

RANCANG BANGUN PENGGUNAAN KOMPRESSOR TORAK SEBAGAI POMPA DALAM PROTOTYPE SYSTEM OCEAN THERMAL ENERGY CONVERSION (OTEC)

Audi Uki Wamsyah Rahman ^{1*}, Dr.Eng. Muh. Anis Mustaghfirin, S.T., M.T. ², Mardi Santoso, S.T., M.Sc.Eng. ³

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*}

Email: audiuki25@student.ppns.ac.id^{1*}; mustaghfirin@ppns.ac.id^{2*}; mardisantoso@ppns.ac.id^{3*}

Abstract - Ocean thermal energy conversion (OTEC) is a renewable conversion system that uses seawater as fuel. OTEC overcomes the problem of global warming and electricity scarcity. with this problem, the development of OTEC prototypes is carried out by designing simple prototypes. This research focuses on the OTEC prototype system and pump, the pump used is a type of piston compressor according to the availability in the lab. fluid, the initial design makes a cooling system by simulating the seabed 5-10 °C and simulating the seawater surface of the OTEC system temperature ranging from 25-30 °C. This research is expected to develop knowledge, power value and obtain a suitable pump and with the effect of variations in the output valve opening of the multistage compressor pump on the efficiency produced by the OTEC system.

Keyword : Torque Compactor, OTEC, Pump, Coolant, Subsistance.

Nomenclature

COP = Coefficient of Performance

HRR = Heat Rejection Ratio

$W_{c\text{ref}}$ = Kerja kompresor (watt)

W_t = Kerja turbin (watt)

W_{in} = Kerja yang dibutuhkan kompresor(watt)

$Q_{e\text{ref}}$ = Kapasitas pendinginan evaporator
sistem refrigerasi (watt)

h = enthalpy (kJ/Kg)

η = efisiensi sistem

T = Suhu (°C)

P = Tekanan

1. PENDAHULUAN

Sumber energi alternatif yang dipilih adalah sumber energi terbarukan atau sumber energi yang tidak dapat habis. Sumber energi laut yang tersedia ada beberapa jenis, antara lain energi pasang surut, energi gelombang, dan energi panas. Pemanfaatan energi panas air laut disebut dengan konversi energi panas laut (OTEC).

Indonesia berhadapan dengan dua samudera, Samudera Hindia dan Samudera Pasifik, serta mempunyai potensi besar untuk mengembangkan pembangkit listrik dengan sistem OTEC. Terdapat kebutuhan mendesak akan kebutuhan energi yang

seimbang dengan kebutuhan energi ramah lingkungan di bumi ini.

Suhu air laut di permukaan sangat berbeda dengan suhu air laut di lautan. Semakin dalam perairan laut, semakin rendah suhunya.

Pada permukaan laut yang terkena sinar matahari, suhu airnya hangat sekitar 25°C, namun pada kedalaman sekitar 1.000 meter air laut menjadi gelap dan suhu air menjadi sangat dingin sekitar 5 derajat Celcius.

Sederhananya, OTEC menggunakan perbedaan suhu untuk menguapkan CFC dan menghasilkan listrik. Tekanan uap yang dihasilkan digunakan untuk memutar turbin.

Pada uraian diatas merupakan dasar penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir ini dengan membuat *prototype* sederhana. Penelitian ini berfokus pada pompa dimana kompresor torak yang dijadikan sebagai pompa dan melakukan pengujian berapa daya dan efisiensi yang dihasilkan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Untuk melakukan penelitian ini maka diperlukan beberapa langkah diantaranya adalah sebagai berikut:

2.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini, perlu diperlukan spesifikasi kompresor torak, outdoor AC. Tabel 1 menunjukkan spesifikasi kompresor sebagai pompa pada sistem. Tabel 2 menunjukkan spesifikasi *outdoor* AC yang digunakan sebagai sistem pendingin.

Tabel 1 Spesifikasi kompresor

Capacity	12365 Btu/h
input	3626 W
Phase	1
Voltage	208-220 Volt
frequency	50Hz
Refrigerant	R-22

Tabel 2 spesifikasi outdoor AC

Capacity	9,000 Btu/h
input	770 W
Phase	1
Voltage	220-240 Volt
frequency	50Hz
Refrigerant	R-410A

2.2 Menghitung Rancangan Sistem OTEC

Pada tahap ini diperlukan perhitungan mengenai sistem prototipe (OTEC) yang akan membantu dalam proses pengerjaan tugas akhir ini. Persamaan sebagai berikut :

