



Analisis Pengaruh Temperatur Air Economizer Terhadap Efisiensi Ketel Di KM Meratus Kupang

Henny Pasandang Nari¹⁾, Muh. Syuaib Rahman²⁾

Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
Jln. Tentara Pelajar No. 173 Makassar, Kode Pos. 90172
*Email: hennypnari@gmail.com¹⁾, msyuaib@yahoo.com²⁾

ABSTRAK

Ketel uap adalah alat untuk menghasilkan uap air yang akan digunakan untuk pemanasan atau tenaga gerak. Fungsi utama boiler di kapal adalah untuk menghasilkan uap. Salah satu komponen utama sistem boiler adalah economizer yang digunakan untuk pemanasan awal feedwater. Selain itu economizer bermanfaat untuk menghemat penggunaan bahan bakar dengan mengambil panas gas buang (*flues gas*) sebelum terbang ke atmosfer. Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh temperatur air economizer terhadap efisiensi ketel di kapal. Penelitian ini dilaksanakan di salah satu kapal PT. Meratus Line yaitu KM Meratus Kupang yang sandar di pelabuhan Makassar. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode non participant observation, studi dokumentasi dan metode kepustakaan. Pengambilan data penelitian berupa data manual dan log book kapal berupa data temperatur economizer, boiler, dan data lain untuk keperluan penelitian. Hasil penelitian ini diperoleh data kapasitas uap boiler, konsumsi bahan bakar, temperatur gas buang, temperatur air masuk economizer, tekanan uap yang digunakan untuk menghitung efisiensi ketel. Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa dengan bertambahnya temperatur air economizer dari 65°C, 66°C, 67°C mengakibatkan efisiensi ketel bertambah besar yaitu 71,31%, 73,76% dan 76,22% dan bertambahnya temperatur uap yang dihasilkan ketel dari 250°C, 255°C, 260°C mengakibatkan efisiensi ketel bertambah besar juga yaitu 71,31%, 73,76% dan 76,22%.

Kata Kunci: *Temperature air economizer, kapasitas uap, efisiensi ketel*

ABSTRACT

A steam boiler is a device for generating water vapor to be used for heating or power generation. One of the equipment that functions to increase boiler efficiency by utilizing the heat contained in the flue gas before it is wasted into the atmosphere through the stack is an economizer. The research purposes was to find out the influence of economizer water temperature on the efficiency of the



boiler on the ship. This research was carried out on one of the ships of The Meratus Line is KM Meratus Kupang which docks at the Makassar port. The method used is the non-participant observation, the documentation study and the library method. Research data was collected by manual data and ship log book in the form of economizer temperature, boiler data, and other data. The results of this study obtained data on boiler steam capacity, fuel consumption, exhaust gas temperature, economizer inlet water temperature, steam pressure used to calculate boiler efficiency. From research results and discussion, increasing the temperature of the economizer water from 65⁰C, 66⁰C, 67⁰C causes the boiler efficiency to increase from 71,31%, 73,76% dan 76,22%. And the increase in the temperature of the steam produced by the boiler from 250⁰C, 255⁰C, 260⁰C causes the boiler efficiency to increase too from 71,31%, 73,76% dan 76,22%.

Key Word: *economizer water temperatur, steam capacity, boiler efficiency*



1. PENDAHULUAN

Ketel (boiler) bantu merupakan bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk air panas atau steam berupa energi kerja. Air adalah media yang berguna dan murah untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Ketel menghasilkan uap yang dipergunakan untuk keperluan pesawat bantu seperti pompa-pompa, pemansa dan lain-lain. Pada kapal motor besar pada umumnya mempunyai ketel bantu. Manfaat ketel bantu ini adalah untuk pemanasan di kapal seperti pemanas ruangan, dapur, bahan bakar serta untuk menggerakkan pesawat-pesawat bantu.

