

KINERJA *BOILER* FBL-500 DI IEBE

Suhatno, Yuwono, Kusyanto, Ahmad Paid
Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir - BATAN

ABSTRAK

KINERJA *BOILER* FBL-500 IEBE. Di *Instalation Elemen Bakar Eksperimental* (IEBE) ada instalasi *Pilot Conversion Plant* (PCP) untuk proses konversi *yellow cake* menjadi UO_2 derajat nuklir. Pada konversi *yellow cake* menjadi UO_2 di proses pelarutan seksi 300, proses pemekatan seksi 600, memerlukan uap dari *boiler* sebagai media pemanasnya. Agar kebutuhan uap di PCP untuk mendukung proses konversi *yellow cake* menjadi UO_2 dapat terpenuhi dengan optimal dan keselamatannya terjamin, maka dilakukan evaluasi kinerja *boiler*. Evaluasi kinerja *boiler* dilakukan selama pengoperasian dari tahun 2012 s.d. tahun 2015. Metode yang dilakukan untuk evaluasi *boiler* yaitu dengan cara pemantauan dan pencatatan pada parameter operasi. Hasil pemantauan dan pencatatan dalam bentuk tabel, kemudian dibandingkan dengan data dari buku manualnya dan dievaluasi. *Boiler* FBL-500 mempunyai tekanan maksimal/*desain* 1034 kPa, kapasitas uap 1684 LB/HR, pada temperatur 190 °C (dibaca dari grafik tekanan vs temperatur). Pengoperasian sistem *boiler* FBL-500 di IEBE *disetting* pada tekanan 600 kPa, pada temperatur 173 °C masih dibawah tekanan *desain* dari operasi *boiler* FBL-500, sehingga secara keseluruhan parameter operasi yang diperolehpun masih dalam batas aman. Untuk menjaga keselamatan personil yang mengoperasikan *boiler* harus menggunakan peralatan APD yang sesuai.

Kata kunci: Kinerja, *boiler*, IEBE

PENDAHULUAN

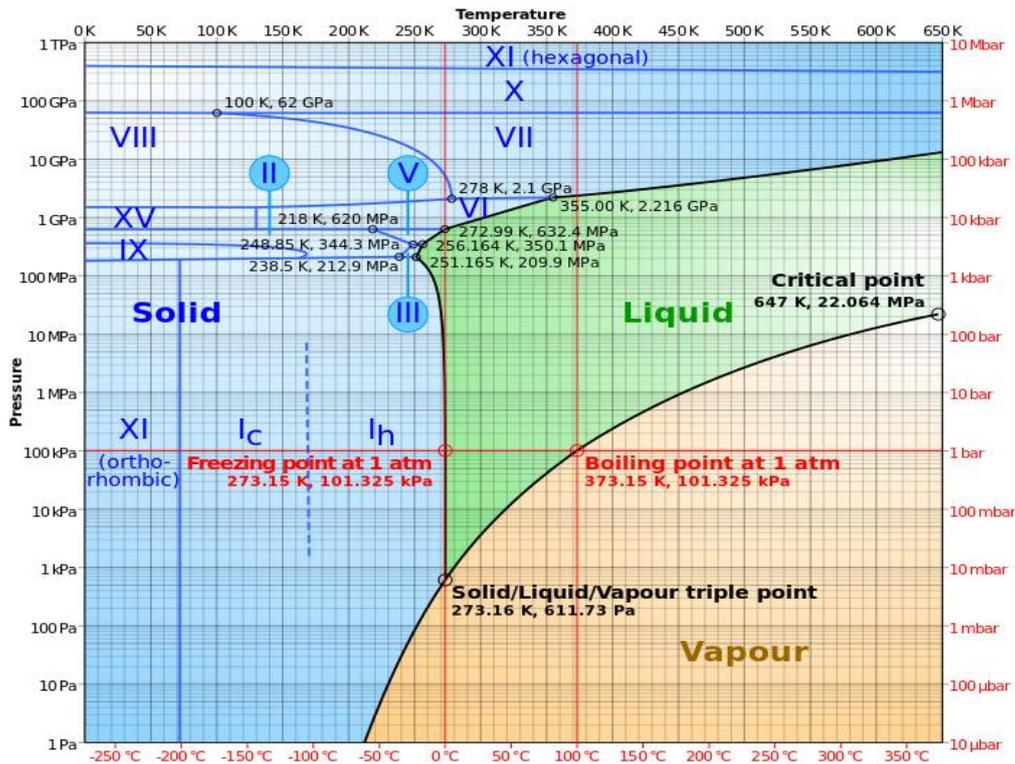
Boiler FBL-500 yang ada di IEBE adalah *tipe vertical electric boiler*, dengan pemanas menggunakan energi listrik. Bagian utama sistem *boiler* terdiri dari Sistem Air Umpan, Sistem Pemanas dan Sistem Uap. Sistem Air Umpan menyediakan air untuk *boiler* secara otomatis sesuai dengan kebutuhan uap. Penanganan air umpan diperlukan sebagai bentuk pemeliharaan untuk mencegah terjadi kerusakan dari *boiler*. Sistem Pemanas adalah semua peralatan yang digunakan untuk mendukung pemanas digunakan, agar dapat menghasilkan panas sesuai dengan panas yang dibutuhkan. Sistem Uap berfungsi untuk memproduksi, mengumpulkan dan mengontrol uap/ *steam* dalam *boiler*. Uap dialirkan melalui sistem pemipaan dengan mengatur *valve* dan dipantau dengan manometer tekanan. *Boiler* FBL-500 dioperasikan pada tekanan 600 KPa, pada tekanan 600 KPa suhu steam mencapai 173 °C.

