

PENGARUH LEVEL KETINGGIAN AIR TERHADAP EFFISIENSI THERMAL PADA *CROSS SECTION WATER TUBE BOILER* MENGGUNAKAN GAS DAN SOLAR PRODUKSI SATURATED STEAM PROSES KONTINYU

EFFECT OF WATER LEVEL TO THERMAL EFFICIENCY IN CROSS SECTION WATER TUBE BOILER USING GAS AND DIESEL FUEL ON PRODUCTION SATURATED CONTINENT PROCESS

Ardian Saputra*¹, Febbial Pratama Putra¹, Tahdid*¹, Agus Manggala¹, Zurohaina¹

¹Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya

Jl. Sriwijaya Negara Bukit Besar Palembang, Telp. 0711-353414 Fax. 0711-355918

*e-mail: ¹Tahdid_caisar@yahoo.com, ¹ardiansaputra1998@gmail.com.

ABSTRACT

Boilers are used to lower the temperature of the gas and diesel passed through the tubes, and to separate the fluid between the gas phase (water vapor) and the liquid phase (water). In the Boiler water feedback system, a controller is needed that is able to maintain the stability of the water level. The boiler used often has problems that cause less than optimal steam results. The problem that occurs is usually at the level of the water level with the fuel which causes the combustion results to be not optimal and has an impact on the steam produced to be not optimal. Therefore, this research will focus on determining the most appropriate water level with natural gas and diesel fuel so that maximum combustion results are obtained. The tube will also be installed vertically with a slope of 65 °C with the aim of increasing heat transfer to the boiler and accelerating the evaporation of water molecules which are expected to produce more optimal steam. The parameters observed were temperature, pressure, and the temperature of the combustion flame, the aim was to determine the effect of air on fuel gas and diesel on the speed of temperature and pressure increase. The results of the research show that the optimal water level is the 5th condition (70%) because it can produce saturated steam according to the Efficiency target with a constant state in a continuous process using diesel and gas fuel.

Keywords: Boiler, Steam, tube, fluid, Temperature, Pressure

1. PENDAHULUAN

Boiler merupakan salah satu sistem peralatan yang berperan penting dalam penyempurnaan proses produksi di industri manufaktur. Pertumbuhan industri *boiler* dalam negeri akan terjadi dengan improvisasi teknologi yang digunakan pada *boiler*. Salah satu pengendalian proses pada *boiler* adalah level ketinggian air. Level ketinggian air di dalam *drum boiler* mengindikasikan volume air yang terisi pada drum. Permasalahan dalam penelitian pada rancang bangun *cross section water tube boiler* adalah ingin mengetahui pengaruh level ketinggian air di dalam *steam drum* terhadap *saturated steam* yang dihasilkan serta menentukan level ketinggian air yang optimal untuk pengoperasian *boiler* menggunakan bahan bakar solar dan gas.

Ketel uap berfungsi sebagai sarana untuk mengubah air menjadi uap bertekanan. Ketel uap diartikan sebagai alat untuk membentuk uap yang mampu mengkonversi energi kimia dari bahan bakar (padat cair dan gas) yang menjadi energi panas. Uap yang dihasilkan dari ketel uap merupakan gas yang timbul akibat perubahan fase cair menjadi uap atau gas melalui cara pemanasan yang memerlukan sejumlah

energi dalam prosesnya. Air yang berdekatan dengan bidang pemanas akan memiliki temperature yang lebih tinggi (berat jenis yang lebih rendah) di bandingkan dengan air yang bertemperatur rendah, sehingga air yang bertemperatur tinggi akan naik kepermukaan dan air yang bertemperatur rendah akan turun. Peristiwa ini akan terjadi secara terus menerus (sirkulasi) hingga berbentuk uap.

Penelitian tentang boiler dengan pipa *longitudinal* sebagai *superheater* untuk menghasilkan *superheated steam* dan sistem hanya terdiri dari satu buah *drum* yang berfungsi sebagai *water drum* dan *steam drum*. Dari penelitian mengenai *Longitudinal Water Tube Boiler* tersebut dapat diketahui bahwa masih banyak kekurangan, salah satunya yaitu sistem *longitudinal tube* yang artinya susunan *tube* sejajar dengan *steam drum* sehingga mempersempit luas area pada *tube* dan memperkecil perpindahan panas yang terjadi pada *boiler* (Juriwon dkk, 2017). Untuk itu pada penelitian kali ini kami membuat *boiler* jenis pipa air dengan menggunakan sistem *Double drum Cross Section* yang artinya *tube* pada boiler tersusun secara melintang dengan tujuan memperluas area *tube* sehingga luas area perpindahan panas pada boiler menjadi lebih besar.