Air dan uap adalah pembawa panas yang baik, keduanya ramah lingkungan. Titik didik air pada tekanan atmosfer 1 atm adalah sekitar 100°C artinya air akan mulai berubah menjadi uap ketika suhunya mencapai titik tersebut. Kalau tekanan air berubah maka titik didihnya ikut berubah. Ketel uap yang seharusnya menghasilkan uap yang dapat memenuhi kebutuhan saat bongkar muat dapat menjadi berkurang sehingga mengakibatkan terhambatnya proses bongkar muat di kapal. Salah satu komponen utama sistem boiler adalah economizer yang digunakan untuk pemanasan awal feedwater. Selain itu economizer bermanfaat untuk menghemat penggunaan bahan bakar dengan mengambil panas gas buang (*flues gas*) sebelum terbuang ke atmosfer. berdasarkan pada penjelasan diatas, penelitian ini akan diarahkan untuk menganalisis apakah terdapat pengaruh antara temperatur air economizer terhadap efisiensi boiler dalam menghasilkan uap di kapal.

2. KAJIAN PUSTAKA

a. Pengertian *Boiler*

Suatu wadah yang berfungsi sebagai pemanas air, panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk air panas atau steam disebut ketel uap (boiler). Untuk mengalirkan panas ke suatu proses digunakan steam pada tekanan tertentu.

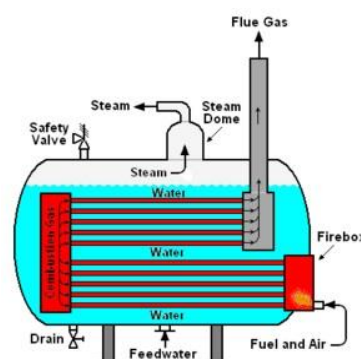
Sedangkan menurut Djokosetyardj M.J (2003), alat yang digunakan untuk menghasilkan uap/steam untuk berbagai keperluan adalah boiler. Tingkat efisiensi boiler itu sendiri sangat dipengaruhi oleh jenis air dan uap air.

b. Klasifikasi Boiler

Berdasarkan klasifikasinya, terdapat 2 macam boiler yaitu :

1) *Fire Tube Boiler* (Boiler Pipa Api)

Untuk memanaskan air di tanki diperoleh dari gas panas yang mengalir pada tanki yang dilubangi dan dilalui pipa-pipa. Untuk memanaskan air di kamar mandi ataupun laundry diperoleh dari uap panas yang dihasilkan dari air yang dipanaskan. Untuk kapasitas steam yang relative kecil dengan tekanan steam rendah sampai sedang biasanya menggunakan *Fire tube boiler*. Untuk kecepatan steam sampai 12.000 kg/jam dengan tekanan sampai 18 kg/cm² sebagai pedoman, fire tube boilers kompetitif. Bahan bakar minyak bakar, gas dalam operasinya dapat digunakan pada fire tube boiler



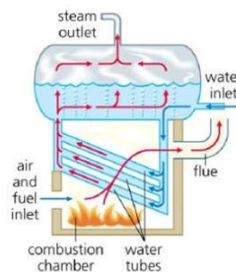
Gambar. 1 *Fire Tube Boiler* skema (Sumber: Google.com)

2) *Water Tube Boiler* (Boiler Pipa Air)

Air umpan boiler mengalir melalui pipa – pipa masuk ke dalam drum pada water tube boiler. Untuk membentuk steam pada

daerah uap dalam drum diperoleh dari air yang tersirkulasi dipanaskan oleh gas pembakar. Jika kebutuhan steam dan tekanan steam sangat tinggi seperti pada kasus *boiler* untuk pembangkit tenaga maka digunakan boiler pipa air.

Kapasitas steam antara 4.500 – 12.000 kg/jam dengan tekanan sangat tinggi termasuk ke dalam water tube boiler yang sangat modern. Jika digunakan bahan bakar minyak bakar dan gas, banyak *water tube boiler* yang dikonstruksi secara paket. Sedangkan jika *water tube* tidak umum dirancang secara paket maka menggunakan bahan bakar padat.



