

Studi Potensi OTEC Berdasarkan Distribusi Suhu, Salinitas dan Densitas di Perairan Timur – Utara Pulau Bali

Ni Komang Sri Andayani^{1*}, Delyuzar Ilahude¹, Alfi Satriadi², Purwanto²

¹Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (P3GL) Jl. Dr. Djunjunan No. 236 Pasteur – Bandung, Jawa Barat 40174 Tlp. (022) 6032020 /Fax. (022) 6017887
Email: *p3gl@mgl.esdm.go.id

²Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro Jl. Prof. H. Sudarto, SH, Tembalang Semarang. 50275 Telp/fax (024)7474698

Abstrak

Perairan Pulau Bali bagian timur dilalui ARLINDO (Arus Lintas Indonesia) dengan suhu 5 °C – 10 °C sehingga perairan ini cocok untuk dijadikan wilayah pengembangan energi terbarukan yaitu Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui distribusi suhu, salinitas, densitas terhadap kedalaman dan jenis massa air serta nilai maksimum efisiensi carnot, power gross (Pg) dan power net (Pnet) di perairan timur – utara Pulau Bali. Dari hasil tersebut mengindikasikan bahwa perairan timur – utara Pulau Bali jenis massa airnya adalah North Pasific Intermediate Water (NPIW). Nilai efisiensi carnot maksimum 0.828463, power gross (Pg) 0.0215 (MW) dan power net (Pnet) 0.0170 (MW).

Kata Kunci: Distribusi Suhu, Salinitas dan Densitas, Perairan Timur – Utara Pulau Bali

Abstract

The waters of Bali Island are through by ARLINDO with a temperature 5 °C – 10 °C making them particularly suited for the development of renewable energy for Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC). The objectives of this research are to determine the distribution of temperature, salinity, density to the depth and type of water mass and also to determine the maximum value of carnot efficiency, power gross (Pg) and power net (Pnet) in east – north Bali Island. Based on the research indicates the type of water mass in east – north Bali Island is North Pasific Intermediate Water (NPIW). The value of maximum carnot efficiency 0.828463, power gross (Pg) 0.0215 MW and power net (Pnet) 0.0170 MW.

Keywords: Distribution of Temperautre, Salinity and Density, East – North Waters of Bali Island

PENDAHULUAN

Bali merupakan salah satu wilayah yang dekat dengan garis khatulistiwa dengan suhu permukaan laut yang rata – rata berkisar antara 28 °C – 31 °C yang secara signifikan mampu menghasilkan energi panas laut. Energi panas laut merupakan salah satu energi terbarukan dan ramah lingkungan yang dikenal dengan sebutan OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion).

Penelitian ini, dilakukan pada tanggal 21 Mei 2017 – 02 Juni 2017 menggunakan kapal survei Geomarine III yang dimiliki Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (PG3L) di perairan timur – utara Pulau Bali. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui distribusi suhu, salinitas, densitas terhadap kedalaman dan jenis massa air serta nilai maksimum efisiensi carnot, power gross (Pg) dan power net (Pnet) di perairan timur – utara Pulau Bali.

MATERI DAN METODE

Materi Penelitian

Dalam mengkaji OTEC diperlukan data suhu vertikal untuk menghitung efisiensi carnot, data densitas vertikal untuk menghitung nilai power gross (Pg) dan power net (Pnet) serta data salinitas vertikal untuk mengkaji pelapisan massa air yang berada di perairan timur – utara Pulau Bali. Suhu, salinitas dan densitas merupakan variabel x dan variabel y adalah kedalaman suatu perairan. Persamaan dan asumsi yang digunakan adalah OTEC siklus tertutup (*close cycle*) atau disebut dengan Siklus Rankine.

Survei OTEC dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan CTD SBE (*Sea Bird Electronics*) *19plus V2 SeaCAT Profiler* yang berfungsi untuk mengukur suhu, salinitas dan densitas secara vertikal. Dalam melakukan pengolahan data digunakan beberapa *software* yaitu Grapher 8, ODV 4.5 dan ArcGIS 10.2. Data penelitian akan ditampilkan dalam bentuk grafik distribusi suhu, salinitas dan densitas pada Grapher 8, massa air pada ODV 4.5 dan peta batimetri di Stasiun I – Stasiun VI pada ArcGIS 10.2.

