

ANALISA PERFORMANCE BOILER TAKUMA N-600 SA DENGAN TINGKAT KEADAAN UAP 20 Kg/cm²/259 °C BERBAHAN BAKAR SERAT DAN CANGKANG KELAPA SAWIT BERBASIS KOMPUTASI

Zul Adli¹, Turmizi², Mawardi²

¹Mahasiswa Prodi D-IV Teknologi Rekayasa Manufaktur

²Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe

Jl. Banda Aceh-Medan Km. 280 Buket Rata

Email : Adly.zulpnlm@gmail.com

Abstrak

Beberapa faktor yang mempengaruhi efisiensi boiler adalah tekanan superheater, temperatur air umpan, temperatur uap, jumlah uap yang dihasilkan, jumlah konsumsi bahan bakar, dan nilai kalor pembakaran bahan bakar. Penggunaan software chemicallogic steamtab companion untuk menghitung nilai enthalpy. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan hubungan variasi tekanan superheater dengan efisiensi boiler, hubungan variasi suhu air umpan dengan efisiensi boiler, hubungan variasi jumlah uap yang dihasilkan dengan efisiensi boiler, dan menganalisa efisiensi water tube boiler. Dari hasil analisa yang telah dilakukan maka hubungan variasi tekanan superheater dengan efisiensi boiler tidak konstan naik melainkan naik turun, hubungan variasi suhu air umpan dengan efisiensi boiler konstan naik, hubungan variasi jumlah uap yang dihasilkan dengan efisiensi boiler relatif konstan naik, nilai kalor pembakaran rendah (LHV) yang digunakan adalah 18083,584 kJ/kg, nilai efisiensi boiler tertinggi yang dihasilkan sebesar 79,16 % dan nilai efisiensi boiler terendah yang dihasilkan sebesar 77,7 %.

Kata kunci : boiler, efisiensi boiler, nilai kalor bahan bakar.

1 Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Boiler mempunyai peranan penting dalam proses produksi uap, uap digunakan untuk memutar turbin uap sebagai penghasil energi listrik untuk kebutuhan pabrik, perkantoran, dan perumahan. Pada pabrik minyak kelapa sawit uap menjadi kebutuhan utama, selain sebagai penggerak turbin, uap juga dibutuhkan untuk stasiun perebusan (*sterilizer*), stasiun *press* (*digester*), stasiun klarifikasi, stasiun pengolahan inti sawit (kernel), dan tangki penyimpanan air. Apabila boiler tidak beroperasi dengan optimal maka kelancaran dan kontinuitas produksi uap akan terganggu sehingga produksi minyak kelapa sawit yang dihasilkan juga akan mengalami gangguan serta beban biaya produksi yang meningkat. [1]

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

- Menganalisa efisiensi *water tube boiler* di PMKS PT SISIRAU.
- Membandingkan efisiensi boiler saat baru dengan keadaan sekarang.
- Mendapatkan hubungan variasi tekanan *superheater*, temperatur air umpan, jumlah uap, dan temperatur uap dengan efisiensi

boiler.

- Dapat melakukan pemodelan perhitungan performance boiler menggunakan perangkat lunak Visual Basic.
- Validasi hasil pemodelan terhadap perhitungan manual.

2 Metodologi

2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PMKS PT SISIRAU, Aceh Tamiang (gambar 2.1) dan pengambilan data dilakukan di fasilitas *power plant*, *boiler station*, *feed water tank* dan *water treatment system*. Waktu penelitian dilakukan pada 20–25 November 2017.



Gambar 2.1 PMKS PT SISIRAU

2.2 Objek Penelitian

Boiler Takuma N-600 SA yang menjadi objek penelitian ditunjukkan pada gambar 2.2.



