 \text{ joule/s}$$

Analisa Kondisi Sekarang

Data yang didapat dari hasil fuel analysis adalah:

- Carbon, C = 85.12 wt%
- Hydrogen, H = 12.09 wt%
- Sulphur, S = 2.04 wt%
- Nitrogen, N = 0.65 wt%
- Oxygen, O = 2.13 wt%
- Ash, a = 0.01 wt%
- Moisture = 0.5 wt%
- HHV = 18497 Btu/Lb
- LHV = 17619 Btu/Lb
- Specific gravity = 0.9816

Beban 37 MW

Boiler

Input :

~Laju aliran massa dari feed water

$$= 155667 \text{ kg/h}$$

$$= 43.24 \text{ kg/s}$$

~Entalpi dari feed water

$$= 245.98 \text{ kcal/kg}$$

$$= 1028941.92 \text{ joule/kg}$$

Output :

~Laju aliran massa dari boiler steam outlet

$$= 155000 \text{ kg/h}$$

$$= 43.06 \text{ kg/s}$$

~Entalpi dari boiler steam outlet

$$= 813.63 \text{ kcal/kg}$$

$$= 3403476.13 \text{ joule/kg}$$

~Energi panas yang diterima oleh air

$$= 43.06 \text{ kg/s} \times 3403476.13 \text{ joule/kg} -$$

$$43.24 \text{ kg/s} \times$$

$$1028941.92 \text{ joule/kg}$$

$$= 102046249.35 \text{ joule/s}$$

Furnace

Input :

~Laju aliran massa bahan bakar

$$= 9634 \text{ kg/h}$$

$$= 2.68 \text{ kg/s}$$

~Heating value bahan bakar

$$= 9826.54 \text{ kcal/kg}$$

$$= 41105163.64 \text{ joule/kg}$$

~Laju aliran massa udara pembakaran

$$= 143640 \text{ kg/h}$$

$$= 39.90 \text{ kg/s}$$

~Entalpi dari udara pembakaran

$$= 176.14 \text{ kcal/kg}$$

$$= 736816.18 \text{ joule/kg}$$

Output:

*Flue gas

~Laju aliran massa gas buang

$$= 153090 \text{ kg/h}$$

$$= 42.53 \text{ kg/s}$$

~Entalpi dari gas buang

$$= 486932.23 \text{ joule/kg}$$

~Energi panas hasil pembakaran

$$= (2.68 \text{ kg/s} \times 41105163.64 \text{ joule/kg} +$$

$$39.90 \text{ kg/s} \times$$

$$736816.18 \text{ joule/kg}) - (42.53 \text{ kg/s} \times$$

$$486932.23 \text{ joule/kg})$$

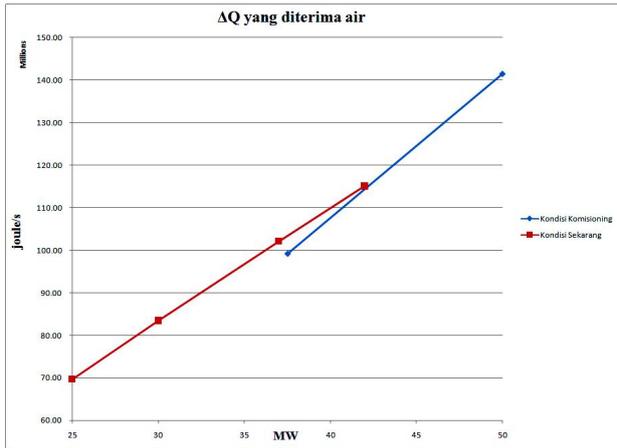
$$= 118694157.63 \text{ joule/s}$$

~Kerugian energi yang tidak ditransfer ke air

$$= 118694157.63 \text{ joule/s} -$$

$$102046249.35 \text{ joule/s}$$

$$= 16647908.29 \text{ joule/s}$$



$$= \text{Dry gas at AH inlet} \times \text{CO wt\% at AH inlet} \times 24.2 \times \dots / (1+\alpha)$$

$$= 0 \%$$

- Kerugian karbon yang tidak terbakar = $81 \times \text{Solid combustibile loss} / \text{HHV} / (1+\alpha) \times$
- = 0

- Kerugian uap untuk sample = $\text{Total sampling losses} / \text{Fuel heat input} / (1+\alpha) \times$
- = 0.02 %

- Kerugian panas adanya kadar air didalam udara pembakaran = $\text{Moisture in air} \times 0.46 \times \text{Uncorrected gas temp at AH outlet} - \text{Temp dry bulb} \times \dots / (1+\alpha)$
- = 0.03 %

- Kerugian uap untuk pengabutan bahan bakar minyak = $\text{Moisture from burner atomizing steam} \times (\text{Saturated steam entalphy at drum} - \text{Feed water entalphy at drum inlet}) \times \dots / (1+\alpha)$
- = 0.02 %

