

## PEMNFAATAN PANAS BUANG INDUSTRI UNTUK MEMBANGKITKAN OTEC (OCEAN THERMAL ENERGI CONVERSION)

Andi Hendrawan

Program Studi Teknika, Akademi Maritim Nusantara

\*Email: andi\_hendrawan@amn.ac.id

---

### Abstrak

**Keywords:**

OTEC , industrial  
exhaust heat

*Industrial waste heat is waste heat that is used to cool production machinery. This waste heat will be discharged into the environment with a relatively warm temperature which is above 30° C. Cilacap as an industrial city certainly has become one of the problems that must be solved. Because if not properly managed, it will damage the marine ecosystem. Utilization of industrial exhaust heat is very important, one of which is to be used to generate OTEC. You do this by transferring industrial exhaust heat to the OTEC system, which is to the evaporator that is used to evaporate the ammonia sample flow.*

---

### PENDAHULUAN

Panas buangan industri merupakan limbah panas yang dipergunakan untuk mendinginkan mesin produksi. Panas buang ini akan di buang ke lingkungan dengan suhu yang relative masih hangat yaitu di atas 30°C. Cilacap sebagai kota industry tentunya limbah panas industry menjadi salah satu problem yang harus di selesaikan. Krena jika tidak dikola dengan baik akan merusak ekosistem yang laut. Energi terbaru menjadi sangat tidak (1-5) populer karena keberadaan yang dipandang kurang ekonomis dan teknologi yang digunakan kurang efisien. Energi yang laut yang melimpah dibiarkan begitu

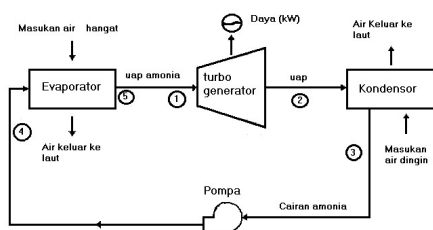
saja, hal ini bisa dimengerti karena keberadaan energi fosil yang masih mencukupi hingga saat ini. Energi terbarukan menjadi sangat dibutuhkan mungkin jika energi fosil mencapai ambang kelangkaan (6)

Temperatur, Energi Terbarukan Zalir kerja merupakan bagian terpenting dalam system pembangkit OTEC, karean OTEC dibangkitkan oleh perbedaan subu permukaan laut yang hangat dan suhu kedalamanair lau yang dingin, sehingga diperlukan xalir kerja yang bisa menguap pada suhu kamar atau suhu rendah. Zalir kerja yang dipergunakan biasanya metana dan turunannya (7,8).

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(9)

### INSTALASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PANAS LAUT

System pembangkit listrik tenaga panas laut (OTEC) (9) 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

System daur tertutup dipergunakan amonia sebagai zalir kerja. Pada sistem ini menggunakan prinsip siklus Rankine. Pada gambar 1 diperlihatkan skema OTEC daur tertutup. Suklus 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

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

System daur tertutup untuk menguapkan amonia 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 cairkan kembali oleh kondensor menggunakan air kedalaman 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.

Menurut (10) tidak kalah pentingnya dalam rangsang bangun OTEC adalah pipa pendingin, pipa pendingin dirancang agar fleksibel sehingga dapat bergerak sesuai kedalaman air lain. Hal yang perlu dipertimbangkan adalah besaran daya pompa sehingga pompa dirancang mampu menaikkan air dingin kedalaman 700 m.

Perbandingan zalir kerja diperlihatkan oleh tabel 1, kelebihan dan kekurangan dalam menjadi media untuk pembangkitan.

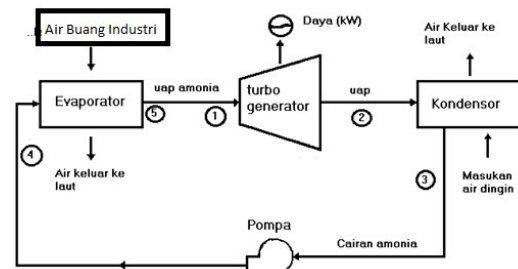
Tabel 1. Perbandingan zalir kerja OTEC

	Amoniak	Propana	R-12/31
Konduktivitas termal, 50-70 °F, BTU/jam ft <sup>2</sup> °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 plastik	Bagus
Toksitas	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.

### PEMANFAATAN PANAS BUANG INDUSTRI

Panas buang industry merupakan hasil dari sisa air pendingin dan sisa hasil industri yang tidak dipergunakan lagi. Panas buang industry yang masih di atas 30°C dapat dimanfaatkan untuk membangkitkan listrik tenaga OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion). Kombinasi pemanfaatan panas buang industry OTEC diperlihatkan pada gambar 2.



Gambar 2 OTEC pemanfaatan panas buang industry

Panas buang industry dialirkan dengan pompa menuju ke evaporator, evaporator menguapkan zalir kerja yaitu amoniak, panas buang yang dialir ke eavaporator untuk memanaskan amonika kemudian dibuang ke lingkungan begitu seterusnya. Menurut (11) Potensi perairan cukup diakrena nla permukaan panas laut yang lebih dari rata-rata yaitu berkisar 32 sampai 34 oC.sehingga efisiensi ramkine labih besar. Permasalahan yang sering timbul dalam pembangkit OTEC (9) adalah perancangan ketel atau evaporator menjadi sangat urgen apalagi pada sistem pembangkit OTEC, panas yang tersedia kecil sehingga sistem memerlukan zalir kerja yang dapat menguap pada suhu rendah, misalkan amoniak. Pehitungan ketel yang terpenting adalah perhitungan pada tube, dan shell. Aliran panas pada keduanya harus benar-benar diperhitungan untuk menentukan dimensi atau ukuran komponen ketel.