Distribusi Suhu, Salinitas dan Densitas

Data suhu, salinitas dan densitas yang telah diperoleh dari CTD kemudian diolah dengan *Grapher 8* untuk menghasilkan grafik dari masing – masing stasiun pengukuran (ST I – ST VI). Menurut Song, *et al.* (2007) yang menyatakan bahwa cara menghitung gradien *temperature* vertikal yaitu berdasarkan formulasi :

$$G_j = \frac{T_{j+1} - T_j}{D_{j+1} - D_j} \quad (1)$$

Keterangan:

- G_j : Gradien *temperature* antara D_j dan D_{j+1}
- D_j : *Depth* atau kedalaman pertama dalam data
- D_{j+1} : *Depth* atau kedalaman berikutnya setelah D_j
- T_j : *Temperature* atau suhu pertama dalam data
- T_{j+1} : *Temperature* atau suhu berikutnya setelah T_j

Massa Air

Variabel utama yang digunakan untuk mengolah massa air adalah suhu dan salinitas yang diolah di dalam *ODV 4.5*. Kondisi distribusi suhu, salinitas dan densitas ditampilkan dalam sebaran partikel (*scatter plotting*) pengukuran ST I – ST VI. Penentuan karakteristik massa air di perairan timur – utara Pulau Bali mendapat pengaruh yang besar dari karakteristik massa air Samudra Pasifik. Menurut Fieux, *et al.* (1996) massa air Samudra Pasifik yang terbawa Arlindo memasuki perairan Indonesia melalui dua jalur, yaitu jalur barat yang masuk melalui Laut Sulawesi lalu ke Selat Makassar, Laut Flores, dan ke Laut Banda. Jalur kedua adalah jalur timur yang melalui Laut Maluku dan Laut Halmahera lalu ke Laut Banda. Massa air ini akan keluar menuju Samudra Hindia terutama melalui Laut Timor. Jalur keluar lainnya melalui Selat Ombai, yaitu selat antara Alor dan Timor, serta melalui Selat Lombok.

Tabel 1. Karakteristik Massa Air Samudra Pasifik (Wijffels et al., 2002)

Massa Air	Karakteristik	Asal Daerah Pembentukan
NPSW	S tinggi (34.65), T (15°C), O ₂ (3.0 ml/l), rendah nutrient. Jalur via Selat Makassar.	Subtropis dangkal di Pasifik Utara
SPSW	S tinggi (34.75), T (14°C), O ₂ (2.6 ml/l), rendah nutrient. Jalur via Laut Halmahera.	Subtropis dangkal di Pasifik Selatan
NPIW	S minimum (34.4), T (15°C). Jalur via Selat Makassar dan Laut Maluku	Laut Okhotsk dan Teluk Alaska
AAIW	S minimum (34.56) rendah nutrient. Jalur via Laut Maluku, Laut Seram, Laut Banda ke Laut Timor.	Bagian Tenggara Pasifik Selatan

Potensi dan Sistem OTEC Siklus Tertutup (*Close Cycle*)

Untuk mengetahui potensi OTEC dalam penelitian ini dianalisa pola sebaran suhu, salinitas dan densitas. Menurut Sinuhaji (2015), perhitungan potensi OTEC menggunakan teori efisiensi sistem OTEC yaitu:

$$\eta_{max} = (T_w - T_c) / T_w \tag{2}$$

dimana,

- η_{max} : efisiensi maksimum
- T_w : absolute temperature from warm water
- T_c : absolute temperature from cold water

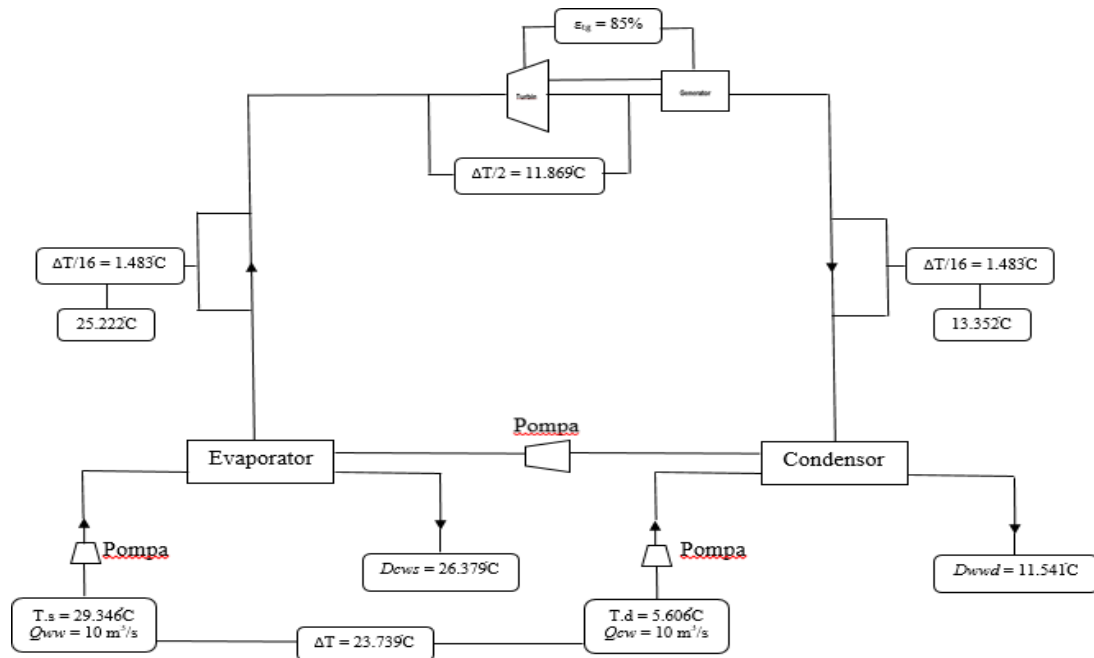
Dalam penelitian ini, ketetapan nilai untuk sistem OTEC siklus rankine (close cycle) serta rumus power gross (Pg) dan power net (Pnet) dapat dilihat pada persamaan (3) dan (4) (Nihous, 2005) yaitu:

$$P_g = \frac{Q_{ww} \rho C_p 3 \eta \epsilon_{tg} \Delta T^2}{16(1+\eta)T} \tag{3}$$

$$P_{net} = \frac{Q_{ww} \rho C_p 3 \eta \epsilon_{tg}}{16(1+\eta)T} (\Delta T^2 - 0.3 \Delta T^2_{design}) \tag{4}$$

dimana ketetapan nilainya,

- ϵ_{tg} (85%) = 0.85 : entalpi turbo generator (*turbogenerator efficiency*).
- $Q_{ww} = 10$ m³/s : laju aliran air hangat (OTEC *warm surface seawater volume flow rate*, m³/s). $Q_{cw} = 5$ m³/s : laju aliran air laut dingin (OTEC *cold deep seawater volume flow rate*, m³/s). $\eta = 0.5$: ratio of cold seawater flow rate over warm seawater flow rate in OTEC process.
- $\Delta T_{design} = 20$ C : design temperature difference for OTEC process (°C).
- ΔT dan T : gradien temperatur antara temperature surface dan temperature deep (°C).
- $\Delta T/16$: batasan perbedaan temperature minimum (*pinch point*) pada evaporator dan kondenser.
- $\Delta T/2$: optimalisasi penurunan temperatur fluida kerja setelah melewati turbin.
- D_{cws} : decrease cold water on surface menggunakan persamaan $3\Delta T / \{8(1+\gamma)\}$ dalam tangga operasional OTEC
- D_{wwd} : decrease warm water on deep menggunakan persamaan $3\gamma\Delta T / \{8(1+\gamma)\}$ dalam tangga operasional OTEC

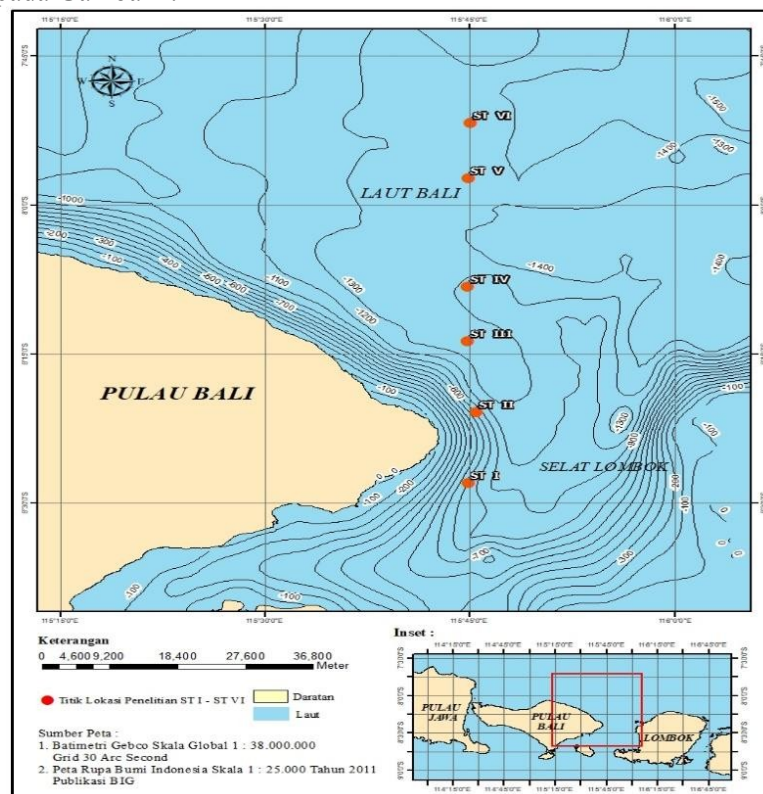


Gambar 1. Ilustrasi Sistem OTEC siklus rankine (close cycle) (Nihous, 2005)

HASIL PENELITIAN

Karakteristik Perairan Pulau Bali

Berdasarkan koordinat pengukuran di ST I – ST VI yang telah diolah ke dalam *software ArcGIS 10.2* diperoleh peta batimetri perairan timur – utara Pulau Bali yang dapat dilihat pada Gambar 2.