- Kerugian perpindahan panas dan aliran = 0.07 % (American Boiler Manufacturer Association chart)

Perhitungan Heat Loss

Perhitungan efisiensi boiler komisioning

Perhitungan efisiensi ini menggunakan metode kehilangan panas (heat loss). Dari perhitungan ini kita bisa mendapatkan adanya penurunan efisiensi boiler yang diakibatkan oleh kehilangan panas dari sistem yang ada di boiler. Kerugian panas tersebut meliputi :

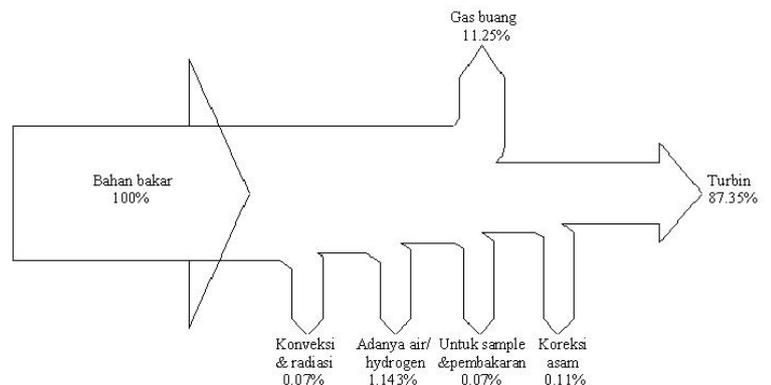
- Kerugian koreksi harga asam = $\dot{A}H_{ac} / \text{HHV} / (1+\alpha) \times$
- = 0.11 %

- Kerugian gas buang kering = $\text{Dry gas at AH inlet} \times 0.24 \times (\text{Uncorrected gas temp at AH outlet} - \text{Temp dry bulb}) \times \dots / (1+\alpha)$
- = 11.25 %

- Kerugian adanya air dalam bahan bakar = $\text{Moisture in fuel} \times \text{Entalphy diff} \times \dots / (1+\alpha)$
- = 0.003 %

- Kerugian untuk pembakaran hidrogen dalam bahan bakar = $\text{Moisture from hydrogen} \times \text{Entalphy diff} \times \dots / (1+\alpha)$
- = 1.14 %

- Kerugian CO



Gambar. Diagram neraca kalor boiler kondisi komisioning

Tabel 4.1 Niraca kalor boiler uap: 3 kondisi kondisioning pada beb m. 37.5 MW

No.	Suplai Kalor	Jumlah	%	No.	Distribusi Kalor	Jumlah's	%
1	Kalor pembakaran	114047821.17	100	1	Steam	103112201.09	87.35
				2	L1	13284649.40	11.25
				3	L2	130839.65	0.11
				4	L3	403539	0.003
				5	L4	1349590.67	1.14
				6	L7	17929.09	0.02
				7	L5	34085.43	0.03
				8	L9	27960.84	0.02
				9	L10	87511.02	0.07
Jumlah		114047821.17	100	Jumlah		118347821.17	100

- Kerugian**
- L1 . Kerugian gas buang
 - L2 . Kerugian koreksi harga asam
 - L3 . Kerugian adanya air dalam bahan bakar
 - L4 . Kerugian untuk pembakaran hidrogen di am bahan bakar
 - L7 . Kerugian uap untuk sample
 - L8 . Kerugian panas untuk udara pembakaran
 - L9 . Kerugian uap untuk penguapan bahan bakar minyak
 - L10 . Kerugian perpindahan panas dan aliran

Perhitungan efisiensi boiler kondisi sekarang

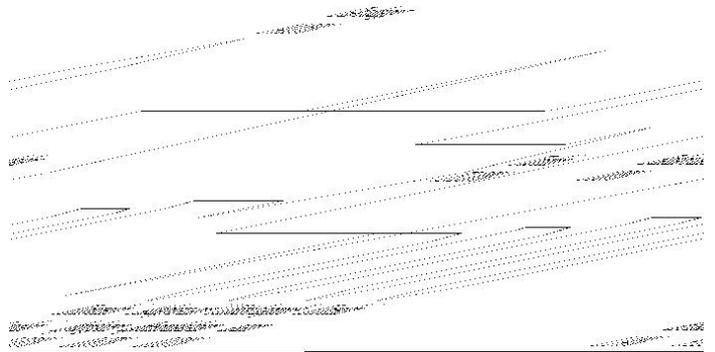
Berikut ini adalah persentase masing-masing rugi tersebut.

