

Pengujian Boiler untuk Pembangkit Listrik Tenaga Panas Laut

Andi Hendrawan¹, Leonardus Heru Pratomo², Sri Pramomo³, Lusiani⁴
^{1,4} Akademi Maritim Nusantara Cilacap
²UNIKA Sugijopranoto
³Universitas Ivet

andi_hendrawan@gmail.com

Diterima 03 Februari 2022, direvisi 28 Maret 2022, diterbitkan 31 Maret 2022

Abstrak

Kebutuhan energi menjadi salah satu sebab penelitian tentang energi terbarukan menjadi pilihan salah satu energi terbarukan adalah OTEC (ocean thermal energy conversion) dengan panas permukaan laut menjadi sumber energi dan boiler menjadi media mengubah energi panas akan berubah energi gerak sehingga pada akhirnya menjadi energi listrik. Boiler menjadi bagian vital dalam suatu pembangkit maka pengujian boiler menjadi syarat suatu pembangkit. Penelitian dilakukan dengan eksperimen dengan menguji boiler dengan berbagai suhu dan tekanan sehingga menghasilkan daya output. Hasil menunjukkan bahwa suhu dan tekanan sangat berkorelasi terhadap daya output. Penerapan pada OTEC menunjukkan bahwa suhu dan tekanan merupakan hal yang harus diperhatikan makin pasas suhu permukaan maka daya output juga makin besar.

Kata kunci : Boiler , Suhu, OTEC

Abstract

Energy needs are one of the reasons why research on renewable energy is the choice. One of the renewable energies is OTEC (ocean thermal energy conversion) with sea surface heat being an energy source and boilers being a medium for converting heat energy into motion energy so that in the end it becomes electrical energy. Boilers are a vital part of a generator, so boiler testing is a requirement for a generator. The research was carried out by experiment by testing the boiler with various temperatures and pressures so as to produce output power. The results show that temperature and pressure are highly correlated with output power. The application of OTEC shows that temperature and pressure are things that must be considered, the higher the surface temperature, the greater the output power.

Keywords: Boiler, Temperature, OTEC

Pendahuluan

Dunia membutuhkan energi untuk Industri, minyak sangat dibutuhkan untuk proses produksi dan kualitas produk yang dihasilkan. Karena Ketel uap merupakan suatu pesawat tenaga yang banyak digunakan dan dianggap layak dalam dunia industri pembangkit listrik maka minyak menjadi komoditas yang selalau harus tersedia. Dalam mempelajari Ketel uap, tidak cukup juga hanya dalam mengoperasikan

dan mengetahui fungsi unit-unit pendukung pengoperasian Ketel Uap tetapi setidaknya dapat mempertimbangkan efisiensi ketel uap apakah menguntungkan atau tidak jika dioperasikan[1]

Ketel uap merupakan suatu pesawat tenaga yang banyak dipergunakan karena fluida kerja utamanya berupa air, banyak tersedia serta murah. Uap hasil ketel dapat juga digunakan untuk beberapa hal misalkan sebagai penggerak mula dan dapat dipergunakan pula sebagai pemanas bahan bakar di kapal.. Pada kapal-kapal

yang digerakkan dengan mesin diesel, dalam pemakaian bahan bakar harus dijaga sistemnya. Pengoperasian ketel harus dijaga agar beroperasi dengan baik sehingga perawatan yang rutin ketel menjadi utama jika kapal tersebut menggunakan ketel dalam hal pemanas bahan bakar [2]

Konservasi energi yang dimaksud adalah penggunaan energi secara efisien dan rasional tanpa mengurangi penggunaan energi yang memang benar-benar diperlukan (Kepres no 5, 2006), perlu diterapkan pada seluruh tahap pemanfaatan, mulai dari pemanfaatan sumber daya energi sampai pada pemanfaatan akhir, penggunaan teknologi yang efisien dan membudayakan pola hidup hemat energy merupakan prilaku teknologi yang menjadi perhatian, inovasi hemat energi menjadi salah satu moment yang selalu diupayakan. Potensi konservasi energi adalah sektor yang memiliki peluang penghematan yang sangat besar[3]–[6] Pembangkit OTEC adalah salah satu potensi energy yang bisa dipergunakan untuk pembangkit listrik, maka penelitian tentang OTEC masih berkembang terus menuju efisiensi yang makin besar. Permasalahan penelitian ini adalah bagaimana pengaruh suhu terhadap daya luaran boiler kapal Bagaimana pengaruh tekanan terhadap daya luaran boiler yang dapat dipergunakan sebagai pembangkit listrik tenaga OTEC atau pada kapal.

