

# **ANALISA PERBANDINGAN PEMAKAIAN BAHAN BAKAR SOLAR FUEL OIL (SFO) DAN LIQUEFIED NATURAL GAS (LNG) TERHADAP KINERJA BOILER DI UNIT COLD ROLLING MILL (CRM) DI PT X**

**Yusvardi Yusuf, ST., MT<sup>1</sup>., Santoso Budi, ST.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
Jl. Jenderal Sudirman Km. 3, Cilegon - Banten 42435.

## **ABSTRAK**

Bahan bakar yang dipakai saat ini pada boiler di PT. X khususnya di unit *Cold Rolling Mill* (CRM) adalah LNG (*Liquefied Natural Gas*) yang sebelumnya bahan bakar yang dipakai adalah *Solar Fuel Oil* (SFO), pergantian bahan bakar minyak ke gas dimulai sejak akhir tahun 2009. Alasan digantinya bahan bakar tersebut adalah karena efisiensi yang dihasilkan bahan bakar gas lebih baik dibandingkan dengan bahan bakar minyak dan ditambah dengan adanya kenaikan harga bahan bakar minyak dunia, biaya yang dikeluarkan untuk pembelian bahan bakar menjadi lebih besar.

Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa boiler berbahan bakar LNG per jamnya rata – rata membutuhkan bahan bakar sekitar 347,52625 kg/jam dan biaya yang dikeluarkan sekitar Rp. 2.543.892,-/jam serta menghasilkan efisiensi rata – rata 89,9 %, jauh lebih baik dibandingkan boiler berbahan bakar SFO yang membutuhkan bahan bakar sekitar 485,375 liter/jam dan biaya yang dikeluarkan sekitar Rp 3.979.104,-/jam serta menghasilkan efisiensi rata – rata 80,8%.

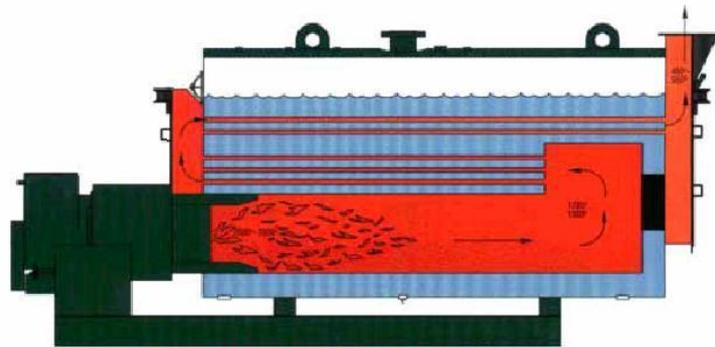
**Kata Kunci : Boiler, Bahan Bakar, Efisiensi dan Biaya**

## **1.PENDAHULUAN**

Penggunaan uap baik dalam pembangkit listrik maupun industri menyebabkan kebutuhan akan uap semakin besar. Untuk itu dibutuhkan suatu alat pengkonversi energi untuk mengubah energi bahan bakar menjadi energi potensial uap yang dalam hal ini alat yang digunakan adalah boiler. Boiler atau ketel uap merupakan alat yang berfungsi mengubah dan memindahkan kalor dari proses pembakaran bahan bakar dimana air diubah menjadi uap melalui media pemanas.

Sebagaimana kita ketahui, kandungan bahan bakar yang buruk dapat mengakibatkan korosi pada pipa-pipa dan dinding boiler, karena bahan bakar yang buruk mempunyai kandungan sulfur yang besar dan kandungan abu yang dihasilkan setelah pembakaran dapat melekat lalu membentuk kotoran pada dinding dan pipa-pipa, menghalangi rambatan panas di dalamnya dan berdampak langsung pada efisiensi yang dihasilkan pada boiler. Berdasarkan kejadian tersebut diperlukan penelitian mengenai pengaruh jenis bahan bakar dan besarnya efisiensi yang dihasilkan oleh boiler tersebut.