2.2.1 Laju Massa refrigeran

Untuk menentukan nilai laju aliran massa digunakan persamaan sebagai berikut :

$$COP = \frac{Q_{he(410)}}{W_c} \quad (1)$$

$$Q_{evap\ ref} = \dot{m}_i (h_3 - h_4) \quad (2)$$

perhitungan laju aliran massa di sistem prototipe OTEC dapat dilihat pada persamaan di bawah:

$$\dot{m}_{410}(h_5 - h_6) = \dot{m}_{22}(h_5 - h_6) \quad (3)$$

$$\dot{m}_{22} = \frac{\dot{m}_{410}(h_3 - h_4)}{(h_5 - h_6)} \quad (4)$$

2.2.3 Kerja Kompresi

Perhitungan kerja kompresi pada sistem OTEC

Digunakan persamaan sebagai berikut :

$$w_T = \dot{m}_{22} (h_8 - h_5) \quad (5)$$

2.2.4 persamaan kerja pompa

Persamaan ini diperlukan untuk mengetahui kerja pompa di sistem prototipe OTEC dapat dilihat sebagai berikut :

$$w_p = h_4 - h_3 \quad (6)$$

2.2.5 Persamaan Panas pada Evaporator dan Kondensor

Perhitungan panas yang berhasil dikeluarkan melalui kondensor pada sistem OTEC dapat dilihat pada persamaan sebagai berikut

$$Q_{condensor} = \dot{m}_{22} (h_5 - h_6) \quad (7)$$

Perhitungan kapasitas pendingin pada evaporator sistem refrigerasi dapat dilihat pada persamaan

$$Q_{evaporator} = \dot{m}_{410}(h_3 - h_4) \quad (8)$$

2.2.5 Persamaan COP sistem OTEC

Perhitungan COP pada sistem OTEC dapat dilihat pada persamaan sebagai berikut :

$$COP = \frac{Q_{cond\ OTEC}}{w_{turbin} + w_{comp\ ref}} \quad (9)$$

2.2.6 Efisiensi

Efisiensi adalah perbandingan antara kerja dengan kalor yang masuk ke dalam evaporator, yang mana dapat di tuliskan sebagai berikut :

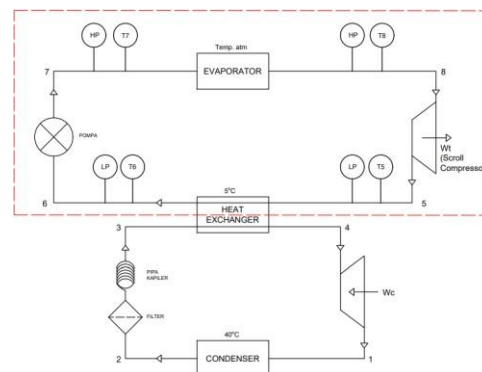
$$\eta = \frac{w_{turbin} \pm w_{pompa}}{Q_{evap\ OTEC}} \cdot 100 \% \quad (10)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan pengujian pada eksperimen maka didapatkan hasil dan dilanjutkan dengan perhitungan sistem kerja pada OTEC.

Berikut gambar aliran diagram perencanaan sistem prototipe

Gambar 3.1 diagram sistem OTEC



3.1 Perhitungan Pada Sistem OTEC

Pada tahapan ini, dilakukan perhitungan terhadap sistem OTEC, melakukan perhitungan terhadap laju aliran massa sistem refrigerasi

$$\begin{aligned} COP &= \frac{Q_{he(410)}}{W_c} \\ 3.5 &= \frac{Q_{he(410)}}{0.746\ kW} \\ Q_{he(410)} &= 2.6\ kW \\ Q_{he(410)} &= \dot{m}_i (h_1 - h_4) \\ \dot{m}_i (h_1 - h_4) &= 2.6\ kW \\ \dot{m} &= \frac{2.6\ kW}{(278.2 - 125.7)} \\ \dot{m} &= 0.0170491803\ kg/s \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, didapatkan nilai laju aliran massa sebesar 0.0170491803 kg/s, kemudian dari nilai tersebut didapatkan ukuran pipa kapiler dengan ID yang dipilih adalah sebesar 0.07" atau

1.778 mm dengan panjang pipa kapiler sebesar 1.89 m.