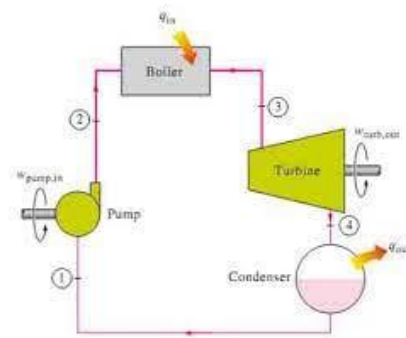
Gambar. 2 *Water Tube Boiler* skema (Sumber: Google.com)

Menurut fungsinya di kapal, ketel uap terbagi atas:

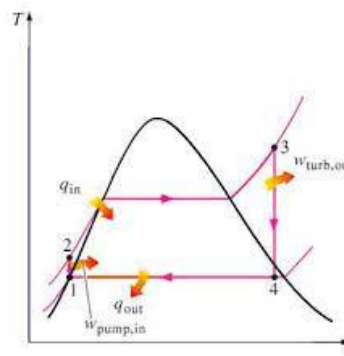
- 1) *Main boiler* (Ketel Uap Induk) digunakan untuk menggerakkan mesin induk dan merupakan ketel uap yang menghasilkan uap. Ketel-ketel pipa air, seperti *Foster Wheeler*, *babcock* dan *willcox* merupakan ketel-ketel yang digunakan pada masa kini sebagai ketel induk pada umumnya.
- 2) *Auxiliary boiler* (Ketel Uap Bantu) yaitu ketel uap yang menghasilkan uap untuk keperluan pesawat bantu, seperti pompa-pompa dan pemanas. Ketel *schots* merupakan jenis-jenis ketel uap bantu yang biasanya digunakan.

c. Siklus Rankine

Siklus termodinamika yang mengubah panas menjadi kerja adalah siklus Rankine. Secara eksternal panas disuplai pada aliran tertutup, yang biasanya menggunakan air sebagai fluida yang bergerak. Energi listrik yang dihasilkan di seluruh dunia sebesar 80% dari siklus ini. (Moran, Michael J dkk, 2004). William John Maquorn Rankine adalah ilmuwan Skotlandia yang dikenang sehingga siklus ini dinamai Rankine.



Gambar. 3 Komponen Siklus Rankine (Sumber: Google.com)



Gambar. 4 Diagram Temperatur Entropi Siklus Rankine (Sumber: Google.com)

Tahapan proses termodinamika siklus Rankine :

- 1 – 2 = proses kompresi isentropik dengan pompa
- 2 – 3 = Pada $P = \text{konstan}$ terjadi penambahan kalor pada boiler
- 3 – 4 = turbin mengalami ekspansi isentropik
- 4 – 1 = Pada $P = \text{konstan}$ Pelepasan panas di dalam kondensor

3. METODE PENELITIAN

Metode deskriptif kuantitatif adalah metode yang digunakan dalam penelitian ini. Metode pengambilan data menggunakan metode non participant observation yaitu peneliti mengambil data spesifik kapal (data teknis) dan data operasional kapal yang terdapat di dalam manual book dan log book kapal kemudian dengan menggunakan metode kepustakaan dan studi dokumentasi untuk mengolah data yang diperoleh.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

1) HASIL

Boiler yang digunakan adalah jenis fire tube (ketel pipa api), dengan kapasitas $900/600 \frac{kg}{jam}$, work press 10/6 bar, temperature $275/250^{\circ}C$. Di bawah ini adalah data parameter yang digunakan dalam menghitung efisiensi ketel dengan menggunakan 2 (dua) cara yaitu :

Tabel. 1 Data parameter menghitung efisiensi boiler metode langsung (Data Awal)

Q, kapasitas uap boiler	$600 \frac{kg}{jam}$
q, konsumsi bahan bakar	$50 \frac{kg}{jam}$
h_g , entalpi uap boiler ($t = 250^{\circ}C$, $p = 0,6 MPa$) <i>superheated steam</i>	$2957,2 \frac{kJ}{kg}$
h_f , entalpi air masuk economizer ($t = 65^{\circ}C$) <i>saturated steam</i>	$272,06 \frac{kJ}{kg}$
GCV, nilai kalor kotor bahan bakar	$10.800 \frac{kcal}{kg} =$ $45.187,2 \frac{kJ}{jam}$