- Kerugian koreksi harga asam
 $= \dot{A}H_{ac} / HHV / (1+\alpha) \times$
 $= 0.81 \%$
- Kerugian gas buang kering
 $= \text{Dry gas at AH inlet} \times 0.24 \times$
 $(\text{Uncorrected gas temp at AH outlet - Temp dry bulb}) \times / (1+\alpha)$
 $= 14.85 \%$
- Kerugian adanya air dalam bahan bakar
 $= \text{Moisture in fuel} \times \text{Entalphy diff} \times$
 $/ (1+\alpha)$
 $= 0.001 \%$
- Kerugian untuk pembakaran hidrogen dalam bahan bakar
 $= \text{Moisture from hydrogen} \times \text{Entalphy diff} \times / (1+\alpha)$
 $= 9.33 \%$
- Kerugian CO

$$= \text{Dry gas at AH inlet} \times \text{CO wt\% at AH inlet} \times 24.2 \times / (1+\alpha)$$

$$= 0 \%$$

- Kerugian karbon yang tidak terbakar
 $= 81 \times \text{Solid combustibile loss} / HHV / (1+\alpha) \times$
 $= 0 \%$
- Kerugian uap untuk sample
 $= \text{Total sampling losses} / \text{Fuel heat input} / (1+\alpha) \times$
 $= 0.11 \%$
- Kerugian panas untuk udara pembakaran
 $= \text{Moisture in air} \times 0.46 \times \text{Uncorrected gas temp at AH outlet - Temp dry bulb} \times / (1+\alpha)$
 $= 0.35 \%$
- Kerugian uap untuk pengabutan bahan bakar minyak
 $= \text{Moisture from burner atomizing steam} \times (\text{Saturated steam entalphy at drum} - \text{Feed water entalphy at drum inlet}) \times / (1+\alpha)$
 $= 0.21 \%$
- Kerugian perpindahan panas dan aliran
 $= 1.14 \%$ (American Boiler Manufacturer Association chart)



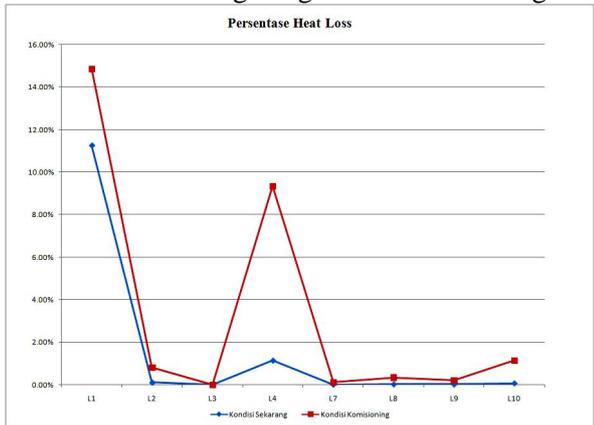
Gambar. Diagram neraca kalor boiler kondisi sekarang

Tabel 4.2 Neraca kalor boiler unit 3 pada kondisi sekarang pada beban 37 MW

No.	Suplai Kalor	joule/s	%	No.	Distribusi Kalor	joule/s	%
1	Kalor pembakaran	139400950.72	100	1	Steam	102046249.35	73.20
				2	L1	20706793.08	14.85
				3	L2	1125770.93	0.81
				4	L3	1199.27	0.001
				5	L4	13006329.47	9.33
				6	L7	158613.77	0.11
				7	L8	483578.58	0.35
				8	L9	286278.52	0.21
				9	L10	1586137.74	1.14
Jumlah		139400950.72	100	Jumlah		139400950.72	100

- Keterangan :
- L1 : Kerugian gas buang
 - L2 : Kerugian koreksi barga asam
 - L3 : Kerugian adanya air dalam bahan bakar
 - L4 : Kerugian untuk pembakaran hidrogen dalam bahan bakar
 - L7 : Kerugian uap untuk sample
 - L8 : Kerugian panas untuk udara pembakaran
 - L9 : Kerugian uap untuk pengabutan bahan bakar minyak
 - L10 : Kerugian perpindahan panas dan aliran

Grafik. Selisih kerugian panas antara kondisi komisioning dengan kondisi sekarang

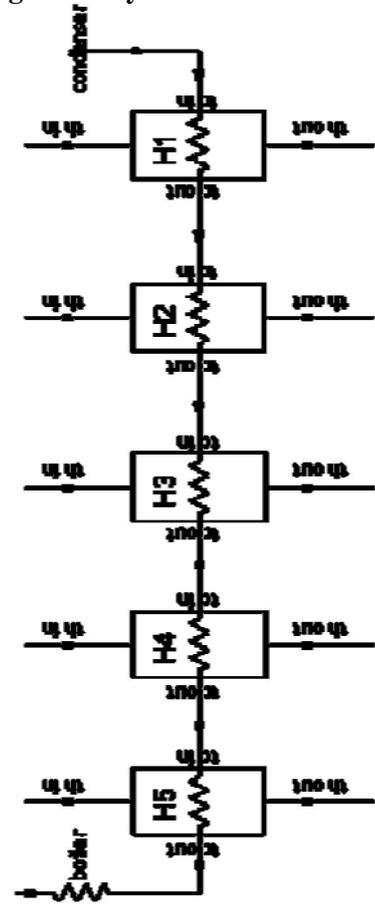


Dari perhitungan diatas, didapat adanya penurunan efisiensi boiler yang diakibatkan oleh kehilangan panas dengan kerugian panas terbesar terjadi pada gas

buang. Semakin tinggi gas buang berarti semakin tinggi panas yang dikeluarkan dari boiler. Hal ini berarti terjadi pemborosan panas yang berdampak pada penurunan efisiensi dari boiler tersebut.

