

Kajian Pemanfaatan Potensi Suhu Air Laut Sebagai Sumber Energi Terbarukan Menghasilkan Energi Listrik

Sugeng Riyanto

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Borneo Tarakan

Jl. Amal lama no 1, Indonesia

sugeng.riyanto1972@yahoo.co.id/sazkya@borneo.ac.id/sugeng072.sr@gmail.com

Abstrak

Tenaga yang dihasilkan pada pompa 0,97 kJ/kg, entalpi fluida sebelum dipompa 122,62 kJ/kg, entalpi fluida sesudah dipompa 123,86 kJ/kg, daya pompa air laut dingin 3200 Watt = 3,2 kW, daya pompa air laut hangat 980 Watt = 0,98 kW maka daya total pada pompa adalah 3200 Watt + 980 Watt = 4180 Watt atau 4,18 kW. Kerja yang dihasilkan oleh turbin adalah 93,56 kJ/kg, perubahan entalpi uap air laut akan sama dengan kecepatan uap turbin 398,7 m/s. Maka daya yang dibangkitkan generator adalah 1,25 kW atau 1250 Watt.

Kata kunci: Kajian Pemanfaatan, Pompa dan Generator pada OTEC

Abstract

Power generated at the pump 0.97 kJ / kg, the enthalpy of the fluid before it is pumped 122.62 kJ / kg, the enthalpy of the fluid pumped after 123.86 kJ / kg, cold sea water pump power of 3200 Watts = 3.2 kW, power water pumps warm sea 980 Watt = 0.98 kW then the total power on the pump is 3200 Watt + 980 Watt = 4180 Watt or 4.18kW. Work produced by the turbine is 93.56 kJ / kg, steam enthalpy change sea water will be equal to the speed of the steam turbine 398.7 m / s. Then the generated power generator is 1,25 kW or 1250 Watt

key: Utilization Study, Pumps and Generator on OTEC

1. PENDAHULUAN

Energi terbarukan adalah sumber energi yang berasal dari sumber daya alam yang secara kontinu terus menerus selalu ada, Energi terbarukan akan menggantikan energi fosil yang lambat laun akan punah/habis seperti (minyak bumi, gas alam dan batubara). Sumber daya energi tersebut dapat dikembangkan dan dilakukan dengan aman dan tidak mengancam kehidupan biota laut. Dimana sumber daya energi kelautan merupakan sumber energi terbarukan yang berasal dari laut dan perairan. Indonesia. Indonesia adalah negara kepulauan yang wilayahnya sebagian besar adalah laut, selat dan teluk. Potensi energi kelautan sangat besar di negara yang memiliki lautan yang luas. Beberapa sumber daya energi kelautan, seperti: energi pasang surut air laut, gelombang laut (ombak), arus laut (arus bawah laut) dan energi panas laut. Di Indonesia, semua energi kelautan tersebut masih dalam tahap penelitian, sedangkan di beberapa Negara (Eropa, Amerika Serikat, Kanada, Jepang, Korea, India dan Afrika) energi-energi ini sudah dikembangkan. Dari energi terbarukan yang ada di Indonesia *Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC)* merupakan konversi

energi panas suhu air laut menjadi energi listrik memanfaatkan siklus perbedaan suhu temperature air laut dengan suhu laut kedalaman, perairan wilayah pulau tarakan dan bunyu adalah daerah yang dilalui khatulistiwa dimana daerah tersebut menghasilkan perbedaan air suhu permukaan dan air suhu kedalaman. Pemanfaatan potensi suhu panas air laut sebagai sumber energi terbarukan menghasilkan daya pada pompa, turbin dan generator menghasilkan energi listrik. Beberapa hal yang akan dilakukan dalam penelitian yakni Perhitungan daya turbin dan daya pompa dan daya generator. Lokasi penelitian adalah di wilayah Indonesia Tengah (khususnya perairan wilayah Tarakan dan Bunyu) dan data yang dipakai adalah data sekunder.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Potensi energi air laut belum banyak diketahui masyarakat pada umumnya adalah sebagai potensi energi baru terbarukan dimana potensi suhu air laut dan samudra dapat menghasilkan energi listrik. Dalam hal banyak negara maju melakukan penelitian dan pengembangan potensi energi baru

terbarukan guna untuk menghasilkan energi listrik.