Tabel. 2 Data Operasional (Data Lanjutan)

	Parameter	Data		
		I	II	III
1	Temperatur air masuk economizer, t ($^{\circ}\text{C}$)	65	66	67
	$h_f \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right)$	272.06	276.244	280.428
2	Tekanan uap (bar)	6	7	8
3	Temperatur Superheated Steam ($^{\circ}\text{C}$)	250	255	260
	$h_g \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right)$	2957.2	2964.145	2971.3
4	Kapasitas uap boiler ($\frac{\text{kg}}{\text{jam}}$)	600	620	640

Tabel. 3 Data parameter menghitung efisiensi boiler metode tidak langsung (standard ASME)

	Parameter	Data		
		I	II	III
1	% massa			
	Carbon	8	8	8
	Oksigen	2	2	2
	Sulfur	3.27	3.27	3.27
	H ₂	<1	<1	<1
	CO ₂	<12	<12	<12
2	Exhaust Gas Temperatur, T _f ($^{\circ}\text{C}$)	325	328	330
3	Ambient Temperatur, T _a ($^{\circ}\text{C}$)	29	30	30
4	Kelembaban Udara (%)	5	6	10

Tabel. 4 Hasil Perhitungan Efisiensi Boiler Metode Langsung (standard ASME)

Data	$t_{in\ eco}$ ($^{\circ}C$)	h_f ($\frac{kJ}{kg}$)	p_{steam} (bar)	t_{steam} ($^{\circ}C$)	h_g ($\frac{kJ}{kg}$)	Q ($\frac{kg}{jam}$)	η (%)
I	65	272.06	6	250	2957.2	600	71,31
II	66	276.24	7	255	2964.14	620	73,76
III	67	280.43	8	260	2971.3	640	76,22

Tabel. 5 Hasil Perhitungan Efisiensi Boiler Metode Tidak Langsung (standard ASME)

Data	T_f ($^{\circ}C$)	T_a ($^{\circ}C$)	Kelembaban udara (%)	Keb. Udara Teoritis	EA	AAS
I	325	29	5	1,327765	0,105	0,01467
II	328	30	6	1,324285	0,105	0,01463
III	330	30	10	1,320805	0,105	0,01459

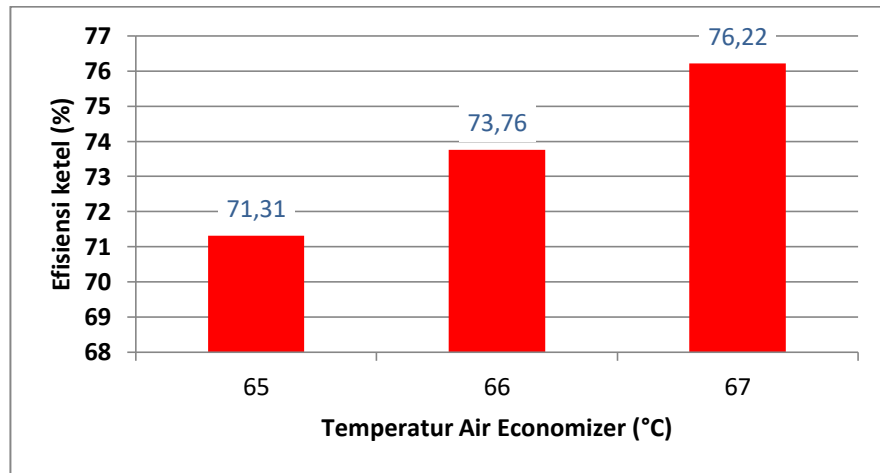
Tabel. 6 hasil perhitungan energi output dan input (standard ASME)

Data	A (%)	B (%)	C (%)	η (%)
I	2,896	14,142	0,00000216	82,96
II	2,915	14,016	0,00000216	83.07
III	2,935	13,891	0,00000216	83,17

