

**ANALISIS POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA OTEC
(OCEAN THERMAL ENERGI CONVERSION) WILAYAH
KALIANGET DONAN CILACAP**

Andi Hendrawan
Akademi Maritim Nusantara

Email: andihendrawan007@gmail.com

Abstract

Oceans cover 71 percent of the earth's surface. They constitute a natural solar energy collection and storage system, and the resulting thermal energy can be drawn off 24 hours a day by OTEC Plant.

OTEC (ocean thermal energy conversion) power plant is one candidate to produce electric energy. OTEC transforms the heat stored in surface water of tropical oceans into mechanical work to produce useful energy. The aim of this paper was to investigate the equation of boiler in OTEC technology. The surface temperature of the sea water which is located Kalianget donan and Cilacap region between 32 up to 35 with a depth of 30 to 100 meters produce the greatest efficiency is 0.19.

Keyword: OTEC, equation, boiler, temperature

PENDAHULUAN

Dengan luas perairan hampir 60% dari total luas wilayah sebesar 1.929.317 km², Indonesia mempunyai potensi dibidang kemaritiman yang sangat besar. Apalagi dengan bentangan Timur ke Barat sepanjang 5.150 km dan bentangan Utara ke Selatan 1.930 km telah mendudukan Indonesia sebagai negara dengan garis pantai terpanjang di dunia.

Energi terbaru menjadi sangat tidak populer karena keberadaan yang dipandang kurang ekonomis dan teknologi yang digunakan kurang efisien. Energi yang laut yang melimpah dibiarkan begitu

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

Budiono C (2003) mengutarakan Indonesia negara kepulauan sehingga transportasi energi komersial akan tetap menjadi kendala bagi penyediaan energi yang murah. Dilain 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 merupakan sumber energi bersih, ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Pembangkit listrik tenaga OTEC sangat cocok sebagai penyedia tenaga listrik untuk daerah kepulauan (Michel, G, 2000). Negara kepulauan memang mempunyai banyak kendala dalam hal distribusi energi. Jauhnya jarak antar pulau menambah beban pembiayaan transportasi energi. Desain pembangkit tenaga listrik OTEC sangat memperhatikan berbagai hal penting, salah satu hal yang terpenting adalah desain ketel atau boiler. Beda panas yang begitu kecil menjadikan ketel harus didisain secara ketat dan benar.

Energi terbarukan sebagai bahan bakar pembangkit tenaga listrik Energi Panas air Laut atau yang disebut dengan *Ocean Thermal Energy Conversion* (OTEC) adalah pembangkit listrik dengan memanfaatkan perbedaan temperatur air laut di permukaan dan temperatur air laut dikedalaman dengan selisih temperatur minimal, *Ocean Thermal Energy Conversion* (OTEC) merupakan salah satu pembangkit tenaga listrik yang berbahan bakar terbaru yang memanfaatkan suhu dari panas air laut.

TINJAUAN PUSTAKA

Di Jepang, studi penelitian tentang OTEC telah dimulai sejak tahun 1977. Para ahli yang dibentuk pada tahun 1974 telah memulai studi intensif tentang hal ini dalam proyek yang diberi nama “Sunshine”.

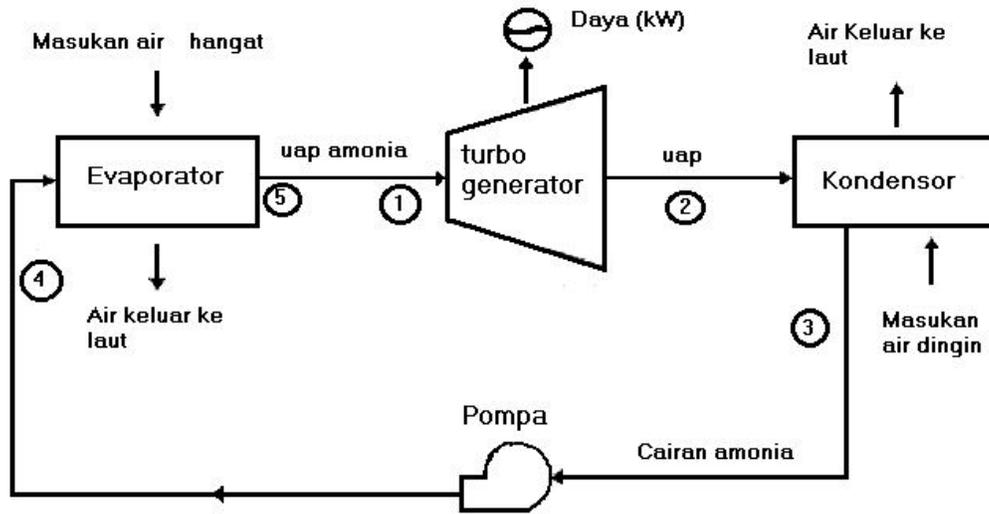
Ahli di Perancis, Amerika dan Jepang serta negara lain sekarang masih terus meneliti dan mengembangkan potensi OTEC, yang diharapkan nantinya dapat lebih efisien dan makin murah (Gordon, 1979).