Penyebab naiknya temperatur gas buang boiler diantaranya kurangnya permukaan perpindahan panas dan fouling yang terjadi pada tubing-tubing perpindahan panas. Yang disebabkan oleh kerak, baik yang berasal dari bahan bakar maupun feed water. Naiknya temperatur gas buang juga disebabkan karena turunnya performa air heater. Turunnya efisiensi temperatur pada air heater disebabkan oleh elemen pemanas dari air heater yang

Perhitungan Efisiensi Peralatan Heat Exchanger Penyusun Sistem Boiler



Gambar. Diagram proses aliran pemanas air umpan PLTU Perak

Tabel. LMTD Low Pressure Heater (1)

Beban t (c)	Februari 2009			April 2009			
	37 MW	30 MW	25 MW	30 MW	25 MW	37 MW	42 MW
th in	68.4	64	60.7	64.3	61.8	69.6	71.8
th out	65	62	59	63	60	67	69
tc in	39	36.5	36	39	38.5	41	40.5
tc out	53	48	46	49	46	53	54
LMTD	20.24	20.38	18.54	19.32	18.50	20.95	22.73

Rata-rata LMTD = 20.094 °C

Tabel. LMTD Low Pressure Heater (2)

Beban t (c)	Februari 2009			April 2009			
	37 MW	30 MW	25 MW	30 MW	25 MW	37 MW	42 MW
th in	100.5	95	90.5	95.2	91.3	101.7	104
th out	97	93	88	93	89	99	100
tc in	89	85	80	58	55	62	64
tc out	56	58	54	84	80	88	91
LMTD	21.27	18.94	18.78	20.89	20.61	23.45	22.58

Rata-rata LMTD = 20.931 °C

Tabel. LMTD Deaerator (3)

Beban t (c)	Februari 2009			April 2009			
	37 MW	30 MW	25 MW	30 MW	25 MW	37 MW	42 MW
th in	252	244.7	243.6	237.6	240.7	249	251
th out	139	134	127	132	129	138	144
tc in	92	95	88	92	88	96	100
tc out	129	123	117	121	117	127	132
LMTD	79.00	72.67	74.40	71.60	74.89	75.02	75.38

Rata-rata LMTD = 74.708 °C

Tabel. LMTD High Pressure Heater (4)

Beban t (c)	Februari 2009			April 2009			
	37 MW	30 MW	25 MW	30 MW	25 MW	37 MW	42 MW
th in	292	283	282.4	280.9	280.1	290.8	303.6
th out	171	165	160	164	160	170	174
tc in	134	129	123	128	124	134	139
tc out	163	157	152	156	152	162	165
LMTD	73.67	71.84	74.15	71.46	72.56	72.80	75.28

Rata-rata LMTD = 73.108 °C

Tabel. LMTD High Pressure Heater (5)

Beban t (c)	Februari 2009			April 2009			
	37 MW	30 MW	25 MW	30 MW	25 MW	37 MW	42 MW
th in	338	327.8	325.3	325.7	323	336.7	350.8
th out	199	192	185	192	185	199	204
tc in	168	163	158	162	159	168	171
tc out	205	96	86	193	189	202	207
LMTD	70.04	97.57	97.30	69.07	65.86	70.59	75.28

Rata-rata LMTD = 77.958 °C

Tabel. LMTD Air Heater

Beban t (c)	Februari 2009			April 2009			
	37 MW	30 MW	25 MW	30 MW	25 MW	37 MW	42 MW
th in	424	401	387	592.7	377.4	404.6	415.8
th out	181	168	161	166.7	154.8	172.5	178.5
tc in	68	68	67	70.8	68.6	68.2	68.9
tc out	277	261	253	297.2	286.9	306	312.9
LMTD	129.26	118.88	112.82	177.37	88.33	101.42	106.21

Rata-rata LMTD = 119.184 °C

Perbandingan nilai temperatur LMTD air heater kondisi komisioning dengan kondisi sekarang.

Beban t (c)	Komisioning
	37.5 MW
th in	398
th out	156.5
tc in	62.8
tc out	310
LMTD	87.90

Beban t (c)	Sekarang
	37 MW
th in	404.6
th out	172.5
tc in	62.8
tc out	306
LMTD	101.42

Kondisi peralatan heat exchanger “Air heater” terjadi kenaikan temperatur LMTD sebesar 13.52 °C. Dengan demikian kondisi peralatan tersebut mengalami penurunan kinerja penyerapan panas sebesar 15.38 % dari saat komisioning.

