

SISTEM PEMANFAATAN PANAS TERBUANG PADA PROSES *BLOWDOWN* DI BOILER

Tri Istanto*

Abstract : *The boiler blowdown process involves the periodic or continuous removal of water from a boiler to remove accumulated dissolved solids and/or sludges. During the process, water is discharged from the boiler to avoid the negative impacts of dissolved solids or impurities on boiler efficiency and maintenance. However, boiler blowdown wastes energy because the blowdown liquid is at about the same temperature as the steam produced. Any boiler with continuous blowdown exceeding 5% of steam rate is a good candidate for the introduction of blowdown waste heat recovery. Larger energy saving occur with high-pressure boilers. Blowdown waste heat recovery can be recovered with a heat exchanger, a flash tank, or flash tank in combination with a heat exchanger. Lowering the pressure in a flash tank allows a portion of the blowdown to be converted into low pressure steam. This low pressure steam is most typically used in deaerator. The drain water from the flash tank is then routed through a heat exchanger that preheats the boiler's makeup water.*

Keywords : *blowdown, heat recovery, flash tank, flash steam, makeup water*

Pendahuluan

Boiler dan sistem-sistem uap adalah sumber panas yang paling utama dipakai oleh industri secara luas. Hal ini disebabkan uap mempunyai banyak sifat yang menguntungkan antara lain; kandungan panas yang tinggi, memberikan panas pada temperatur konstan, diproduksi dari air (murah, melimpah), bersih, tak berbau, tak berasa, sifat panasnya dapat digunakan terus-menerus, dapat membangkitkan tenaga dimana digunakan untuk pemanasan, mudah didistribusikan dan dikontrol.

Dalam operasional suatu boiler, untuk mendapatkan efisiensi boiler yang tinggi dengan cara meminimalkan energi yang terbuang. Penentuan efisiensi boiler secara langsung (*direct manner*) adalah panas yang diserap oleh uap dibagi dengan masukan energi dari bahan bakar. Efisiensi boiler juga dapat ditentukan dengan menggunakan metoda tidak langsung (*indirect manner*). Metode ini merupakan cara yang paling akurat untuk menentukan efisiensi boiler. Prinsip metoda tidak langsung adalah dengan menghitung semua rugi-rugi panas yang terjadi pada boiler (dalam persen). Rugi-rugi panas yang paling signifikan dalam sistem boiler adalah rugi-rugi panas di cerobong (*stack heat losses*), rugi-rugi panas di pembakaran (*combustion heat losses*), rugi-rugi panas di ruang bakar (*radiation heat losses*) dan rugi-rugi panas pada proses *blowdown* (*blowdown heat losses*). Sehingga efisiensi boiler (η_{Boiler}) adalah :

$$\eta_{\text{Boiler}} = 100\% - \text{total rugi-rugi panas (\%)}$$

$$\eta_{\text{Boiler}} = 100\% - \text{stack heat loss} - \text{combustion heat loss} - \text{radiation heat loss} - \text{blowdown heat loss}$$

Dengan meminimalkan rugi-rugi panas tersebut diatas, maka dapat diperoleh peningkatan efisiensi boiler, dimana efisiensi boiler merupakan faktor utama yang menentukan biaya operasi dari sistem uap. Tulisan ini akan membahas proses *blowdown*, manajemen *blowdown* dan hubungannya dengan upaya memanfaatkan panas terbuang akibat proses *blowdown* di boiler.