Boiler atau ketel uap merupakan bejana tertutup yang terbuat dari baja. Boiler berfungsi untuk mentransfer panas yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar ke air yang menjadi uap atau steam yang berguna. Uap ini digunakan untuk proses-proses industri, penggerak, pemanas, dan lain-lain. Pencampuran bahan bakar dengan udara pembakaran terjadi di alat pembakar/*burner*. Sistem 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*. Berbagai kran disediakan untuk keperluan perawatan dan perbaikan. Boiler di unit CRM terdapat tiga buah boiler yang terpasang paralel, boiler ini termasuk ke dalam jenis boiler pipa api (*fire tube*), dimana didalamnya terdapat dua burner dengan pola aliran *3-pass dryback*. Seperti boiler pipa api pada umumnya, gas asap hasil pembakaran dilewatkan pada pipa – pipa api. Pipa – pipa ini terendam dalam air boiler yang berfungsi sebagai medium penyerap panas. Air boiler berada dalam suatu container atau *shell* yang juga memuat pipa-pipa tersebut.



**Gambar 1. Boiler jenis Fire Tube**

Bahan bakar adalah zat yang apabila dipanasi akan mengalami reaksi kimia dengan oksigen dan akan menghasilkan kalori. Bahan bakar pada umumnya akan mengandung unsur seperti Carbon, Hidrogen, dan senyawa lainnya misal : Sulfur, Nitrogen, dan Oksigen. Bahan bakar yang digunakan di dalam boiler pada umumnya di klasifikasikan sebagai berikut :

- Bahan bakar padat  
Bahan bakar padat yang terdapat di bumi kita ini berasal dari zat-zat organik. Bahan bakar padat mengandung unsur-unsur antara lain : karbon, nitrogen, hidrogen, belerang, oksigen abu dan air yang kesemuanya itu terikat dalam satu persenyawaan kimia, contoh batubara, kokas, kayu, lignit, bark, ampas tebu, sampah.
- Bahan bakar cair  
Bahan bakar cair berasal dari minyak bumi. Minyak bumi didapat dari dalam tanah dengan jalan mengebornya pada ladang-ladang minyak, dan memompanya sampai ke atas permukaan bumi, untuk selanjutnya diolah lebih lanjut menjadi berbagai jenis minyak bakar, contoh minyak diesel (*diesel oil*), minyak berat/residu (*heavy oil*), kerosin.
- Bahan bakar gas  
Bahan bakar gas merupakan bahan bakar yang sangat memuaskan sebab hanya memerlukan sedikit handling dan sistem burnernya sangat sederhana dan hampir bebas perawatan. Gas dikirimkan melalui jaringan pipa distribusi sehingga cocok untuk wilayah yang berpenduduk tinggi atau padat industri.

## 2. METODE PENELITIAN

Pengambilan data kinerja boiler di unit CRM dilakukan setiap jamnya selama 8 jam, dimulai dari jam 08:00 s/d 15:00. Data yang diambil berupa tekanan kerja boilernya, volume bahan bakar, volume air umpan, suhu air umpan, suhu udara sekitar, dan persentase blowdownnya. Data kinerja boiler berbahan bakar SFO dan LNG dapat dilihat pada tabel 1 dan 2 dibawah ini:

**Tabel 1. Data Kinerja Boiler Berbahan Bakar SFO Bulan Nopember 2009**

Jam	P	Volume BB	Suhu BB	Volume Air Umpan	Suhu Air Umpan	Suhu Udara Sekitar	Blowdown
	(bar)	(lt/jam)	(°C)	(m <sup>3</sup> /jam)	(°C)	(°C)	(%)
08 : 00	8	490	68	6,9	100	37	5
09 : 00	8	483	67,7	6,8	100	37	5
10 : 00	7,9	488	67	7	100	38	5
11 : 00	8	490	67,5	6,8	100	38	5
12 : 00	7,9	484	67,8	6,8	100	38	5
13 : 00	7,9	480	68	7	100	38	5
14 : 00	7,8	483	67,2	6,9	100	38	5
15 : 00	7,8	485	67	6,8	100	37	5

**Tabel 2. Data Kinerja Boiler Berbahan Bakar LNG Bulan Januari 2011**

Jam	P	Volume BB	Suhu BB	Volume Air Umpan	Suhu Air Umpan	Suhu Udara Sekitar	Blowdown
	(bar)	(Nm <sup>3</sup> /jam)	(°C)	(m <sup>3</sup> /jam)	(°C)	(°C)	(%)
08 : 00	7,7	485	40,2	7	100	37	5
09 : 00	7,7	481	39,6	6,9	100	37	5
10 : 00	7,6	492	40,1	7	100	37	5
11 : 00	7,5	487	39,8	6,9	100	38	5
12 : 00	7,4	480	40,1	6,8	100	38	5
13 : 00	7,4	486	39,5	7	100	38	5
14 : 00	7,5	485	39,4	6,8	100	38	5
15 : 00	7,6	487	39,7	6,9	100	38	5