Pembahasan Unjuk Kerja Boiler dan Air Heater

Unjuk kerja boiler

Hasil perhitungan unjuk kerja boiler menunjukkan bahwa untuk menghasilkan daya listrik sebesar ±37.25 MW pada kondisi komisioning dibutuhkan laju bahan bakar sebanyak 2.57 kg/s. Sedangkan pada kondisi sekarang untuk menghasilkan daya listrik yang sama dibutuhkan laju bahan bakar sebanyak 2.68 kg/s. Dengan demikian untuk menghasilkan daya listrik yang sama (±37.25 MW) mengalami kenaikan konsumsi bahan bakar sebesar 4.28 %.

Untuk kebutuhan udara pembakaran dalam menghasilkan daya listrik sebesar ±37.25 MW pada kondisi komisioning dibutuhkan laju udara bakar sebanyak 39.90 kg/s. Sedangkan pada kondisi sekarang untuk menghasilkan daya listrik yang sama dibutuhkan laju udara bakar sebanyak 38.01 kg/s. Dengan demikian untuk menghasilkan daya listrik yang sama (±37.25 MW) boiler unit 3 mengalami kenaikan konsumsi udara bakar sebesar 4.97 %.

Kebutuhan feed water untuk menghasilkan daya listrik ±37.25 MW pada kondisi komisioning sebanyak 38.77 kg/s, Sedangkan pada kondisi sekarang untuk menghasilkan daya listrik yang sama diperlukan laju feed water sebanyak 43.24 kg/s. Dengan demikian boiler unit 3 dalam menghasilkan daya listrik yang sama mengalami kenaikan feed water sebesar 11.53 %.

Kalor pembakaran yang dibutuhkan untuk menghasilkan daya listrik ±37.25 MW pada kondisi komisioning sebanyak 118047821.17 Joule/s. Sedangkan pada kondisi sekarang untuk menghasilkan daya listrik yang sama diperlukan kalor pembakaran sebanyak 139400950.72 Joule/s. Dengan demikian boiler unit 3 dalam menghasilkan daya listrik yang sama mengalami kenaikan kalor pembakaran sebesar 18.1 %.

Hasil analisa yang didapat menunjukkan bahwa unjuk kerja boiler unit 3 PLTU PT. Indonesia Power unit bisnis pembangkitan Perak mengalami penurunan performance sebesar 14.15 %. Ini dapat dilihat bahwa pada saat komisioning, efisiensi boiler unit 3 sebesar 87.35 %, sedangkan pada kondisi sekarang sebesar 73.20 %.

Dari analisa yang didapat menunjukkan bahwa unjuk kerja boiler unit 3 pada kondisi sekarang jika dioperasikan pada beban 42 MW menghasilkan efisiensi 73.81

%, jika dioperasikan pada beban 30 MW menghasilkan efisiensi 72.42 %, dan jika dioperasikan pada beban 25 MW menghasilkan efisiensi 71.98 %.

Faktor kehilangan panas terbesar pada boiler unit 3, adalah diakibatkan oleh gas buang. Sebagaimana pada kondisi komisioning sebesar 11.25 % dari total hasil kalor pembakaran, dan pada kondisi sekarang menjadi 14.85 % atau meningkat 3.6 %.

Analisa diatas menggambarkan bahwa kondisi boiler unit 3 telah mengalami penurunan unjuk kerja, sehingga berpengaruh terhadap penurunan daya yang dihasilkan over all unit 3 PLTU PT. Indonesia Power UBP Perak. Penurunan unjuk kerja tersebut bisa diakibatkan oleh banyak hal, berikut adalah faktor-faktor yang mempengaruhi unjuk kerja boiler tersebut.

Faktor laju udara bersih yang disuplai melewati air heater. Boiler harus dioperasikan dengan laju aliran udara yang lebih dari kebutuhan udara teoritis yang dihitung berdasarkan analisa gas asap. Tetapi udara berlebih yang terlalu banyak juga akan mengakibatkan terjadinya losses karena pengambilan panas sendiri oleh udara berlebih untuk dibawa bersama gas buang, untuk itulah dilakukan analisa gas asap untuk menentukan kebutuhan udara actual (W udara actual).

Faktor burner, fungsi burner adalah untuk mencampur bahan bakar dan udara dengan proporsi yang sesuai untuk terjadinya penyalaan api dan untuk menjaga kondisi pembakaran yang terus menerus berjalan dengan baik. Burner yang tidak disetel dengan baik akan mengakibatkan pencampuran udara dan bahan bakar tidak sesuai dan pada setiap laju pembebanan akan meningkatkan kebutuhan udara berlebih dan memboroskan bahan bakar sehingga efisiensi boiler akan turun.