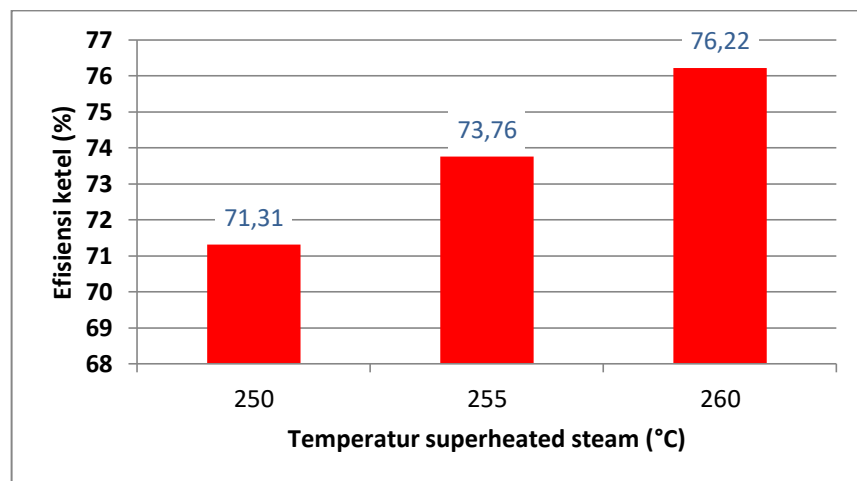
2) PEMBAHASAN

Pengaruh temperatur air economizer terhadap efisiensi ketel di kapal

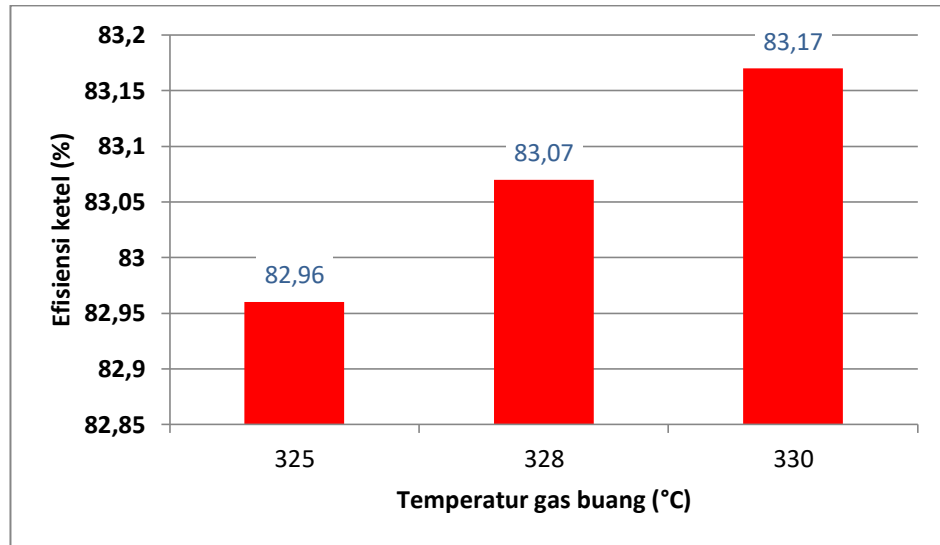
Di bawah ini adalah grafik hubungan antara temperature air economizer dengan efisiensi ketel.



Grafik 1. Hubungan antara Temperatur Air Economizer dengan Efisiensi Ketel



Grafik 2. Hubungan antara Temperatur Superheated Steam dengan Efisiensi Ketel



Grafik 3. Hubungan antara Temperatur Gas buang dengan Efisiensi Ketel

Grafik 1 di atas menunjukkan bahwa pada temperature air masuk economizer sebesar 65°C , efisiensi ketel yang diperoleh sebesar 71,31% dan pada temperatur 67°C efisiensi ketel mencapai 76,22%. Semakin tinggi temperature air masuk economizer maka efisiensi yang dihasilkan ketel juga semakin besar. Hal ini dipengaruhi oleh semakin tingginya temperature gas buang yang dihasilkan dimana economizer memanfaatkan kalor yang terkandung di dalamnya sebelum terbang ke atmosfer. Kinerja boiler dapat dilihat semakin baik jika efisiensi ketelnya semakin tinggi (Sugiharto, A : 2020).

