

ISSN : 2337-7976

VOLUME III / NO. 2 / SEPTEMBER 2015



PROSIDING
SEMINAR HASIL PENELITIAN
SEMESTER GENAP
2014/2015
2 SEPTEMBER 2015

*"MENINGKATKAN MUTU DAN PROFESIONALISME
DOSEN MELALUI PENELITIAN"*

**LEMBAGA PENELITIAN,
PEMBERDAYAAN MASYARAKAT DAN KEMITRAAN
UNIVERSITAS DARMA PERSADA**

DESAIN PROTOTIPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PANAS AIR LAUT

Aep Saepul Uyun, Arif Fadilah

¹Sekolah Pascasarjana Energi Terbarukan, Fakultas Teknik

²Fakultas Teknologi Kelautan

Universitas Darma Persada-Jakarta

Abstrak

Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC) merupakan pembangkit listrik yang menggunakan sumber energi dari perbedaan suhu panas di permukaan air laut dan suhu dingin air laut di laut dalam. Indonesia mempunyai laut yang luas yang potensial untuk pengembangan OTEC ini, akan tetapi mahalnya instalasi dan teknologi menyebabkan pengembangan teknologi ini kurang menarik dibandingkan dengan pengembangan sumber energi terbarukan lainnya. Penelitian ini bertujuan jangka panjang untuk ikut berperan dalam mendukung program ketahanan energi dengan mengembangkan sumber energi murah dan melimpah seperti energi laut dan dimasa yang akan datang pembangunan instalasi OTEC di Indonesia menjadi kenyataan. Penelitian ini merupakan tahap awal dalam perbaikan dan perancangan ulang komponen yang tidak berfungsi optimal. Prototipe terdiri dari unit kondensator, evaporator, turbin, unit pemanas dan pendingin yang didesain saat ini masih dalam pengujian agar dapat bekerja dengan interval suhu evaporator 30-40 °C dengan suhu pendingin kondensator 7-12 °C.-

Kata kunci: OTEC, Teknologi, ketahanan energi, energi laut, heat exchanger

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi di Indonesia terus meningkat sejalan dengan pertumbuhan penduduk dan kegiatan industri di setiap sektor ekonomi. Pertumbuhan kebutuhan energi tersebut tidak sejalan dengan ketersediaan sumber energi. Selama ini, Sumber energi utama Indonesia masih sangat tergantung kepada energi fosil, sedangkan sumber energi fosil tersebut semakin menipis dan tidak mencukupi lagi memenuhi permintaan energi. Untuk mengatasi kelangkaan sumber energi dan mempertahankan ketahanan energi tersebut, maka sumber energi terbarukan yang melimpah menjadi harapan untuk menggantikan sumber energi fosil yang semakin mahal saat ini.

Sebagai Negara kepulauan dengan panjang pantai 95 181 km, Indonesia mempunyai cadangan energi laut potensial untuk dikembangkan sebesar 15 557 TWh [1]. Akan tetapi, penerapannya sekarang ini masih terkandala karena biaya dan teknologi yang relative belum berkembang di Indonesia. Penguasaan teknologi pemanfaatan energi laut menjadi sangat penting

untuk turut serta berkontribusi memenuhi kebutuhan energi yang meningkat di masa yang akan datang.

Salah satu teknologi pemanfaatan energi laut tersebut adalah konversi energi dengan memanfaatkan panas air laut, Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC). Prinsip dasar OTEC mengubah energi panas air laut menjadi listrik dengan memanfaatkan perbedaan suhu antara panas air laut di permukaan laut dan air laut dingin di kedalaman air laut. Konsep ini dapat bekerja optimal jika perbedaan suhu permukaan dan dalam air laut di atas 20 C [2].

Indonesia memiliki potensi pengembangan sumber energi laut dengan teknologi OTEC yang sangat besar karena merupakan Negara kepulauan dengan wilayah terbentang di garis lintang dekat dengan garis lintang khatulistiwa, sehingga rata-rata suhu permukaan laut yang relative tinggi dan bebas angin topan [1-3]. Dengan kata lain, Indonesia memiliki wilayah laut dengan potensi laut dalam dan suhu permukaan air laut yang tinggi yang mudah ditemui dekat dengan pantai, seperti di selatan Jawa, sekitar Sumatera dan serta laut di sekitar wilayah Sulawesi.

