

KAJIAN POTENSI SUHU AIR LAUT PERAIRAN PULAU TARAKAN DAN BUNYU SEBAGAI SUMBER ENERGI TERBARUKAN

Sugeng Riyanto

Prodi Teknik Elektro Universitas Borneo Tarakan
sugengriyanto@borneo.ac.id

Absrak: Tarakan adalah daerah wilayahnya yang terletak Kalimantan bagian utara dan terdiri dari pulau-pulau terdekat. Di mana sebagian wilayahnya perairan laut dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar terbarukan atau energi terbarukan. Dalam penelitian ini *Ocean Thermal Energy Conversion* (OTEC) merupakan konversi energi panas suhu air laut menjadi energi listrik dengan dimanfaatkannya perbedaan temperature suhu air laut permukaan dan suhu air laut dalam. Suhu permukaan air laut yang terletak wilayah Tarakan dan Bunyu antara 26,7 sampai dengan 30,2 dengan kedalaman 30 sampai dengan 100 meter menghasilkan efisiensi yang paling besar adalah 0,17.

Kata kunci: kajian, temperatur, OTEC

Abstract: Tarakan is an area of territory which lies north Borneo and consists of nearby islands. Some of its sea territory can be exploited as renewable fuels or renewable energy. In this research, *Ocean Thermal Energy Conversion* (OTEC) is a thermal energy conversion temperature of sea water into electrical energy by the temperature difference use surface sea water temperature and the water temperature in the sea. The surface temperature of the sea water which is located Tarakan and Bunyu region between 26.7 up to 30.2 with a depth of 30 to 100 meters produce the greatest efficiency is 0.17.

Key words: research, temperature, OTEC

PENDAHULUAN

Tarakan adalah merupakan kota yang sebagian besar wilayahnya dikeliling oleh laut. Dimana sebagian besar wilayahnya laut, maka diperoleh suatu penghidupan yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat tarakan yaitu sebagai nelayan dan petani rumput laut.

Laut merupakan suatu fenomena alam sehingga menjadi daya tarik daerah wisata dan laut merupakan sumber kehidupan yang bisa memberikan manfaat tersendiri di berbagai aspek kehidupan antara lain tempat penangkaran beraneka spesies ikan dan membudidayakan rumput laut. Laut bukan hanya saja sebagai tempat penangkaran beraneka spesies ikan dan membudidayakan rumput laut,

tetapi dapat juga dimanfaatkan sebagai menghasilkan energi terbarukan.

Dalam hal ini 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.

Energi yang yang dapat diperbaharui ada dilaut terdapat 3 kriteria, yaitu: energi ombak, energi pasang surut dan energi panas laut. Salah satu energi di

laut tersebut adalah energi panas air laut, dimana sumber energi yang cukup besar. Energi panas air laut merupakan suhu air laut yang dimanfaatkan sebagai sumber energi.

Dimana energi panas air laut merupakan energi yang dapat diperbaharui dan sebagai energi alternatif sebagai bahan bakar pembangkit tenaga listrik dimana energi tersebut tidak akan pernah habis ataupun punah di masa yang akan datang.

METODE

Potensi energi laut belum banyak diketahui masyarakat pada umum adalah 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: (a) 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. (b) 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 *carnott* 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 *carnott* sebesar 0,766059

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 .