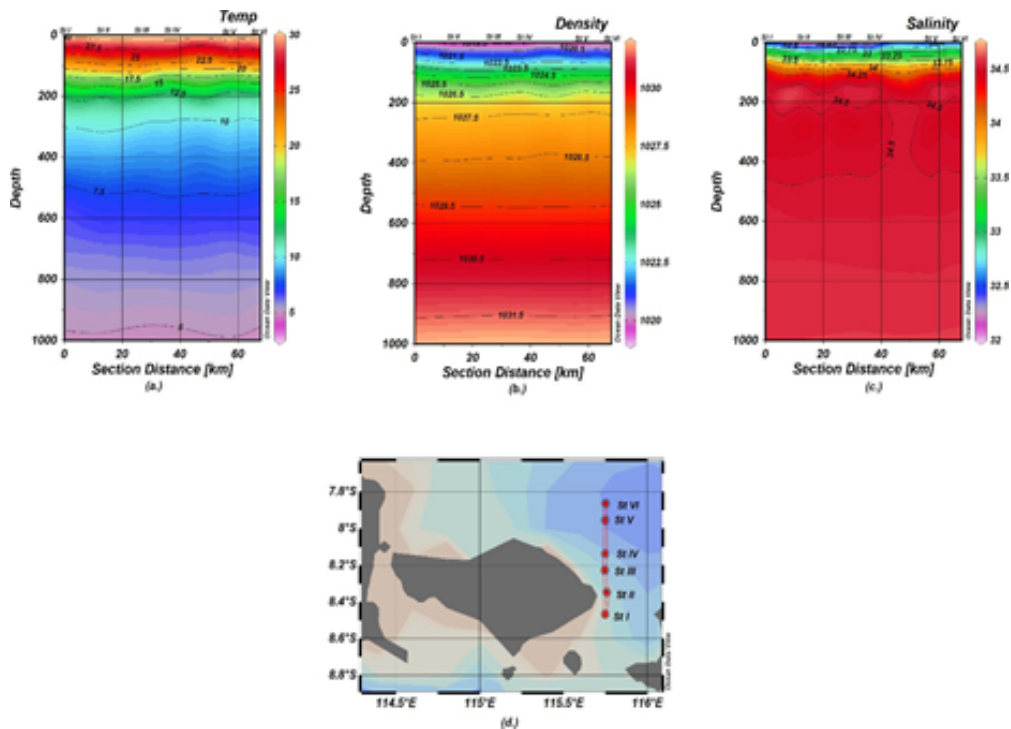


Gambar 2. Peta Batimetri Perairan Timur – Utara Pulau Bali.

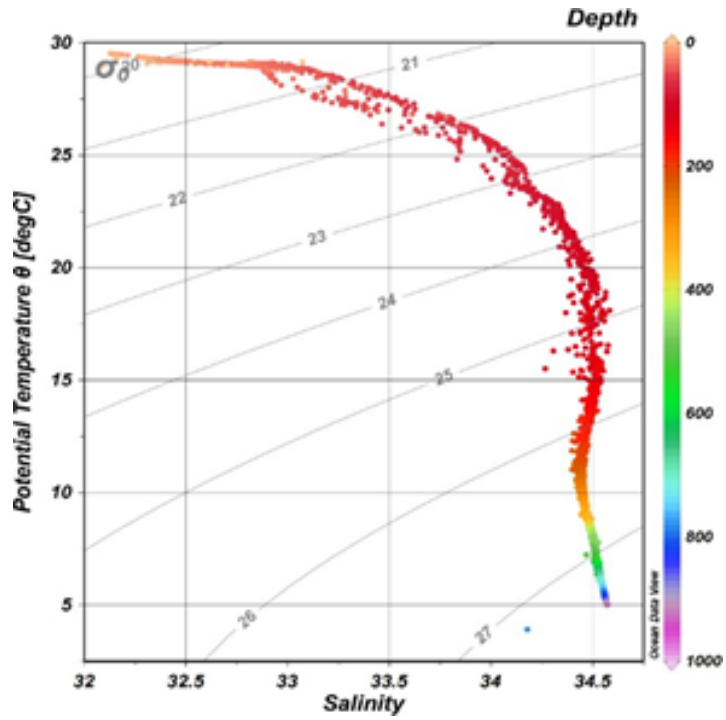
Distribusi Suhu, Densitas dan Salinitas ST I – ST VI

Perubahan nilai suhu, densitas dan salinitas terhadap kedalaman ditunjukkan dalam gambar di bawah ini (Gambar 3). Pada penampang massa air dalam diagram TS yang ditunjukkan pada Gambar 4. Variabel yang digunakan adalah x [*salinity* (psu)], y [*potensial temperature* (deg °C)], dan z [*depth* (meter)] yang menunjukkan bahwa massa air bergerak dari densitas yang rendah ke densitas yang lebih tinggi. Fenomena ini terjadi disebabkan adanya *downwelling* yang diakibatkan adanya kekosongan massa air di bagian lapisan terbawah, sehingga massa air yang memiliki densitas rendah akan mengalir ke bagian bawah lapisan lebih dalam untuk mengisi kekosongan massa air tersebut.