Ada beberapa penelitian yang telah dilakukan diantaranya adalah: Calvin E. J. Mamahit, (2011) Pengembangan Konversi Energi Panas Laut *Development Of Ocean Thermal Energy Conversion OTEC* (Konversi Energi Panas Laut) memiliki potensi dan prospek yang sangat baik untuk dikembangkan.

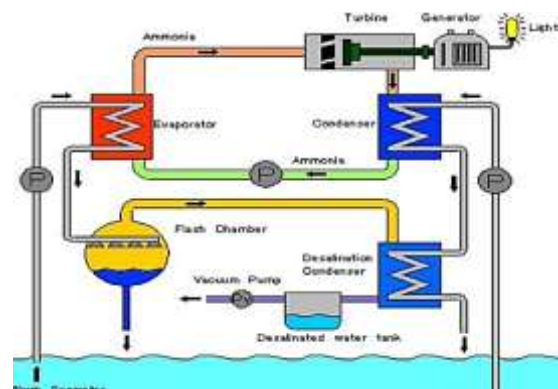
Putu Yoga Perdana, Dadang Karmen (2012) Studi Distribusi Panas Laut Untuk *Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC)*, Untuk Perairan Utara Bali, menghasilkan suhu permukaan sebesar $30,30^{\circ}\text{C}$ dan pada kedalaman 600m mencapai suhu sebesar $6,40^{\circ}\text{C}$ dengan efisiensi carnot sebesar 0,788813, dan Untuk Perairan Laut Banda, menghasilkan suhu permukaan sebesar $31,20^{\circ}\text{C}$ dan pada kedalaman 600m mencapai suhu sebesar $7,30^{\circ}\text{C}$ dengan efisiensi carnot sebesar 0,766059.

Nison Hastari Raharjo, (2001) Studi Pemanfaatan Energi Panas Laut dan Gelombang Laut Untuk Sistem Kelistrikan di Kabupaten Karangasem Bali. Dimana sumber energi terbarukan khususnya di Indonesia sangatlah relevan ditinjau dari sisi letak geografisnya yang sebagian besar wilayahnya terdiri dari laut dan kepulauan.

2.1 Dasar Teori

Energi Panas Laut *Thermal Energy Conversion (OTEC)* adalah pembangkit listrik dengan memanfaatkan perbedaan temperatur suhu air laut di permukaan dan suhu air laut dalam dimana lautan yang meliputi dua pertiga luas permukaan bumi, menerima panas yang berasal dari penyinaran matahari. Selain dari pada itu, air lautan juga menerima panas yang berasal dari panas bumi yaitu magma, yang terletak dibawah dasar laut. Energi termal ini dapat dimanfaatkan dengan mengkonversinya menjadi energi listrik dengan suatu teknologi yang disebut *Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC)*, atau *Konversi Energi Panas Laut (KEPL)*. Suatu jumlah energi yang besar yang diserap oleh lautan dalam bentuk panas yang berasal dari penyinaran matahari dan yang berasal dari magma yang terletak dibawah dasar laut. Suhu permukaan air laut disekitar garis khatulistiwa berkisar antara 25

sampai 30°C . Selisih suhu ini dapat dimanfaatkan untuk menjalankan mesin penggerak berdasar prinsip termodinamika, dengan mempergunakan suatu zat kerja yang mempunyai titik mendidih yang rendah; pada dasarnya mesin penggerak ini dapat digunakan untuk pembangkitan listrik. Gas Freon R-22 (CH_2Cl_2), Amonia (NH_3) dan gas Propan (C_3H_8) mempunyai titik mendidih yang sangat rendah, yaitu antara -30 sampai -50°C pada tekanan atmosferik, dan $+30^{\circ}\text{C}$ pada tekanan antara 10 dan $12,5\text{ kg/cm}^2$. Gas-gas inilah yang prospektif untuk digunakan zat kerja pada konversi panas laut.