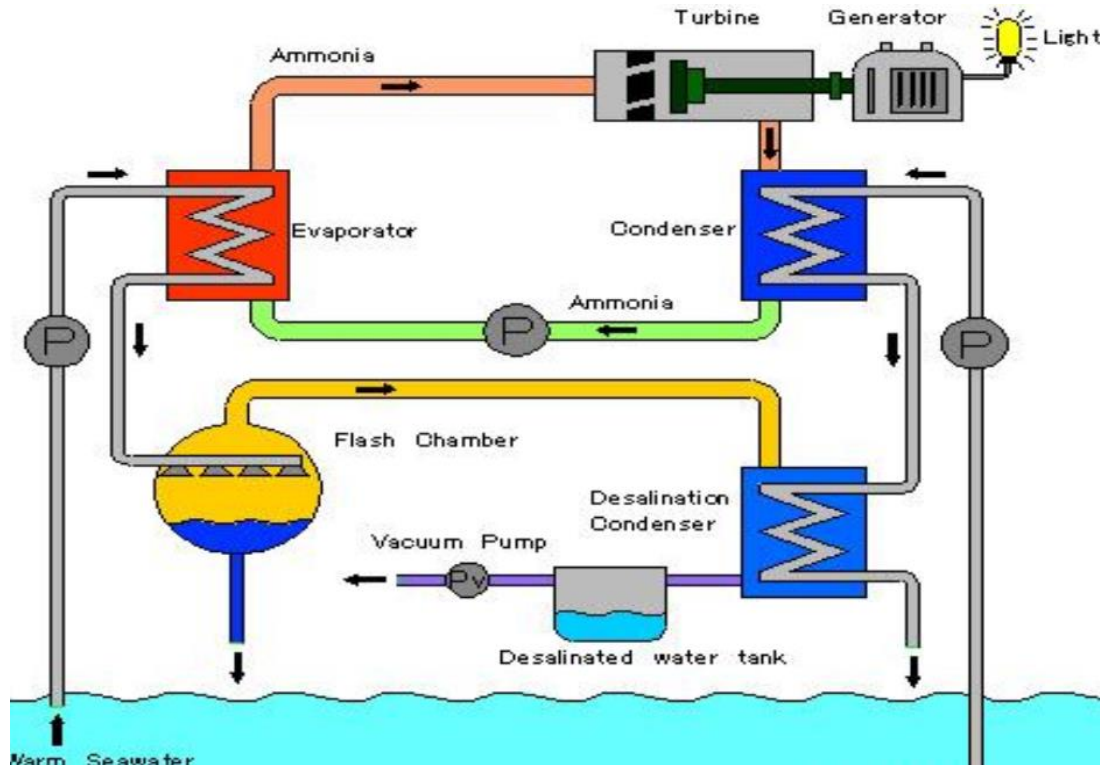
Selisih suhu ini dapat dimanfaatkan untuk menjalankan mesin penggerak berdasar prinsip termodinamika, dengan mempergunakan suatu zat kerja yang mempunyai titik mendidih yang rendah, pada dasarnya mesin penggerak ini dapat digunakan untuk pembangkitan listrik.

Pada Gambar 1 memperlihatkan Prinsip Konversi Energi Panas Laut (KEPL) 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 R-22 yang cair dipompa kembali ke dalam evaporator. Dengan demikian terdapat suatu siklus dari

medium, dalam hal ini R-22 dari keadaan cair menjadi gas kembali menjadi cair dan seterusnya.



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

Prinsip Kerja Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC)