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Hasil Perhitungan Efisiensi Sistem Boiler

Dengan data diatas maka dapat diketahui besarnya efisiensi sistem pada boiler yang berbahan bakar SFO dan LNG, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 3 dan 4 di bawah ini:

**Tabel 3. Hasil perhitungan efisiensi boiler berbahan bakar SFO**

Jam	P	$U_t$	$M_{uap}$	$K_{bb}$	$Q_{uap}$	$Q_{bb}$	$\eta$
	(bar)	(kg/jam)	(kg/jam)	(kg/jam)	(kJ/jam)	(kJ/jam)	(%)
08 : 00	8	5.882,35	6.287,86	401,8	14.776.848,27	18.336.898,38	80,5
09 : 00	8	5.798,32	6.201,47	396,06	14.573.826,59	18.074.942,69	80,6
10 : 00	7,9	5.858,34	6.383,86	400,16	14.970.534,73	18.262.053,9	81,9
11 : 00	8	5.882,35	6.201,47	401,8	14.573.826,59	18.336.898,38	79,5
12 : 00	7,9	5.810,32	6.201,47	396,88	14.542.819,24	18.112.364,93	80,2
13 : 00	7,9	5.762,30	6.383,86	393,6	14.970.534,73	17.962.675,97	83,3
14 : 00	7,8	5.798,32	6.287,86	396,06	14.748.678,66	18.074.942,69	81,6
15 : 00	7,8	5.822,32	6.201,47	397,7	14.546.044	18.149.787,18	80,1

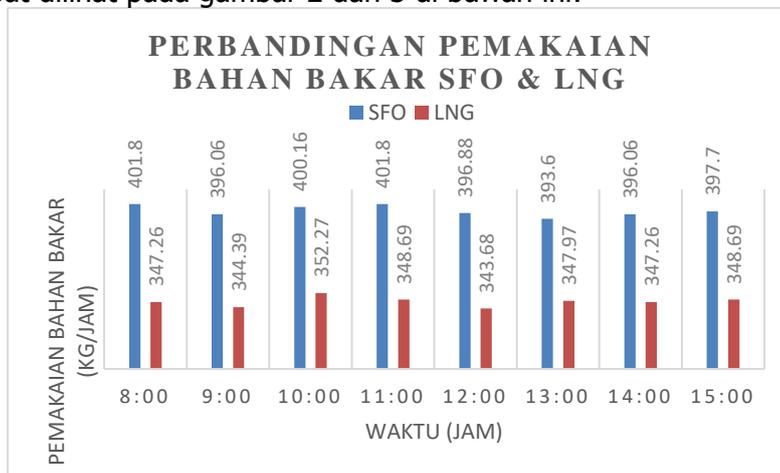
**Tabel 4. Hasil perhitungan efisiensi boiler berbahan bakar LNG**

Jam	P	$U_t$	$M_{uap}$	$K_{bb}$	$Q_{uap}$	$Q_{bb}$	$\eta$
	(bar)	(kg/jam)	(kg/jam)	(kg/jam)	(kJ/jam)	(kJ/jam)	(%)
08 : 00	7,7	5.681,17	6.383,86	347,26	14.977.429,3	16.450.782,71	91,0
09 : 00	7,7	5.634,22	6.287,86	344,39	14.752.199,86	16.315.106,15	90,4
10 : 00	7,6	5.763,13	6.383,86	352,27	14.981.004,26	16.688.216,68	89,7
11 : 00	7,5	5.704,56	6.287,86	348,69	14.752.199,86	16.518.620,99	89,4
12 : 00	7,4	5.622,60	6.201,47	343,68	14.559.935,3	16.281.187,01	89,4
13 : 00	7,4	5.692,78	6.383,86	347,97	14.988.154,19	16.484.701,85	90,9
14 : 00	7,5	5.681,17	6.201,47	347,26	14.556.462,47	16.450.782,71	88,4
15 : 00	7,6	5.704,56	6.287,86	348,69	14.752.199,86	16.518.620,99	89,3

