

Perhitungan efisiensi panas *steam generator* dengan pemanas *thermal oil* pada unit *energy plant* industri *fibreboard*

Linda Santia, Intan Retri Utari, Rahmatullah*

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
Jln. Raya Palembang Prabumulih Km. 32 Inderalaya Ogan Ilir (OI) 30662
Corresponding author: rrahmat83@gmail.com

ABSTRAK

Steam generator (boiler) atau ketel uap 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. Secara proses konversi energi, *boiler* memiliki fungsi untuk mengkonversi energi kimia yang tersimpan di dalam bahan bakar menjadi energi panas yang tertransfer ke fluida kerja. *Steam generator* didesain untuk menghasilkan *steam* dengan tekanan dan temperatur tertentu. Kualitas *steam* yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh performa kinerja dari *steam generator*. Permasalahan yang dihadapi pada *steam generator* ini adalah terjadi penurunan efisiensi panas. Adapun tujuan penelitian ini adalah mengetahui efisiensi maksimum *steam generator* dan faktor apa yang mempengaruhi penurunan efisiensi melalui evaluasi neraca massa dan neraca panas. Pengurangan efisiensi panas pada *steam generator* dapat disebabkan karena penumpukan kerak yang terdapat didalam sepanjang *tube*. Efisiensi panas yang di hasilkan dari *steam generator* di industri *Fibreboard* adalah kurang lebih 92-93%.

Kata Kunci: *Steam, Thermal Oil, Steam Generator, Efisiensi Panas Steam Generator*

ABSTRACT

Steam generator or boiler is a closed vessel where the combustion heat is flowed into water to form hot water or steam. Hot water or steam at a certain pressure is then used to transfer heat to a process. In the process of energy conversion, the boiler has a function to convert chemical energy stored in fuel into heat energy that is transferred to the working fluid. Steam generators are designed to produce steam with a certain pressure and temperature. The problem of steam generator is occurred in heat efficiency decrease. The aim of this work is knowing the maximum efficiency and the factor that influence steam generator performance over mass and heat balance calculation. The quality of steam produced is strongly influenced by the performance of the steam generator. The reduction in heat efficiency in the steam generator can be caused by the buildup of scale that is inside the tube. The thermal efficiency generated from steam generators at *Fibreboard* industry is approximately 92-93%.

Keywords: *Steam, Thermal Oil, Steam Generator, Steam Generator Heat Efficiency*

1. PENDAHULUAN

Steam generator (boiler) atau ketel uap 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. Secara proses konversi energi, *boiler* memiliki fungsi untuk mengkonversi energi kimia yang tersimpan di dalam bahan bakar menjadi energi panas yang tertransfer ke fluida kerja. Hampir seluruh industri kimia memanfaatkan *steam generator* untuk menghasilkan *steam* yang dalam penggunaannya bervariasi.

Dalam proses penghasilan *steam* di industri Fibreboard melalui proses setelah *Water Treatment Plan (WTP)* yang mana air yang digunakan pada proses WTP merupakan air yang di ambil dari sumber mata air sungai yang berlokasi di desa Tanjung Seteko Kecamatan Indralaya Kabupaten Ogan Ilir atau berjarak sekitar 12 km dari industri Fibreboard. Air demin kemudian dipompakan ke deaerator untuk menghilangkan kandungan oksigen terlarut dengan proses pemanasan pada suhu 105°C (min 98°C). Pemasanan air demin ini juga dimanfaatkan dengan tujuan mempercepat proses pembentukan *steam*, air demin ditransfer ke *steam generator* untuk diubah menjadi *steam* dengan tekanan 12 bar dan suhu 180°C - 190°C. Air yang sudah melalui proses *treatment* kemudian dialirkan ke *steam generator* yang dipanaskan oleh *thermal oil*. *Steam generator (boiler)* yang digunakan adalah jenis *fire tube boiler* yang mana *thermail oil* melewati *tube* (pipa-pipa), sedangkan air nya berada didalam *shell*, yang kemudian diubah menjadi *steam*. *Steam* ini akan digunakan untuk tahap selanjutnya yaitu *refiney plant*.