Materi dan Metode

Boiler adalah suatu bejana tertutup yang diperguna sebagai media pengubah bentuk air menjadi uap, boiler juga merupakan alat penukar kalor yang harus memenuhi syarat primer yaitu boiler dapat menyediakan uap yang banyak dengan tekanan dan suhu tertentu. Boiler sebagai pemanas yang akan bisa memanas media sehingga bisa mencairkan materi. Menurut Murni (2011) [7] mengatakan pada boiler pipa air, air umpan boiler mengalir melalui pipa-pipa masuk kedalam drum. Air tersirkulasi dipanaskan oleh media yang berupa steam pada daerah uap dalam drum. Boiler dipilih karena kebutuhan uap dan tekanan uap sangat tinggi contoh pada pembangkit tenaga listrik. Boiler pipa air yang sang modern dirancang menggunakan kapasitas uap antara 4.500-12.000 kg/jam, dengan tekanan sangat tinggi.

Rumus perhitungan efesiensi boiler dengan Metode Input Output

Panas yang masuk pada Main uap

$$Q = W_1 (h_1 - h_2) \dots\dots(1)$$

Keterangan :

W_1 = Aliran uap yang dihasilkan

h_1 = Enthalpi uap superheater outlet

h_2 = Enthalpi feedwater masuk economizer

Panas yang masuk pada aliran Reheat

$$Q = W_3 (h_3 - h_4) \dots\dots(2)$$

Keterangan :

W_3 = Aliran reheater steam

h_3 = Enthalpi uap pada reheat outlet

h_4 = Enthalpi uap pada reheat inlet

Sistem Kerja Ketel Uap/Boiler adalah bejana tertutup dengan panas pembakaran yang dialirkan sampai terbentuk air panas atau uap. Air panas atau uap dengan tekanan tertentu kemudian dipergunakan dengan maksud mengalirkan panas ke dalam suatu proses tertentu. Air adalah media yang dibutuhkan sebagai media untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Jika air dididihkan sampai menjadi uap sehingga , tekananya akan meningkat dan menghasilkan tenaga dorong yang tinggi sehingga dapat menggerakkan turbin, sehingga ketel uap/ boiler merupakan peralatan yang harus dikelola dan dijaga dengan sangat baik. Sistem ketel uap/boiler terdiri dari: Sistem air umpan Sistem air umpan menyediakan air awal untuk ketel uap/ boiler secara otomatis sesuai dengan kebutuhan uap . Berbagai peralatan disediakan untuk keperluan pengisian air kedalam ketel uap/boiler antara lain Pompa air, valve, pelampung otomatis, tangki penampung, deaerator, tangki softener, bak proses regenerasi, panel kontrol, manometer, termometer.

Sistem steam / uap Uap (steam) adalah uap air yaitu uap yang terjadi perubahan fase air (cair) menjadi uap dengan cara mendidihkan (boiling). Pada sistem mendidihkan diperlukan energi panas yang diperoleh dari sumber panas , misalnya dari pembakaran bahan bakar (padat, cair, dan gas) tenaga listrik dan gas panas sebagai sisa proses kimia serta tenaga nuklir. Penguapan terjadi pada sembarang tempat dan waktu dalam tekanan normal , Permukaan zat cair tekanan turun dibawah tekanan mutlak. Uap yang dihasilkan memiliki energi potensial, Sistem

uap mengumpulkan dan mengontrol produksi steam dalam ketel uap. Steam dialirkan ke Steam header dan melalui sistem prrpipaan proses yang dituju seanjuranya. . Pada keseluruhan sistem, tekanan uap diatur menggunakan valve dan dipantau dengan alat pemantau tekanan (*Manometer*). Sistem Bahan bakar adalah semua peralatan yang dipergunakan sebagai bahan bakar boiler. Peralatan yang digunakan tergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan boiler. Bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar cair yaitu solar, batubara, kayu jika yang dipergunakan adalah sumber panas missal permukaan air laut maka diperlukan media misal amoniak[8].