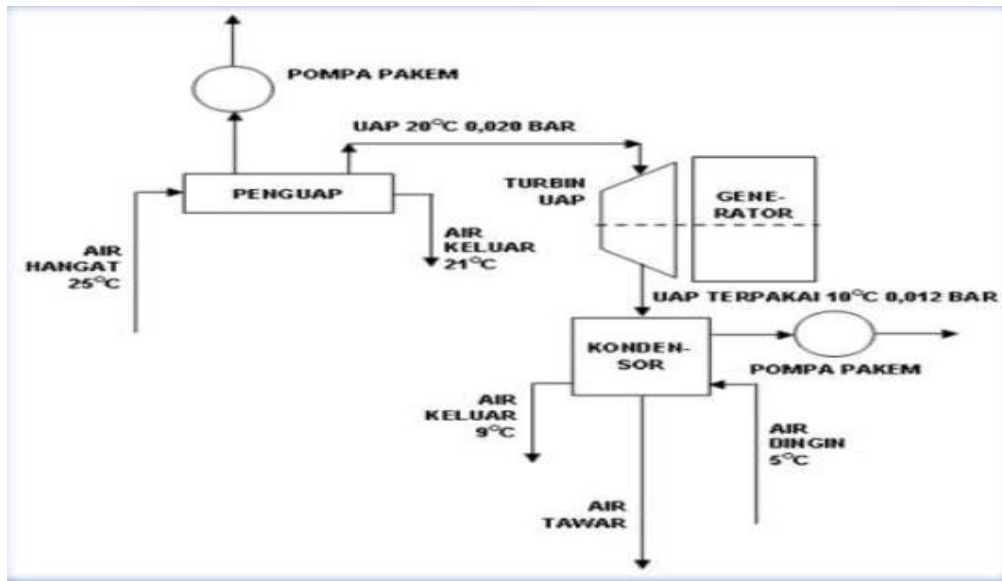
Sistem power Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC) dapat dibagi kedalam dua kategori siklus tertutup (*closed cycle*) dan siklus terbuka (*open cycle*). Pada siklus tertutup (*closed cycle*), fluida kerja (*working fluid*) di pompa ke dalam evaporator setelah mengalami kondensasi.

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-

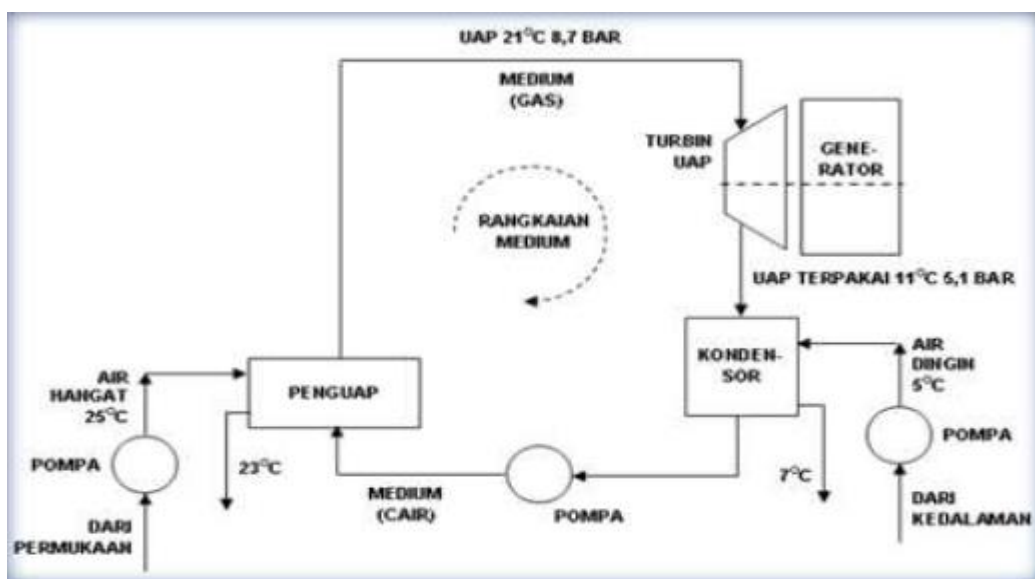
komponen yang ada di model Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC) siklus terbuka.

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 di deaerasi dan dilewatkan kedalam ruang evaporasi, dimana bagian dari air laut di konversi ke dalam uap bertekanan rendah.

Uapnya kemudian dilewatkan melalui turbin, dimana mengekstraksi energi, kemudian keluar kedalam kondensor. Sebaliknya, air yang mengalami kondensasi dapat digunakan sebagai desalinisasi air karena tidak dikembalikan kedalam evaporator.