Gambar 1. Skema Prinsip Konversi Energi Panas Laut (KEPL)

Pada gambar 1 memperlihatkan prinsip konversi energi panas laut menjadi energi listrik. Air hangat, dengan suhu antara 25 dan 30°C dibawa ke evaporator. Bahan zat kerja, Freon R-22, yang berada dalam bentuk cair, dipanaskan oleh air hangat ini, mendidih, dan kemudian menguap menjadi gas dengan tekanan sekitar 12 kg/cm^2 . Gas dengan tekanan melalui ke turbin, yang menggerakkan generator. Gas yang telah dipakai setelah meninggalkan turbin, didinginkan dalam kondensator oleh air laut dingin, yang mempunyai suhu sekitar $5-7^{\circ}\text{C}$, sehingga Freon R-22 kembali menjadi cair. Siklus berulang setelah Freon R-22 yang cair dipompa kembali ke dalam evaporator. Dengan demikian terdapat suatu siklus dari medium, dalam hal ini Freon R-22 dari

keadaan cair menjadi gas kembali menjadi cair dan seterusnya.

a. Kelebihan dan Kekurangan Energi Panas Air Laut Menjadi Listrik

i. Kelebihan

Keuntungan dari teknologi *Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC)* ini antara lain adalah:

1. Sumber daya energi *Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC)* merupakan sumber terbarukan secara alamiah.
2. Tidak ada dampak terhadap lingkungan, bahkan dari sisi ekologi berdampak positif karena akan memperkaya nutrisi pada permukaan air laut.
3. Tidak menghasilkan gas rumah kaca ataupun limbah lainnya.
4. Tidak membutuhkan bahan bakar yang besar, biaya operasional relatif rendah
5. Produksi listrik stabil

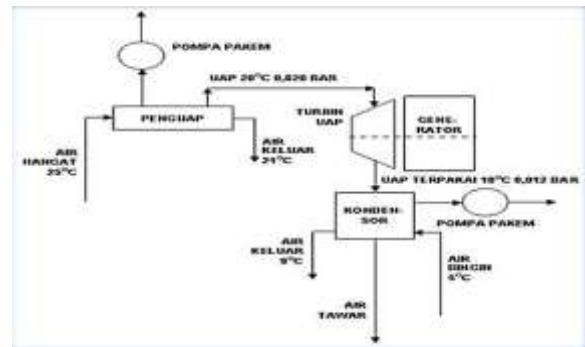
ii. Kekurangan

Biaya investasi awal *Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC)* masih terlalu mahal

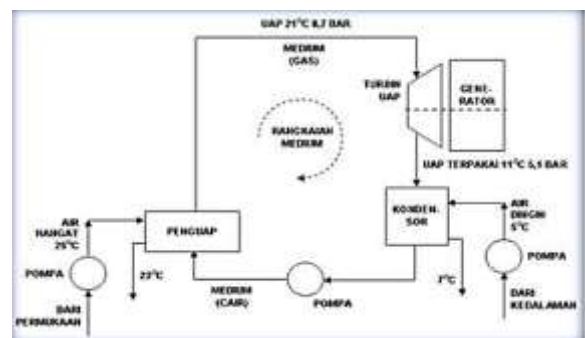
2.2 Prinsip Kerja Ocean Thermal Energy Conversion(OTEC)

Sistem power *Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC)* dapat dibagi kedalam dua kategori siklus tertutup (*closed cycle*) dan siklus terbuka (*open cycle*). Pada siklus tertutup (*closed cycle*), fluida kerja (*working fluid*) di pompa ke dalam evaporator setelah mengalami kondensasi. Pada Siklus terbuka (*Open cycle*) merupakan pelopor dari variasi siklus *Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC)*, dimana pada siklus terbuka (*Open cycle*) berhubungan pada penggunaan air laut sebagai fluida kerja (*working fluid*). Sebuah skema di bawah merupakan gambaran umum komponen-komponen yang ada di model *Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC)* siklus terbuka. Siklus tersebut merupakan dasar dari siklus Rankine yang mengkonversi energi panas (*thermal energy*) dari air hangat permukaan menjadi energi listrik. Dalam siklusnya, air laut yang hangat dilewatkan kedalam ruang evaporasi,

dimana bagian dari air laut di konversi ke dalam uap bertekanan rendah. Uapnya kemudian dilewatkan melalui turbin, dimana mengekstraksi energi, lalu kemudian keluar kedalam kondensor. Sebaliknya, air yang mengalami kondensasi dapat digunakan sebagai desalinisasi air karena tidak dikembalikan kedalam evaporator.