Pada tahun 1981 OTEC di Nauru dibangun oleh Tokyo Electric Power Service Company dan Tokyo Electric Company. Sedangkan Kyusu Elektrik Company mengembangkan OTEC yang berdaya keluaran 50 kW. Pada Tahun 1985 Universitas Saga mengadakan percobaan dengan mengoperasikan OTEC yang berkekuatan 75 kW. Herue, Carmelo [1988] pada tahun 1988 Pilipina mengadakan penelitian tentang studi kelayakan pembangunan OTEC di Pilipina dan merancang OTEC dengan metoda daur terbuka. Khan, Kenneth [2003] mengatakan bahwa penggunaan zalir campuran antara propana dan amoniak meningkatkan efisiensi pembangkitan hinggga 7 %.

Penentuan jenis dan rancang boiler menjadi masalah khusus dalam disain pembangkit OTEC, hal ini dikarenakan panas yang tersedia relatif kecil 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 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.



Gam

bar 1. skema OTEC daur tertutup

Pada sistem daur tertutup dipergunakan amonia 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 $\eta = \frac{w_{net}}{q_A} = \frac{(h_1 - h_2) - (h_4 - h_3)}{(h_1 - h_4)}$

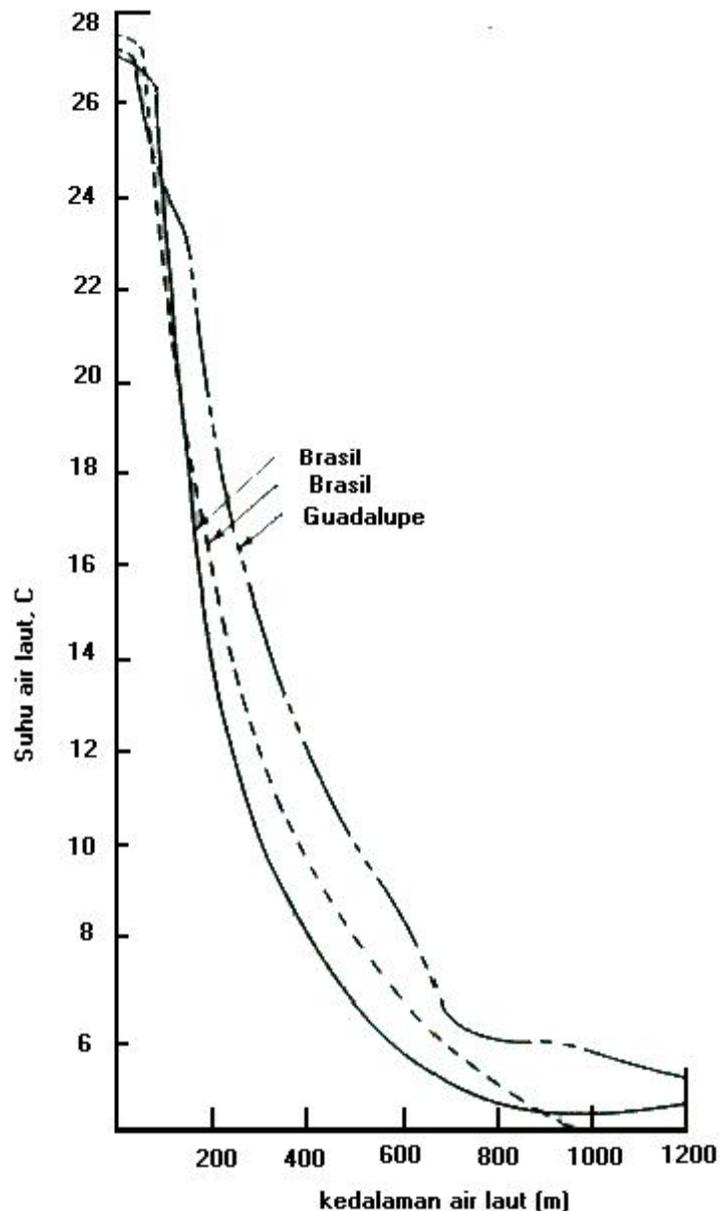
Pada sistem daur tertutup untuk menguapkan amonia dipergunakan air permukaan laut yang hangat, kemudian uap mengalir melalui pipa untuk menggerakkan turbin dan menghasilkan daya nelalui generator listrik. Uap hasil pembuangan turbin diuapkan cairkan kembali oleh kondensor menggunakan air kedalan laut yang bersuhu sekitar 5 °C. selanjutkan amoniak yang sudah dicairkan dipompakan kembali menuju evaporator untuk diuapkan kembali menggunakan air permukaan laut yang hangat, demikian seterusnya.