* Staff Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta

Proses Blowdown

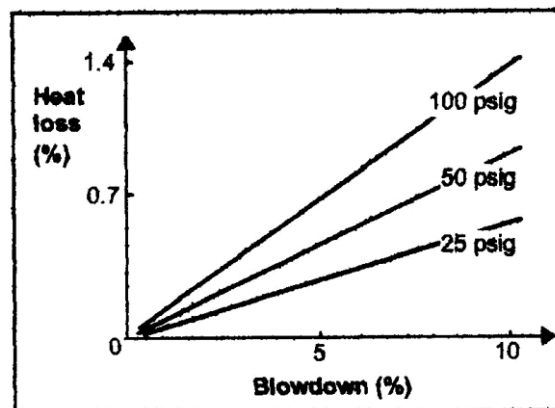
Sebelum air isian (*feed water*) dimasukkan ke dalam boiler, terlebih dahulu harus diolah secara kimiawi untuk membuang elemen-elemen yang dapat menyebabkan korosi pada boiler, dan juga mempengaruhi kualitas uap yang diperlukan dalam suatu proses industri. Di dalam boiler kesetimbangan kimia harus dipertahankan melalui pengaturan *blowdown*. Untuk mendapatkan kesetimbangan kimia di dalam boiler kuantitas bahan kimia yang dibuang dari drum lewat *blowdown* harus sama dengan kuantitas bahan kimia yang masuk lewat air isian. Jika beban uap berubah, laju aliran air isian berubah demikian juga dengan laju aliran *blowdown*.

Air isian untuk boiler pada umumnya mengandung padatan terlarut (*dissolved solid*), termasuk mineral-mineral, yang harus dibuang selama proses pembentukan uap. Ketika air menguap di drum uap boiler, padatan-padatan yang terdapat di air isian akan tertinggal. *Suspended solid* akan membentuk lumpur (*sludge*) atau kerak (*scale*) di dalam boiler, dimana akan menurunkan proses perpindahan panas. *Dissolved solid* menjadikan air boiler membentuk busa (*foaming*) yang mengakibatkan terjadinya *water hammer*, dimana akan merusak sistem perpipaan dan terjadi *carryover* (terkontaminasinya uap dengan padatan) di dalam uap yang terbentuk. Jika tingkat *total dissolved solid* (TDS) di dalam boiler terlalu tinggi, akan terjadi masalah dalam hal operasi dan perawatan boiler. Untuk menurunkan level *suspended* dan *total dissolved solid* (TDS) ke batas yang diijinkan, air secara periodik dikeluarkan (*blowdown*) dari boiler, dan digantikan dengan air isian yang bersih.

Mud blowdown (*bottom blowdown*) biasanya dikerjakan secara manual selama beberapa detik pada interval beberapa jam (*periodically process*). *Mud blowdown* dirancang untuk membuang *suspended solids* yang mengendap di air boiler yang membentuk lumpur dan kerak. *Surface blowdown* atau *skimming blowdown* dirancang untuk membuang *dissolved solid* yang terkonsentrasi di dekat permukaan cairan. *Surface blowdown* biasanya merupakan proses yang kontinyu (*continuous process*).

Blowdown yang berlebihan akan menimbulkan inefisiensi dalam pengoperasian boiler. Dimana setiap kali blowdown menyebabkan panas berguna yang terkandung di dalam air yang dikeluarkan terbuang, karena temperatur air yang dibuang tersebut sama dengan temperatur uap yang diproduksi. Biaya bahan bakar boiler secara langsung berhubungan dengan kehilangan panas ini, demikian juga untuk biaya air dan bahan kimia akan meningkat. Sebaliknya blowdown yang terlalu sedikit akan menimbulkan terbentuknya *carryover* di dalam uap, deposit atau lumpur yang mengurangi efisiensi perpindahan panas dan aliran air di pipa-pipa boiler.

Tidak ada aturan yang pasti jumlah blowdown yang harus dikeluarkan, karena bervariasinya kualitas air isian dari satu tempat dengan tempat yang lain dan tekanan operasi dari boiler. Dengan kata lain jumlah blowdown tergantung dari kualitas air dan tekanan operasi boiler. Dalam kenyataannya besar blowdown bervariasi dari 1% sampai sebanyak-banyaknya 25% (berdasarkan pada aliran air isian). Gambar 1 menunjukkan hubungan antara laju blowdown (%) pada tekanan kerja boiler tertentu (psig) dengan besar *heat loss* yang terjadi (%).