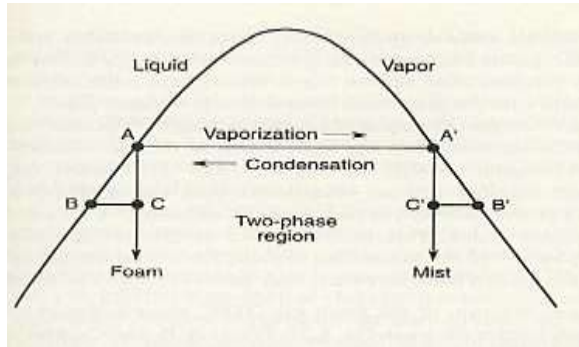


Gambar 2 *Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC)* siklus terbuka (*open cycle*) (Sumber: Renewable Energy from the Ocean, Oxford)



Gambar 3 *Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC)* siklus tertutup (*closed cycle*) (Sumber: Renewable Energy from the Ocean, Oxford)

Siklus Tertutup (*Closed cycle*) merupakan proses dimana heat digunakan untuk mengevaporasikan fluida pada tekanan yang tetap di dalam sebuah tangki pemanas atau *evaporator*, dimana uap masuk ke piston mesin atau turbin dan berekspansi melakukan kerja. Uap keluar kemudian masuk ke dalam suatu wadah dimana heat ditransfer dari uap ke cairan pendingin, menyebabkan uap terkondensasi menjadi cair lalu cairan tersebut dipompa kembali ke dalam evaporator untuk melengkapi siklus.



Gambar 4 Siklus Rankine yang diterapkan pada *Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC)*
(Sumber: Renewable Energy from the Ocean, Oxford)

Siklus Rankine pada gambar.4 menunjukkan perbedaan tekanan dan suhu dari waktu ke waktu pada saat berlangsungnya sistem *Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC)*, dimana fluida kerja (*working fluid*) yang mengalir ke evaporator akan di evaporasikanter lebih dahulu hingga suhu dan tekanan tertentu sehingga dapat menggerakkan turbin lalu dialirkan kembali ke kondensator untuk dijadikan cair kembali dengan suhu dan tekanan yang telah diatur [4]

2.3 Pompa

Pompa adalah suatu alat atau mesin yang digunakan untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ke tempat yang lain melalui suatu media perpipaan dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung secara terus menerus.

dengan:

$$v = 0,001004 m^3 / kg$$

$$P_2 = 1,074045 Mpa$$

$$P_1 = 0,101325 Mpa$$

Maka daya pada pompa menghasilkan.

$$W_{ps} = v \cdot (P_2 - P_1) \dots\dots\dots (2.1)$$

Jika efisiensi pompa 80% untuk mengerakan pompa.

$$W_p = \frac{W_{ps}}{\eta} \dots\dots\dots (2.2)$$

Entalpi fluida sebelum dipompa (h_1)

$$h_1 = ha + v \cdot (P_2 - P_1) \dots\dots\dots (2.3)$$

Entalpi fluida setelah dipompa (h_2)

$$h_2 = h_1 - W_p \dots\dots\dots (2.4)$$

Temperatur sebelum masuk keevaporator (T)

$$T_2 = T_1 + \frac{(W_p - W_{ps})}{\epsilon} \dots\dots\dots (2.5)$$

dengan:

T_1 = Temperatur permukaan air laut (26,7°C sampai 30,2°C diambil dari penelitian sebelumnya)

T_2 = Temperatur sebelum melalui *evaporator*.