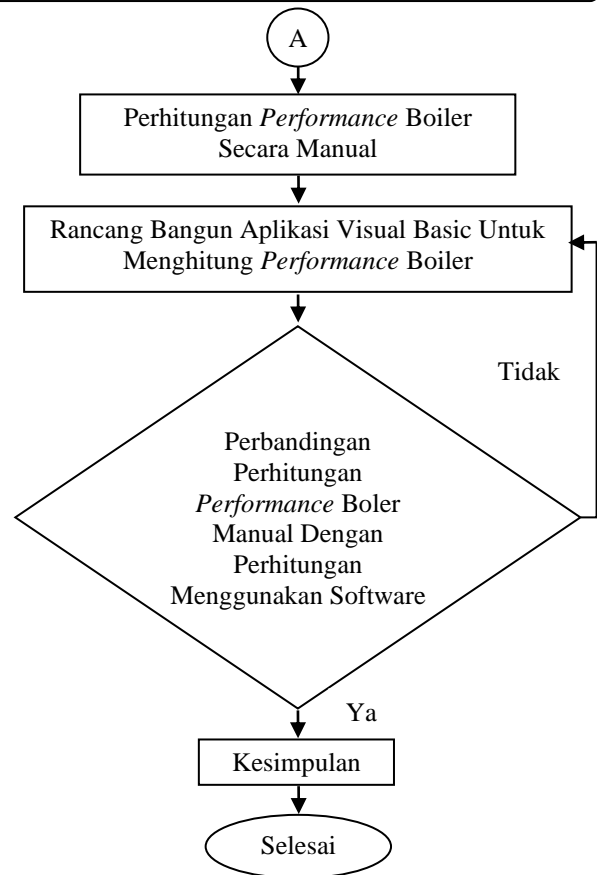
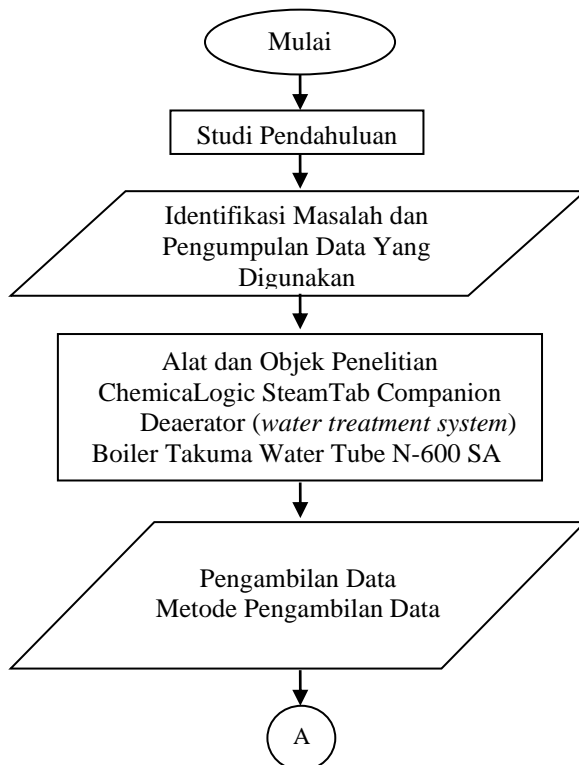
Gambar 2.2 Boiler Takuma N-600 SA

Boiler (Ketel Uap) yang dipakai pada PMKS PT. SISIRAU Aceh Tamiang memiliki data teknis sebagai berikut :

- Jenis Ketel Uap : Ketel pipa air
- Tipe : Water Tube Boiler
- Max. Tekanan Uap : 23,0 Kg/Cm²
- Tekanan Uap Normal : 20 Kg/Cm²
- Kapasitas Uap : 20 Ton/jam
- Temperatur Uap : Superheater 280° C
- Temperatur Umpan : 90° C
- Pemakaian Bahan Bakar : 75 % serat + 25 % cangkang
- Tahun Pembuatan Boiler : 1998

2.3 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ditunjukkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Diagram Alir Penelitian

3 Hasil dan Pembahasan

Pengambilan data harian dilakukan selama 6 hari, adapun data rata-rata kinerja harian boiler ditunjukkan pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Data Harian Kinerja Boiler

Data	Steam Pressure (Kg/cm ²)	Feed water temperatur (°C)	Outlet Steam Temperature (°C)	Steam Flow (ton/jam)
Data 1	19,65	81,2	260	18,57
Data 2	19,94	81	258,8	18,53
Data 3	19,82	80,6	258,9	18,52
Data 4	19,92	81,4	260,9	18,6
Data 5	19,41	80,33	258,67	18,32
Data 6	19,48	81,5	260	18,66

Berdasarkan data harian pada tabel 3.1 maka efisiensi boiler dapat dicari dengan persamaan berikut.