Temperatur udara pembakaran juga merupakan faktor yang mempengaruhi efisiensi boiler, temperatur udara pembakaran dapat dinaikkan dengan memanfaatkan temperatur gas buang yang tinggi melalui air heater, efisiensi boiler dapat ditingkatkan sebesar 1% pada setiap kenaikan temperatur udara pembakaran sebesar 20 °C. (UNEP, 2008)

Fouling merupakan faktor utama yang mempengaruhi efisiensi boiler. Fouling yaitu terjadinya deposit ataupun kerak pada permukaan perpindahan panas yang dapat

mengakibatkan tidak efisiensinya hasil pembakaran sehingga mengakibatkan temperatur gas buang akan tinggi.

Blowdown juga berpengaruh terhadap efisiensi boiler. Endapan yang terbentuk didinding tube pada sisi air dapat mengurangi efisiensi dan bahkan kerak dapat merusak tube karena over heating. Endapan-endapan tersebut disebabkan oleh tingginya konsentrasi suspended solids dan dissolved solids, hal itu juga dapat menyebabkan terbentuknya busa (foam) sehingga menyebabkan carry over. Oleh karena itu konsentrasi solids harus dijaga pada kondisi tertentu, dan ini dilakukan dengan proses blowdown, dimana air dibuang keluar dan segera digantikan oleh air umpan boiler. Karena blowdown adalah air yang dikeluarkan dalam keadaan temperatur tinggi, maka hal ini merupakan pembuang panas yang mengakibatkan penurunan efisiensi.

Faktor lainnya adalah pemanfaatan kondensat, bila uap air memberikan energi termal kedalam suatu sistem proses, panas yang diserap oleh proses umumnya adalah panas latennya, sedangkan kondensatnya yang masih membawa panas sensible akan meninggalkan sistem proses pada temperatur tinggi. Mengingat kondensat pada dasarnya adalah air murni dengan temperatur tinggi, maka sejauh tidak terkontaminasi kondensat dapat dimanfaatkan sebagai air umpan boiler yang ideal. Kontaminasi kondensat adalah salah satu hal yang tidak memungkinkan kondensat untuk dimanfaatkan sebagai air umpan, sebagai alternatif, panas yang ada pada kondensat dapat dimanfaatkan melalui heat exchanger.

Faktor lain yang juga mempengaruhi efisiensi adalah data ultimate residu, sebagai mana dapat kita bandingkan bahwa high heating value (nilai panas tertinggi) residu yang digunakan pada saat komisioning lebih besar 113 kcal/kg dari pada yang digunakan pada kondisi sekarang. Hal ini jelas berpengaruh terhadap proses pembakaran yang terjadi. Proses pembakaran akan menghasilkan energi panas yang lebih tinggi jika bahan bakar yang digunakan memiliki HHV yang tinggi, begitu pula sebaliknya. Kandungan karbon, hidrogen, nitrogen, oksigen, sulphur, moisture, ashcontent dalam bahan bakar residu juga berpengaruh terhadap hasil dari proses pembakaran. Karbon, hidrogen dan sulphur merupakan konstituen

yang terbakar. Lain halnya dengan nitrogen yang akan terbakar hanya dengan temperatur pembakaran yang tinggi, tetapi hal ini dapat mengakibatkan terjadinya polusi udara karena nitrogen akan bereaksi menjadi NOx.

Unjuk kerja air heater

Unjuk kerja air heater unit 3 telah mengalami penurunan daya serap kalor pada heating transfer elemen-nya sebesar 15.38 %. Ini bisa dilihat dari nilai LMTD yang meningkat dari 87.90 °C pada saat komisioning, menjadi 101.42 °C pada kondisi sekarang. Penurunan ini bisa diakibatkan oleh beberapa hal, berikut ini faktor-faktor yang mempengaruhi performansi air heater tersebut.

Proses pembakaran yang kurang sempurna (komposisi bahan bakar dengan udara bakar tidak proporsional) sehingga akan berakibat adanya sisa karbon yang tidak terbakar, sisa karbon ini akan keluar bersama gas buang lalu akan terperangkap dan menempel pada elemen air heater. Sedangkan temperatur gas masuk pada air heater $\pm 300^{\circ}\text{C}$ maka dapat menyebabkan sisa karbon bahan bakar terbakar di elemen air heater, sehingga berdampak pada penurunan performansi air heater

Kualitas bahan bakar yang rendah, sehingga masih terdapat kandungan bahan bakar yang tidak terbakar dan seperti penjelasan diatas akan menempel pada elemen bersama dengan keluarnya gas buang sehingga dapat mengakibatkan kotorannya air heater dan terbakarnya air heater.

Terjadinya kondensasi akibat perbedaan temperatur antara udara bakar yang masuk ke boiler dengan gas buang yang keluar dari boiler. Hal ini akan menimbulkan kerusakan pada material elemen pemanas yang menjadikan elemen tersebut lapuk dan keropos.

Kurang sempurnanya pembersihan air heater pada waktu water washing, sehingga kotoran, terak, jelaga, fosfor masih terdapat pada elemen pemanas sehingga berdampak pada penurunan daya serap kalor pada heating transfer elemen-nya.