Laut merupakan suatu permukaan kolektor surya yang luas yang menerima langsung energi surya sepanjang hari. Berbeda dengan energi mekanik air laut, pemanfaatan energi panas air laut memerlukan fluida kerja dalam konversi energi panas yang digunakan untuk menggerakkan turbin listrik. Prinsip dasar konversi energi laut menjadi energi listrik telah diperkenalkan oleh Jacques Arsene d'Arsonval seorang fisikawan Perancis pada tahun 1881. Kemudian Georges Claude, murid dari Arsene d'Arsonval membuat sebuah mesin percobaan dengan menggunakan siklus terbuka OTEC di Matanzas Bay, Cuba pada tahun 1930. Mesin yang dibuat menghasilkan 22 kW listrik dengan menggunakan turbin tekanan rendah. Kemudian Claude membuat instalasi lain di Brazil, akan tetapi dua instalasi yang dibuat rusak karena cuaca dan gelombang air laut [1-7].

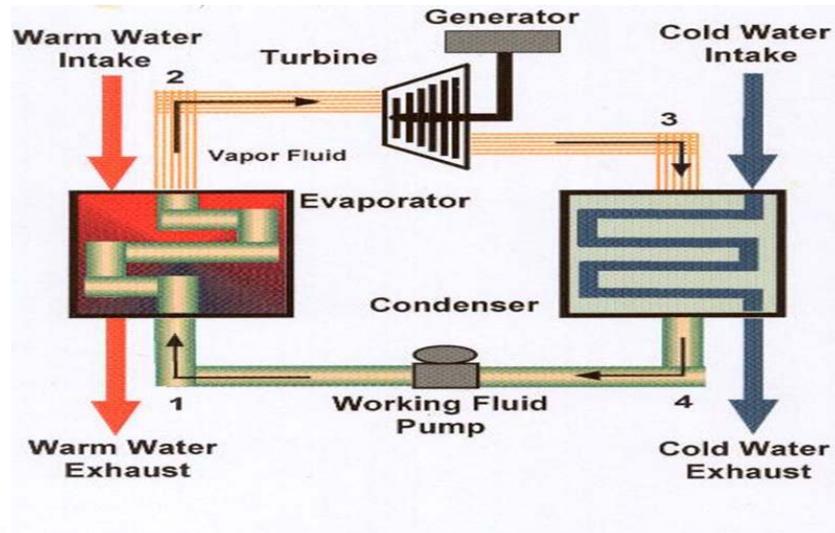
Penelitian tentang OTEC telah banyak dilakukan oleh para peneliti. Wu dan Burke (1997) [7] membuat optimasi desain untuk OTEC dengan fluida kerja R-12 dengan melakukan pemodelan dengan menghitung pengaruh tekanan kerja terhadap daya yang dihasilkan. Pemodelan yang sama dilakukan oleh Yeh dkk (2004) [6] untuk mendapatkan output maksimum yang dapat dihasilkan secara teoritis akibat pengaruh dari suhu dan kecepatan aliran air dingin air laut dalam. Dalam penelitiannya, mereka juga memperhitungkan pengaruh dari panjang pipa, diameter pipa, kedalaman air laut serta kecepatan aliran air laut yang masuk ke system. Hasil simulasi menunjukkan bahwa daya maksimum terhadap diameter pipa yang diperlukan semakin besar jika suhu pendingin atau lebih rendah, dengan asumsi kecepatan aliran air adalah konstan.

Dalam konversi menjadi energi listrik ini ada tiga metode yang digunakan yaitu metode tertutup (closed cycle), metode terbuka (open cycle) dan metode hybrid cycle. Metode siklus tertutup menggunakan panas permukaan air laut untuk menguapkan fluida kerja yang mempunyai titik didih rendah semisal ammonia. Uap ammonia kemudian masuk ke turbin dan menggerakkan generator penghasil listrik. Sedangkan metode hybrid merupakan kombinasi dan siklus tertutup dan terbuka yang dapat menghasilkan energi listrik serta air murni hasil destilasi. Dalam penelitian ini akan diteliti menfokuskan pada OTEC dengan siklus tertutup dengan pertimbangan mudah dalam pembuatan dan tidak memerlukan ruang yang besar sehingga cocok untuk penelitian skala lab.

Dengan potensi sumber energi yang besar tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mencoba mendesain prototipe skala laboratorium untuk instalasi OTEC yang dapat digunakan sebagai desain awal dalam pembuatan instalasi OTEC di Indonesia.