Hal lain yang perlu dipertimbang dalam pemnfatan panabunag adalah lingkungan (12) karena harus benar-benar aman secara ekosistem karena insalasi dari OTEC dan gas buang harus aman; hal hal yang mungkin terjadi Banyak kemungkinan dampak lingkungan dari siklus tertutup OTEC dapat dipahami. Berikut ini telah diidentifikasi sebagai berpotensi signifikan:

1. pelepasan cairan atau biosida yang bekerja di atmosfer
2. dampak terhadap spesies darat atau laut yang terancam, hampir punah, atau endemik;

3. daya tarik biota;
4. terganggunya organisme dekat pantai atau spesies penting secara ekologis dan komersial
5. redistribusi konstituen kelautan
6. entrainment sekunder;
7. efek toksik dari biosida dan cairan yang terdapat di dalam limbah
8. dampak sosial ekonomi
9. risiko kecelakaan akibat penggunaan teknologi OTEC

Hal ;lain yang perlu dipertimbangkan adalah OTEC (13) Penggunaan pipa pendingin yang fleksibel bisa menjadi alternative untuk mencegahnya patah pipsa pada saat bergerak. Penggunaan bahan amoniak perlu perhatian ekstra karena sifatnya yang beracun sehingga dapat membahayakan pekerja dan lingkungan. Menurut (14) mengalirkan buangan buangan pada kedalaman awal daya apung netral tampaknya hampir optimal dalam hal batas-batas produksi daya OTEC. Kedalaman yang dipilih untuk pembuangan efluen kondensor OTEC, sejauh ini memiliki dampak terbesar. Jelas, hasil ini adalah awal dan harus diselidiki dalam model sirkulasi umum laut yang lebih kompleks.

#### KESIMPULAN

Pemanfaatan panas buang industry sangat penting, salah satunya adalah dengan dipergunakan untuk membangkitkan OTEC. Caranya(15) dengan mengalirkan panas buang industry ke Sistem OTEC yaitu ke evaporator yang dipergunakan untuk menguapkan zalir kerja contoh ammonia. Desain harus mempertimbang lingkungan karena yang pasti akan mengganggu ekosistem laut, dampak harus minimal, agar pemfaatan

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Law A, Lavi GAYH. OCEAN THERMAL ENERGY CONVERSION (OTEC): SOCIAL AND ENVIRONMENTAL ISSUES. Energy. 1979;4.
2. Masutani SM, Takahashi PK. Ocean Thermal Energy Conversion (otec). Encycl Ocean Sci [Internet]. 2001;(1997):1993–9. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B012227430X000313>
3. McGOWAN JG. OCEAN THERMAL ENERGY CONVERSION--A SIGNIFICANT SOLAR RESOURCE. Sol Energy. 2004;4:511–20.
4. Tanner D. Ocean thermal energy conversion: Current overview and future outlook. Renew Energy. 1995;6(3):367–73.
5. Griffin OM. Otec cold water pipe design for problems caused by vortex-excited oscillations. Ocean Eng. 1981;8(2):129–209.
6. Hendrawan A. OCEAN THERMAL ENERGY CONVERSION. SNATPIP 2019. 2019;1–9.
7. Hendrawan A. PENENTUAN DEBIT PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA OTEC ( OCEANS THERMAL ENERGY CONVERSION ). J Poros. 2010;7(2).
8. Hendrawan A. Model Program Aplikasi Pembangkit listrik Tenaga Panas Laut : Oceans thermal energy conversion. TESIS S-2 UGM <https://repository.ugm.ac.id/id/eprint/58007>. 2002;2002.
9. Hendrawan A, Sasongko A, Sukmono S. ANALISIS THERMODINAMILA KETEL PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA OTEC (OCEAN THERMAL ENERGI CONVERSION). J Saintara. 2017;1(2).
10. Hendrawan A. CALCULATION OF POWER PUMPS ON OTEC POWER PLANT OCEAN (

- OCEAN THERMAL ENERGY  
CONVERSION ). ( ICoSASTE 201  
9 ) Kupang , May 14 - 15 , 201 9 1  
Int Conf Sci Appl Sci Teach Educ  
2019. 2019;1–13.
11. Hendrawan A. ANALISIS  
POTENSI PEMBANGKIT  
LISTRIK TENAGA OTEC  
(OCEAN THERMAL ENERGI  
CONVERSION) WILAYAH  
KALIANGET DONAN CILACAP.  
J bahari Yogya. 2017;15(24):66–  
79.
  12. Hendrawan A. PERTIMBANGAN  
LINGKUNGAN PADA  
PEMBANGKIT LISTRIK  
TENAGA OTEC (OCEAN  
THERMAL ENERGI  
CONVERSION). Semin Urecol  
Stikes muhammadiyah. 2019;1(1).
  13. Hendrawan A. KONSEP KAPAL  
DENGAN TENAGA OTEC  
(OCEAN THERMAL ENERGY  
CONVERSION). Semin Nas Marit  
Politek Bumi Akpelni, 25 Agustus  
2019. 2019;
  14. Nihous G. A Preliminary  
Investigation of the Effect of Ocean  
Thermal Energy Conversion ( OTEC ) Effluent Discharge Options  
on Global OTEC Resources. Mar  
Scinece Eng. 2018;25(6).
  15. Hendrawan A. KAJIAN  
TEKNOEKONOMI  
PEMBANGKIT LISTRIK  
TENAGA OTEC (OCEAN  
THERMAL ENERGY  
CONVERSION). Pros Semin  
Nasional&CFP I IDRI , 26 Oktober  
2017 ISSN 2598-7577. 2017;1–13.