Efisiensi panas yang dihasilkan *steam generator* mengalami naik turun. Hal ini disebabkan karena adanya kerak yang dihasilkan oleh proses-proses sebelumnya disepanjang pipa-pipa *steam generator*. Untuk mengatasi hal tersebut, proses *maintanace* sangat diperlukan setiap bulannya, agar efisiensi panas yang dihasilkan meningkat atau stabil.

Steam generator (boiler) atau ketel uap 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. Secara proses konversi energi, *boiler* memiliki fungsi untuk mengkonversi energi kimia yang tersimpan di dalam bahan bakar menjadi energi panas yang tertransfer ke fluida kerja.

Setiap *boiler* yang telah dibuat oleh perusahaan perancangan *boiler* telah dirancang sedemikian rupa. Oleh karena itu, sesuai dengan konstruksinya, *boiler* dapat diklasifikasikan sebagai berikut.

1. *Fire Tube Boiler*

Fire tube boiler adalah jenis *boiler* dimana gas panas melewati pipa-pipa dan air umpan *boiler* ada di dalam *shell* untuk diubah menjadi *steam*. *Fire tube boilers* biasanya digunakan untuk kapasitas *steam* yang relatif kecil dengan tekanan *steam* rendah sampai sedang. Sebagai pedoman, *fire tube boilers* kompetitif untuk kecepatan *steam* sampai 12.000 kg/jam dengan tekanan sampai 18 kg/cm². *Fire tube boilers* dapat menggunakan bahan bakar minyak bakar, gas atau bahan bakar padat dalam operasinya. Untuk alasan ekonomis, sebagian besar *fire tube boilers* dikonstruksi sebagai *packet boiler* untuk semua bahan bakar.

2. *Water Tube Boiler*

Water tube boiler adalah jenis *boiler* dimana air umpan *boiler* mengalir melalui pipa-pipa masuk ke dalam drum. Air yang tersirkulasi dipanaskan oleh gas pembakar membentuk *steam* pada daerah uap dalam drum. *Boiler* ini dipilih jika kebutuhan *steam* dan tekanan *steam* sangat tinggi seperti pada kasus *boiler* untuk pembangkit tenaga. *Water tube boiler* yang sangat modern dirancang dengan kapasitas *steam* antara 4.500–12.000 kg/jam, dengan tekanan sangat tinggi. Banyak *water tube boilers* yang dikonstruksi secara paket jika digunakan bahan bakar minyak bakar dan gas. Untuk *water tube* yang menggunakan bahan bakar padat, tidak umum dirancang secara paket.

Prinsip kerja *boiler* terdiri dari sistem air umpan, sistem *steam*, dan sistem bahan bakar. Sistem air umpan menyediakan air

untuk *boiler* secara otomatis sesuai dengan kebutuhan *steam*. Air yang digunakan pada proses pengolahan dan air umpan *boiler* diperoleh dari air sungai, air waduk, sumur bor, dan sebagainya. Air umpan *boiler* harus memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan agar tidak menimbulkan masalah pada pengoperasian *boiler*, sehingga diperlukan proses pemurnian terlebih dahulu. Air tersebut harus bebas dari mineral yang tidak diinginkan serta pengotor lainnya yang dapat menurunkan efisiensi kerja dari *boiler*. Air yang tidak bebas dari kandungan mineral disebut air *demineralisasi*.