Penelitian dan memproduksi boiler dengan menggunakan sistem *Double drum Cross Section* artinya susunan tube yang melintang dan tersusun sangat lurus secara *vertikal* namun masih terdapat kelemahan yaitu kecepatan penguapan pada molekul air masih tergolong rendah, seperti yang diketahui bahwa pada boiler selain dibutuhkan luas area perpindahan panas yang besar juga dibutuhkan kecepatan penguapan pada molekul air untuk itu kami membuat sebuah *Double drum Cross Section Water Tube Boiler* dengan menggunakan kemiringan pada tube sebesar 65° dengan tujuan agar mempercepat penguapan pada molekul air (Henan Kaifeng Swet, 2016).

Proses yang terjadi pada boiler cukup kompleks, dan hingga saat ini pola proses di unit boiler untuk pembangkit tenaga uap selalu mengalami perubahan untuk menghasilkan sistem yang efisien. Selain luas area perpindahan panas kecil kemudian kecepatan penguapan molekul air yang rendah permasalahan lain yang tidak kalah pentingnya di boiler adalah rendahnya temperatur nyala pembakaran (*flame temperatures*) yang akan berakibat rendahnya efisiensi pembangkit uap. Rendahnya temperatur nyala pembakaran (*flame temperatures*) lebih diakibatkan oleh dua faktor utama, pertama sebagai akibat penggunaan jenis bahan bakar dengan nilai kalor pembakaran yang rendah dan faktor kedua oleh akibat rasio udara terhadap bahan bakar yang tidak optimal.

Penelitian mengenai *pengaruh level ketinggian air boiler* telah banyak dilakukan demi mencapai volume cairan *steam* yang tinggi. Kalor memegang peranan yang sangat vital dalam kehidupan makhluk hidup terutama manusia. Sangat banyak industri yang bergantung pada energi ini, sebut saja Industri Logam, Industri Kimia, Industri Pertambangan dan Industri Pembangkit Energi / Listrik. Dengan mengetahui pentingnya peranan tersebut maka penelitian pun banyak dilakukan terkait penggunaan energi terutama dengan semakin meningkatnya isu global mengenai kenaikan harga minyak dunia salah satu penyebabnya adalah semakin langkanya bahan bakar fosil di dunia ini yang tersedia.

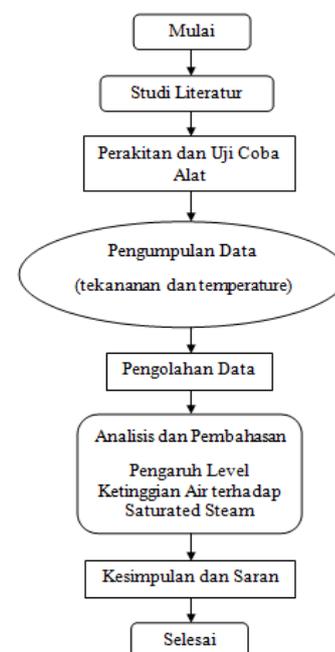
Tingkatan kemampuan kerja dari suatu alat dapat dikatakan sebagai efisiensi. Prestasi kerja atau tingkat unjuk kerja *boiler* yang didapatkan dari perbandingan antara energi yang dipindahkan ke atau diserap oleh fluida kerja di dalam ketel dengan memasukan energi kimia dari bahan bakar merupakan penjabaran dari efisiensi *boiler*. Pada prinsipnya efisiensi *boiler* berkisar antara 70% hingga 90% (Dewata dkk, 2011).

Level ketinggian air pada *boiler* mengindikasikan volume air yang terisi di dalam *drum*. *Pressure steam* yang dihasilkan *boiler* dikendalikan dengan menjaga kestabilan level air yang masuk ke *boiler*. Jika terlalu banyak air di *boiler* maka *steam* yang dihasilkan tidak maksimal menyebabkan adanya kandungan air pada *steam* dan temperatur keluaran *boiler* turun, sedangkan

jika air di *boiler* terlalu sedikit akan menyebabkan *steam* kering dan temperatur keluaran *boiler* naik sehingga dalam keadaan darurat perlu untuk menurunkan *pressure* dengan membuang *steam* melalui *drain* atau *safety valve* hingga kebutuhan proses tetap terpenuhi. (Nataliana, dkk, 2012).