Pembahasan boiler

Efisiensi boiler unit 3 mengalami penurunan panas sebesar 4.17%. Penurunan ini bisa diakibatkan oleh banyak hal, berikut

adalah faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi boiler tersebut.

Faktor laju udara bersih yang disuplai melewati air heater. Boiler harus dioperasikan dengan laju aliran udara yang lebih dari kebutuhan udara teoritis yang dihitung berdasarkan analisa gas asap. Tetapi udara berlebih yang terlalu banyak juga akan mengakibatkan terjadinya losses karena pengambilan panas sendiri oleh udara berlebih untuk dibawa bersama gas buang, untuk itulah dilakukan analisa gas asap untuk menentukan kebutuhan udara actual (W udara actual).

Faktor burner, fungsi burner adalah untuk mencampur bahan bakar dan udara dengan proporsi yang sesuai untuk terjadinya penyalaan api dan untuk menjaga kondisi pembakaran yang terus menerus berjalan dengan baik. Burner yang tidak disetel dengan baik akan mengakibatkan pencampuran udara dan bahan bakar tidak sesuai dan pada setiap laju pembebanan akan meningkatkan kebutuhan udara berlebih dan memboroskan bahan bakar sehingga efisiensi boiler akan turun.

Temperatur udara pembakaran juga merupakan faktor yang mempengaruhi efisiensi boiler, temperatur udara pembakaran dapat dinaikkan dengan memanfaatkan temperatur gas buang yang tinggi melalui air heater, efisiensi boiler dapat ditingkatkan sebesar 1% pada setiap kenaikan temperatur udara pembakaran sebesar 25 °C. (Heru P, 2004)

Fouling merupakan faktor utama yang mempengaruhi efisiensi boiler. Fouling yaitu terjadinya deposit ataupun kerak pada permukaan perpindahan panas yang dapat mengakibatkan tidak efisiensinya hasil pembakaran sehingga mengakibatkan temperatur gas buang akan tinggi.

Blowdown juga berpengaruh terhadap efisiensi boiler. Endapan yang terbentuk didinding tube pada sisi air dapat mengurangi efisiensi dan bahkan kerak dapat merusak tube karena over heating. Endapan-endapan tersebut disebabkan oleh tingginya konsentrasi suspended solids dan dissolved solids, hal itu juga dapat menyebabkan terbentuknya busa (foam) sehingga menyebabkan carry over. Oleh karena itu konsentrasi solids harus dijaga pada kondisi tertentu, dan ini dilakukan dengan proses blowdown, dimana air dibuang keluar dan segera digantikan oleh air umpan boiler. Karena blowdown adalah air yang

dikeluarkan dalam keadaan temperatur tinggi, maka hal ini merupakan pembuang panas yang mengakibatkan penurunan efisiensi.

Faktor yang keempat adalah pemanfaatan kondensat, bila uap air memberikan energi termal kedalam suatu sistem proses, panas yang diserap oleh proses umumnya adalah panas latennya, sedangkan kondensatnya yang masih membawa panas sensible akan meninggalkan sistem proses pada temperatur tinggi. Mengingat kondensat pada dasarnya adalah air murni dengan temperatur tinggi, maka sejauh tidak terkontaminasi kondensat dapat dimanfaatkan sebagai air umpan boiler yang ideal. Kontaminasi kondensat adalah salah satu hal yang tidak memungkinkan kondensat untuk dimanfaatkan sebagai air umpan, sebagai alternatif, panas yang ada pada kondensat dapat dimanfaatkan melalui heat exchanger.

Faktor lain yang juga mempengaruhi efisiensi adalah data ultimate residu, sebagai mana dapat kita bandingkan bahwa high heating value (nilai panas tertinggi) residu yang digunakan pada saat komisioning lebih besar 113 kcal/kg dari pada yang digunakan pada kondisi sekarang. Hal ini jelas berpengaruh terhadap proses pembakaran yang terjadi. Proses pembakaran akan menghasilkan energi panas yang lebih tinggi jika bahan bakar yang digunakan memiliki HHV yang tinggi, begitu pula sebaliknya. Kandungan karbon, hidrogen, nitrogen, oksigen, sulphur, moisture, ashcontent dalam bahan bakar residu juga berpengaruh terhadap hasil dari proses pembakaran. Karbon, hidrogen dan sulphur merupakan konstituen yang terbakar. Lain halnya dengan nitrogen yang akan terbakar hanya dengan temperatur pembakaran yang tinggi, tetapi hal ini dapat mengakibatkan terjadinya polusi udara karena nitrogen akan bereaksi menjadi NOx.

Pembahasan air heater

Performansi air heater unit 3 telah mengalami penurunan daya serap kalor pada heating transfer elemen-nya, ini bisa dilihat dari nilai LMTD yang tinggi. Penurunan ini bisa diakibatkan oleh beberapa hal, berikut ini faktor-faktor yang mempengaruhi performansi air heater tersebut.