$$Efisiensi\ boiler\ (\eta) = \frac{W_s \times (h_3 - h_1)}{W_f \times LHV} \quad [2]$$

Nilai entalpi (h_1 dan h_3) didapat dengan memasukkan nilai *steam pressure* (P_3), *temperature outlet steam* (t_3), dan *feed water temperature* (t_1) pada aplikasi ChemicalLogic SteamTab Companion. Nilai LHV bahan bakar (75% serat : 25% cangkang) yaitu 18083,584 Kj/kg serta konsumsi bahan bakar sebesar 3375 kg/jam.[1]

1. Analisa unjuk kerja boiler saat baru

$$\eta_b = \frac{20000 \times (2972,14 - 377,039)}{3375 \times 18083,584}$$

$$\eta_b = \frac{51902020}{61032096}$$

$$\eta_b = 0,85$$

$$\eta_b = 85 \%$$

2. Analisa unjuk kerja boiler saat sekarang

- Analisa berdasarkan data 1

$$\eta = \frac{18570 \times (2929,83 - 340,051)}{3375 \times 18083,584}$$

$$\eta = \frac{48092196}{61032096}$$

$$\eta = 0,787$$

$$\eta = 78,7 \%$$

- Analisa berdasarkan data 2

$$\eta = \frac{18530 \times (2925,71 - 339,211)}{3375 \times 18083,584}$$

$$\eta = \frac{47927826,5}{61032096}$$

$$\eta = 0,785$$

$$\eta = 78,5 \%$$

- Analisa berdasarkan data 3

$$\eta = \frac{18520 \times (2926,43 - 337,532)}{3375 \times 18083,584}$$

$$\eta = \frac{47946391}{61032096}$$

$$\eta = 0,785$$

$$\eta = 78,5 \%$$

- Analisa berdasarkan data 4

$$\eta = \frac{18600 \times (2931,01 - 340,891)}{3375 \times 18083,584}$$

$$\eta = \frac{48176213,4}{61032096}$$

$$\eta = 0,789$$

$$\eta = 78,9 \%$$

- Analisa berdasarkan data 5

$$\eta = \frac{18320 \times (2927,47 - 336,398)}{3375 \times 18083,584}$$

$$\eta = \frac{47468439}{61032096}$$

$$\eta = 0,777$$

$$\eta = 77,7 \%$$

- Analisa berdasarkan data 6

$$\eta = \frac{18660 \times (2930,49 - 341,311)}{3375 \times 18083,584}$$

$$\eta = \frac{48314080,14}{61032096}$$

$$\eta = 0,791$$

$$\eta = 79,1 \%$$

Tabulasi hasil perhitungan manual dan rata-rata nilai efisiensi dari data 1 sampai 6 ditunjukkan pada tabel 3.2.

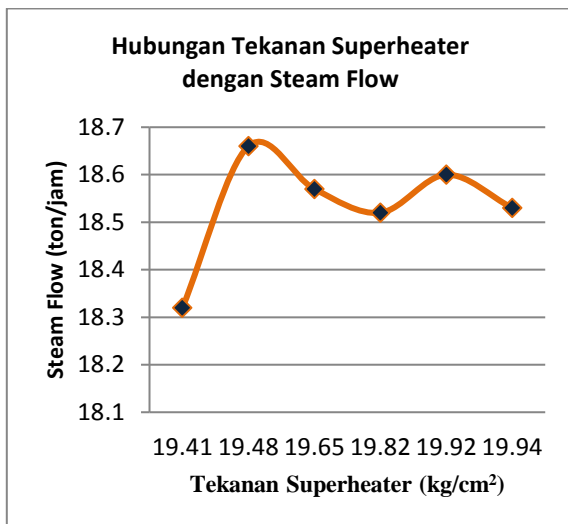
Tabel 3.2 Hasil Perhitungan Manual

Data	Efisiensi (%)
Data 1	78.7
Data 2	78.5
Data 3	78.5
Data 4	78.9
Data 5	77.7
Data 6	79.1
Rata-rata	78.57

Tabulasi data tekanan *superheater* dan *steam flow* ditunjukkan pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Hubungan Tekanan *Superheater* dengan *Steam Flow*

Tekanan Superheater (kg/cm ²)	Steam Flow (ton uap/jam)
19.41	18.32
19.48	18.66
19.65	18.57
19.82	18.52
19.92	18.6
19.94	18.53