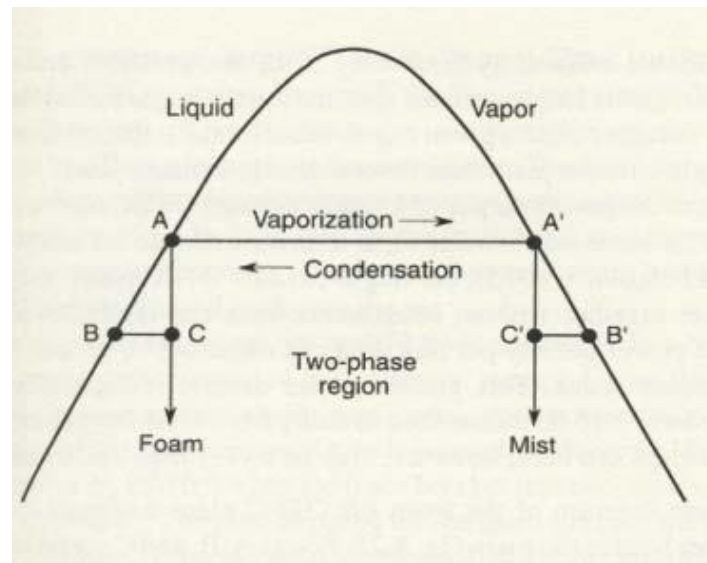
Gambar 2. *Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC) siklus terbuka (open cycle)* (Avery, 1994)



Gambar 3. *Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC) siklus tertutup (closed cycle)* (Avery, 1994)

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) (Avery, 1994)

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 evaporasikan terlebih 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 (Avery, Chih Wu.1994).

Efisiensi

Efisiensi maksimum dari sebuah sistem *Ocean Thermal Energy Conversion* (OTEC) dengan mengkonversi panas yang disimpan di air permukaan hangat dari lautan tropis menjadi kerja mekanis.

$$\eta_{\text{mak}} = \frac{T_w - T_c}{T_w} \quad (1)$$

Dimana :

η_{max} = efisiensi carnot

T_w = Temperatur absolut dari air hangat

T_c = Temperatur absolut dari air dingin.

Operasi *Ocean Thermal Energy Conversion* (OTEC), temperatur permukaan rata-rata tiap tahunannya adalah berkisar 26,7° C hingga 30,2°C. Oleh karena itu, maksimum efisiensi *heat Ocean Thermal Energy Conversion* (OTEC) bahkan tanpa reduksi yang tidak dapat dihindari, disebabkan oleh friksi dan kehilangan panas.

Dapat dicapai hanya pada laju yang sangat kecil dari produksi daya (power). Efisiensi adalah perbandingan dari energi atau hasil kerja pada sistem ke dalam input energi ke dalam sistem.

Suhu Laut

Suhu adalah suatu besaran fisika yang menyatakan banyaknya panas yang terkandung dalam suatu benda. Secara alamiah sumber utama panas dalam air laut adalah pancaran dari matahari. Setiap detik matahari memancarkan energi sebesar 1026 kalori dan setiap tempat di bumi yang tegak lurus ke matahari akan menerima energi sebanyak 0.033 kalori/detik.

Pancaran energi matahari akan sampai kebatas atas atmosfer bumi rata-rata sekitar 2 kalori/cm²/menit. Pancaran energi ini juga sampai ke permukaan air laut dan diserap oleh massa air. Kisaran suhu pada daerah tropis relatif stabil karena pancaran cahaya matahari lebih banyak mengenai daerah ekuator daripada daerah kutub.

Hal ini dikarenakan pancaran cahaya matahari yang merambat melalui atmosfer banyak kehilangan panas sebelum cahaya tersebut mencapai kutub. Suhu di lautan berkisar antara -1.87°C (titik beku air laut) di daerah kutub sampai maksimum sekitar 42°C di daerah perairan dangkal.