Tabel 1. Perbandingan zalir kerja OTEC

	Amoniak	Propana	R-12/31
Konduktivitas termal, 50-70 °F, BTU/jam ft ² °F	Cairan = 0,29 Uap = 0,014	Cairan = 0,07 Uap = 0,01	Cairan = 0,06 Uap = 0,006
Kapasitas panas, BTU/pound °F	Cairan = 1,13 Uap = 0,19	Cairan = 0,62 Uap = 0,24	Cairan = 0,24 uap = 0,097
Panas penguapan, BTU/pound	500	140	70
Kompatibilitas bahan	Tidak dengan tembaga	Bagus kecuali	Bagus

		plastik	
Toksisitas	Banyak tapi mudah dideteksi	Sedikit tapi sulit dideteksi	Sedikit tapi sulit dideteksi
Kemampuan bercampur dengan air	Tinggi	Rendah	Sangat rendah

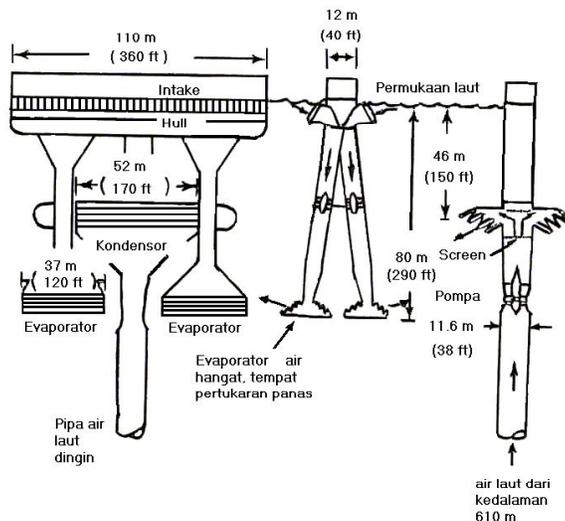
Pada tahun 1930 Claude merancang sebuah mini OTEC dengan daya keluaran 23 kWe dan diletakkan di Cuba. Pada umumnya OTEC dirancang berdasarkan siklus Rankine begitu juga Claude, rancangan Claude menggunakan ketel yang dapat menghasilkan tekanan 8,7 atm dengan suhu masukan 21°C (70 °F), kondensasi amonia 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.



Gambar 2 Profil temperatur pada setiap kedalaman laut

Pada tahun 1966, Anderson 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:

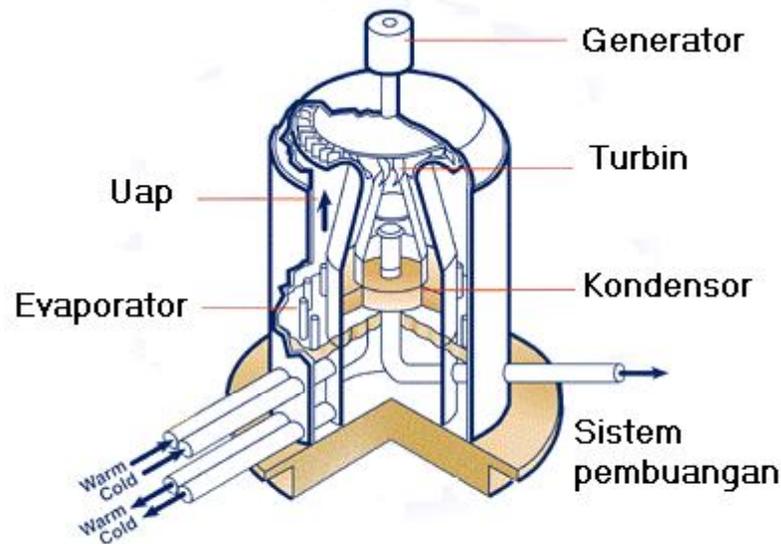
1. Menggunakan sistem bangunan mengapung di permukaan laut, dan dianalogikan bangunan stabil walaupun ada ombak.
2. Evaporator dan kondensor di bawah permukaan air.
3. Menggunakan fluida kerja yang bertekanan tinggi (5 sampai 9 atm) sehingga memungkinkan efisiensi yang lebih baik dan biaya yang murah.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