Pada grafik 2 menunjukkan temperature uap sebesar 250°C , efisiensi ketelnya 71,31% dan pada temperature 260°C efisiensi ketelnya 76,22%. Hal ini dipengaruhi oleh semakin tinggi nilai temperature pada economizer maka temperature uap yang dihasilkan juga akan semakin besar sehingga dapat menstabilkan penggunaan bahan bakar. Pada grafik 3 menunjukkan temperature gas buang sebesar 325°C efisiensi ketelnya 82,96% dan pada temperature 330°C efisiensi ketelnya 83,17%. Semakin tinggi temperature gas buang maka efisiensi



ketel akan semakin besar. Hal ini dipengaruhi oleh komposisi bahan bakar yang digunakan, kebutuhan udara serta kehilangan atau kerugian panas yang terjadi pada ketel.

5. PENUTUP

Berdasarkan pada hasil pengolahan data yang tertuang di dalam hasil penelitian dan pembahasan yang telah disampaikan, maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar temperatur economizer maka efisiensi ketel semakin besar, semakin besar temperatur uap maka efisiensi ketel semakin besar, dan semakin besar temperatur gas buang maka efisiensi ketel semakin besar. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi efisiensi boiler maka akan semakin baik kinerjanya.

Penelitian ini adalah penelitian berkaitan dengan mata kuliah Termodinamika dan Mesin Penggerak Utama di bidang Konversi Energi. Terima kasih kepada Pusat Penelitian Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar yang telah membantu melancarkan penelitian ini, terima kasih kepada perusahaan pelayaran PT Meratus Line dan kapal KM Meratus Kupang tempat mengambil data dan rekan-rekan di PIP Makassar yang telah memberikan saran demi kesempurnaan penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

Djokosetyardjo, M. J. 2003. *Ketel Uap*. Edisi Kelima. Penerbit PT. Pradnya Paramita. Jakarta.

Holman, J.P. 1993. *Perpindahan Kalor*. Penerbit Erlangga: Jakarta.

Moran, Michael J, Saphiro, Howard N. 2004. *Termodinamika Teknik, Jilid 2*. Erlangga. Jakarta.

Muin A. Syamsir. 1988. *Pesawat-Pesawat Konversi Energi I (Ketel Uap)*. Edisi Pertama. Penerbit CV. Rajawali: Jakarta



- Van der veen. T. 1977. *Tehnik Ketel Uap*. Uitgevers Europese Educatieve Groepm: Vleuten.
- Handoko, W., & Yuliati, W. (2017). KURANG OPTIMALNYA PEMBAKARAN PADA AUXILIARY BOILER YANG MENGHAMBAT PROSES BONGKAR MUATAN DI MT. ENDURO. *Dinamika Bahari*, 8(1), 1930-1944.
- Kharisma, A. A., & Budiman, A. (2021). Perhitungan Efisiensi (Efficiency) Mesin Boiler Jenis Fire–Tube Menggunakan Metode Direct Dan Indirect Untuk Produk Butiran–Butiran Pelet. *UG Journal*, 14(12).
- Pravitasaria, Y., Malino, M. B. A., & Maraa, M. N. (2017). Analisis efisiensi boiler menggunakan metode langsung. *Prisma fisika*, 5(1).
- Sugiharto, A. (2020). Perhitungan Efisiensi Boiler Dengan Metode Secara Langsung pada Boiler Pipa Api. *Swara Patra: Majalah Ilmiah PPSDM Migas*, 10(2), 51-57.
- Sinaga, A. (2019). Pengaruh Air Heater Terhadap Peningkatan Efisiensi Boiler Pada Unit 3 Pltu PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Pembangkitan Belawan (skripsi). Medan : Universitas Medan Area, Fakultas Teknik.