Sistem *steam* berfungsi untuk mengumpulkan dan mengontrol produksi *steam* dalam *boiler*. Air *demineralisasi* yang berasal dari sistem air umpan dialirkan ke *economizer*, untuk memanaskan awal air umpan agar efisiensi dari *steam generator* menjadi lebih tinggi. *Steam* dialirkan melalui sistem pemipaan ke titik pengguna. Pada keseluruhan sistem, tekanan *steam* diatur menggunakan kran dan dipantau dengan alat pemantau tekanan. Sistem bahan bakar adalah semua peralatan yang digunakan untuk menyediakan bahan bakar menghasilkan panas. *Boiler* harus didesain untuk menghasilkan jumlah panas yang maksimal untuk menghasilkan operasi yang efisien. Panas yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar dan udara pada *combustion chamber boiler* ditransmisikan ke fluida yang akan dipanaskan melalui suatu bidang panas atau *heating surface* pada suatu instalasi *boiler*. Panas ini ditransmisikan dalam tiga cara, yaitu: pancaran (*radiation*), aliran (*convection*), dan rambatan (*conduction*). Persentase masing-masing cara perpindahan panas tersebut tergantung dari desain *boiler* sebelumnya.

Efisiensi sering dinyatakan dalam beberapa cara yang masing-masing memiliki perbedaan, tetapi semuanya menggambarkan tingkat penghematan terhadap pemakaian bahan bakar. Pada *boiler* efisiensi dibagi dua, yaitu:

1. Efisiensi *boiler*, menunjukkan perbandingan jumlah energi yang diberikan terhadap jumlah energi yang diserap dari bahan bakar.

2. Efisiensi *thermal*, menunjukkan bagaimana *boiler* dapat menyerap panas dan menggambarkan adanya kehilangan panas.

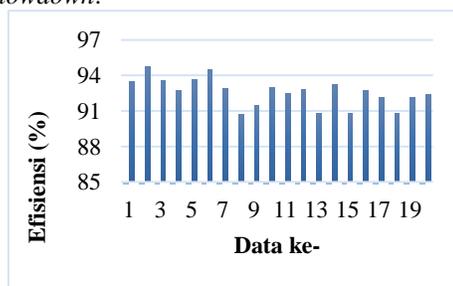
2. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penyelesaian meliputi pengumpulan data, pengolahan data, perhitungan, dan pembahasan hasil perhitungan. Pengumpulan data diperoleh dari *control room* berupa desain aktual dan data aktual dari *steam generator*.

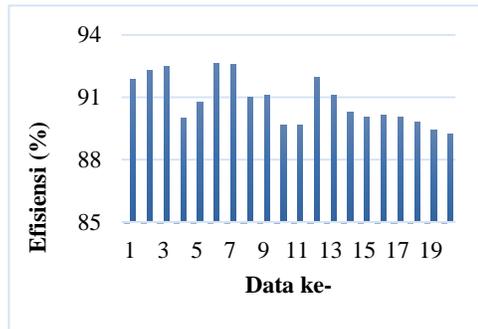
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Steam generator ini di desain untuk menghasilkan *steam* yang bertekanan 12 bar, temperaturnya 188°C dengan kapasitas produksi 10,47 ton/jam. *Steam* yang dihasilkan dari proses ini dimanfaatkan sebagai pemanas pada proses pemasakan *chip* di *refinery*. Efisiensi desain *steam generator* di line 2 adalah 98%.

Perhitungan efisiensi panas *steam generator*. Pada hari pertama dilakukan perhitungan efisiensi panas pada *steam generator*, dimana energi total yang masuk ke *steam generator* adalah sebesar 1.039.553.287 kJ/h dan digunakan sebesar 971.369.783,7 kJ/h untuk pembentukan *steam*, sedangkan sisanya 68.183.502,92 kJ/h adalah panas yang hilang diakibatkan adanya deposit kerak sepanjang *tube* dan panas yang terbuang melalui *blowdown*.



Gambar 1. Grafik Efisiensi Panas *Steam Generator* pada Bulan Juli 2019



Gambar 2. Grafik Efisiensi Panas *Steam Generator* pada Bulan Agustus 2019

Efisiensi panas maksimum yang didapatkan dari perhitungan 94,74% di bulan Juli, sedangkan efisiensi panas minimum 89,24% di bulan Agustus. Penurunan Efisiensi ini karena dipengaruhi oleh kehilangan panas (*heat loss*) yang terjadi saat *Steam Generator* beroperasi. Kehilangan panas yang terjadi sangat besar dan disebabkan oleh panas yang terbawa oleh aliran *blowdown*, *flue gas*, dan perpindahan secara konduksi pada *tube-tube* dari *Steam Generator*, sehingga dapat mempengaruhi efisiensi yang dihasilkan (V. Ganapathy, 2015).