Gambar 3. Konsep OTEC Anderson

Pada tahun 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 bulan 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 tahun 1981. Pada gambar 4 diperlihatkan Konsep OTEC yang dikembangkan NREL.



Gambar 4. Konsep OTEC NREL

Kerangka Konsep Penelitian

Kerangka konsep penelitian ini dalam bentuk diagram alir seperti pada Gambar 7. Pada diagram alir dijelaskan tentang konsep dari penelitian mem-berikan gambaran energi terbarukan suhu panas air laut sebagai pengganti bahan bakar fosil yaitu minyak, gas alam, batu bara dan lain-lainnya yang diperkirakan atau diprediksi akan habis.

Maka energi terbarukan suhu panas air laut adalah solusi untuk mengatasi kelangkaan atau habisnya bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui pada tahun yang akan datang.

Didalam penelitian ini difokuskan pada energi terbarukan suhu panas air laut dimana suhu panas air laut adalah sebagai sumber energi yang dapat diperbaharui tidak pernah punah ataupun habis. (Energi, Abdul Kadir, edisi ke 2 1995)

HASIL PENELITIAN

Sebaran Suhu Permukaan Rata

Tabel 2. Sebaran suhu kaliangaet dan donan (°C)

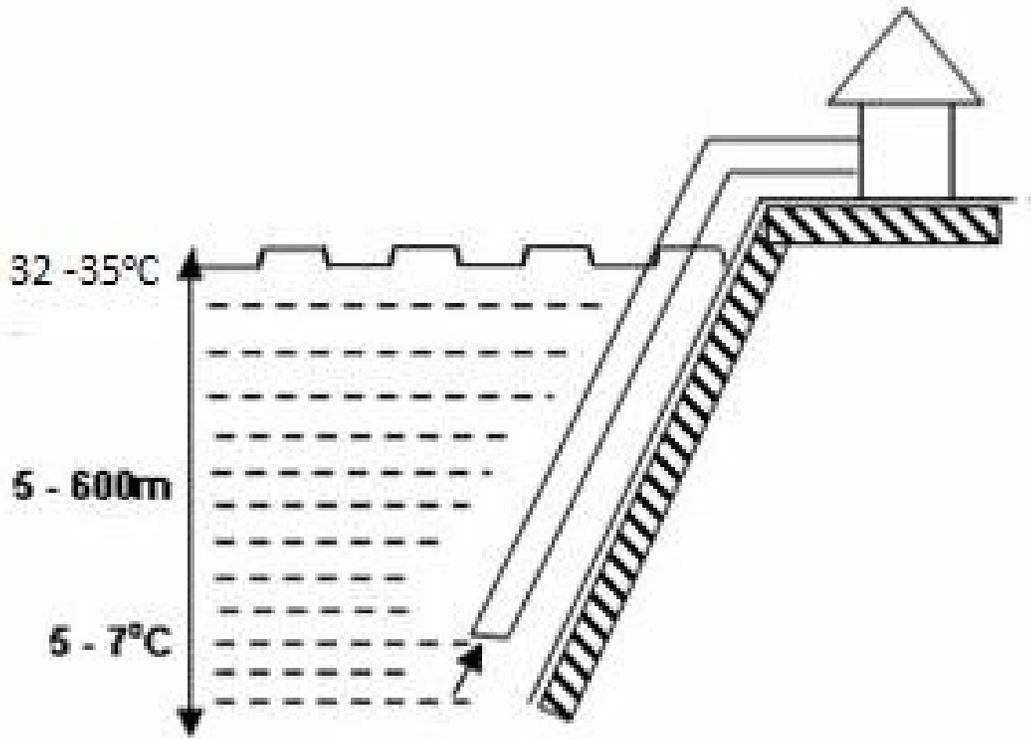
Lokasi	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Ratarata
Jalur Kalingat hulu	45	46	44	45	45
Jalur kaliaget tengah	40	39	40	41	40
Jalur kalinaget muara	36	35	35	34	35
Bengawan Donan 1	33	34	35	34	35
Bengawan Donan 2	33	33	33	33	33
Bengawan Donan 3	33	32	32	22	32,5

Perhitungan debit nyata.