Gambar 1. Grafik hubungan *heat loss* dengan laju *blowdown* dan tekanan kerja boiler (Eurotherm Process Automation Ltd, 1999)

Dari gambar 1 tersebut menunjukkan bahwa dengan semakin besar laju *blowdown* pada boiler dengan tekanan kerja yang semakin tinggi, maka jumlah *heat loss* yang terjadi juga semakin besar. Ini menunjukkan bahwa rugi panas akibat proses *blowdown* untuk boiler tekanan tinggi adalah besar, sehingga perlu dipasang suatu sistem untuk memanfaatkan panas yang terbuang tersebut.

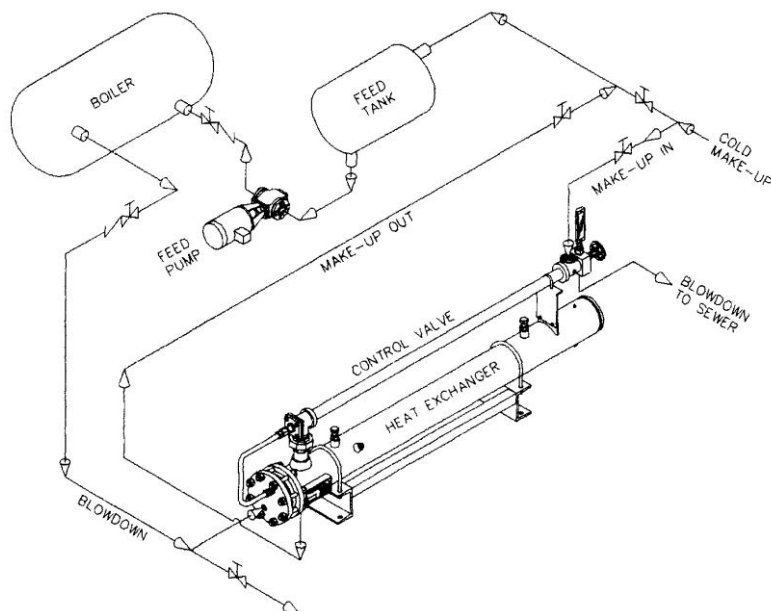
Manajemen *Blowdown*

Manajemen *blowdown* pada dasarnya ada 2 bentuk; yaitu perbaikan kualitas air isian dan mendapatkan kembali panas dari proses *blowdown* (*heat recovery*). Boiler dengan proses *blowdown* kontinyu melebihi 5% dari laju uap, adalah merupakan prioritas yang baik untuk menggunakan *blowdown waste heat recovery*. Semakin tinggi tekanan kerja boiler, semakin besar energi yang dapat dihemat/diambil kembali. Tabel 1 dibawah ini menunjukkan potensial *heat recovery* dari proses *blowdown* boiler (berdasarkan laju produksi uap 1000000 lb/hr, temperatur *makeup water* 60°F, dan 90% *heat recovery*).