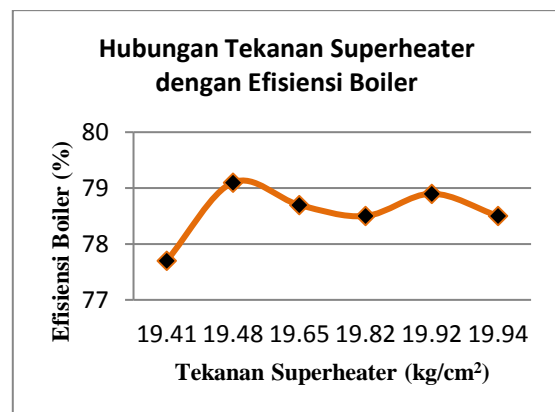
Gambar 3.1 Grafik Hubungan Tekanan Superheater dengan Uap yang Dihasilkan

Berdasarkan gambar 3.1 diatas, dapat dilihat bahwa hubungan tekanan superheater dengan jumlah uap yang dihasilkan tidak konstan naik melainkan tidak teratur atau naik turun. Di mana pada saat tekanan superheater 19,41 kg/cm² jumlah uap yang dihasilkan 18,32 ton/jam, sedangkan pada saat tekanan superheater 19,48 kg/cm² rata-rata jumlah uap yang dihasilkan 18,66 ton/jam jumlah uap yang dihasilkan turun, kemudian pada saat tekanan superheater 19,94 kg/cm² jumlah uap yang dihasilkan sebesar 18,53 ton/jam jumlah uap yang dihasilkan turun.

Tabulasi data tekanan *superheater* dan efisiensi boiler ditunjukkan pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Hubungan Tekanan *Superheater* dengan Efisiensi Boiler

Tekanan Superheater (kg/cm ²)	Efisiensi Boiler (%)
19.41	77.7
19.48	79.1
19.65	78.7
19.82	78.5
19.92	78.9
19.94	78.5



Gambar 3.2 Grafik Hubungan Tekanan *Superheater* dengan Efisiensi Boiler

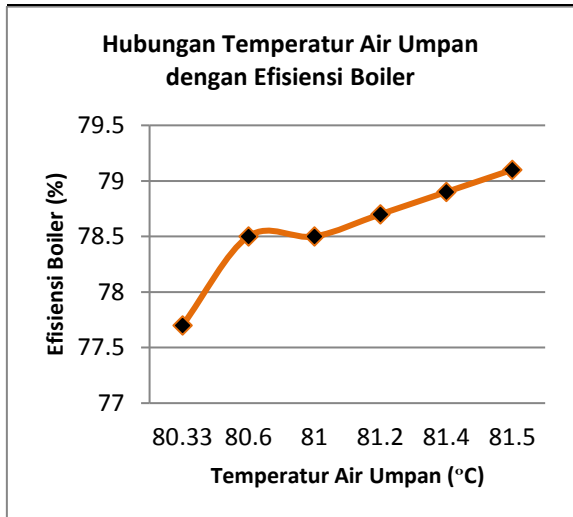
Berdasarkan gambar 3.2 diatas, dapat dilihat bahwa hubungan tekanan superheater dengan unjuk kerja boiler tidak konstan naik melainkan tidak teratur atau naik turun. Dimana bisa dilihat pada saat tekanan superheater 19,41 kg/cm² unjuk kerja boiler sebesar 77,7 %, sedangkan pada saat tekanan superheater 19,48 kg/cm² rata-rata unjuk kerja boiler yang diperoleh sebesar 79,1 % mengalami kenaikan, kemudian pada saat tekanan superheater 19,94 kg/cm² unjuk kerja boiler sebesar 78,5 % mengalami penurunan.

Tabulasi data tekanan *superheater* dan efisiensi boiler ditunjukkan pada tabel 3.5.