Faktor lain yang dapat menurunkan efisiensi, seperti massa dari *hot oil* sebagai sumber panas pada sistem sirkulasi *Steam Generator* mengalami penurunan massa, sehingga proses transfer panasnya juga menurun, bahkan banyaknya deposit kerak sepanjang *tube* yang menghambat proses perpindahan panas (Kenneth, 2005).

Untuk menjaga agar efisiensi panas *steam generator* tidak mengalami penurunan secara terus menerus, maka perlu dilakukan tindakan berupa perbaikan dan pembersihan pada peralatan serta massa dari *hot oil* sebagai sumber panas pada sistem sirkulasi di *steam generator* perlu dijaga konstan, sehingga transfer panas terjadi secara maksimal. Selain itu, untuk mencegah terbentuknya kerak dan korosi pada logam, dapat dilakukan pencegahan dengan pengolahan air umpan, seperti dengan tahap pertama pada bagian *External Treatment*, dimana pengolahan eksternal digunakan untuk membuang padatan tersuspensi, padatan terlarut (terutama ion kalsium dan magnesium yang merupakan

penyebab utama pembentukan kerak). Proses perlakuan eksternal dapat dilakukan dengan cara koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan demineralisasi. Tahap kedua pada bagian *Internal Treatment*, yaitu pengolahan air umpan yang ditekankan pada penghilangan gas-gas terlarut terutama O_2 dengan proses deaerasi pada deaerator.

4. KESIMPULAN

1. Dari hasil perhitungan diperoleh efisiensi maksimum sebesar 94,74% di bulan Juli dan minimum sebesar 89,24% di bulan Agustus. Berdasarkan efisiensi desain 98%, di bulan Juli mengalami penurunan sebesar 3,25%, sedangkan di bulan Agustus sebesar 8,75%.
2. Penurunan efisiensi panas pada *steam generator* ini disebabkan beberapa faktor, antara lain: adanya deposit kerak sepanjang tube yang menghambat proses perpindahan panas, pemanasan awal air umpan yang suhunya terlalu rendah, dan panas yang terbuang melalui *blowdown*.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2010. *Shell Heat Transfer Oil*. (Online): [http://: www.heat-transfer-oil.html](http://www.heat-transfer-oil.html). Diakses pada tanggal 23 Januari 2016.
- Anonim. 2006. *Boiler and Thermic Fluid Heaters*. (Online): [http://: www.energyefficiencyasia.org](http://www.energyefficiencyasia.org). Diakses pada tanggal 26 Januari 2016.
- Kenneth E. 2005. *Boiler Operator's Handbook*. Fairmont Press Inc: United State of Amarica.
- Kern, D.Q.. 1950. "*Process Heat Transfer*", Mc.Graw Hill Book Company, Inc. New York.
- Richard, M. Felder and Ronald W. Rousseau. 1986. *Elementary Principles of Chemical Process*, 3th edition, John Wiley and Sons. Courier Companies Inc: Canada.
- Smith, J.M. and Van Ness, H.C., 1959, "*Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*", 2 ed., Mc.Graw Hill Book Company, Inc., New York.

- Team HRD. 2018. *Profil Perusahaan PT. Sumatera Prima Fibreboard*. Manual Handbook.
- Team Produksi. 2018. *Energy Plant PT. Sumatera Prima Fibreboard*. Manual Handbook.
- Treybal, R.E., 1981, “*Mass Transfer Operation*”, 3rd ed., McGraw-Hill, Kogakusha, Ltd., Tokyo.
- V. Ganapathy. 2015. *Steam Generator and Waste Heat Boiler: For Process and Plant Engineers*. CRC Press, Boca Raton, FL. London, New York.