

KONSEP KAPAL DENGAN TENAGA OTEC (OCEAN THERMAL ENERGY CONVERSION)

Andi Hendrawan^{1*}

¹Prgram Studi Teknika, Akademi Maritim Nusantara Cilacap

Jl.Kendeng 307 sidabegara cilacap

Email: Andi_hendarawn@amn.ac.id

Abstrak

Energy had become a major problem in the world, so the depletion of fossil energy was increasingly demanding the existence of energy-saving movements and a new energy search. Availability that must exist leads people to creatively find new energy to replace fossil energy. Sea transportation in this case ships really need fossil energy like diesel fuel as its main fuel. This research was literature studies that seek to conceptualize Ocean Thermal Energy Conversion ships, OTEC was a device that converted ocean heat into electrical energy or mechanical energy. From the discussion, found that the concept of the OTEC ship was the concept of the combined design of the OTEC ship with the use of sea heat as a boiler for the ammonia fluid that could drive turbines and propellers.

Key word: energy, OTEC, and Ship

PENDAHULUAN

Kapal merupakan salah transportasi andalan di Indonesia karena armada ini digunakan sebagai salah satu alat yang menghubungkan antar pulau yang satu dengan pulau yang lain. Oleh sebab itu, diperlukan kapal yang laik laut. Permasalahan ke depan adalah energi yang makin langka, maka diperlukan energi terbarukan sebagai penggerak kapal salah satunya adalah OTEC (*Ocean Thermal Energy Conversion*). Studi tentang OTEC (*Ocean thermal energy conversion*) telah banyak dilakukan oleh para peneliti (Sheppard, Powell, and Choi/ 1990; Siahaya and Salam 2010; Finney 2008; Joel and Siegel 2016; Prueitt and Alamos 2007; Ryzin et al. 2015) telah menghasilkan riset tentang OTEC dari berbagai sudut pandang. Riset tentang kelayakan studi atau *feasibility* studi, salah satunya adalah (Hoon Jung 2014) yang meneliti studi kelayakan pembangkit listrik tenaga OTEC di Negara Korea. Energi terbaru menjadi sangat tidak populer karena keberadaan yang dipandang kurang ekonomis dan teknologi yang digunakan kurang efisien. Energi laut yang melimpah dibiarkan begitu saja, hal

ini bisa dimengerti karena keberadaan energi fosil yang masih mencukupi hingga saat ini. Energi terbarukan menjadi sangat dibutuhkan mungkin jika energi fosil mencapai ambang kelangkaan.

Indonesia merupakan negara kepulauan sehingga transportasi energi komersial akan tetap menjadi kendala bagi penyediaan energi yang murah. Di lain pihak Indonesia memiliki potensi sumber energi terbarukan yang sangat besar. Di masa mendatang, potensi pengembangan sumber energi terbarukan mempunyai peluang besar dan bersifat strategis mengingat energi terbarukan tersebut merupakan sumber energi bersih, ramah lingkungan dan berkelanjutan (Hendrawan, Lusiani, and Arissasonko 2018)

Pembangkit listrik tenaga OTEC sangat cocok sebagai penyedia tenaga listrik untuk daerah kepulauan (Hendrawan, Sasongko, and Sukmono 2017) Negara kepulauan memang mempunyai banyak kendala dalam hal distribusi energi. Distribusi bahan bakar minyak bagi Negara kepulauan juga bermasalah karena akan menimbulkan harga yang lebih tinggi Karena ongkos transportasi, kalau pun dibuat sama, maka pemerintah wajib

menyediakan subsidi. Jauhnya jarak antar pulau menambah beban pembiayaan transportasi energi. Desain pembangkit tenaga listrik OTEC sangat memperhatikan berbagai hal penting antara lain faktor teknologi (Vega 1993, P. Sriyutha Murthy 2004, Pouria Ahmadi 2013) Tujuan dari penelitian ini adalah membuat konsep kapal dengan penggerak baling baling pembangkit tenaga OTEC dengan metode kepastakaan.