2. PRINSIP KERJA

Dalam konversi menjadi energi listrik ini ada tiga metode yang digunakan yaitu metode tertutup (closed cycle), metode terbuka (open cycle) dan metode hybrid cycle. Metode siklus tertutup menggunakan panas permukaan air laut untuk menguapkan fluida kerja yang mempunyai titik didih rendah semisal ammonia. Uap ammonia kemudian masuk ke turbin dan menggerakkan generator penghasil listrik. Sedangkan metode hybrid merupakan kombinasi dan siklus tertutup dan terbuka yang dapat menghasilkan energi listrik serta air murni hasil destilasi. Dalam penelitian ini akan diteliti menfokuskan pada OTEC dengan siklus tertutup dengan pertimbangan mudah dalam pembuatan dan tidak memerlukan ruang yang besar sehingga cocok untuk penelitian skala lab.



GAMBAR 1. SKEMA OTEC DENGAN SIKLUS TERTUTUP [1]

Siklus tertutup OTC menggunakan fluida kerja yang mempunyai titik didid yang rendah seperti ammonia untuk menggerakkan turbin untuk menghasilkan listrik. Panas air laut permukaan dipompakan ke heat exchanger dimana fluid tersebut akan mendidih dan menguap. Tekanan uap yang dihasilkan akan menggerakkan generator. Uap tersebut kemudian mengalir ke heat exchanger kondensor diman air dingin dari kedalama air laut dialirkan ke kondensor untuk mendinginkan uap fluida kerja di kondensor. Cairan fluida kerja yang terkondensasi tersebut kemudian kembali ke evaporator. Demikian seterusnya siklus fluida tersebut bekerja seperti dapat dilihat di gambar 1

Dalam siklus tertutup rankine, fluida kerja yang dipilih harus dapat menguap pada suhu rendah atau suhu lingkungan permukaan air laut yang berkisar pada 25-40 C. sebagian besar fluid kerja yang dipakai dalam siklus pendinginan atau sistim pengkondisian udara dapat dipakai untuk digunakan dalam siklus OTEC. Faktor-faktor yang dapat dipertimbangkan dalam pemilihan fluida kerja ada sebagai berikut:

1. Tekanan kerja antara 700-1400 kPa (100-200 psi) pada suhu 27 C
2. Aliran fuida kerja yang rendah untuk setiap kilowatt daya yang dihasilkan
3. Koefisien pindah panas yang besar yaitu rendahnya hambatan panas antara permukaan pindah panas (Heat Exchanger) dengan lapisan film fluida kerja .
4. Stabilitas kimia fluida kerja terhadap material heat exchanger termasuk pada turbin, penyekat ataupun pelumas.

5. Aman, ramah lingkungan dan murah

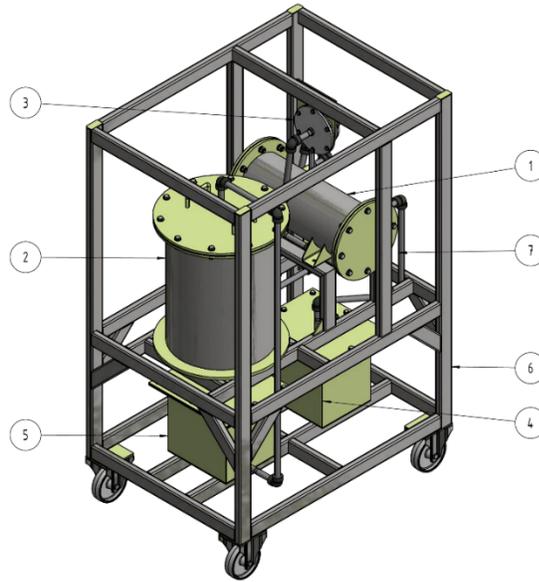
TABEL 1. FLUIDA KERJA UNTUK SIKLUS OTEC

Property	Ammonia	Propane	Butane	R-22
Formula	NH ₃	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	CHF ₂ Cl
Molekular weight (M)	17.03	44.09	58.12	123.46
Density (l) (kg/m ³)	5.82	16.19	4.61	33.89
Vapor pressure(sat) (kPa)	741.88	741.40	179.40	801.93
Heat of vaporization 9kJ/kg)	1214.63	350.63	374.64	193.51
Specific heat (l) (kJ/kg)	4.68	2.56	2.37	1.22
Specific heat (v) (kJ/kg)	2.92	2.01	1.76	0.78
Viscosity(l) (Pa s)	1.596×10^{-4}	1.199×10^{-4}	1.782×10^{-4}	2.121×10^{-4}
Viscosity(v) (Pa s)	1.100×10^{-5}	8.681×10^{-6}	7.606×10^{-6}	1.277×10^{-5}

3. DESAIN ALAT

3.1 Rancangan Kondensor dan Evaporator

Prototipe alat yang dibuat seperti dalam gambar 2. Desain alat terdiri dari evaporator, kondensor, turbin, unit pemanas dan pendingin serta rangka alat.