ϵ = Panas jenis air laut (4,186 kJ/kg)

Maka

Keadaan uap jenuh 26,7°C

dengan $h_3 = 2547,2$ kJ/kg

$h_f = 54,6$ kJ/kg

$h_{fg} = 2470,7$ kJ/kg

Perhitungan daya pompa air laut dingin

$$P_1 = 9,8 \cdot Q \cdot f \cdot \frac{\ell}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \dots\dots\dots (2.6)$$

dengan:

g = percepatan gravitasi bumi (m/detik)

Q = debit air laut (m³/detik)

f = faktor gesekan

ℓ = panjang pipa (m)

D = diameter pipa (m)

V^2 = kecepatan air laut dalam pipa (m/s)

Perhitungan daya pompa air laut hangat

$$P_2 = 9,8 \cdot Q \cdot f \cdot \frac{\ell}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \dots\dots\dots (2.7)$$

dengan:

g : percepatan gravitasi bumi (m/detik)

Q : debit air laut (m³/detik)

f : faktor gesekan

ℓ : panjang pipa (m)

D : diameter pipa (m)

V^2 :kecepatan air laut dalam pipa (m/s)

Total daya pompa air laut dingin dan hangat

$$P_{total} = P_1 + P_2 \dots\dots\dots (2.8)$$

dengan:

P_{total} : pompa air laut dingin dan hangat
 P_1 : pompa air laut dingin
 P_2 = pompa air laut hangat

2.4 Turbin

Turbin Uap adalah salah satu komponen dasar dalam pembangkit listrik tenaga uap. Dimana komponen utama dari sistem tersebut yaitu : Ketel, kondensor, pompa air ketel, dan turbin. Turbin Uap yang berfungsi sebagai fluida kerja dihasilkan oleh katel uap, yaitu suatu alat yang berfungsi untuk mengubah air menjadi uap.

Kerja yang dihasilkan oleh turbin adalah $W_{ts} = h_3 - h_{s4}$(2.9)

efisiensi turbin 85%
 $W_t = W_{ts} \cdot \eta$ (2.10)

Sehingga $h_4 = h_3 \cdot W_t$ (2.11)

Efisiensi siklus turbin
 $\eta_{g(turbin)} = \frac{W_t - W_p}{Q_g} \times 100\%$ (2.12)

Perubahan entalpi uap air laut akan sama dengan kecepatan tenaga uap yang keluar dari *nozzle*. Maka kecepatan uap untuk turbin adalah.

$C = 44,72 \cdot \sqrt{h_3 - h_4}$ (2.13)

Uap yang diperlukan persatuan waktu mensuplai tenaga keturbin adalah.

$m_t = \frac{P_m}{\eta_t \cdot (W_t - W_p)}$ (2.14)

2.5 Generator

Generator adalah suatu sistem yang menghasilkan tenaga listrik dengan masukan tenaga mekanik. Generator berfungsi untuk mengubah tenaga mekanik menjadi tenaga listrik yang mempunyai prinsip kerja. Pada listrik yang mempunyai prinsip kerja. Pada pembangkit listrik panas laut digunakan generator arus bolak-balik (AC) dimana generator ini akan membangkitkan daya sebesar 100 kW. Jika efisiensi pada generator tersebut 85% maka daya yang dibangkitkan generator tersebut adalah.

$P_m = \frac{P_{out}}{\eta}$ (2.15)



Gambar 5. Peta Wilayah Indonesia

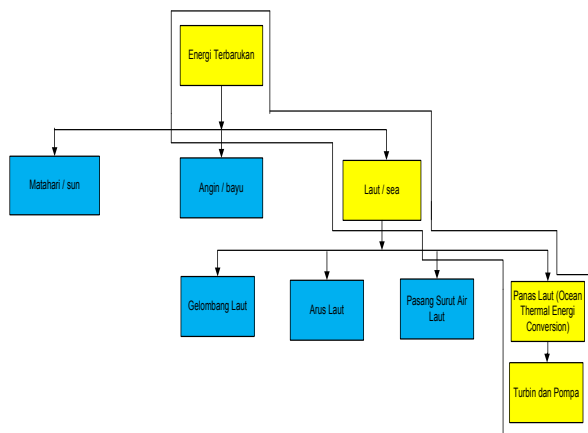


Gambar 6. Peta Pulau Tarakan dan Pulau Bunyu

3. METODELOGI PENELITIAN

Konsep penelitian ini dalam bentuk diagram alir seperti pada gambar 3.1. Pada diagram alir dijelaskan tentang konsep dari penelitian memberikan gambaran energi terbarukan dengan 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 dari itu energi terbarukan suhu panas air laut adalah solusi untuk mengatasi kelangkaan atau habisnya bahan bakar yang 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 dan menghitung besar