Tabel 3.5 Hubungan Temperatur Air Umpan dengan Efisiensi Boiler

Temperatur Air Umpan (°C)	Efisiensi Boiler (%)
80.33	77.7
80.6	78.5
81	78.5
81.2	78.7
81.4	78.9

81.5 79.1



Gambar 3.3 Grafik Hubungan Temperatur Air Umpan dengan Efisiensi Boiler

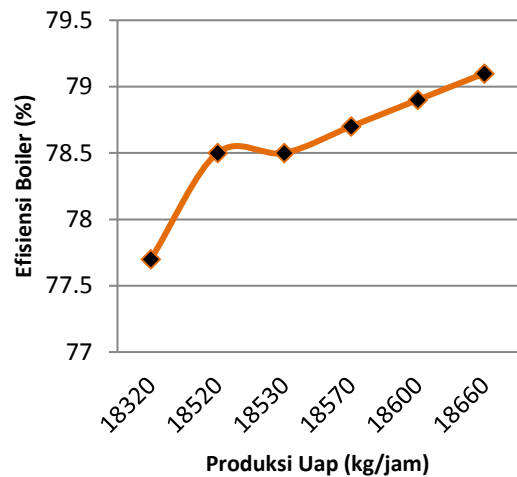
Berdasarkan gambar 3.3 diatas, dapat dilihat bahwa hubungan suhu air umpan dengan unjuk kerja boiler konstan naik. Dimana dapat dilihat pada temperature 80,33 °C dengan unjuk kerja boiler sebesar 77,7 %, pada saat temperatur 80,6 °C dengan unjuk kerja 78,5 % mengalami kenaikan. Sampai pada suhu 81,5 °C unjuk kerja terus mengalami kenaikan sebesar 79,1. Bisa disimpulkan bahwa hubungan suhu air umpan dengan unjuk kerja boiler berbanding lurus, yang artinya semakin besar jumlah suhu air umpan maka semakin besar unjuk kerja boiler yang dihasilkan.

Tabulasi data produksi uap dan efisiensi boiler ditunjukkan pada tabel 3.6.

Tabel 3.6 Hubungan Produksi Uap dengan Efisiensi Boiler

Produksi Uap (Kg/jam)	Efisiensi Boiler (%)
18320	77.7
18520	78.5
18530	78.5
18570	78.7
18600	78.9
18660	79.1

Hubungan Produksi Uap dengan Efisiensi Boiler



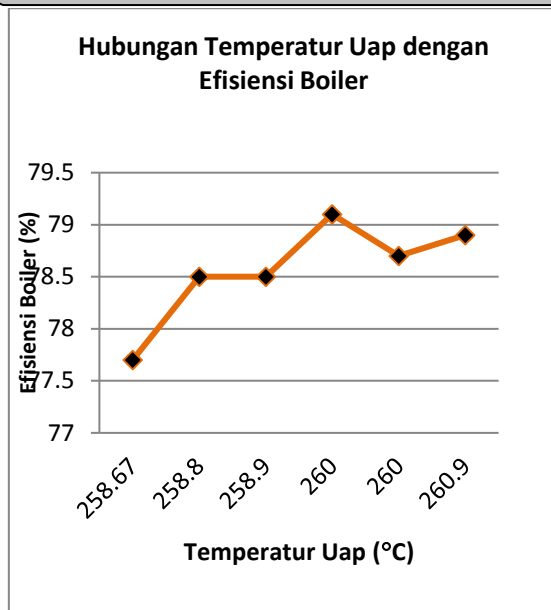
Gambar 3.4 Grafik Hubungan Produksi Uap dengan Efisiensi Boiler

Berdasarkan gambar 3.4, dapat dilihat bahwa hubungan produksi uap dengan unjuk kerja boiler relatif konstan naik. Dimana bisa dilihat pada saat jumlah produksi uap 18320 kg/jam unjuk kerja boiler sebesar 77,7 %, pada saat jumlah produksi uap 18520 kg/jam unjuk kerja boiler naik menjadi 78,5 %, pada saat jumlah produksi uap 18570 kg/jam unjuk kerja boiler naik menjadi 78,7 %, pada saat jumlah produksi uap 18600 kg/jam unjuk kerja boiler naik menjadi 78,9 %, dan pada saat jumlah produksi uap 18660 kg/jam unjuk kerja boiler naik menjadi 79,1 %.

Tabulasi data produksi uap dan efisiensi boiler ditunjukkan pada tabel 3.7.