Sebaran suhu secara tegak (*vertical*) diperairan Indonesia terbagi atas tiga lapisan, yakni lapisan hangat di bagian teratas atau lapisan *epilimnion* dimana pada lapisan ini gradien suhu berubah secara perlahan. Lapisan *termoclyne* yaitu lapisan dimana gradien suhu berubah secara cepat sesuai dengan pertambahan kedalaman, lapisan dingin di bawah lapisan *termoklin* yang disebut juga lapisan *hipolimnion* dimana suhu air laut konstan sebesar 4°C.

Pada lapisan *termoclyne* memiliki ciri gradien suhu yaitu perubahan suhu terhadap kedalaman sebesar 0.1°C untuk setiap pertambahan kedalaman satu meter. Faktor yang memengaruhi suhu permukaan laut adalah letak ketinggian dari permukaan laut (*altitude*), intensitas cahaya matahari yang diterima.

Lautan yang meliputi dua per tiga permukaan bumi, menerima energi panas yang berasal dari penyinaran matahari dimuka bumi. Dimana lautan berfungsi

sebagai suatu penampungan yang cukup besar dari energi surya yang mencapai bumi. Kira-kira seperempat dari daya surya sebesar 1,7 x 10¹⁷ Watt yang mencapai atmosfer diserap oleh lautan. Selain itu, air laut juga menerima energi panas yang berasal dari panas bumi, yaitu magma yang berasal dari bawah laut.

Pemanasan dari permukaan air di daerah tropikal mengakibatkan permukaan air laut memiliki suhu 27–30°C. Energi listrik akan dibangkitkan dalam pusat–Pusat Listrik Tenaga Panas Laut (PLT–PL) dengan menggunakan siklus rankine pada rangkaian tertutup maupun rangkaian terbuka.

Suhu Permukaan Air Laut dengan Kedalaman

Dengan menggunakan persamaan hubungan antara suhu permukaan air laut dengan suhu kedalaman air laut, dengan menghitung nilai (b) sebagai konstanta terhadap fungsi kedalaman.

$$X_n = X_o + by \quad (2)$$

Dimana:

X_n = Suhu pada kedalaman n

X_o = Suhu permukaan awal

b = Konstanta dari fungsi kedalaman

y = Kedalaman

Dari persamaan 2, kemudian dihitung masing-masing persamaan dari data di perairan laut tropis, yang dalam penelitian ini diambil dan dilakukan validasi dengan data di perairan Indonesia Tengah yaitu diperairan wilayah Tarakan dan bunyu (Kalimantan Utara).

Tabel 1. Nilai (b) di laut Indonesia

Kedalaman	b
0-150	y/-2142
150-700	(y-1170)/14309



Gambar 5. Peta Wilayah Indonesia



Gambar 6. Peta Pulau Tarakan dan Pulau Bunyu

Efisiensi dari perbedaan temperatur yang dihitung dengan menggunakan persamaan *Ocean Thermal Energy Conversion* (OTEC) *efficiency* untuk dapat menentukan daerah yang mempunyai efisiensi *Ocean Thermal Energy Conversion* (OTEC) yang paling maksimal.