TINJAUAN PUSTAKA OCEAN THERMAL ENERGY CONVERSION (OTEC)

Perkembangan OTEC sangat lambat hal ini disebabkan oleh beberapa faktor antara lain (Mohammed Faizal 2013) mempelajari tentang OTEC dalam skala kecil sehingga diperlukan pengembangan selanjutnya yang lebih pada pembangunan skala menengah. (Han Yuan 2013) OTEC dengan jalur kerja ammonia masih kurang efektif, sehingga diperlukan jalur kerja yang lain dari turunan hidrokarbon ammonia misalnya propna atau yang lain yang mempunyai suhu didih dibawah 27⁰C. Pada tahun 1981 OTEC di Nauru dibangun oleh Tokyo Electric Power Service Company dan Tokyo Electric Company. Sedangkan Kyusu

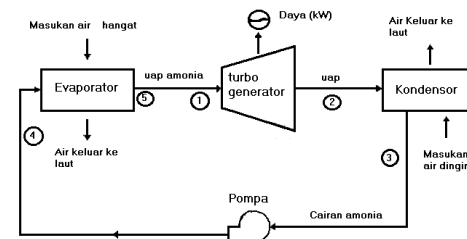
Elektric Company mengembangkan OTEC yang berdaya keluaran 50 kW.

Penentuan jenis dan rancang boiler (Frantz Sinama 2014) menjadi masalah khusus dalam disain pembangkit OTEC, hal ini dikarenakan panas yang tersedia relatif kecil maka analisa termodinamika menjadi amat penting dan keberadaan air laut yang korosif juga menjadi perhatian yang utama (Gordon, 1979). Bahan logam seperti Litium dan stainless banyak dipergunakan dalam desain OTEC untuk menanggulangi tingkat korositas.

INSTALASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PANAS LAUT

Pada dasarnya (Hendrawan 2019) sistem pembangkit listrik tenaga panas laut dengan sistem pembangkit konvensional

yang menggunakan bahan bakar fosil hampir sama, yang membedakan adalah sistem pembangkit uapnya dan fluida kerja. Pada sistem pembangkit Listrik Tenaga OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion). Pembangkit uap menggunakan bahan bakar atau media air hangat permukaan laut dan fluida kerja berupa zat yang mudah menguap seperti amoniak. Pada Gambar 1 diperlihatkan Skema OTEC.



Gambar 1. skema OTEC daur tertutup

Pada sistem daur tertutup dipergunakan ammonia sebagai zalir kerja. Pada sistem menggunakan prinsip siklus Rankine. Pada gambar 1 diperlihatkan skema OTEC daur tertutup. Siklus energi pada sistem daur tertutup sebagai berikut:

(1). Penambahan panas (J/kg)

$$q_A = h_1 - h_4$$

(2). Kerja turbin

$$w_T = h_1 - h_2$$

(3). Panas sisa

$$|q_R| = h_3 - h_2$$

(4). Kerja pompa

$$|w_P| = h_4 - h_3$$

(5). Kerja siklus net

$$w_{net} = (h_1 - h_2) - (h_4 - h_3)$$

(6). Efisiensi panas

$$\eta = \frac{w_{net}}{q_A} = \frac{(h_1 - h_2) - (h_4 - h_3)}{(h_1 - h_4)}$$

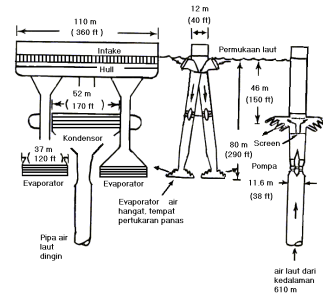
Pada sistem daur tertutup untuk menguapkan ammonia dipergunakan air permukaan laut yang hangat, kemudian uap mengalir melalui pipa untuk menggerakkan turbin dan menghasilkan daya melalui generator listrik. Uap hasil pembuangan turbin diuapkan dan cairkan kembali oleh kondensor menggunakan air

ke dalam laut yang bersuhu sekitar 5 °C. selanjutnya amoniak yang sudah dicairkan dipompakan kembali menuju *evaporator* untuk diuapkan kembali menggunakan air permukaan laut yang hangat, demikian seterusnya.