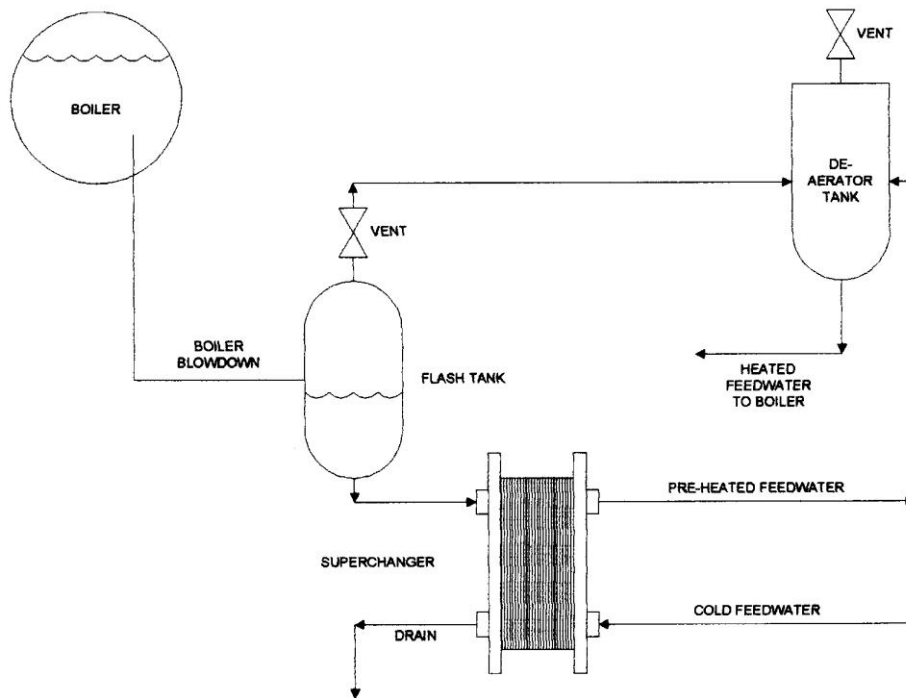
Tabel 1. Potensial *heat recovery* dari proses *blowdown*
(U.S. Department of Energy, 2001)

Laju blowdown, % Air isian boiler	<i>Heat Recovered</i> , Million Btu per hour (MMBtu/hr)				
	Tekanan Operasi Boiler (psig)				
	50	100	150	250	300
2	0,45	0,5	0,55	0,65	0,65
4	0,9	1,0	1,1	1,3	1,3
6	1,3	1,5	1,7	1,9	2,0
8	1,7	2,0	2,2	2,6	2,7
10	2,2	2,5	2,8	3,2	3,3
20	4,4	5,0	5,6	6,4	6,6

Sistem pemanfaatan panas terbuang dari proses *blowdown* dapat menggunakan sebuah penukar kalor (*heat exchanger*), sebuah tangki cetus (*flash tank*), atau sebuah *flash tank* dengan kombinasi sebuah *heat exchanger*.



Gambar 2. Sistem *blowdown heat recovery* menggunakan sebuah *heat exchanger*
(Sentry Equipment Corp)



Gambar 3. Sistem *blowdown heat recovery* menggunakan sebuah *flash tank* dan sebuah *superchanger plate and frame heat exchanger* (U.S. Department of Energy, 2002)

Dari boiler melalui proses *blowdown* yang kontinu air dengan tekanan dan temperatur tinggi serta prosentase tertentu dikeluarkan masuk ke tangki cetus (*flash tank*). Pada *flash tank* terjadi proses penurunan tekanan yang signifikan. Penurunan tekanan di *flash tank* akan menyebabkan sebagian dari air blowdown menguap membentuk uap tekanan rendah (*flash steam*). *Flash steam* yang mempunyai tekanan rendah ini kemudian digunakan untuk proses deaerasi (penghilangan kandungan oksigen/gas penyebab korosi di air isian yang akan masuk ke boiler) di tangki deaerator. Air yang tidak menguap di flash tank selanjutnya akan dimasukkan ke sebuah penukar kalor (*heat exchanger*). Karena air ini mempunyai temperatur yang cukup tinggi, maka digunakan sebagai fluida panas untuk pemanasan awal (*preheat*) air isian boiler yang dingin (*cold feedwater*). Keluar dari penukar kalor air isian boiler sudah dalam bentuk *pre-heated feedwater*. Ini akan menghemat energi untuk pemanasan awal air isian dengan memanfaatkan panas dari air blowdown boiler.

Studi Kasus

Berikut contoh perhitungan pemanfaatan panas terbuang dari proses blowdown kontinu dari sebuah boiler dengan menggunakan sistem sebuah *flash tank* dengan kombinasi sebuah *heat exchanger*, seperti pada gambar 3 diatas.