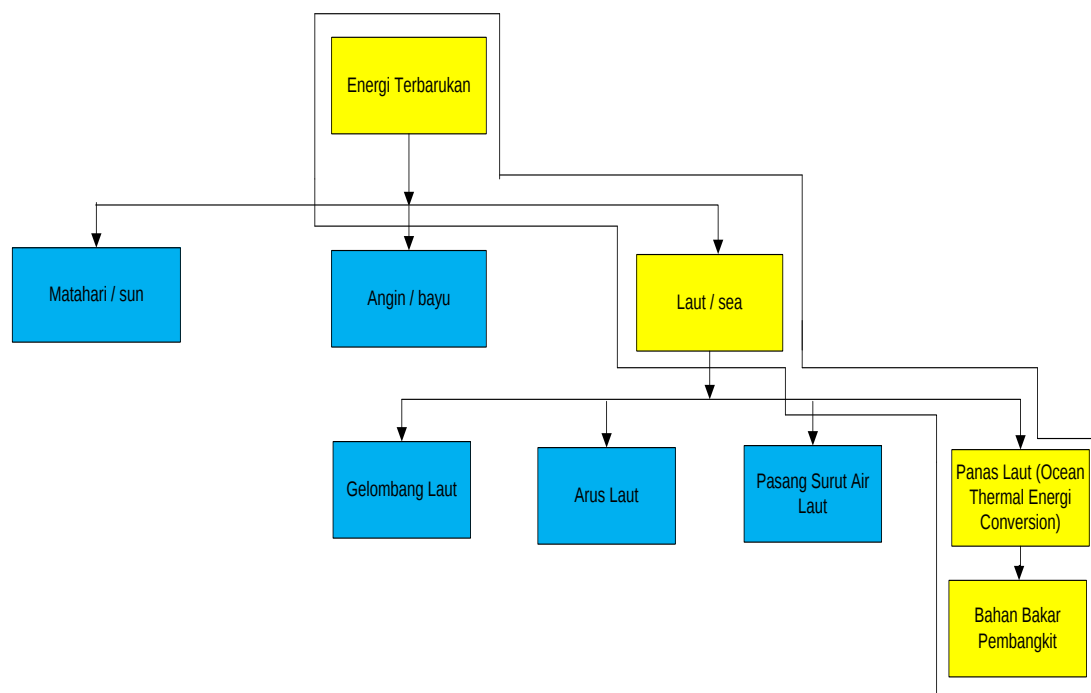
Kerangka Konsep Penelitian

Kerangka konsep penelitian ini dalam bentuk diagram alir seperti pada Gambar 7. Pada diagram alir dijelaskan tentang konsep dari penelitian memberikan 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)



Gambar 7. Diagram Alir Penelitian Energi Terbarukan

Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah suhu air laut sebagai energi terbarukan yang berupa energi suhu panas air laut sebagai bahan bakar pembangkit listrik.

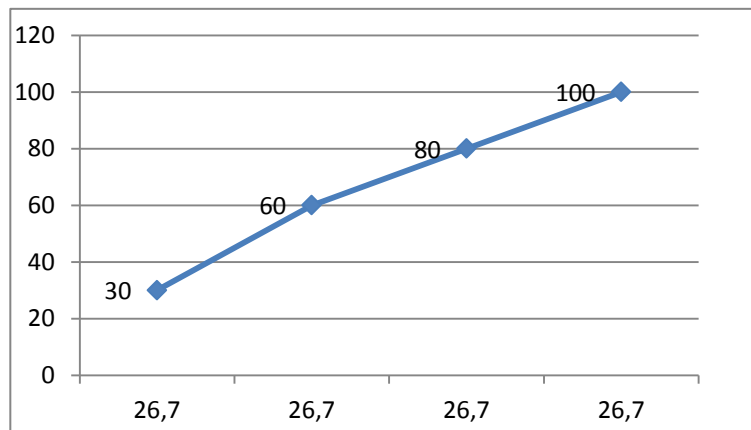
HASIL DAN PEMBAHASAN

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*.

Tabel 2. Data suhu terendah permukaan perairan wilayah Tarakan dan Bunyu

Suhu permukaan air laut (celcius)	Kedalaman air laut (meter)
26,7	30
26,7	35
26,7	40
26,7	45
26,7	50
26,7	55
26,7	60
26,7	65
26,7	70
26,7	75

Suhu permukaan air laut (celcius)	Kedalaman air laut (meter)
26,7	80
26,7	85
26,7	90
26,7	95
26,7	100