Uap yang dihasilkan digunakan untuk proses di laboratorium *Pilot Conversion Plant* (PCP), yang merupakan bagian dari laboratorium *Fuel Fabrication Laboratory* (FFL), dan untuk proses pembuatan air panas. Saat ini uap digunakan hanya pada proses pelarutan *yellow cake* (seksi 300) dari PCP. Proses pelarutan uranium dalam fase padat diawali dengan melarutkan *yellow cake* atau gagal dengan asam nitrat dalam tangki pelarutan DI-301. Pemanasan dilakukan dengan mengalirkan uap pada tangki tersebut dengan sistem *jacketing* pada suhu kisaran 125 °C, selesainya proses ditunjukkan

dengan tidak adanya perubahan densitas dari *yellow cake*. Pada proses pemekatan larutan uranil nitrat pada konsentrasi awal ± 60 gU/l dibutuhkan media uap pada kisaran temperatur $125\text{ }^{\circ}\text{C}$ yang dilakukan selama beberapa jam sehingga dihasilkan konsentrasi uraniumnya ± 200 gU/l^[3]. Evaluasi kinerja *boiler* FBL-500 di IEBE untuk mendapatkan operasi yang optimal untuk mendukung proses di PCP dan keselamatan selama boiler tersebut digunakan.

TEORI

Uap atau *steam* merupakan gas yang dihasilkan dari proses penguapan, dengan bahan baku air bersih, yang telah melalui proses *water treatment*, yang dialirkan menggunakan pompa ke tangki umpan dan ke *boiler*. Energi kalor yang dibangkitkan pada sistem *boiler* menggunakan listrik untuk merubah air menjadi uap sehingga memiliki nilai tekanan, temperatur, dan laju aliran. Berdasarkan ketiga hal tersebut sistem *boiler* mengenal keadaan tekanan temperatur rendah (*low pressure-temperature*) dan tekanan temperatur tinggi (*high pressure-temperature*)^[4]. Dengan perbedaan itu *steam boiler* dapat dimanfaatkan untuk memanaskan cairan, menjalankan suatu mesin, membangkitkan energi listrik dengan mengubah energi kalor menjadi energi mekanik yang kemudian digunakan sebagai pemutar generator sehingga menghasilkan energi listrik. Namun ada juga yang menggabungkan kedua sistem *boiler* tersebut, dan memanfaatkan tekanan temperatur tinggi untuk membangkitkan energi listrik atau untuk proses. Dengan meningkatnya suhu dan air telah mendekati kondisi didihnya, beberapa molekul mendapatkan energi kinetik yang cukup untuk mencapai kecepatan yang sewaktu-waktu lepas dari cairan ke ruang di atas permukaan, sebelum jatuh kembali ke cairan. Pemanasan lebih lanjut menyebabkan eksitasi lebih besar, dan sejumlah molekul dengan energi cukup tinggi sehingga semakin meningkatkan jumlah uap yang meninggalkan cairan. Dalam perubahan air menjadi uap yang memiliki tekanan dan temperatur yang tinggi, maka pengoperasian *boiler* harus memperhatikan batasan operasi. Hal ini dapat diketahui dari grafik tekanan vs temperatur uap pada Gambar 1. Dari grafik pada Gambar 1, pada tekanan 1034 kPa atau sekitar 1 MPa, *vapour* maksimum pada temperatur sekitar $190\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Gambar 1. Tekanan vs temperatur uap [5]

Deskripsi Boiler

Boiler yang digunakan adalah jenis ketel uap listrik (*electric boiler*) dengan kapasitas uap 1684 lb/hr dengan tekanan maksimum 1000 KPa. Sistem *boiler* terdiri dari sistem air umpan, sistem *steam*, dan sistem bahan bakar/pemanas. Sistem air umpan menyediakan air untuk *boiler* secara otomatis sesuai dengan kebutuhan *steam*, sedangkan sistem *steam* mengumpulkan dan mengontrol produksi *steam* dalam *boiler*. *Steam* dialirkan melalui sistem pemipaan ke titik pengguna. Pada keseluruhan sistem, tekanan *steam* diatur menggunakan *valve* dan dipantau dengan alat pemantau tekanan/*pressure gauge*.