daya yang dihasilkan oleh turbin maupun pompa pada siklus. [1]



Gambar 7. Diagram Alir Penelitian Energi Terbarukan

a. Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah turbin, pompa dan generator menghasilkan daya listrik.

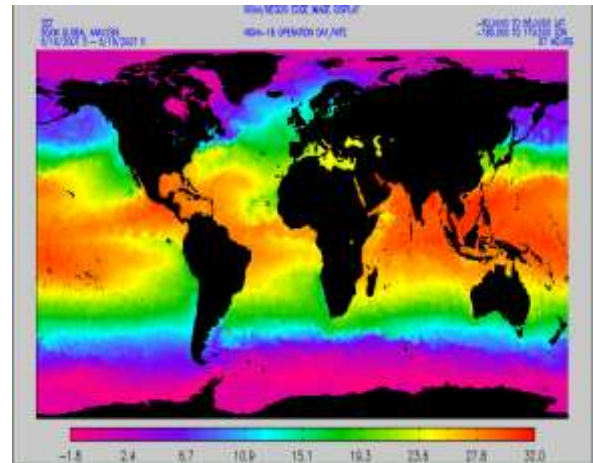
b. Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini bahwa turbin, pompa dan generator melalui siklus menghasilkan daya listrik.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembahasan dan Analisis

Perairan di Indonesia merupakan perairan yang termasuk dalam wilayah kawasan laut tropis. Dimana perairan Indonesia menghasilkan potensi sumber panas air laut di Indonesia sangat banyak manfaatnya terutama dalam bidang sumber energi terbarukan seperti *Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC)*. Pada gambar 4.1 menunjukkan peta yang berisikan kondisi perairan laut di seluruh dunia



Gambar 8. Penyebaran Panas Permukaan laut didunia (Sumber : *Ocean Surface temperature*,NASA)

4.2 Pompa

dengan:

$$v = 0,001004 \text{ m}^3 / \text{kg}$$

$$P_2 = 1,074045 \text{ Mpa}$$

$$P_1 = 0,101325 \text{ Mpa}$$

Daya pada pompa menghasilkan.

$$W_{ps} = v \cdot (P_2 - P_1) 10^3$$

$$= 0,001004 (1,074045 - 0,101325) 10^3$$

$$= 0,97 \text{ kj / kg}$$

Jika efisiensi pompa 80% untuk mengerjakan pompa.

$$W_p = \frac{W_{ps}}{\eta}$$

$$= \frac{0,97}{0,8}$$

$$= 1,21 \text{ kj / kg}$$

Entalpi fluida sebelum dipompa (h_1)

$$h_a = 121,65$$

$$h_1 = h_a + v \cdot (P_2 - P_1)$$

$$= 121,65 + 0,001004 (1,074045 - 0,101325) 10^3$$

$$= 122,62 \text{ kj / kg}$$

Entalpi fluida setelah dipompa (h_2)

$$h_2 = h_1 + W_p$$

$$= 122,65 + 1,21$$

$$= 123,86 \text{ kj / kg}$$

Temperatur sebelum masuk keevaporator (T)

$$T_2 = T_1 + \frac{(W_p - W_{ps})}{\epsilon}$$

dengan:

T₁ : Temperatur permukaan air laut (30,2 °C)

T₂ : Temperatur sebelum melalui evaporator.