Pada tahap ini, perhitungan dilakukan pada tahap pertama rancangan dari sistem OTEC dengan data sebagai berikut :

Tabel 3.1. Data Rancang Awal Sistem OTEC

no	Keterangan	nilai
1	Tempatur keluar evaporator (°C)	30
2	Tempatur keluar kondensor (°C)	15
3	Tekanan keluar evaporator (bar)	10.4
4	Tekanan masuk kondensor (bar)	7.9

3.2 Data Hasil Pengujian

Tahap ini didapatkan data hasil pengujian dari sistem OTEC. Dalam pengujian ini dilakukan 2 kali percobaan pertama membuka katub valve sebesar 100% dan kedua membuka katub Valve sebesar 50%, data sebagai berikut :

Dengan data di atas yang didapatkan dari hasil pengujian, maka bisa di hitung dengan nilai persamaan sebagai berikut :

Tabel 3.2.2 *Etalphy* Prototipe Sistem OTEC

No	Keterangan	100%	50%
1	<i>Enthalpy</i> keluar evaporator (kJ/kg)	434	434,1
2	<i>Enthalpy</i> masuk evaporator (kJ/kg)	430.4	430,4
3	<i>Enthalpy</i> keluar kondensor (kJ/kg)	430.4	430,3
4	<i>Enthalpy</i> masuk kondensor (kJ/kg)	433.1	433.1

Tabel 3.2.3 Tabel Hasil Persamaan

No	Keterangan	100%	50%
1	Laju aliran massa ($\dot{m}_{22}$)	3.054	2,905
2	Kerja kompresi turbin (kW)	2.796	2.796
3	Kerja pompa (kW)	0.001942	0,01012
4	Q kondensor (kW)	8,463	8,068
5	Q evaporator (kW)	11.25	10.86
6	COP sistem	54.43	54.41
7	<i>Head rejection ratio</i>	0.05557	0.05297
8	Efisiensi sistem (%)	0.2483	0.2573
9	Daya listrik (VA)	0.004	0.004

4. KESIMPULAN

Melalui rancangan OTEC ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Penurunan kapasitas operasi dari 100% ke 50% menyebabkan penurunan pada beberapa parameter sistem seperti laju aliran massa, Q kondensor, Q evaporator, dan *Heat rejection ratio* (HRR). Namun, efisiensi sistem justru sedikit meningkat, menunjukkan bahwa sistem bekerja lebih efisien pada kapasitas 50%. Kerja kompresi turbin dan daya listrik tetap konstan, sementara kerja pompa mengalami sedikit peningkatan. COP sistem tetap hampir sama, yang berarti kinerja keseluruhan sistem tetap stabil meskipun ada perubahan dalam kapasitas operasi buka tutup *valve* 50% dan 100%.
2. Daya yang dihasilkan dari prototipe *ocean thermal energy converison* ini hanya sebesar 0.004 VA dan tidak bisa diberikan beban. Hal ini perlu di lakukan penelitian kembali.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan termakasih sebesar besarnya yang sudah memberikan motivasi semangat dan di bimbing dari beberapa pihak terma kasih sebesar besarnya kepada :

1. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan dan doa yang terus menerus tanpa putus kepada penulis
2. Bapak Dr. Eng Muh. Anis Mustaghfirin, S.T., M.T. dan bapak Mardi Santoso, S.T., M.T., Eng.Sc.
3. Rekan rekan Teknik Permesinan Kapal PPNS.

6. PUSTAKA

Abdulah. (2017). Konversi Energi Panas Laut (OTEC). www.ajer.org

Andi Hendrawan. (2017). KAJIAN TEKNOEKONOMI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA OTEC (OCEAN THERMAL ENERGY CONVERSION).

<https://www.researchgate.net/publication/334823543>
Bagus. (2023). ANALISIS POTENSI PENERAPAN OTEC UNTUK MENCAPAI TARGET ENERGI BARU DAN TERBARUKAN NASIONAL DI PESISIR KEK MANDALIKA (LOMBOK, NTB).

Edwin. (2018). PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK OCEAN THERMAL ENERGY CONVERSION (OTEC) DI DAERAH BALI UTARA SEBAGAI KAWASAN ENERGI MANDIRI.

Jingping. (2022). Studi teoritis dan eksperimental tentang kinerja siklus termodinamika efisiensi tinggi

untuk konversi energi panas laut. Energi Terbarukan, 185,734–747.

Klara. (2011). *PEMBANGKIT LISTRIK DENGAN SISTEM OCEAN THERMAL ENERGY CONVERSION*.

Koto, J., & Negara, R. B. (2016). 0 MW Plant Ocean Thermal Energy Conversion in Morotai Island, North Maluku, Indonesia. In *Journal of Subsea and Offshore-Science and Engineering* (Vol. 8).

Kristyadi, & St, T. K. (2013). *LAPORAN PENELITIAN HIBAH BERSAING PENGEMBANGAN SISTEM OCEAN THERMAL ENERGY CONVERSION (OTEC) UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK SKALA KECIL*.

Siregar. (2020). *Pengaruh Variasi Sudut Keluar Impeler Terhadap Performance Pompa Sentrifugal*. 3(2), 166–174.
<https://doi.org/10.30596/rmme.v3i2.5278>