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan studi literatur, perakitan dan uji coba alat, running alat dan pengumpulan data, pengolahan data, analisa dan pembahasan.



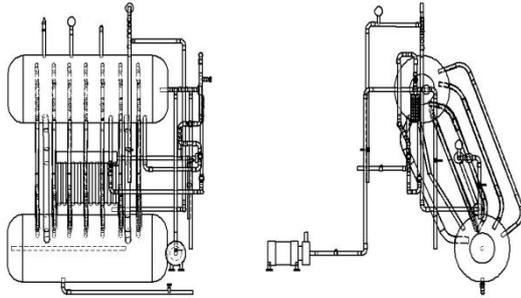
Gambar 1. Bagan Alur Penelitian

Pendekatan Desain Fungsional

Rancang bangun *Cross Section Water Tube Boiler* terdiri dari delapan unit utama yaitu *steam drum*, *water drum*, *water tube*, *burner*, ruang bakar, *superheater*, pompa dan kompresor. Sistem tersebut dilengkapi dengan instrumen pendukung yaitu *pressure indicator*, *temperature indicator*, *valve*, *pressure safety valve*, *water level gauge* dan *drain valve* dengan fungsi masing-masing.

Pendekatan Desain Struktural

Cross Section Water Tube Boiler dirancang dengan beberapa unit yang tergabung menjadi suatu sistem terintegrasi. Unit yang paling utama adalah dua buah *drum* (*steam drum* dan *water drum*) yang terhubung dengan *water tube* dan *superheater* sebagai tempat terjadinya proses pemanasan air dan uap air. Secara rinci konstruksi system boiler dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. Desain Struktural Cross Section Water Tube Boiler

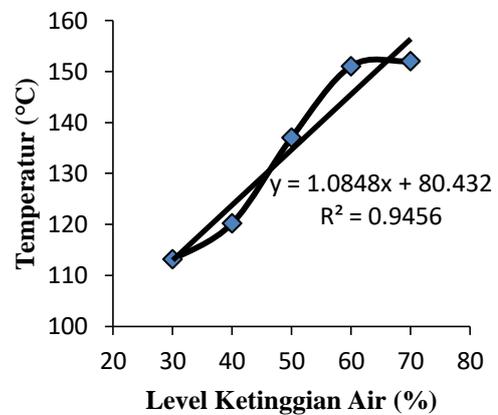
Tabel 1. Spesifikasi Alat

No	Bahan/Alat	Merk/Spesifikasi	Jumlah	Satuan
1	Water Level Gauge	habei, reflex, glass tube fbg	1	Buah
2	Tube	seamless carbon steel 6m x 1/2" scn 40	10	Buah
3	Steam Drum	tabung baja 300 bar 232 mm x 1450 mm	1	Buah
4	Feed Water Drum	tabung baja 300 bar 232 mm x 1450 mm	1	Buah
5	Pompa	lakoni daytona 100	1	Buah
6	Kompresor	lakoni imola-125	1	Buah
7	Pressure Indicator	wiebrock 4" connection 1/2"	2	Buah
8	Temperature Indicator	wiebrock 4" 500°C	2	Buah
9	Safety Valve	srvc390-150psi	1	Buah
10	Main Valve	ball valve galvanis 1/2"	3	Buah
11	Blowdown Valve	ball valve galvanis 1/2"	2	Buah
12	Main Steam Valve	ball valve galvanis 1/2"	4	Buah
14	Elbow	galvanis 1/2"	5	Buah
15	Siku	30 mm x 3 mm x 6m	1	Buah
16	Siku	60 mm x 6 mm x 6m	1	Buah
17	Engsel	stainless steel 1"	2	Buah
18	Sekrup	2mm x 10mm	10	Buah
19	Reducer	galvanis 3/4" ke 1/2"	1	Buah
20	Semen	tipe pcc	10	Zak
21	Pasir	-	2	m ³
22	Koral	-	10	Karung
23	Batu Bata	-	700	Buah

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh Level Ketinggian Air terhadap Temperatur Saturated Steam

Grafik yang menunjukkan pengaruh level ketinggian air terhadap temperatur *saturated steam* yang dihasilkan pada *cross section water tube boiler* menggunakan bahan bakar gas dan solar dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini.