Gambar 8. Grafik kedalaman terhadap suhu permukaan air laut

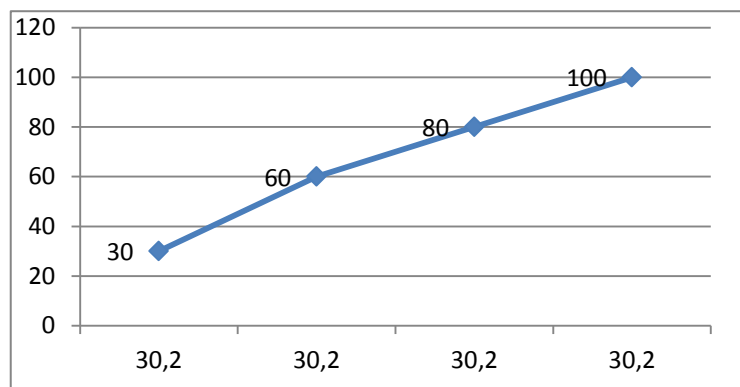
Tabel 3. Data suhu tertinggi permukaan perairan wilayah Tarakan dan Bunyu

Suhu permukaan air laut (celcius)	Kedalaman air laut (meter)
30,2	30
30,2	35
30,2	40
30,2	45
30,2	50
30,2	55
30,2	60
30,2	65
30,2	70
30,2	75
30,2	80
30,2	85
30,2	90
30,2	95
30,2	100

Tabel 4. Hasil perhitungan nilai b (konstanta dari kedalaman) pada perairan wilayah Tarakan dan Bunyu

Suhu permukaan air laut (celcius)	Kedalaman air laut (meter)	Nilai konstanta/ koefisien (b)
26,7	30	-0,014
26,7	35	-0,016

Suhu permukaan air laut (celcius)	Kedalaman air laut (meter)	Nilai konstanta/ koefisien (b)
26,7	40	-0,018
26,7	45	-0,021
26,7	50	-0,023
26,7	55	-0,025
26,7	60	-0,028
26,7	65	-0,030
26,7	70	-0,032
26,7	75	-0,035
26,7	80	-0,037
26,7	85	-0,039
26,7	90	-0,042
26,7	95	-0,044
26,7	100	-0,046



Gambar 9. Grafik kedalaman terhadap suhu permukaan air laut

Tabel 5. Hasil perhitungan nilai b (konstanta dari kedalaman) perairan wilayah Tarakan dan Bunyu

Suhu permukaan air laut (celcius)	Kedalaman air laut(meter)	Nilai konstanta/ koefisiensi (b)
30,2	30	-0,014
30,2	35	-0,016
30,2	40	-0,018
30,2	45	-0,021
30,2	50	-0,023
30,2	55	-0,025
30,2	60	-0,028
30,2	65	-0,030
30,2	70	-0,032
30,2	75	-0,035
30,2	80	-0,037
30,2	85	-0,039
30,2	90	-0,042
30,2	95	-0,044
30,2	100	-0,046

Perhitungan Suhu air laut pada kedalaman perairan wilayah Tarakan sampai Bunyu

Dimana:

$\eta_{\max}$ = efisiensi carnott

T_w = Temperatur absolut dari air hangat

T_c = Temperatur absolut dari air dingin

$$\eta_{\max} = \frac{T_w - T_c}{T_w}$$

Tabel 6. Hasil perhitungan suhu kedalaman air laut perairan wilayah Tarakan dan Bunyu

Suhu permukaan air laut (celcius)	Kedalaman air laut (meter)	Nilai konstanta/ koefisien (b)	Suhu kedalaman air laut (celcius)
26,7	30	-0,014	26,3
26,7	35	-0,016	26,1
26,7	40	-0,018	25,9
26,7	45	-0,021	25,7
26,7	50	-0,023	25,5
26,7	55	-0,025	25,3
26,7	60	-0,028	25,0
26,7	65	-0,030	24,7
26,7	70	-0,032	24,4
26,7	75	-0,035	24,0
26,7	80	-0,037	23,7
26,7	85	-0,039	23,3
26,7	90	-0,042	22,9
26,7	95	-0,044	22,5
26,7	100	-0,046	22,1