Pada tahun 1930 Claude merancang sebuah mini OTEC dengan daya keluaran 23 KW dan diletakkan di *Cuba*. Pada umumnya OTEC dirancang berdasarkan siklus Rankine begitu juga Claude, rancangan Claude menggunakan ketel yang dapat menghasilkan tekanan 8,7 atm dengan suhu masukan 21°C (70 °F), kondensasi amonia menggunakan air kedalaman yang bersuhu 5 °C yang dipompakan dari kedalaman laut 700 hingga 900 m di bawah permukaan laut. Efisiensi termal yang dihasilkan dari desain Claude sebesar 2,5 hingga 3,3 %.

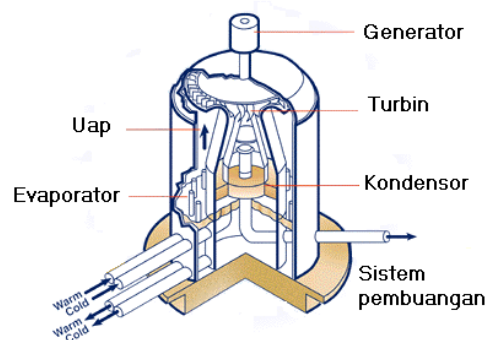
Pada Gambar 2 ditunjukkan profil temperatur pada setiap kedalaman laut. Pada tahun 1966, Anderson (Hendrawan 2017) mempresentasikan konsep desain untuk OTEC dengan daya keluran 100 megawatt dan perkiranan biaya produksi \$167 per kilowatt. Biaya cukup kompetitif dibandingkan biaya pembangkitan daya dengan bahan bakar fosil. Konsep OTEC Anderson mempunyai ciri-ciri sebagai berikut:

1. Menggunakan sistem bangunan mengapung di permukaan laut, dan dianalogikan bangunan stabil walaupun ada ombak.
2. *Evaporator* dan kondensor di bawah permukaan air.
3. Menggunakan fluida kerja yang bertekanan tinggi (5 sampai 9 atm) sehingga memungkinkan efisiensi yang lebih baik dan biaya yang murah.
4. Menggunakan Turbin satu tingkat (*single stage turbin*)



Gambar 2. Konsep OTEC Anderson

Pada 1984, peneliti pada DOE National Laboratory, mengembangkan sistem konversi energi pada sistem OTEC daur tertutup menggunakan metoda evaporator tekanan rendah. Pada penelitian ini menunjukkan tingkat efisien energi yang tinggi mencapai 97 %. Pada Mei 1993, sistem Pembangkit Listrik Tenaga OTEC daur tertutup di Keahole Hawaii mampu memproduksi 50.000 watt. Hal ini melampau rekord Jepang yang telah mampu memproduksi 40.000 watt pada 1981. Pada gambar 4 diperlihatkan Konsep OTEC yang dikembang NREL(Hendrawan 2017a).