Debit kalianget nyata diperoleh dari informasi bahwa rata-rata debit keluaran buangan panas pertamina 1250 m³/detik

Suhu permukaan air laut (celcius)	Kedalaman air laut (meter)	Suhu kedalaman air laut (celcius)	efisiensi maksimum
_____	_____	_____	_____

32	35	29,64	0,018
32	40	29,48	0,023
32	45	29,25	0,031
32	50	29,05	0,038
32	55	28,82	0,045
32	60	28,52	0,055
32	65	28,25	0,064
32	70	27,96	0,074
32	75	27,57	0,087
32	80	27,24	0,098
32	85	26,88	0,10
32	90	26,42	0,12
32	95	26,02	0,13
32	100	25,60	0,15



Gambar 5 Desain OTEC untuk Kalianget Donan Cilacap

KESIMPULAN

Keberadaan energi fosil yang terbatas menuntut adanya energi alternatif demi kesinambungan ketersediaan energi bagi umat manusia. Sebuah sistem pembangkit merupakan integrasi dari sistem konversi energi dari panas menjadi mekanik dan mekanik menjadi listrik. Ketel merupakan salah satu komponen pembangkit yang bertugas mengkonversikan panas menjadi mekanik sehingga bisa menggerakkan turbin.

Potensi perairan cukup diakrena nla permukaan panas laut yang lebih dari rata-rata yaitu berkisar 32 sampai 34 °C. sehingga efisiensi ramkine lebih besar. Desain offshore lebih cocok dikarena

pemnfaatan buangan panas energy dari industri dapat langsung dimanfaatkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bethel.M. , Netz.E, ***Ocean Thermal Energy Conversion***, Proceeding Energy, New York,2000
- Budiono, C., ***Tantangan dan Peluang Usaha Pengembangan Sistem Energi Terbarukan di Indonesia***, Konvensi Kelistrikan Indonesia, Jakarta, 2003
- Cengel, ***Thermodynamic An Engineering Approach*** , McGraw-Hill Book Company, New York, 1989
- El-Wekil, ***Power Plant Technolgy***, John Wiley and Sons, New York, 1995
- Gordon, ***Ocean Thermal Energy Conversion***, Hand Book of Energy, John Wiley and Sons, New York, 1979
- Hendrawan A, ***Konsep Desain Pembangkit Listrik Tenaga Panas Laut, Laporan Penelitian*** , Lembaga Penelitian Unila, 1999
- Hendrawan A, ***Model Program Aplikasi Pembangkit Listrik Tenaga Panas Laut***, Tesis, Pascasarjana UGM, 2002
- Hendrawan A, ***Penentuan Debit Pada Pembangkit Listrik Tenaga OTEC***, Jurnal POROS Vol. 7 Nomor 2, Jakarta, 2004
- Herue, Carmelo, ***Conceptual Desigen of Ocean Thermal Energy Conversion***, Solar Energy Vol.41, New York, 1988
- Kam Wi Li, ***Power Plant System Design***, John Wiley and Sons, New York, 1985

Kern. D, ***Process Heat Transfer***, McGraw-Hill Book Company, New York, 1950

Khan.Z, KennethbES, ***Use Mixture As Working Fluids In Oceans Thermal Energy Conversions Cycles***, Proceeding Oklahoma Academic No.56, Norman, 2003

Krauhuar, ***Energy and Problem of Technical Society***, John Wiley and Sons, New York, 1989

Michel, G, Oceans Thermal Energy Conversion, www.nrel.com , accessed juli 2000

Pontes.TM, Falcho.A, ***Ocean Energy Conversion***, Instuto National De Enginhario, Lisboa, Portugal, 2002

Sunarno, ***Ocean Thermal Energy Conversion***, Jurusan Teknik Nuklir UGM, Yogyakarta, 1978