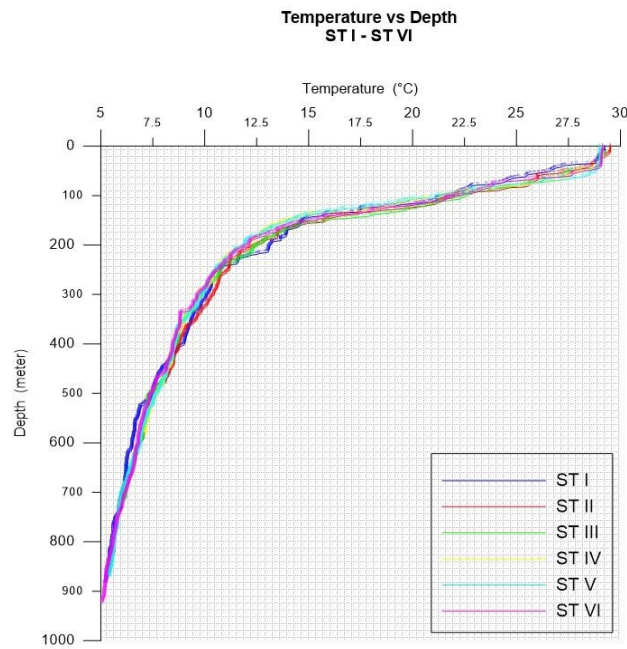
Sementara untuk hasil pengolahan data menggunakan Grapher 8 yang dapat dilihat pada (Gambar 5) yang menghasilkan *output* grafik *temperature vs depth* ST I – ST VI (a.), grafik *salinity vs depth* ST I – ST VI (b.), dan grafik *density vs depth* ST I – ST VI (c.). Dalam menentukan batas atas dan batas bawah suatu lapisan *thermocline*, dapat dilakukan dengan cara menghitung gradien *temperature* hasil data lapangan. Hasil perhitungan lapisan *thermocline*, *pycnocline* dan *halocline* dapat dilihat pada Tabel 2

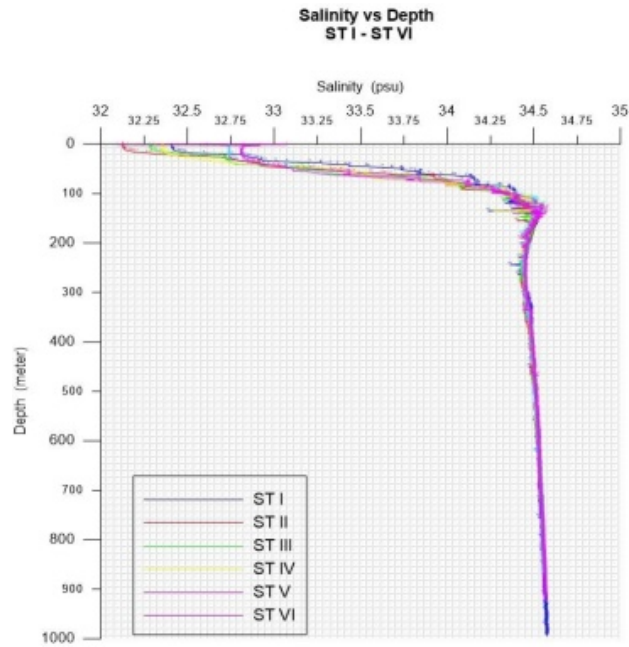


Gambar 3. Distribusi Suhu, Densitas dan Salinitas ST I – ST VI
 a) Distribusi Suhu Terhadap Kedalaman ST I – ST VI
 b) Distribusi Densitas Terhadap Kedalaman ST I – ST VI
 c) Distribusi Salinitas Terhadap Kedalaman ST I – ST VI
 d) Peta Lokasi Pengukuran ST I – ST VI