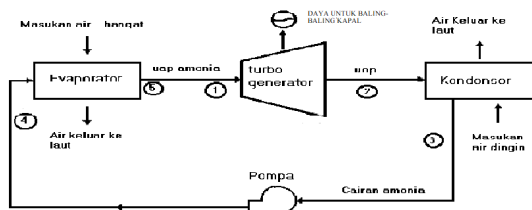


Gambar 3. Konsep OTEC NREL

KONSEP KAPAL DENGAN PENGGERAK OTEC

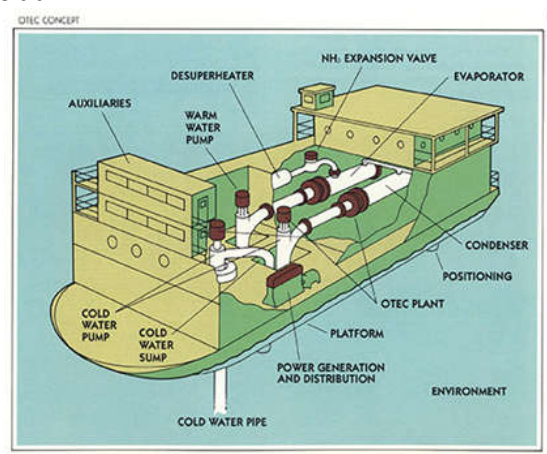
Menurut beberapa ahli (Rizea 2012; Bank 2013; Magesh 2010) OTEC sudah cukup mapan untuk menjadi salah satu penyedia *energy* masa depan, sehingga sebagai *energy* laut maka diusulkan konsep OTEC sebagai penggerak kapal atau kapal yang

digerakkan oleh pembangkit OTEC. Konsep Kapal dengan penggerak OTEC diperlihatkan oleh gambar 4.



Gambar 4. Konsep OTEC sebagai penggerak kapal

Evaporator dipergunakan untuk menguapkan amoniak dengan media air permukaan laut yang suhunya 27°C , sehingga amoniak menguap dan dialirkan melalui pipa lalu tekanan uap ini bisa menggerakkan turbin dan generator. Turbin yang bergerak karena uap dipergunakan untuk menggerakkan baling baling kapal dan sisa amoniak yang dari turbin dikondensasi dengan menggunakan air dingin dari kedalaman laut yang suhunya dibawah 10°C sehingga amoniak bisa mencair kembali. Menurut (Griffin 1981) permasalahan pada desain kapal OTEC adalah pipa air pendingin yang memerlukan pipa panjang lebih dari 500 m. Dengan adanya pipa yang panjang seperti ini, maka jika kapal bergerak dimungkinkan pipa bisa patah karena ada gunung atau karang bawah laut yang kedalamannya kurang dari 500 m.



Gambar 5. Pembangkit OTEC Nauru (Vega and Ph 1990)

Pada desain pembangkit OTEC Nauru diperlihatkan bahwa permasalahan jika OTEC sebagai penggerak kapal adalah pipa air pendingin yang panjang. Permasalahan lain adalah cairan amoniak yang dipergunakan bisa mencemari laut dan sangat mengganggu kesehatan tenaga kerja. Menurut (Yang et al. 2016; Wang et al. 2018) adalah gas amoniak yang beracun sehingga membahayakan tenaga kerja dan lingkungan. Sebagai penggerak kapal maka OTEC didisain dengan pipa pendingin yang fleksibel dan diperlukan *system* kerja yang ketat karena penggunaan zat amoniak.

KESIMPULAN

Pada *system* OTEC sebagai penggerak kapal melewati proses sebagai berikut. Evaporator dipergunakan untuk menguapkan amoniak dengan media air permukaan laut yang suhunya 27°C , sehingga amoniak menguap dan dialirkan melalui pipa, sehingga tekanan uap ini bisa menggerakkan turbin dan generator. Turbin yang bergerak karena uap dipergunakan untuk menggerakkan baling baling kapal dan sisa amoniak yang dari turbin dikondensasi dengan menggunakan air dingin dari kedalaman laut yang suhunya dibawah 10°C , sehingga amoniak bisa mencair kembali.