Jenis penelitian ini adalah jenis penelitian eksperimen dengan pendekatan kuantitatif. Penelitian dilaksanakan di bengkel AMN. Alat yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Thermometer
2. Barometer
3. Pengukur daya listrik
4. Boiler .

Penelitian kualitatif ini berusaha menggali secara mendalam segala informasi dari pengaruh suhu dan tekanan terhadap daya keluaran bolier. Langkah penelitian sebagai berikut.

1. Set up boiler dengan berbagai suhu dan tekanan
2. Ukur tiap kenaikan suhu dan tekanan
3. Ukur daya yang dikeluarkan
4. Catat setiap perubahan daya dan tekanan serta suhu.
5. Buat grafik karakteristik suhu dan tekanan
6. Buat grafik karakteristik daya luaran.

Data yang diperoleh merupakan hasil pengukuran yang menjadi dasar untuk membuat garafik karakteritik suhu, tekanan dan daya luaran. Membuat grafik hubungan antara suhu, tekanan dan daya luaran dengan anlisa regresi.

Hasil dan Pembahasan

Tabel 1 Data penelitian

No	Tekanan N/m ²	Suhu °C	Daya Output W
1	10	100	20
2	11	110	25
3	12	130	30
4	13	115	22
5	15	117	22
6	17	130	30
7	11	126	27
8	18	118	28
9	21	119	29
10	17	225	28

11	10	100	20
12	11	110	25
13	12	130	30
14	13	115	22
15	15	117	22
16	17	130	30
17	11	126	27
18	18	118	28
19	21	119	29
20	17	225	28

Tabel 2 Analisa Statistik Hubungan Suhu dan daya output

Model	R	R Square		F Change	P
		R Square	Change		
1	0.837 ^a	0.701	42.161	0.000	0.000

Berdasarkan tabel menunjukkan bahwa nilai P=0,00 lebih kecil dari P_{tabel} = 0,05 yang berarti bahwa terdapat korelasi antara suhu dan daya output atau terdapat pengaruh suhu terhadap daya yang dikeluarkan oleh boiler. Menurut pendapat [7] Beberapa penelitian menunjukkan hal yang sama bahwa suhu sangat pada sistem boiler serta berpengaruh terhadap tengangan dan luaran daya[9].

Tabel 3 Koefisien regresi Hubungan Suhu dan daya output

Model	B	Standar Error	Beta	t	P
(Constant)	-2.246	5.891	-	2.079	.052
Suhu	.321	.049	.837	6.493	.000

Tabel 3 memperlihatkan bahwa persamaan regresi hubungan antara suhu dan daya output sebagai berikut:

$$Y = 0,321X + 12,246$$

dengan

$$Y = \text{Daya output (watt)}$$

$$X = \text{suhu (}^{\circ}\text{C)}$$

Persamaan di atas menunjukkan bahwa penambahan suhu 1^oC akan menaikkan daya output sebesar 0,321 watt. Penelitian ini

merupakan langkah awal perencanaan boiler untuk pembangkit listrik tenaga panas laut. Perencanaan boiler merupakan hal yang utama dalam sistem pembangkit OTEC (*Ocean Thermal Energy conversion*)[10]–[13], dimana pada sistem OTEC boiler mempunyai tugas menguapkan zalir kerja dengan potensi suhu kamar.

Tabel 4 Analisa Statistik Hubungan tekanan dan daya output

Model	R		F	P
	R Square	Square Change		
1	.12	0.169	3.67	0,001

Berdasarkan tabel 4 maka dapat disimpulkan bahwa nilai P=0,001 lebih besar dari $P_{tabel} = 0,05$ yang berarti bahwa terdapat korelasi antara tekanan dan daya output atau terdapat pengaruh tekanan terhadap daya yang dikeluarkan oleh boiler. Menurut pendapat [9] beberapa penelitian menunjukkan hal yang sama bahwa tekanan sangat berpengaruh pada sistem boiler dan berpengaruh terhadap tahanan dan luaran daya[14].