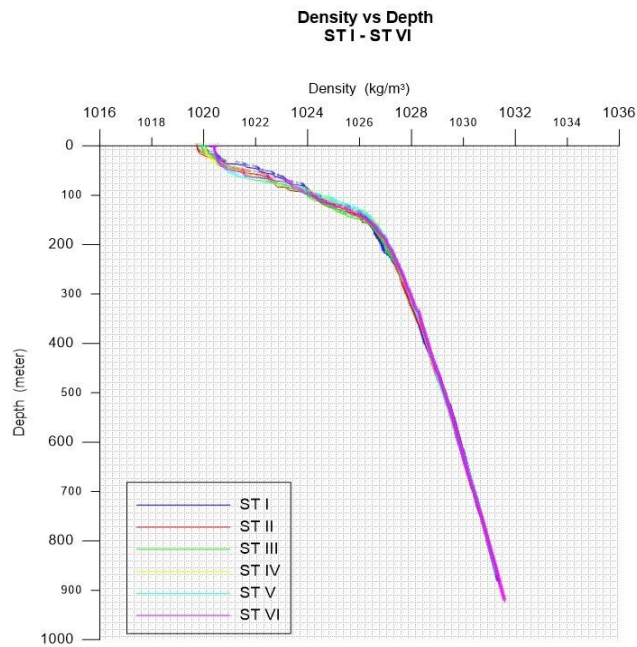
Gambar 4. Diagram TS Section ST I – ST VI





(a.)

(b.)



(c.)

Gambar 5. Grafik Hasil Pengolahan Grapher 8

- a) Grafik Pengukuran Temperature vs Depth ST I – ST VI
- b) Grafik Pengukuran Salinity vs Depth ST I – ST VI
- c) Grafik Pengukuran *Density vs Depth* ST I – ST V

Tabel 2. Kedalaman Lapisan *Thermocline*, *Pycnocline*, dan *Halocline* ST I - ST VI

No.	Stasiun	Thermocline							Pycnocline						Halocline					
		Min		Max		Ketebalan	Rata - rata		Min		Max		Rata - rata		Min		Max		Rata - rata	
		depth (m)	T (°C)	depth (m)	T (°C)		depth (m)	T (°C)	depth (m)	ρ (kg/m ³)	depth (m)	ρ (kg/m ³)	depth (m)	ρ (kg/m ³)	depth (m)	S (psu)	depth (m)	S (psu)	depth (m)	S (psu)
1	ST I	113	20.83	191	13.68	78	152	15.65	62	1022.71	135	1025.69	99	1024.25	79	34.21	133	34.50	106	34.40
2	ST II	95	22.49	227	11.55	132	161	15.87	83	1022.83	155	1026.09	119	1024.76	83	33.99	154	34.50	119	34.39
3	ST III	91	23.31	222	12.09	131	157	16.52	111	1024.27	153	1026.12	132	1025.18	63	33.57	133	34.43	112	34.39
4	ST IV	80	25.27	149	14.27	69	115	19.37	88	1023.70	135	1025.84	112	1024.80	80	34.05	134	34.49	107	34.39
5	ST V	82	23.81	206	11.76	124	144	16.14	73	1022.30	139	1026.13	106	1024.59	76	33.85	98	34.36	87	34.20
6	ST VI	96	22.76	157	14.44	61	127	18.64	72	1022.99	137	1025.71	105	1024.29	72	33.96	138	34.57	105	34.33

Efisiensi Carnot, Power Gross dan Power Net untuk OTEC di Perairan Timur – Utara Pulau Bali

Hasil perhitungan efisiensi carnot pada ST I – ST VI ditunjukkan dalam Tabel 3, sedangkan untuk nilai *power gross* (Pg) dan *power net* (Pnet) dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Efisiensi Carnot (ηmaks) Titik Maksimum ST I – ST VI

NO	Lokasi Penelitian	depth (m)	T _w (C)	T _c (C)	b = (X _n - X ₀)/y (konstanta fungsi kedalaman)	Efisiensi Carnot (ηmaks)
1	ST I	900	29.474	5.056	-0.0271	0.828463
2	ST II	860	29.523	5.443	-0.028	0.815634
3	ST III	730	29.336	5.921	-0.0321	0.798178
4	ST IV	580	29.168	7.163	-0.0379	0.754432
5	ST V	870	29.024	5.425	-0.0271	0.813096
6	ST VI	900	29.143	5.193	-0.0266	0.821829