### 3.2. Analisa Data

- Analisa Pemakaian Bahan Bakar ( $K_{bb}$ )

Analisis pemakaian bahan bakar adalah membandingkan banyaknya pemakaian bahan bakar yang digunakan oleh boiler pada saat beroperasi, dimana banyaknya pemakaian bahan bakar dapat dilihat pada gambar 2 dan 3 di bawah ini:

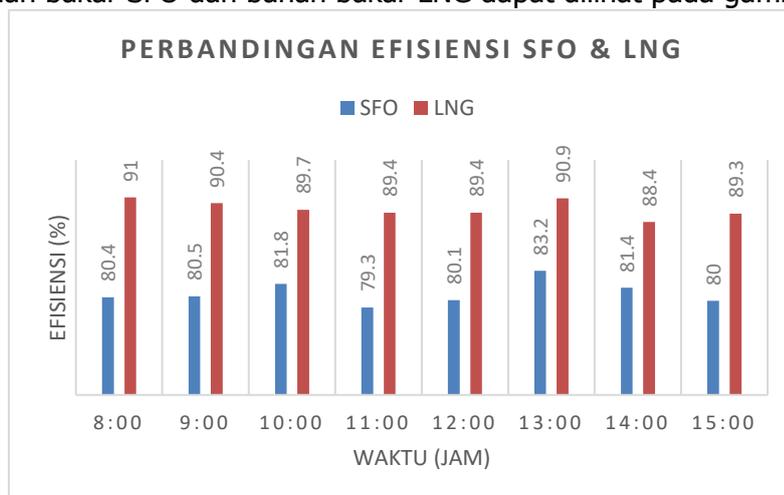


Gambar 2. Grafik Pemakaian Bahan Bakar SFO & LNG

Bila dilihat pada gambar 2 diatas, dapat diketahui bahwa pemakaian bahan bakar minyak SFO terendah sebesar 393,6 kg/jam dan pemakaian tertinggi sebesar 401,8 kg/jam. Sedangkan pemakaian bahan bakar gas LNG terendah sebesar 343,68 kg/jam dan pemakaian tertinggi sebesar 352,27 kg/jam, sehingga pemakaian bahan bakar minyak SFO dari jam 08:00 sampai 15:00 yang masuk ke boiler lebih banyak dibandingkan dengan pemakaian bahan bakar gas LNG.

- Analisa Efisiensi System Boiler ( $\eta$ )

Pada dasarnya boiler dapat dikatakan berjalan dengan baik bila mempunyai efisiensi sistem berkisar 70% - 90%, sedangkan boiler berbahan bakar SFO dan LNG yang dioperasikan untuk produksi uap pada PT. X khususnya di unit CRM berada pada rentang tersebut, ini berarti bahwa boiler tersebut masih dapat beroperasi secara efektif. Besarnya efisiensi pada boiler yang berbahan bakar SFO dan bahan bakar LNG dapat dilihat pada gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Grafik Efisiensi SFO & LNG

Bila dilihat pada gambar 3 diatas dapat diketahui bahwa boiler berbahan bakar SFO mempunyai efisiensi terendah sebesar 79,5% dan mempunyai efisiensi tertinggi sebesar 83,3%. Sedangkan boiler berbahan bakar LNG mempunyai efisiensi terendah sebesar 88,4% dan mempunyai efisiensi tertinggi sebesar 91,0%, sehingga jika dibandingkan berarti efisiensi sistem dari boiler berbahan bakar gas LNG dari jam 08:00 sampai 15:00 jauh lebih baik dibandingkan dengan efisiensi sistem dari boiler berbahan bakar minyak SFO.

- Analisa Biaya Bahan Bakar

Analisa biaya bahan bakar adalah mencari banyaknya biaya yang dikeluarkan dalam pemakaian bahan bakar yang digunakan oleh boiler, banyaknya pemakaian bahan bakar di PT. X khususnya di unit CRM diambil selama 8 jam.

Banyaknya pemakaian bahan bakar pada boiler berbahan bakar minyak SFO dapat dilihat pada **Tabel 1**, dimana biaya yang dikeluarkan untuk pemakaian bahan bakar dapat dihitung dibawah ini, yaitu:

Rata - rata pemakaian bahan bakar SFO dalam satuan liter dari jam 08:00 s/d jam 15:00 adalah  $\frac{(490 + 483 + 488 + 490 + 484 + 480 + 483 + 485) \text{ liter/jam}}{8} = 485,375 \text{ liter/jam}$ .