ε : Panas jenis air laut (4,186 kJ/kg)

$$26,7 + \frac{1,22 + 0,97}{4,186} = 27,22^\circ C$$

maka

Keadaan uap jenuh 26,7°C

dengan h₃ = 2547,2 kJ/kg

h_f = 54,6 kJ/kg

h_{fg} = 2470,7 kJ/kg

Perhitungan daya pompa air laut dingin

$$P_1 = 9,8 \cdot Q \cdot f \cdot \frac{\ell}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

dengan:

g : percepatan gravitasi bumi (m/detik)

q : debit air laut (m³/detik)

f : faktor gesekan

ℓ : panjang pipa (m)

d : diameter pipa (m)

v²: kecepatan air laut dalam pipa (m/s)

dengan :

g = 9,8 m/detik

v = 1,004 m/detik

f = 0,05

ℓ = 100 meter

d = 5

q = 6,52

$$P_1 = 9,8 \cdot 6,52 \cdot 0,05 \left(\frac{100}{5} \right) \left(\frac{1,004^2}{2 \cdot 9,8} \right) = 3200 \text{ Watt} = 3,2 \text{ kW}$$

Perhitungan daya pompa air laut hangat

$$P_2 = 9,8 \cdot Q \cdot f \cdot \frac{\ell}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

dengan:

g : percepatan gravitasi bumi (m/detik)

q : debit air laut (m³/detik)

f : faktor gesekan

ℓ: panjang pipa (m)

d : diameter pipa (m)

v²: kecepatan air laut dalam pipa (m/s)

dengan :

g = 9,8 m/detik

v = 1,004 m/detik

f = 0,05

ℓ = 30 meter

d = 5

q = 6,52

$$P_1 = 9,8 \cdot 6,52 \cdot 0,05 \left(\frac{30}{5} \right) \left(\frac{1,004^2}{2 \cdot 9,8} \right) = 980 \text{ Watt} = 0,98 \text{ kW}$$

Total daya pompa air laut dingin dan hangat dengan:

P_{total} : pompa air laut dingin dan hangat

P₁: pompa air laut dingin

P₂: pompa air laut hangat

$$\begin{aligned} P_{total} &= P_1 + P_2 \\ &= 3200 \text{ Watt} + 980 \text{ Watt} \\ &= 4180 \text{ Watt} \\ &= 3,2 \text{ kW} + 0,98 \text{ kW} \\ &= 4,18 \text{ kW} \end{aligned}$$

Tabel. 4.1 Hasil Perhitungan Pompa pada siklus *Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC)*

No	POMPA	
01	Daya pada pompa	0,97 kJ/kg
02	Efisiensi pompa 80%	1,21 kJ/kg
03	Entalpi fluida sebelum dipompa (h1)	122,62 kJ/kg
04	Entalpi fluida setelah dipompa (h2)	123,86 kJ/kg
05	Temperatur sebelum masuk ke evaporator (T)	27,22 °C
06	Perhitungan daya pompa air laut dingin	3200 Watt = 3,2 kW
07	Perhitungan daya pompa air laut hangat	980 Watt = 0,98 kW
08	Total daya pompa air laut dingin dan hangat	4180 Watt = 4,18 kW

Sumber hasil perhitungan

4.3 Turbin

Kerja yang dihasilkan oleh turbin adalah

$$\begin{aligned} W_{ts} &= h_3 - h_{s4} \\ &= 2547,2 \text{ kJ/kg} - 2453,64 \text{ kJ/kg} \\ &= 93,56 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

efisiensi turbin 85%

$$W_t = W_{ts} \cdot \eta$$

$$= 93,56 \cdot 0,85$$

$$= 79,52 \text{ kJ / kg}$$

Sehingga entalpi fluida

$$h_4 = h_3 - W_t$$

$$= 2547,2 \text{ kJ / kg} - 79,52 \text{ kJ / kg}$$

$$= 2467,68 \text{ kJ / kg}$$

Efisiensi siklus turbin

$$\eta_{g(turbin)} = \frac{W_t - W_p}{Q_g} \times 100\%$$

$$= \frac{79,52 - 0,97}{2423,3} \times 100\%$$

$$= 3,23\%$$

Perubahan entalpi uap air laut akan sama dengan kecepatan tenaga uap yang keluar dari *nozzle*. Maka kecepatan uap untuk turbin adalah.