Tabel 3.7 Hubungan Temperatur Uap dengan Efisiensi Boiler

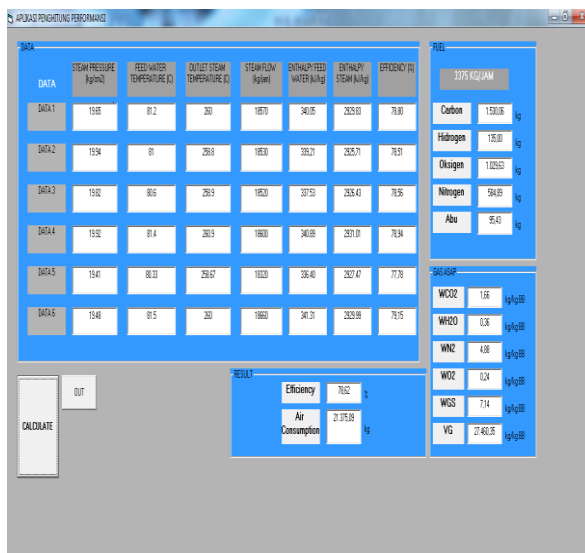
Temperatur Uap (°C)	Efisiensi Boiler (%)
258,67	77,7
258,8	78,5
258,9	78,5
260	79,1
260	78,7
260,9	78,9



Gambar 3.5 Grafik Hubungan Temperatur Uap dengan Efisiensi Boiler

Berdasarkan gambar 3.5 diatas, dapat dilihat bahwa hubungan temperatur uap dengan efisiensi boiler tidak konstan naik melainkan tidak teratur atau naik turun. Di mana pada saat temperatur uap 258,67 °C menghasilkan efisiensi 77,7 %, sedangkan pada saat temperatur uap 260 °C efisiensi naik menjadi 79,1 %, kemudian pada saat temperatur uap 260,9 °C efisiensi menurun kembali menjadi 78,9 %.

Perhitungan unjuk kerja boiler menggunakan visual basic



Gambar 3.6 Perhitungan Unjuk Kerja Boiler Secara Komputasi

4 Kesimpulan

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Nilai efisiensi *watertube boiler* terendah yang dihasilkan sebesar 77,7 %, dan nilai efisiensi *watertube boiler* tertinggi yang dihasilkan sebesar 79,16 %.
2. Membandingkan efisiensi boiler saat baru dengan keadaan sekarang mengalami penurunan, efisiensi boiler saat baru sebesar 85 % sedangkan efisiensi boiler dengan keadaan saat ini mengalami penurunan menjadi sebesar 78,5 %.
3. Hubungan variasi tekanan *superheater* dengan efisiensi boiler tidak konstan naik melainkan naik turun.
4. Hubungan variasi suhu air umpan dengan efisiensi boiler konstan naik.
5. Hubungan variasi jumlah uap yang dihasilkan dengan efisiensi boiler relatif konstan naik.
6. Nilai rata-rata yang diperoleh dari boiler untuk:
 - *Steam pressure superheater* : 19,70 kg/cm²
 - Temperatur *feed water* : 81,005 °C
 - Temperatur *out let steam* : 259,54 °C
 - *Steam flow* : 18,53 ton/jam

5 Saran

Adapun saran-saran yang dapat diajukan pada *palm oil mill* maupun pembaca untuk menyempurnakan penelitian tentang analisa efisiensi *watertube boiler* berbahan bakar fiber dan cangkang untuk kedepan ialah sebagai berikut:

1. Untuk mengurangi penurunan efisiensi boiler lakukan pengontrolan terhadap kandungan air pada *feed water* sebelum masuk ke deaerator.
2. Lakukan pengecekan katup-katup yang ada pada boiler, harus diperhatikan bahwa semua katup dapat berfungsi dengan baik.
3. Untuk meningkatkan efisiensi boiler lakukan pengecekan secara berkala, dan pembersihan pipa-pipa boiler secara berkala.
4. Untuk meningkatkan efisiensi boiler kandungan air yang berlebihan pada bahan bakar untuk diperhatikan.
5. Temperatur air umpan supaya lebih diperhatikan.

6 Daftar Pustaka

- [1] Batubara, Pesulima. 2014. *Analisa Efisiensi Water Tube Boiler Berbahan Bakar Fiber Dan Cangkang Di Palm Oil Mill Dengan Kapasitas 45 Ton Tbs/Jam*. Medan
- [2] Muin, A.Syamsir.1988.*Pesawat-Pesawat Konversi Energi I (Ketel Uap)*. Jakarta: CV. Rajawali