Kondisi :

Laju uap	= 1000000 lb uap/jam
Tekanan boiler	= 200 psig
Temperatur <i>cold feed water</i>	= 60 ⁰ F
Laju blowdown	= 5%
Efisiensi boiler	= 80%
Bahan bakar	= minyak
	nilai kalor 150000 Btu/galon, harga \$1/galon
Tekanan flash tank	= 5 psig

Menentukan laju blowdown (lb/jam):

Laju blowdown = 5% laju feedwater = 0,05 laju feedwater

Laju feedwater = (20) laju blowdown

dimana :

Laju feedwater = laju uap + laju blowdown
 (20) Laju blowdown = 1000000 lb/jam + laju blowdown
 Maka didapat :
 Laju blowdown = 52631 lb/jam

Menentukan %flash steam yang terbentuk di flash tank :

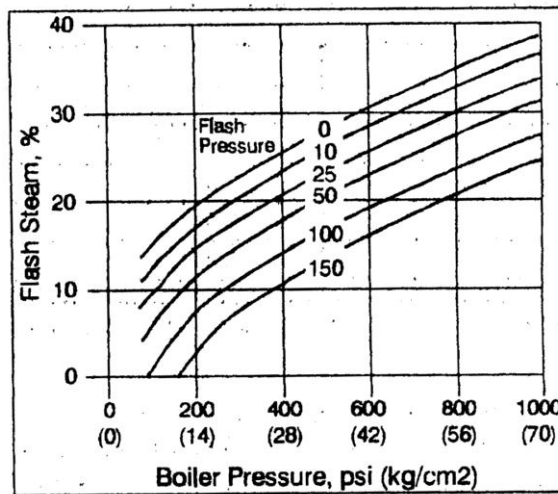
Untuk menentukan %flash steam yang terbentuk di flash tank dapat menggunakan 2 cara:

1. Menggunakan persamaan :

$$\% \text{ flashed steam} = \frac{(h_f)s - (h_f)F}{h_{fg}} \times 100\%$$

dimana :

- (h_f)s = enthalpi cairan pada tekanan boiler (Btu/lb)
 - (h_f)F = enthalpi cairan pada tekanan flash tank (Btu/lb)
 - h_{fg} = panas laten penguapan pada tekanan flash tank (Btu/lb)
2. Menggunakan grafik hubungan antara tekanan boiler, psi (kg/cm²) pada tekanan flash tank tertentu (psig) dengan %flash steam yang terbentuk.



Gambar 4. Grafik hubungan %flash steam yang dihasilkan dengan tekanan kerja boiler dan tekanan kerja flash tank (Council of Industrial Boiler Owner, 1997)

Dengan menggunakan metode 1, didapat % flash steam :

$$\% \text{ flash steam} = \frac{362 - 196}{960} \times 100\% = 17,3\%$$

Menentukan panas yang dapat diambil dari flash steam :

Karena %flash steam yang terbentuk 17,3% maka laju flash steam :

$$\begin{aligned} \text{Laju flash steam} &= \text{laju blowdown} \cdot \% \text{ flash steam} \\ &= (52631 \text{ lb/jam}) \cdot (0,173) = 9105 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Laju air yang masuk ke penukar kalor} &= \text{laju blowdown} - \text{laju flash steam} \\ &= 52631 \text{ lb/jam} - 9105 \text{ lb/jam} \\ &= 43526 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\text{Total panas dari flash steam pada tekanan 5 psig} = 1156 \text{ Btu/lb}$$

$$\begin{aligned} \text{Panas yang dapat diambil dari flash steam} &= (1156 \text{ Btu/lb}) \cdot (9105 \text{ lb/jam}) \\ &= 10,525 \text{ MMBtu/jam} \end{aligned}$$

Menentukan panas yang dapat diambil dari penukar kalor :

Air yang tidak menguap di flash tank dialirkan ke penukar kalor untuk pemanasan awal (preheat) air isian yang dingin (cold feedwater). Air isian keluar penukar kalor (pre-heated

feedwater) mempunyai temperatur 20°F lebih besar daripada saat masuk penukar kalor atau sebesar 80°F.