Penggunaan pipa pendingin yang fleksibel bisa menjadi alternatif untuk mencegahnya patah pipa pada saat bergerak. Penggunaan bahan amoniak perlu perhatian ekstra karena sifatnya yang beracun sehingga dapat membahayakan pekerja dan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bank, The World. 2013. "Ocean Thermal Energy Conversion Development Update OTEC – An Attractive Energy Solution," no. December.
- Finney, Karen Anne. 2008. "Ocean Thermal Energy Conversion." *Guelph Engineering Journal*, (1), 17 - 23. ISSN: 1916-1107, no. 1: 17–23.
- Griffin, Owen M. 1981. "Otec Cold Water

- Pipe Design for Problems Caused by Vortex-Excited Oscillations.” *Ocean Engineering* 8 (2): 129–209. [https://doi.org/10.1016/0029-8018\(81\)90023-8](https://doi.org/10.1016/0029-8018(81)90023-8).
- Hendrawan, Andi. 2017a. “ANALISIS POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA OTEC (OCEAN THERMAL ENERGY CONVERSION) WILAYAH KALIANGET DONAN CILACAP.” *Jurnal Bahari Yoga* 15 (24): 66–79.
- . 2017b. “KAJIAN TEKNOEKONOMI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA OTEC (OCEAN THERMAL ENERGY CONVERSION).” *Prosiding Seminar Nasional&CFP I IDRI , 26 Oktober 2017 ISSN 2598-7577*, 1–13.
- . 2019. “CALCULATION OF POWER PUMPS ON OTEC POWER PLANT OCEAN (OCEAN THERMAL ENERGY CONVERSION).” (*ICoSASTE 2019*) Kupang , May 14 - 15 , 2019 *The 1 International Conference on Science, Applied Science, Teaching and Education 2019*, 1–13.
- Hendrawan, Andi, Lusiani, and Arissasongko. 2018. “ANALISIS ZALIR KERA PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA OTEC (OCEAN THERMAL ENERGI CONVERSION).” *Jurnal Sainara Vol. 2* (2).
- Hendrawan, Andi, Aris Sasongko, and Sigit Sukmono. 2017. “ANALISIS THERMODINAMILA KETEL PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA OTEC (OCEAN THERMAL ENERGI CONVERSION).” *Jurnal Sainara* 1 (2).
- Joel, M, and Joel M Siegel. 2016. “Open-Cycle Ocean Thermal FLORIDA SOLAR ENERGY CENTER.” *Energy Center*.
- Magesh, R. 2010. “OTEC Technology- A World of Clean Energy and Water” II.
- Prueitt, Melvin L, and Los Alamos. 2007. “HEAT TRANSFER FOR OCEAN THERMAL ENERGY CONVERSION.” *Patent Application Publication* 1 (19).
- Rizea, Steven Emanoel. 2012. “Optimization Of Ocean Thermal Energy Conversion Power Plants.”
- Ryzin, Joe Van, D Ph, Patrick Grandelli, David Lipp, and Richard Argall. 2015. “The Hydrogen Economy of 2050 : OTEC Driven ?” *Makai Ocean Engineering, Inc. David*.
- Sheppard, D. M., G. M. Powell, and I. B. Choi/. 1990. “FLOW FIELD NEAR AN OCEAN THERMAL ENERGY CONVERSION PLANT.” *Energy*, no. 1: 3068–81.
- Siahaya, Yusuf, and Lydia Salam. 2010. “OCEAN THERMAL ENERGY CONVERSION (OTEC) POWER PLANT AND IT’S BY PRODUCTS YIELD FOR SMALL ISLANDS IN INDONESIA SEA WATER.” *ICCHT-5th International Conference on Cooling and Heating Technologies. Bandung, Indonesia 9 – 11 December 2010 OCEAN*, no. December.
- Vega, L A, and D Ph. 1990. “Ocean Thermal Energy Conversion Primer.” *PICCHTR Honolulu, III*, no. 4: 25–35.
- Wang, Meng, Rui Jing, Haoran Zhang, Chao Meng, Ning Li, and Yingru Zhao. 2018. “An Innovative Organic Rankine Cycle (ORC) Based Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC) System with Performance Simulation and Multi-Objective Optimization.” *Applied Thermal Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2018.09.075>.
- Yang, Yanan, Yanhui Wang, Zhesong Ma, and Shuxin Wang. 2016. “Title : A Thermal Engine for Underwater Glider Driven by Ocean Thermal Energy.” *To Appear in: Applied Thermal Engineering*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.01.038>.