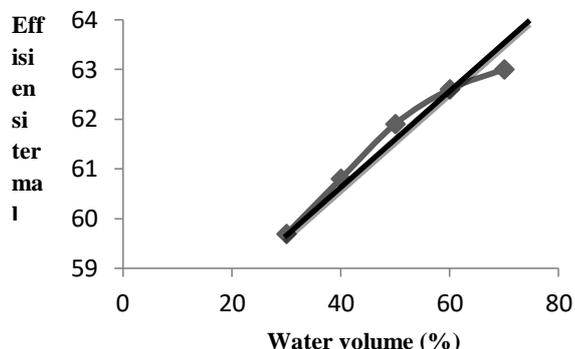


Gambar 3. Grafik Hubungan Level Ketinggian Air terhadap Temperatur Saturated Steam

Semakin tinggi level ketinggian air dalam proses produksi *saturated steam* maka semakin rapat jarak peningkatan temperatur *saturated steam* yang dihasilkan pada setiap kondisinya. Peningkatan temperatur yang cenderung melambat mengindikasikan banyaknya kandungan uap air pada *saturated steam* sehingga level ketinggian air yang tinggi akan menyebabkan *steam* yang dihasilkan mengandung uap air (Nataliana dkk., 2012). Ketika level ketinggian air ditingkatkan dengan menambah jumlah air umpan ke dalam *steam drum* maka kenaikan temperatur *saturated steam* antar titik satu ke titik lain hanya sedikit, Proses ini dipengaruhi jumlah air yang ditambahkan ke dalam *steam drum* bercampur dengan air yang sebelumnya sudah mengalami pemanasan di dalam *steam drum* yang menyebabkan struktur molekul air di dalam *steam drum* berubah sehingga dibutuhkan kembali tambahan suplai panas untuk membuat momentum dari molekul fluida meningkat kembali sampai menjadi *saturated steam*. Temperatur *saturated steam* yang dihasilkan pada kondisi level ketinggian air konstan 60% adalah 151°C. Level ketinggian 60% merupakan kondisi yang optimal untuk memproduksi *saturated steam* pada *cross section water tube boiler* ini jika ditinjau berdasarkan temperatur yang dihasilkan secara konstan pada proses kontinyu karena dapat mencapai target tekanan steam 5 bar.

3.2 Pengaruh Level Ketinggian Air terhadap Effisiensi Termal

Grafik yang menunjukkan pengaruh level ketinggian air terhadap tekanan Effisiensi Termal yang dihasilkan pada *cross section water tube boiler* menggunakan bahan bakar gas dan solar dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Grafik Hubungan Level Ketinggian Air terhadap Effisiensi Termal

Grafik Hubungan ketinggian level air (%) terhadap Effisiensi termal (η) dimaksudkan untuk mengetahui pada kondisi berapa persen (%) Effisiensi thermal yang sangat maksimum dan optimum pada alat Cross Section Water Tube boiler tersebut. Pada grafik ini

3.3 Perbandingan Hasil dengan Penelitian Lain

Penelitian tentang pembuatan boiler telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, sehingga dapat dibuat tabel perbandingan hasil penelitian sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil penelitian *Effisiensi Termal* pada boiler yang digunakan

Kemiringan boiler	Bahan bakar	Level ketinggian air (%)	Temperatur ($^{\circ}$ C)	Tekanan (Bar)	Effisiensi Termal	Penelitian
TD	Solar	50	TD	5	34.23	Juriwon., 2017
TD	Solar	TD	540	9.8	91.73	Kurniawan dkk., 2014
65 $^{\circ}$	Solar	50	151	5	61.90	Penelitian saat ini
65 $^{\circ}$	Solar	60	152	5	62.60	Penelitian saat ini
65 $^{\circ}$	LPG	50	151	5	50.47	Penelitian saat ini
65 $^{\circ}$	LPG	60	152	5	48.97	Penelitian saat ini