Tabel 5 Koefisien regresi Hubungan tekanan dan daya output

Model	B	Standar Error	Beta	t	P
Tekanan	.396	.049	.412	1.916	.007

Tabel 5 memperlihatkan bahwa persamaan regresi hubungan antara suhu dan daya output sebagai berikut:

$$Y = 0,396X + 20.146$$

dengan

$$Y = \text{Daya output (watt)}$$

$$X = \text{suhu (}^{\circ}\text{C)}$$

Persamaan di atas menunjukkan bahwa penambahan tekanan 1°C akan menaikkan daya output sebesar 0,396 watt. Penelitian ini merupakan langkah awal perencanaan boiler untuk pembangkit listrik tenaga panas laut. Perencanaan boiler merupakan hal yang utama

dalam sistem pembangkit OTEC (*Ocean Thermal Energy conversion*)[15]–[19], dimana pada sistem OTEC boiler mempunyai tugas menguapkan zalir kerja dengan potensi suhu kamar dan tekanan kedalaman yang tinggi sehingga peril disain yang rumit. Daya boiler bergantung pada sistem boiler itu sendiri dan suhu permukaan air laut yang hangat[20]–[22].

Kesimpulan

Boiler merupakan suatu alat untuk menguapkan zalir kerja sehingga uap yang dihasilkan menjadi bertekanan. Berdasarkan pengujian maka diperoleh hasil bahwa pertama suhu berpengaruh terhadap daya output, semakin tinggi suhu maka uap yang dihasilkan makin banyak sehingga tekanan makin tinggi dan daya output makin besar. Suhu yang tinggi berpengaruh terhadap tekanan, dan tekanan berpengaruh terhadap daya output semakin tinggi tekanan maka daya yang dihasilkan makin besar. Pada perencanaan boiler OTEC banyak hal yang harus diperhatikan adalah zalir kerja karena penguapan pada suhu kamar, pemilihan zalir kerja menjadi dasar utama pembangkit OTEC.

Ucapan terima kasih

Terimakasih penulis ucapkan kepada Akademi Maritim Nusantara yang telah memberikan fasilitas berupa dukungan moril dan materiil serta telah mengizinkan penulis untuk mengamati dan melakukan penelitian untuk dijadikan bahan penulisan artikel ini.

Daftar Pustaka

- [1] I. MAULANA, “ANALISIS EFISIENSI BAHAN BAKAR KETEL UAP BERKAPASITAS 13 TON / JAM DI PT.PACIFIC PALMINDO INDUSTRI,” *Progr. Stud. Tek. MESIN Fak. Tek. Univ. MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA MEDAN*, pp. 1–74, 2013.
- [2] S. Wilastari and Puryadi, “Analisa Penyebab Terjadnya Kegagalan Pembakaran Awal Pada Ketel Uap Bantu,” *Maj. Ilm. Gema Marit.*, vol. 19, no. 1, pp. 1–19, 2017, doi: 10.37612/gema-maritim.v19i1.34.
- [3] H. Hendaryati, “Analisis Efisiensi Termal Pada Ketel Uap Di Pabrik Gula Kebonagung Malang,” *J. Gamma*, vol. 8, no. September, pp. 148–153, 2012.
- [4] A. Novianto, “PENGAMATAN TERJADINYA KERAK CuCO3 PADA