Spesifikasi teknis *boiler* adalah

Model	: <i>Vertical electric boiler</i>
Merk / Tipe	: Fulton / FBL-500
Tahun pembuatan	: 2011
Pabrik pembuat	: Fulton Boiler Works Inc. USA
Negara pembuat	: China
Daya	: 500 kW / 50 HP
Tinggi	: 1905 mm
Diameter	: 1118 mm
Berat	: 830 kg
Jumlah elemen pemanas	: 7 buah (kondisi baik semua).
Kapasitas air	: 738 liter
Output	: 430 kkal/jam
Steam output	: 765 kg/jam

Bagian utama boiler (Gambar 2)

1. Drum air berfungsi untuk menampung air boiler dan ruang uap;
2. Panel *electric control* berfungsi untuk mengontrol operasi boiler;
3. Gelas penduga (*sight glass*) berfungsi untuk mengetahui batas/level permukaan air dalam drum, untuk memudahkan pengontrolan air dalam ketel selama operasi;
4. Katup *inlet* air berfungsi untuk pengisian air boiler dari tangki umpan;
5. Pompa air berfungsi untuk mengisi air dari tangki umpan ke drum;
6. *Safety valve* berfungsi untuk mengamankan drum boiler dari tekanan uap yang lebih, alat ini bekerja membuang uap apabila tekanan melebihi dari tekanan yang telah ditentukan sesuai dengan penyetelan katup alat ini. Umumnya pada katup pengaman tekanan pada katup pengaman uap kering tekanannya 10 kg/cm²;
7. *Steam outlet valve* berfungsi untuk mengatur aliran uap dari drum ke pengguna;
8. *Blowdown valve* berfungsi untuk menmbuang endapan pada dasar drum;
9. Manometer berfungsi untuk mengetahui tekanan dalam drum, alat pengukur tekanan uap di dalam ketel yang dipasang satu buah untuk tekanan uap panas lanjut. Untuk menguji kebenaran penunjukan alat ini, pada setiap manometer dipasang *valve* yang digunakan untuk memasang manometer penara (manometer tera);
10. Elemen pemanas (*heater*) berfungsi untuk memanaskan air menjadi uap di dalam drum.



Gambar 2. Fasilitas sistem boiler

METODOLOGI

Metode yang dilakukan dengan cara memantau dan mencatat beberapa parameter, meliputi arus pemanas menggunakan *current tap* yang dapat diperoleh pada panel utama, arus pompa umpan dengan menggunakan tang amper merk Krisbow tipe KW06-267, tekanan operasi yang dapat diperoleh dari indikasi pada manometer yang ada di *body boiler* dan temperatur uap dari termometer dekat *valve output steam*. Pemantauan dan pengambilan data operasi dilakukan setiap operasi *boiler* berlangsung dari tahun 2012 sampai tahun 2015. Lembar data hasil pemantauan operasi dalam bentuk tabel. Perbandingan tabel pemantauan dengan data dari buku manual *boiler* FBL-500 sebagai evaluasi untuk mengetahui kondisi kinerja *boiler* FBL-500 tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uap (*steam*) adalah salah satu media yang dibutuhkan untuk proses di laboratorium *Pilot Conversion Plant* (PCP), laboratorium *Fuel Fabrication Laboratory* (FFL), dan proses pembuatan air panas. Saat ini uap digunakan pada proses pelarutan *yellow cake* (seksi 300) PCP. Proses pelarutan uranium dalam fase padat diawali dengan melarutkan *yellow cake* atau gagal dengan asam nitrat dalam tangki pelarutan DI-301. Pemanasan dilakukan dengan mengalirkan uap pada tangki tersebut dengan sistem *jacketing* pada suhu kisaran 125 °C, selesainya proses ditandai dengan tidak terjadi perubahan densitas dari *yellow cake*. Pada proses pemekatan larutan uranil nitrat pada konsentrasi awal ± 60 gU/l dibutuhkan media uap pada kisaran temperatur 125 °C selama beberapa jam sehingga dihasilkan konsentrasi uraniumnya ± 200 gU/l. Hasil pemantauan data operasi yang dilakukan sejak tahun 2012 dapat dilihat seperti pada table 1.