Harga 1 liter minyak SFO adalah Rp 8.198,-

$$\begin{aligned} \text{Biaya} &= \text{Pemakaian bahan SFO} \times \text{Harga minyak SFO} \\ &= 485,375 \text{ liter/jam} \times \text{Rp } 8.198,- \\ &= \text{Rp } 3.979.104,-/\text{jam} \end{aligned}$$

Banyaknya pemakaian bahan bakar pada boiler berbahan bakar LNG dapat dilihat pada **Tabel 2**, dimana biaya yang dikeluarkan untuk pemakaian bahan bakar dapat dihitung dibawah ini, yaitu:

Rata - rata pemakaian bahan bakar LNG dari jam 08:00 s/d jam 15:00 adalah  $\frac{(347,26 + 344,39 + 352,27 + 348,69 + 343,68 + 347,97 + 347,26 + 348,69) \text{ kg/jam}}{8} = 347,52625 \text{ kg/jam}$ .

Harga 1 kg gas LNG adalah Rp 7.320,-

$$\begin{aligned} \text{Biaya} &= \text{Pemakaian LNG} \times \text{Harga gas LNG} \\ &= 347,52625 \text{ kg/jam} \times \text{Rp } 7.320,- \\ &= \text{Rp. } 2.543.892,-/\text{jam} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas dapat diketahui bahwa biaya yang dikeluarkan untuk pemakaian bahan bakar minyak SFO dalam setiap jamnya adalah Rp 3.979.104,-/jam dan untuk pemakaian bahan bakar gas LNG dalam setiap jamnya adalah Rp. 2.543.892,-/jam. Sehingga dengan menggunakan bahan bakar gas LNG dapat menghemat biaya sekitar Rp. 1.435.212,-/jam.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa di atas, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemakaian bahan bakar LNG pada boiler per jamnya rata – rata menggunakan sebesar 347,52625 kg/jam bahan bakar dan biaya bahan bakar yang dikeluarkan sekitar Rp. 2.543.892,-/jam, lebih sedikit daripada pemakaian bahan bakar SFO sebesar 398,00 kg/jam bahan bakar dan biaya bahan bakar yang dikeluarkan sekitar Rp 3.979.104,-/jam. Sehingga pemakaian bahan bakar gas LNG lebih hemat biaya bila dibandingkan dengan pemakaian bahan bakar minyak SFO.
2. Diketahui energi pembakaran bahan bakar SFO dalam 8 jam rata-rata 18.163.820,52 kJ/jam jauh lebih besar daripada energi pembakaran bahan bakar LNG rata-rata 16.463.502,39 kJ/jam, perbedaan itu terjadi karena pemakaian bahan bakar SFO jauh lebih banyak daripada bahan bakar LNG.
3. Boiler berbahan bakar LNG menghasilkan efisiensi yang lebih baik dari pada boiler berbahan bakar minyak SFO, dimana SFO menghasilkan efisiensi rata – rata 80,8% dan LNG sebesar 89,9%.

#### DAFTAR ACUAN

Djokosetyarjo, M.J, "*Ketel Uap*" cetakan keenam, PT. Pradya Paramita, Jakarta, 2006

Ir. Astu Pudjanarsa, MT & Prof. Ir. Djati Nursuhad, MSME "*Mesin Konversi Energi Edisi Revisi*" Penerbit Andi, Yogyakarta, 2006 – 2008

Holman, J.P., "*Heat Transfer Ninth Edition*" Mc Graw-Hill Inc, United State, 2002

Santoso., B. "Materi Pelajaran Konversi Energi I" Perpustakaan Pribadi, 2009

Technical Data, Divisi Rekayasa Teknik PT. Krakatau Steel ( 13/01/2011 )

Technical Data, PT. Krakatau Steel ( 27/01/2011 )

Technical Data, Utility Pabrik Pengerolan Baja Lembaran Dingin PT. Krakatau Steel (28/01/2011)

Yohana, E., (2009), Perhitungan Efisiensi dan Konversi dari Bahan Bakar Solar ke gas pada Boiler Ebara HKL 1800 KA, Rotasi Volume 11 Nomor 3