$$C = 44,72 \cdot \sqrt{h_3 - h_4}$$

$$= 44,72 \cdot \sqrt{2547,2 - 2467,68}$$

$$= 398,7 \text{ m/detik}$$

Uap yang diperlukan persatuan waktu mensuplai daya keturbin adalah.

$$m_t = \frac{P_m}{\eta_t \cdot (W_t - W_p)}$$

$$= \frac{1176,47}{0,8(79,56 - 1,22)}$$

$$= 18,77 \text{ kJ / kg}$$

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Turbin pada siklus *Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC)*

No	TURBIN	
01	Kerja yang dihasilkan oleh turbin	93,54 kJ/kg
02	Efisiensi turbin 85%	79,56 kJ/kg
03	Entalpi fluida (h ₄)	2467,68 kJ/kg
04	Efisiensi siklus turbin	2,23 %
05	Kecepatan uap untuk turbin	398,7 m/detik
06	Uap yang diperlukan persatuan waktu mensuplai daya keturbin	18,77 kJ/kg

Sumber hasil perhitungan

4.4 Generator

Pembangkit listrik panas laut digunakan generator arus bolak-balik (AC) dimana generator ini akan membangkitkan daya sebesar 100 kW. Jika

efisiensi pada generator tersebut 85% maka daya yang dibangkitkan generator tersebut adalah.

$$P_m = \frac{P_{out}}{\eta}$$

$$= \frac{100}{0,85}$$

$$= 1,25 \text{ kW}$$

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan daya pada Generator siklus *Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC)*

No	Generator	
01	Daya yang dibangkitkan pada generator (P _m)	1,25 kW = 1250 Watt

Sumber hasil perhitungan

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisis data didapat bahwa:

- Daya pada pompa 0,97 kJ/kg, entalpi fluida sebelum dipompa 122,62 kJ/kg, entalpi fluida sesudah dipompa 123,86 kJ/kg, daya pompa air laut dingin 3200 Watt = 3,2 kW, daya pompa air laut hangat 980 Watt = 0,98 kW, maka daya total pada pompa air laut dingin dan hangat adalah 3200 Watt + 980 Watt = 4180 Watt atau 4.18 kW.
- Kerja yang dihasilkan oleh turbin adalah 93,56 kJ/kg, Efisiensi turbin 85% 79,56 kJ/kg, Entalpi fluida (h₄) 2467,68 kJ/kg, Efisiensi siklus turbin 2,23 %, perubahan entalpi uap air laut akan sama dengan kecepatan uap turbin 398,7 m/s. Uap yang diperlukan persatuan waktu mensuplai daya keturbin 18,77 kJ/kg
- Daya yang dibangkitkan generator adalah 1,25 kW atau 1250 Watt.

Dari hasil kajian ini maka untuk energi terbarukan khususnya energi panas suhu air laut tidak layak untuk dibangun, karena investasi yang sangat besar dan daya yang dihasilkan kecil.

Kajian selanjutnya akan menghitung seberapa besar daya yang dihasilkan dari pasang surut air laut wilayah perairan

Tarakan dan Bunyu menghasilkan energi terbarukan.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat dalam penelitian ini, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Borneo Tarakan yang telah mendukung penelitian ini sehingga dapat menyelesaikannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kadir Abdul 1995, Energi : sumber daya, inovasi, tenaga listrik dan potensi ekonomis, edisi kedua, cetakan pertama 1995.
- [2] General Electric, 1983. *Close cycle OTEC power plan final report*, General Electric Co, Schenectady, N.Y.
- [3] Rahmat, Y, 2008. *OTEC: Ocean Thermal Energi Conversion (OTEC)*, Institut Teknologi Bandung, Press, Bandung.
- [4] Avery, W.H. and Wu Chih, 1994. *Renewable Energi From the Ocean: a guide to OTEC*. Oxford University Press. Inc. New York.
- [5] Majalah Energi dan Listrik Volume X no. 3 Pemberdayaan Potensi Panas Laut Sebagai Sumber Daya Ketenaga listrikan Pulau Ambon 1-9 September 2000