Tabel 4. *Power Gross* (Pg) dan *Power Net* (Pnet) Titik Maksimum ST I – ST VI

Stasiun	d.Surface (m)	d. Deep (m)	T.surface (°C)	T. deep (°C)	ΔT (C°)	ρ surface (kg/m ³)	ρ deep (kg/m ³)	ρ (kg/m ³)	Q _{uw} (m ³ /s)	Q _{cw} (m ³ /s)	η (konstanta)	C _p (konstanta)	ε _{ig} (konstanta)	ΔTdesign (°C)	Nilai Pgross		Nilai Pnet	
															KW	MW	KW	MW
1	10	875	29.346	5.282	24.064	1020.037	1030.172	1025.105	5	10	0.5	4	0.85	20	21.4919	0.0215	17.0381	0.0170
2	10	850	29.523	5.477	24.047	1019.783	1031.194	1025.488	5	10	0.5	4	0.85	20	21.3405	0.0213	16.9118	0.0169
3	20	725	29.1406	5.986	23.155	1020.21	1030.537	1025.373	5	10	0.5	4	0.85	20	20.0443	0.0200	15.5579	0.0156
4	20	550	29.171	7.297	21.875	1020.127	1029.522	1024.824	5	10	0.5	4	0.85	20	17.8612	0.0179	13.3820	0.0134
5	10	850	29.024	5.534	23.489	1020.405	1031.186	1025.795	5	10	0.5	4	0.85	20	20.7197	0.0207	16.2134	0.0162
6	10	775	29.346	5.721	23.625	1020.037	1030.813	1025.425	5	10	0.5	4	0.85	20	20.7219	0.0207	16.2666	0.0163

PEMBAHASAN

Distribusi Suhu, Densitas dan Salinitas

Perubahan nilai suhu terhadap kedalaman pada ST I - ST VI yang menunjukkan pola grafik yang relatif sama pada Gambar 5. Diantara ST I – ST VI mengalami perbedaan yang signifikan yaitu dengan gradien rata – rata *temperature* minimum 0.083 °C/m di ST II dan maksimum 0.159 °C/m di ST IV. Variabilitas nilai gradien temperatur bergantung pada temperatur batas teratas dan batas terbawah lapisan termoklin dan ketebalan lapisan termoklin. Gradien temperatur berbanding terbalik dengan ketebalan lapisan termoklin. Nilai gradien rata-rata *temperature* digunakan untuk menunjukkan kemiringan lapisan termoklin. Korelasi antara gradien temperatur dan ketebalan lapisan termoklin adalah semakin tebal lapisan termoklin

maka gradien temperaturnya semakin kecil. Hal ini diperkuat dengan perhitungan hasil pada kedalaman lapisan *thermocline* rata – rata untuk ST I – ST VI yang menunjukkan kecuraman lapisan rata – rata kedalaman *thermocline* yaitu 161 meter (*thermocline* 22.49 °C – 11.55 °C) dengan tebal lapisan *thermocline* 132 meter (batas teratas 95 meter dan batas terbawah 227 meter) di ST II.

Nilai salinitas dari ST I – ST VI adalah 34.5 psu dengan nilai salinitas rata – rata yang dinamis dengan nilai pada ST I - 34.40 psu, ST II – ST IV adalah 34.39 psu, ST V - 34.20 psu dan ST VI - 34.33 psu. Grafik perubahan nilai salinitas terhadap kedalaman dapat dilihat pada Gambar 6, sedangkan nilai densitas dari ST I – ST VI adalah 31.5 kg/m³ pada kedalaman 800 – 1000 meter. Pada kondisi *pycnocline* (Tabel 2) nilai rata – rata densitas berturut – turut yaitu ST I - 24.25 kg/m³, ST II - 24.76 kg/m³, ST III - 25.18 kg/m³, ST IV - 24.80 kg/m³, ST V - 24.59 kg/m³, dan ST VI - 24.29 kg/m³. Grafik perubahan nilai densitas terhadap kedalaman dapat dilihat pada Gambar 7. Nilai salinitas dan densitas yang dinamis di perairan timur – utara Pulau Bali diduga disebabkan karena pengaruh Arus Lintas Indonesia (ARLINDO) yang merupakan jalur masuk massa air dari Samudra Pasifik menuju Selat Lombok dekat perairan timur – utara Pulau Bali (Sprintall *et al.*, 2000).

Pada diagram *Temperature – Salinity* (T – S) yang ditunjukkan Gambar 4 mengindikasikan bahwa massa air wilayah perairan timur – utara Pulau Bali ialah *North Pacific Intermediate Water* (NPIW) dengan nilai suhu rata – rata permukaan ST I - ST VI berturut – turut (ST I 28.43 °C, ST II 29.02 °C, ST III 29.03 °C, ST IV 29.02 °C, ST V 29 °C dan ST VI 29.06 °C) dengan nilai rata – rata suhu permukaan adalah sebesar 28.93 °C dan nilai salinitas maksimum 34.5 psu sesuai dengan pembagian karakteristik massa air menurut Wijffels, *et al.* (2002) (Tabel 1). Dugaan ini diperkuat pernyataan Sprintall, *et al.* (2000) yang menyatakan bahwa massa air yang melewati Selat Lombok lebih hangat dari perairan Samudra Hindia dan merupakan jalur keluar Arlindo dengan nilai suhu rata – rata permukaan sebesar 28.77 °C dan nilai salinitas sebesar 33.25 psu. Massa air tersebut berasal dari Arus Lintas Indonesia (ARLINDO) yang masuk dari Selat Makassar yang merupakan jalur masuk massa air dari Samudra Pasifik.