$$\begin{aligned} \text{Panas cairan keluar penukar kalor pada } 80^{\circ}\text{F} &= 48 \text{ Btu/lb} \\ \text{Panas cairan masuk penukar kalor pada } 5 \text{ psig} &= 196 \text{ Btu/lb} \\ \text{Panas yang dapat diambil} &= 196 \text{ Btu} - 48 \text{ Btu/lb} = 148 \text{ Btu/lb} \\ \text{Panas yang dapat dihemat dari penukar kalor} &= 43526 \text{ lb/jam} \cdot 148 \text{ Btu/lb} \\ &= 6441848 \text{ Btu/jam} \\ &= 6,442 \text{ MMBtu/jam} \end{aligned}$$

Menentukan total panas yang dapat diambil :

$$\begin{aligned} \text{Total yang dapat dihemat} &= \text{panas dari } \textit{flash steam} + \text{panas dari penukar kalor} \\ &= 10,525 \text{ MMBtu/jam} + 6,442 \text{ MMBtu/jam} \\ &= 16,967 \text{ MMBtu/jam} \end{aligned}$$

Menentukan biaya bahan bakar yang dapat dihemat :

Pada kondisi efisiensi boiler 80%, artinya 20% input panas dari bahan bakar hilang, sedangkan hanya 80% input panas dari bahan bakar yang digunakan untuk memproduksi uap.

$$\begin{aligned} \text{Efektifitas bahan bakar} &= 150000 \text{ Btu/galon} \cdot 0,08 = 120000 \text{ Btu/galon minyak} \\ \text{Nilai bahan bakar yang bisa dihemat :} \\ &= \frac{16,967 \text{ MMBtu} / \text{jam}}{120000 \text{ Btu} / \text{galon min yak}} \times 24 \text{ jam/hari} \times \$1/\text{galon minyak} \\ &= \$3393/\text{hari} \end{aligned}$$

Kesimpulan

1. *Blowdown waste heat recovery* dalam sebuah boiler hanya dapat diterapkan jika proses blowdown pada boiler tersebut kontinyu (*continuous process*).
2. Semakin tinggi tekanan kerja boiler, semakin besar energi yang dapat diambil kembali dari proses blowdown, sehingga dianjurkan memasang *blowdown waste heat recovery system*.
3. *Blowdown waste heat recovery* dapat menggunakan sebuah penukar kalor (*heat exchanger*), sebuah tangki cetus (*flash tank*), atau sebuah *flash tank* dengan kombinasi sebuah penukar kalor.
4. *Blowdown waste heat recovery* menggunakan *flash tank* bertujuan untuk menghasilkan *flash steam* yang digunakan untuk proses deaerasi di deaerator, sedangkan menggunakan *heat exchanger* bertujuan untuk proses *preheat* air isian boiler.

Daftar Pustaka

- Anthony L Wright, 2003, *Optimizing Boiler and Steam Efficiency*, presented on Denver "Saving Water" Workshop
- Council of Industrial Boiler Owner (CIBO), 1997, *Energy Efficiency Handbook*
- Eurotherm Process Automation Ltd, 1999, *Boiler Blowdown Control*
- Sentry Equipment Corp, *Continuous Blowdown Heat Recovery Systems; Installation, Operating & Maintenance Instruction*
- Tranter PHE, Inc. 2000, *Superchanger Boiler Blowdown Heat Recovery Applications*
- U.S. Department of Energy, 2001, *Recover Heat from Boiler Blowdown*, DOE/GO-10099-995, 2pp
- U.S. Department of Energy, 2002, *Boiler Blowdown Heat Recovery Project Reduces Systems Energy Losses at Augusta Newsprint*, DOE/GO-102002-1536, 2pp
- U.S. Department of Energy, 2003, *Minimize Boiler Blowdown*, DOE/GO-10099-054, 2pp