TAMPAK ISOMETRIK

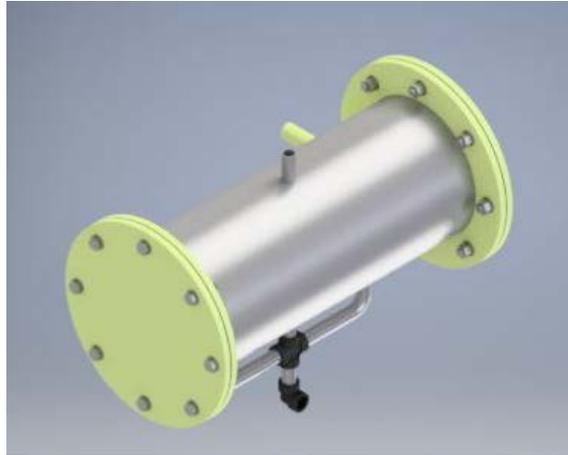
7	1	MS	PIPING		
6	1	MS	RANGKA MESIN		
5	1	MS	TANK AIR PANAS		
4	1	MS	TANK AIR PANAS		
3	1	AL	TURBIN ANGIN #2		
2	1	MS	CONDENSOR		
1	1	MS	EVAPORATOR		

Gambar 2. Desain Prototipe OTEC

Rancangan kondensator dan evaporator sebelumnya setelah dilakukan uji coba pendahuluan, kondensator dan evaporator tersebut banyak ditemukan kebocoran halus yang menyebabkan fluida kerja bocor. Kemudian rancangan juga terdapat kekurangan yaitu luasan pindah panas yang kecil. Kami merancang kembali komponen kondensator dan evaporator ini seperti pada gambar 3. *Heat Exchanger* elemen pada Kondensator dan evaporator tersebut diharapkan bekerja optimal karena luas permukaannya yang besar sehingga proses pindah panas antara air pemanas dan pendingin dengan fluida kerja dapat berlangsung lebih sempurna.



GAMBAR 3 HEAT EXCHANGER EVAPORATOR



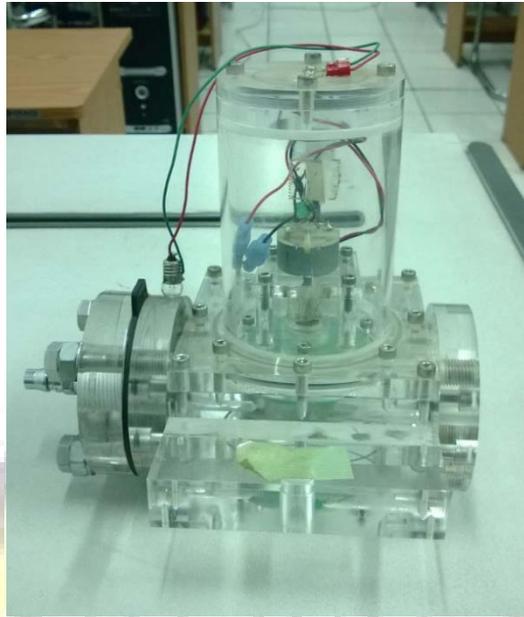
Gambar 4. Rancangan Evaporator



GAMBAR 5. RANCANGAN CONDENSOR

3.2 Rancangan Turbin

Dalam penelitian ini, kami mendapatkan beberapa kendala dalam perancangan turbin. Pengujian awal menggunakan prototipe turbin yang terbuat dari acrylic. Turbin ini telah terpasang generator mini dari motor dc 12 V. hasil pengujian menggunakan kompresor udara didapat data sebagai berikut:



GAMBAR 6. PROTOTYPE AWAL TURBIN

TABEL 2. PENGUJIAN AWAL TURBIN

No	Tekanan (Bar)	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (Watt)
1	0.4	1.31	142.9	0.186
2	0.6	1.41	206.7	0.29
3	0.8	1.55	221.2	0.342
4	1	1.82	231.7	0.41
5	1.2	1.83	270.3	0.49

Turbin dapat berputar, akan tetapi karena blade turbin terbuat dari plastic sehingga turbin tidak kuat untuk menahan tekanan angin yang besar lebih dari 2 bar, yang menyebabkan prototipe turbin awal ini rusak. Kami mencoba merancang kembali turbin dengan menggunakan bahan dari besi seperti ditunjukkan dalam 16. Masalah awal dalam protipe ke-2 adalah kesulitan mengatasi kebocoran dan putaran turbin yang lemah. Penelitian menunjukkan bahwa putaran turbin lemah karena as turbin terlalu besar seperti ditunjukkan dalam gambar 17, oleh dikarena itu

kami ganti As turbin dengan yang lebih kecil. Pengujian dengan menggunakan kompresor angin, turbin sudah berhasil dan dapat bergerak.