Efisiensi Carnot, Power Gross dan Power Net

Hasil perhitungan efisiensi carnot OTEC pada Tabel 3 di perairan timur – utara Pulau Bali memperoleh hasil sebesar 0.828463 di ST I. Nilai ini lebih efisien dibandingkan nilai dari peneliti sebelumnya yaitu sebesar 0,788813 (Sinuhaji, 2015). Dengan menggunakan persamaan *close cycle* dari Nihous (2005) (Gambar 1) menunjukkan bahwa nilai *power gross* (Pg) dan *power net* (Pnet) sebesar 0.0215 *MegaWwatt* (MW) dan *power net* (Pnet) sebesar 0.0170 *Mega Watt* (MW) di ST I (Tabel 4).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian distribusi suhu, salinitas dan densitas di perairan timur – utara Pulau Bali pada ST I – ST VI rata – rata adalah sebesar 28.93 °C, salinitas sebesar 32 psu - 34.5 psu dan densitas sebesar 20.5 kg/m³ - 31.5 kg/m³. Dari hasil tersebut mengindikasikan bahwa perairan timur – utara Pulau Bali jenis massanya adalah *North Pacific Intermediate Water* (NPIW), sedangkan untuk nilai efisiensi carnot maksimum pada ST I – ST VI adalah sebesar 0.828463, *power gross* (Pg) sebesar 0.0215 MW dan *power net* (Pnet) sebesar 0.0170 MW.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dapat berlangsung dengan lancar di perairan timur – utara Pulau Bali pada saat survei OTEC Geomarine III bersama pihak instansi Pusat Penelitian dan

Pengembangan Geologi Kelautan (P3GL) Bandung yang dilaksanakan pada tanggal 21 Mei 2017 – 02 Juni 2017. Ucapan terima kasih kepada Ketua Tim survei Ir. Delyuzar Ilahude, M.T beserta anggota tim yang lainnya yang telah mengizinkan dan membantu saya dalam ikut serta di Survei OTEC Bali Timur – Utara.

DAFTAR PUSTAKA

- Aydin, H. 2013. Performance Analysis Of A Closedcycle Ocean Thermal Energy Conversion System With Solar Preheating And Superheating Open Access Master's Theses, paper 163.
- Gordon A.L., Ffield A., Vranes K., Garzoli S.L., dan Susanto R.D. 2000. Temperature Variability within Makassar Strait. *Journal of Geophysical Research Letters*, 27(2): 237-240.
- Ilahude, D., Suherman, I., Mirayosi, Zuraida, R., Yuningsi, A., Prasetyo, F., Hanafi, M., Adam, Y., Sahudin, Permanawati, Y. 2017. Laporan Penelitian Potensi Panas Laut (OTEC) di Perairan Bali Utara, PPPGL, Laporan Intern, Tidak Dipublikasikan.
- Nihous, Gerard C. 2005. An Order-of-Magnitude Estimate of Ocean Thermal Energy Conversion Resources. *Journal of Energy Resources Technology*. Vol 127 : 328 – 333. Hawaii Natural Energy Institute, University of Hawaii.
- Nihous, Gerard C. 2007. A Preliminary Assessment of Ocean Thermal Energy Conversion Resources. *Journal of Energy Resources Technology*. Vol 129 : 10 – 17. Associate Researcher Hawaii Natural Energy Institute, University of Hawaii.
- Raharjo, Nison Hastari. 2011. Studi Pemanfaatan Energi Panas Laut dan Gelombang Laut Untuk Sistem Kelistrikan di Kabupaten Karangasem Bali. Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Sinuhaji, Adrian Rizki. 2015. Potential Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC) in Bali. *KnE Energy*. 1 : 5-12.
- Song, L.M., Y. Zhang, & Y. Zhou. 2007. The Relationship Between the Thermocline and the Catch Rate of *Thunnus obesus* in the Tropical Areas of the Indian Ocean. *IOTC Proceeding-WPTT-14-rev1*, 1-13.
- Sprintall, J., A. L. Gordon, R. Murtugudde, and R. D. Susanto. 2000. A Semiannual Indian Ocean Forced Kelvin Wave Observed in the Indonesian Seas in May 1997. *Journal of Geophysical Research*, 105(C7):17,217–17,230.
- Wijffels S., Sprintall J., Fieux M., dan Bray N. 2002. The JADE and WOCE I10/IR6 throughflow sections in the Southeast Indian Ocean. Part 1: water mass distribution and variability. *Deep Sea Res II* (49), 1341-1362.