Tabel 1. Data operasi *boiler*

NO	URAIAN	TAHUN								Ket
		2012		2013		2014		2015		
		Smt 1	Smt 2							
1	Tegangan (Volt)	400	400	400	400	400	400	400	400	Sesuai buku manual
2	Arus listrik <i>boiler</i> (A)	600	600	600	600	600	600	600	600	Sesuai buku manual
3	Arus pompa umpan (A)	2,7	2,7	2,8	2,7	2,8	2,8	2,7	2,8	Aman
4	Tekanan boiler (KPa)	600	600	600	600	600	600	600	600	Aman
5	Temperatur uap (°C)	173	173	173	173	173	173	173	173	Sesuai grafik
6	Kapasitas uap (LB/HR)	-	-	-	-	-	-	-	-	Alat rusak

Tabel 2. Batasan kerja FBL-500^[1]

No	Uraian	Batasan	Ket.
1	Tegangan (Volt)	480	
2	Arus pemanas (Ampere)	607	
3	Tekanan kerja mak (Kpa)	1034	
4	Kapasitas uap (LB/HR)	1684	

Data operasi *boiler* yang diperoleh dibandingkan dengan data dari buku manual boiler FBL-500. data tersebut meliputi; tegangan 400 Volt (sesuai buku manual), arus pemanas 600 amper (sesuai buku manual), arus pompa 2,7 s.d. 2,8 amper (aman), tekanan operasi boiler 600 kPa (aman) sedangkan data kapasitas uap tidak bisa dibandingkan dan dibahas karena alat pengukur kapasitas uap dalam kondisi rusak. *Boiler* dioperasikan pada tekanan 600 KPa dan panas uap dari *boiler* yang ditunjukkan termometer yang terpasang di *header* uap, yaitu 173°C, sedangkan menurut buku manual Boiler FB-500 operasi maksimalnya 1034 KPa dan mengacu pada gambar.1 pada tekanan 1034 °C suhu steam mencapai 190 °C. mampu untuk memenuhi kebutuhan di laboratorium PCP yang membutuhkan panas uap 125 °C. Dari uraian di atas dapat dikatakan bahwa kinerja *boiler* FBL-500 tidak terjadi penurunan dan mampu melayani kebutuhan proses di laboratorium PCP.

Dari aspek keselamatan, Operator yang mengoperasikan *boiler* harus menggunakan alat pelindung diri (APD) yang sesuai meliputi; sepatu kerja, pakaian kerja, helmet berpelindung muka, sarung tangan tahan panas, dan lainnya untuk menjaga keselamatan. Panas akibat diperasikannya *boiler* dapat meningkatkan temperatur ruangan dan menjadi kurang segar, hal ini dapat diatasi dengan mengoperasikan dua unit *blower* yang terpasang di atap (*roof fan*) yaitu RF 01 dan RF 02. Seluruh kegiatan yang berkaitan dengan operasi *boiler* didokumentasikan agar dapat diperoleh data terkait aspek teknis maupun keselamatan.

KESIMPULAN

Hasil evaluasi berdasarkan data parameter operasi (sejak tahun 2012 s/d 2015) yang dibandingkan spesifikasinya, menunjukkan *Boiler* FBL-500 yang berada di ruang CR 42 IEBE masih dalam kondisi baik. Hal ini juga karena boiler tersebut masih dioperasikan pada kondisi dibawah kapasitas maksimumnya, seperti tekanan operasi 600 KPa < 1000 KPa, temperatur 173°C < 190°C, dan kebutuhan proses di IEBE 125°C. Kapasitas uap tidak terukur karena alat ukurnya dalam kondisi rusak. Belum terjadi penurunan kinerja

yang berarti sehingga masih mampu memenuhi kebutuhan proses di laboratorium *Pilot Conversion Plant* (PCP).

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan ke berbagai pihak yang membantu tersusunnya tulisan ini, khususnya Ir. Tonny Siahaan dan staf Sub.FEB-BPFBBN yang telah membantu terbitnya makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, "*Instruction, operation and Maintenance Manual*", Fulton Electric Steam Boilers, 2011
2. Anonim, "Bahan Training Operator Mesin Steam Boiler Merk Fulton", 2011
3. Anonim, "Laporan Analisis Keselamatan (LAK) Instalasi Elemen Bakar Eksperimental (IEBE)", Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir, Badan Tenaga Nuklir Nasional - PTBN-BATAN, Oktober 2012
4. Anonim, "Buku panduan pada Diklat operator *boiler* PT.Sinergy Solusi Indonesia", Jakarta, 2014.
5. https://en.wikipedia.org/wiki/Triple_point, tahun 2015