Proses pembakaran yang tidak sempurna (komposisi bahan bakar dengan udara bakar tidak proporsional) sehingga akan

berakibat adanya sisa karbon yang tidak terbakar, sisa karbon ini akan keluar bersama gas buang lalu akan terperangkap dan menempel pada elemen air heater. Sedangkan temperatur gas masuk pada air heater $\pm 160^{\circ}\text{C}$ sehingga dapat menyebabkan sisa karbon bahan bakar terbakar di elemen air heater, dan berdampak pada penurunan performansi air heater

Kualitas bahan bakar rendah, sehingga masih terdapat kandungan bahan bakar yang tidak terbakar dan seperti penjelasan diatas akan menempel pada elemen bersama dengan keluarnya gas buang sehingga dapat mengakibatkan kotornya air heater dan terbakarnya air heater.

Terjadinya kondensasi akibat perbedaan temperatur antara udara bakar yang masuk ke boiler dengan gas buang yang keluar dari boiler. Hal ini akan menimbulkan kerusakan pada material elemen pemanas yang menjadikan elemen tersebut lapuk dan keropos.

Kurang sempurnanya pembersihan air heater pada waktu water washing, sehingga kotoran, terak, jelaga, fosfor masih terdapat pada elemen pemanas sehingga berdampak pada penurunan daya serap kalor pada heating transfer elemen-nya.

Kesimpulan

- Boiler unit 3 di PLTU PT. Indonesia Power UBP Perak mengalami penurunan unjuk kerja sebesar 14.15 %. Dari performance 87.35 % pada saat komisioning, menjadi 73.20 % pada kondisi sekarang.
- Unjuk kerja boiler unit 3 pada kondisi sekarang jika dioperasikan pada beban 42 MW, 30 MW, dan 25 MW, masing-masing menghasilkan performance sebesar 73.81 %, 72.42 %, dan 71.98 %.
- Hasil perhitungan unjuk kerja boiler menunjukkan bahwa untuk menghasilkan daya listrik yang sama (37.25 MW) pada kondisi sekarang terjadi kenaikan dibanding pada kondisi komisioning. Kenaikan tersebut meliputi : bahan bakar naik 4.28 %, udara pembakaran naik 4.97 % dan feed water naik 11.53 %.
- Faktor kehilangan panas terbesar pada boiler unit 3 diakibatkan oleh gas buang. Sebagaimana pada kondisi komisioning sebesar 11.25 %, dan pada kondisi

sekarang sebesar 14.85 % dari total kalor pembakaran atau meningkat 3.6 %.

- Unjuk kerja peralatan air heater mengalami penurunan kinerja penyerapan panas sebesar 15.38 % dibanding pada saat komisioning.

Saran

- Untuk meningkatkan efisiensi boiler perlunya pembersihan pipa-pipa boiler secara berkala dengan menggunakan water jet cleaning (chemical cleaning) untuk menghilangkan kotoran dan kerak dalam pipa-pipa boiler.
- Log mean temperature different pada air heater harus dijaga sekecil mungkin yaitu dengan melakukan pengamatan berkala terhadap kinerja heating transfer element dan meningkatkan performansi pembakaran supaya temperatur gas buang tidak bertambah lagi.
- Pada air heater, jika soot blowing sudah dilakukan dengan benar tetapi masih terdapat deposit dalam heating transfer element, maka lakukan metode water washing untuk menghilangkan deposit tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- § Asean Brown Boverly “Combustion Fossil Power, Combustion Engineering” INC, Windsor Connecticut. 1991.
- § Asean Brown Boverly “Operation Manual Boiler” Volume IX, New York. 1994

- § Djokosetyardjo.M.J, “Ketel Uap” Pradnya Paramita, Jakarta, 2003
- § Frank P. Incropera, David P. De Witt. “Fundamental of Heat and Mass Transfer” Edisi ke empat, John wiley dan Sons, New York, 1996
- § Harahap F, “Termodinamika Teknik” Erlangga, Jakarta, 1994
- § J.P. Holman, “Perpindahan Kalor” Erlangga Ciracas, Jakarta 13740. 1997
- § Luhu, “Audit Heat Balance pada Power Plant di PT. Indonesia Power” Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, FTK-ITS, Surabaya, 2006
- § Michael F Modest, “Radiative Heat Transfer” Mc Graw Hill, Inc. Princeton Road s-1 Highstown NJ 68520
- § Muin S.A, “Pesawat-Pesawat Konversi Energi I (Ketel Uap)” Rajawali, Jakarta, 1988
- § Nursuhud D, “Mesin Konversi Energi” Andi, Yogyakarta, 2006
- § UNEP, “Boiler & Pemanas Fluida Thermsis” United Nation Environment Program, 2008
- § Widhi H. Dhimas, “Simulasi Kebutuhan Udara Pembakaran Boiler PLTU Indonesia Power Unit Bisnis Pembangkitan Perak” Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, FTK-ITS, Surabaya, 2009
- § www.Ljungstrom.com/air