- KETEL UAP,” *T R a K Si*, vol. 18, no. 1, p. 52, 2019, doi: 10.26714/traksi.18.1.2018.52-60.
- [5] P. W. INDERAYANA, “PERANCANGAN KETEL UAP PIPA API KAPASITAS UAP 100 kg / jam Disu,” *Jur. Tek. MESIN Fak. Tek. Univ. MUHAMMADIYAH MALANG*, 2017.
- [6] M. M. H. MUHTADIN, “PERANCANGAN KETEL UAP KAPASITAS UAP 216 KG / 3 JAM,” *Jur. Tek. MESIN Fak. Tek. Univ. MUHAMMADIYAH MALANG*, 2016.
- [7] Murni, “Menaikkan Efisiensi Boiler dengan Memanfaatkan Gas Buang untuk Pemanas Ekonomiser,” *Semin. Sains dan Teknol. ke-2*, pp. 57–61, 2011.
- [8] A. Farid, H. Wibowo, J. T. Mesin, and U. P. Tegal, “Analisa Kecepatan Aliran Uap Pada Aplikasi Pemanfaatan Sampah Rumah Tangga Sebagai Media Pembakaran dalam Perencanaan Ketel Uap,” *Engineering*, vol. 11, no. 2, pp. 39–43, 2020.
- [9] A. Hendrawan, A. Sasongko, and S. Sukmono, “ANALISIS THERMODINAMILA KETEL PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA OTEC (OCEAN THERMAL ENERGI CONVERSION),” *J. Saintara*, vol. 1, no. 2, 2017.
- [10] A. Hendrawan, “Sistem Hibrida Pada Pembangkit Listrik Tenga Panas Laut (Ocean Thermal Energy Conversion),” *Proceeding of The URECOL*, no. June, pp. 1–5, 2021, [Online]. Available: <http://repository.urecol.org/index.php/proceeding/article/download/1267/1234>.
- [11] A. Hendrawan, “Perpindahan Panas Pada Pembangkit Listrik Tenaga Otec (Ocean Thermal Energi Conversion),” *Semin. Nas. Kemaritimn Semarang*, 2020.
- [12] A. Hendrawan, “Dampak sosial pembangkit listrik tenaga otec (ocean thermal energy conversion) di perairan cilacap,” *Semin. Nas. kemaritiman Politek. Bumi Akpelni*, no. 307, pp. 120–123, 2020.
- [13] A. Hendrawan, “Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga OTEC (Ocean Thermal Energi Conversion) Di Perairan Cilacap,” *Wijayakusuma Natl. Conf. 2020*, no. January, pp. 103–106, 2020, [Online]. Available: <https://winco.cilacapkab.go.id>.
- [14] A. Hendrawan, “KAJIAN TEKNOEKONOMI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA OTEC (OCEAN THERMAL ENERGY CONVERSION),” *Pros. Semin. Nasional&CFP IIDRI*, pp. 1–13, 2017.
- [15] A. Hendrawan, “PERTIMBANGAN LINGKUNGAN PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA OTEC (OCEAN THERMAL ENERGI CONVERSION),” *Semin. Urecol Stikes muhammadiyah*, vol. 1, no. 1, 2019.
- [16] A. Hendrawan, “KONSEP KAPAL DENGAN TENAGA OTEC (OCEAN THERMAL ENERGY CONVERSION),” *Semin. Nas. Marit. Politek. Bumi Akpelni*, pp. 1–5, 2019.
- [17] A. Hendrawan, “CALCULATION OF POWER PUMPS ON OTEC POWER PLANT OCEAN (OCEAN THERMAL ENERGY CONVERSION),” *Int. J. Innov. Creat. Chang.*, vol. 5, no. 3, p. 353=369, 2019.
- [18] A. Hendrawan, Lusiani, and Arissasongko, “ANALISIS ZALIR KERA PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA OTEC (OCEAN THERMAL ENERGI CONVERSION),” *J. Saintara*, vol. 2, no. 2, 2018.
- [19] A. Hendrawan, “Pemanfaatan Panas Buang Industri Untuk Membangkitkan Otec (Ocean Thermal Energi Conversion),” *11th Univ. Res. Colloq. 2020 Univ. ‘Aisyiyah Yogyakarta*, pp. 190–194, 2020.
- [20] A. HENDRAWAN, “Model program aplikasi pembangkit listrik tenaga panas laut :: Oceans thermal energy conversion,” <https://repository.ugm.ac.id/id/eprint/58007>, vol. 21, no. 75, pp. 147–173, 2002, doi: 10.1007/978-1-4614-7990-1.
- [21] A. Hendrawan, “Ocean thermal energy conversion,” *SNATPIP 2019*, pp. 1–9, 2019.
- [22] A. Hendrawan, “Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga OTEC (Ocean Thermal Energi Conversion) Wilayah Kalianget Donan Cilacap,” *Bahari Jogja*, vol. XV, pp. 66–79, 2017.