GAMBAR 7. PROTOTYPE TURBIN KE-2



GAMBAR 8. BAGIAN DALAM TURBIN

Walaupun turbin rancangan kedua dapat berputar, tetapi karena gesekan cukup besar, maka putaran turbin sangat lemah dan memerlukan tekanan yang besar. Untuk mengatasi tersebut, pada penelitian tahun kedua ini, kami membuat rancangan baru dengan menggunakan blade yang kuat dan rumah turbin terbuat dari aluminium yang dibentuk dengan menggunakan mesin bubut. Rancangan turbin ketiga seperti ditunjukkan dalam gambar 9. Pengujian awal dengan menggunakan kompresor, turbin dapat berputar



GAMBAR 9 BLADE DAN PENUTUP TURBIN

4. KESIMPULAN

Kondensor dan evaporator yang dirancang merupakan model shell – tube heat exchanger, dimana fluida kerja mengalir dari bersikulasi dibagian shell dan air pemanas dan pendingin di bagian tube. Berdasarkan evaluasi pada tahun pertama dan kedua, maka dibuat desain baru dengan komponen heat exchanger yang mempunyai luas permukaan yang lebih besar.

Mesin yang dirancang masih dalam tahap penyelesaian dan diharapkan akan segera dapat diuji secara keseluruhan. Berdasarkan pengujian sebelumnya dimana alat percobaan turbin yang diuji tidak kuat menerima beban tekanan kerja yang tinggi, maka dibuat desain lagi yang lebih baik dengan menggunakan blade berbahan stainless. Turbin harus dapat mengubah fase zat fluida dari gas tekanan tinggi menjadi cairan tekanan rendah atau dikenal dengan turbin expander (pengembang). Energi yang dilepaskan dalam perubahan fase ini, harus dapat diserap/diambil oleh blade pemutar turbin untuk di konversi menjadi energi mekanik.

Secara keseluruhan, proses pengujian prototipe ini akan dilakukan setelah pengujian terhadap kondensor dan evaporator selesai. dalam pengujian agar dapat bekerja dengan interval suhu evaporator 30-40 °C dengan suhu pendingin kondensor 7-12 °C.-Tahapan selanjutnya adalah pembuatan model untuk desain instalasi OTEC di Indonesia. Pembuatan model akan

menggunakan peta suhu laut yang selanjutnya akan dibuat algoritma perhitungan tempat yang sesuai dan mempunyai potensi yang besar dalam pengembangan konversi energi laut ini.

Daftar Pustaka

1. Achiruddin, D., 2011, A Strategy to Develop Indonesian Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC) Resources, International Congress And Exhibition On Ocean Energy & Deep Ocean Water Application , 70-81. Bali-Indonesia
2. Uyun, A.S and Sudartono, 2011, Design of Power Plant Prototype Powered by Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC), International Congress And Exhibition On Ocean Energy & Deep Ocean Water Application , 118-119. Bali-Indonesia
3. Ikegami, Y., Achiruddin, D., Abdullah, K., 2011, Future Prospect and Possibility Study of OTEC & DOWA in Indonesia and the World, International Congress And Exhibition On Ocean Energy & Deep Ocean Water Application , 33-47. Bali-Indonesia.
4. Nihous, G.C, 2007, An estimate of Atlantic Ocean thermal energy conversion (OTEC) resources, Ocean Engineering, 34, 2210-2221
5. Kim, N.J, Ng, K.C., Chun, W., 2009, Using the condenser effluent from a nuclear power plant for Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC), International Communications in Heat and Mass Transfer, 36, 1008-1013
6. Yeh, R.H., Su, T.Z., Yang, M.S., 2005, Maximum output of an OTEC power plant, Ocean Engineering, 32, 685-700
7. Moore, F.P., Lealon, L., Martin, L., 2008, A nonlinear nonconvex minimum total heat transfer area formulation for ocean thermal energy conversion (OTEC) systems, Applied Thermal Engineering, 28, 1015-1021
8. Wu, C., Burke, J.T., Intelligent computer aided optimization on specific power of an OTEC rankine power plant, Applied Thermal Engineering, 18, 295-300