Ket TD = Tidak Diketahui

Pada Tabel 2 dapat diketahui perbandingan beberapa parameter hasil penelitian terhadap penelitian lain. Data tersebut merupakan nilai optimal yang didapatkan pada setiap penelitian. Juriwon (2017) melakukan penelitian terhadap Analisis Energi Boiler Pipa Air Menggunakan Bahan Bakar Solar. Pada penelitiannya didapatkan pada level ketinggian air 50 % Effisiensi yang didapatkan sebesar 34.23 %. Sementara itu, Hanzen (2014) Kajian Effisiensi Termal dari Boiler di Pembangkit Listrik Tenaga Uap

dapat dijelaskan bahwa semakin banyak air yang dimasukkan ke dalam drum boiler maka effisiensi thermal akan semakin tinggi dan kinerja alat semakin optimal, dan semakin sedikit air yang dimasukkan ke dalam drum boiler maka effisiensi thermal semakin rendah (Djokosetyardjo, 2003). Hal ini menunjukkan bahwa masih terdapat kekurangan dalam pada alat tersebut, salah satu faktor yang membuat kurang optimalnya yaitu pada nyala api yang dikeluarkan dan juga faktor lingkungan yang banyaknya udara bebas, yang membuat api keluar dari furnace tidak konstan.

Peningkatan nilai kondisi level ketinggian air yang menyebabkan semakin sedikitnya peningkatan tekanan dan tempratur pada proses kontinyu ini bersesuaian dengan hasil penelitian tentang pengendali level air pada *steam drum boiler* berbasis *distributed control system* bahwa semakin tinggi temperatur maka penguapan semakin cepat dan level air semakin berkurang (Nataliana dkk., 2012). Level ketinggian 70% merupakan kondisi yang optimal untuk memproduksi *saturated steam* pada *cross section water tube boiler* ini jika ditinjau berdasarkan tekanan yang dihasilkan secara konstan pada proses kontinyu karena dapat mencapai target tekanan steam 5 bar.

Amurang Unit I dengan diperoleh tekanan dan temperatur sebesar 9.8 bar dan 540 $^{\circ}$ C dengan effisiensi sebesar 91.73 % keadaan level ketinggian air konstan. Dari beberapa penelitian tersebut dapat diketahui bahwa pada boiler pipa air dengan berbagai macam bahan bakar dan level ketinggian air mempunyai keadaan yang variatif untuk menghasilkan temperatur dan tekanan *steam* yang maksimal.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Level ketinggian air berpengaruh pada nilai efisiensi *cross section water tube boiler*.
2. Level ketinggian air yang optimal di dalam *steam drum* jika dilihat berdasarkan efisiensi termal yang dihasilkan adalah 70%.
3. Tekanan maksimum pada alat *Cross Section Water Tube Boiler* adalah 5 bar.
4. Air yang masuk ke dalam tanki dalam keadaan 70% adalah 19,419 Liter.

DAFTAR PUSTAKA

Borgnakke, Claus & Richard E. Sonntag. 2009. *Fundamentals of Thermodynamics 7th Edition*. New York: John Wiley & Sons.

DjokoSetyoarjo, M.J. 1990. *Pembahasan Lebih Lanjut Tentang Ketel Uap*. Jakarta: Pradnya Paramita.

Hougen, D. A., K. M. Watson, dan R. A. Ragatz. 1973. *Material and Energy Balance*. Bagian 1 dari *Chemical Process Principles*. Edisi 2. New York: John Wiley & Sons.

Iskandar. 2015. *Analisa Performa Water Tube Boiler Kapasitas 115 Ton/Jam di PT Pertamina Refinery Unit VI Balongan Indramayu*. Skripsi. UNNES.

Juriwon. (2017). *Analisis Energi Boiler Pipa Air Menggunakan Bahan Bakar Solar*. Laporan Tugas Akhir. Palembang : Politeknik Negeri Sriwijaya.

Kurniawan, H. Y., Gunawan, H., dan Maluegha, B. 2014. *Kajian Efisiensi Termal dari Boiler di Pembangkit Listrik Tenaga Uap Amurang Unit I*. Jurnal Online Poros Teknik Mesin. Vol. 4, No.2. Hal 97-103. Manado : Universitas Sam Ratulangi.

Nataliana, D., Taryana, N., dan Farisi. 2012. *Pengendali Level Air pada Steam Drum Boiler Berbasis DCS (Distributed Control System)*. Jurnal Informatika. Vol. 3, No.1. Hal 18-29. Bandung: Institut Teknologi Nasional.