Tabel 7. Hasil perhitungan suhu Kedalaman air laut perairan wilayah Tarakan dan Bunyu

Suhu permukaan air laut (celcius)	Kedalaman air laut (meter)	Nilai konstansta/ koefisien (b)	Suhu kedalaman air laut (celcius)
30,2	30	-0,014	29,78
30,2	35	-0,016	29,64
30,2	40	-0,018	29,48
30,2	45	-0,021	29,25
30,2	50	-0,023	29,05
30,2	55	-0,025	28,82
30,2	60	-0,028	28,52
30,2	65	-0,030	28,25
30,2	70	-0,032	27,96
30,2	75	-0,035	27,57
30,2	80	-0,037	27,24
30,2	85	-0,039	26,88
30,2	90	-0,042	26,42
30,2	95	-0,044	26,02
30,2	100	-0,046	25,60

Perhitungan Efisiensi Temperatur pada Suhu air hangat dan air dingin perairan pulau tarakan sampai pulau bunyu

Tabel 8. Hasil perhitungan efisiensi di perairan wilayah Tarakan dan Bunyu

Suhu permukaan air laut (celcius)	Kedalaman air laut (meter)	Suhu kedalaman air laut (celcius)	efisiensi maksimum
26,7	30	26,3	0,01
26,7	35	26,1	0,02
26,7	40	25,9	0,03
26,7	45	25,7	0,04
26,7	50	25,5	0,05
26,7	55	25,3	0,06
26,7	60	25,0	0,07
26,7	65	24,7	0,08
26,7	70	24,4	0,09
26,7	75	24,0	0,10
26,7	80	23,7	0,11
26,7	85	23,3	0,12
26,7	90	22,9	0,14
26,7	95	22,5	0,15
26,7	100	22,1	0,17

Tabel 9. Hasil perhitungan efisiensi di perairan Tarakan dan Bunyu

Suhu permukaan air laut (celcius)	Kedalamana air laut (meter)	Suhu kedalaman air laut (celcius)	efisiensi maksimum
30,2	30	29,78	0,013
30,2	35	29,64	0,018
30,2	40	29,48	0,023
30,2	45	29,25	0,031
30,2	50	29,05	0,038
30,2	55	28,82	0,045
30,2	60	28,52	0,055
30,2	65	28,25	0,064
30,2	70	27,96	0,074
30,2	75	27,57	0,087
30,2	80	27,24	0,098
30,2	85	26,88	0,10
30,2	90	26,42	0,12
30,2	95	26,02	0,13
30,2	100	25,60	0,15

SIMPULAN

Dari hasil analisis data didapat bahwa pada kedalaman 100 meter dengan

suhu permukaan 26,7⁰c dan suhu kedalaman 22,1⁰c menghasilkan efisisensi maksimum sebesar 0,17, Pada data yang sama dengan kedalaman 100 m di dapat

suhu permukaan $30,2^{\circ}\text{C}$ dengan kedalaman $25,6^{\circ}\text{C}$ menghasilkan efisiensi maksimum 0,15.

DAFTAR RUJUKAN

Avery WH, Wu Chih. 1994. *Renewable Energi From the Ocean: a guide to OTEC*. New York: Oxfoed University Press. Inc.
General Elektric. 1983. *Close cycle OTEC Power Plan Final Report*. General Electric Co. New York: Schenectady.

Kadir A. 1995. Energi : Sumber Daya, Inovasi, Tenaga Listrik Dan Potensi Ekonomis, Edisi kedua, Cetakan pertama.

Majalah Energi dan Listrik Volume X no. 3 Pemberdayaan Potensi Panas Laut Sebagai Sumber Daya Ketenagalistrikan Pulau Ambon 1-9 September 2000.

Rahmat Y.2008.OTEC: *Ocean Thermal Energi Conversion* (OTEC). Institut Teknologi Bandung: Bandung Press.