

ISSN : 2337-7976

TAHUN II / NO. 1 / MARET 2014



PROSIDING
SEMINAR HASIL PENELITIAN
SEMESTER GANJIL
2013/2014
4 MARET 2014

*"MENINGKATKAN MUTU DAN PROFESIONALISME
DOSEN MELALUI PENELITIAN"*

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

RANCANGAN EVAPORATOR DAN KONDENSOR PADA PROTIPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PANAS AIR LAUT (*OCEAN THERMAL ENERGY CONVERSION/ OTEC*)

Aep Saepul Uyun¹, Dhimas Satria, Ashari Darius²

¹Sekolah Pasca Sarjana Energi Terbarukan dan Teknik Mesin-
Universitas Darma Persada, Jakarta.

²Teknik Mesin - 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 mahalnnya 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. Makalah ini merupakan hasil tahap awal dalam pembuatan prototipe OTEC ini dengan membuat rancang bangun *heat exchanger* evaporator dan kondensor. *Heat exchanger* ini menggunakan model *shell-tube* dan disain untuk tahan sampai tekanan 8 Bar serta dapat mudah dimodifikasi untuk pengembangan selanjutnya.

Keyword: OTEC, Suhu, Energi Laut, Heat Exchanger.

1. LATAR BELAKANG

1.1 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 diatas 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 dapat menghasilkan dua tipe energi yaitu: energi mekanik yang diperoleh dari energi pasang air laut ataupun dari gelombang air laut dan energi panas dari pemanasan air laut oleh surya. Walaupun aktivitas air laut disebabkan oleh energi matahari, energi pasang air laut lebih disebabkan oleh aktivitas gravitasi bulan dan energi gelombang air laut lebih dominan karena pengaruh angin. Oleh karena itu energi mekanik air laut adalah suatu bentuk energi yang tidak kontinyu yang memerlukan peralatan mekanik untuk mengkonversi energi menjadi listrik. 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 [1-5].

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.

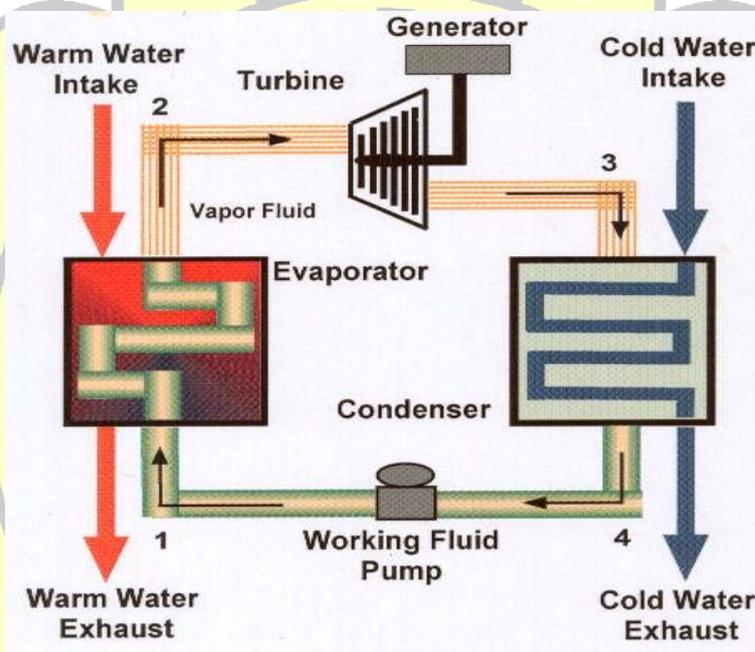
1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini merupakan bagian penelitian keseluruhan dalam perancangan OTEC yang bertujuan untuk mendapatkan model teknis dalam instalasi pembangkit listrik ini. Dalam

makalah ini hanya akan dibatasi pada model teknis pada pembuatan pindah panas (*heat exchanger*) komponen evaporator dan kondensor.

2. PRINSIP KERJA SIKLUS TERTUTUP OTEC

Siklus tertutup OTEC 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.

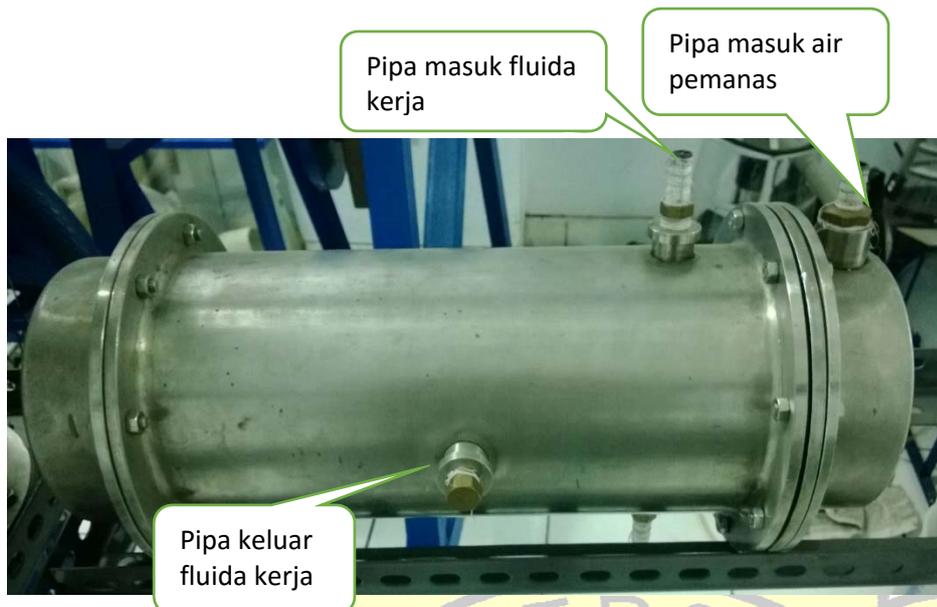


Gambar 1. Skema OTEC dengan siklus tertutup [1]

3. PERANCANGAN KOMPONEN HEAT EXCHANGER

3.1 Rancangan Evaporator

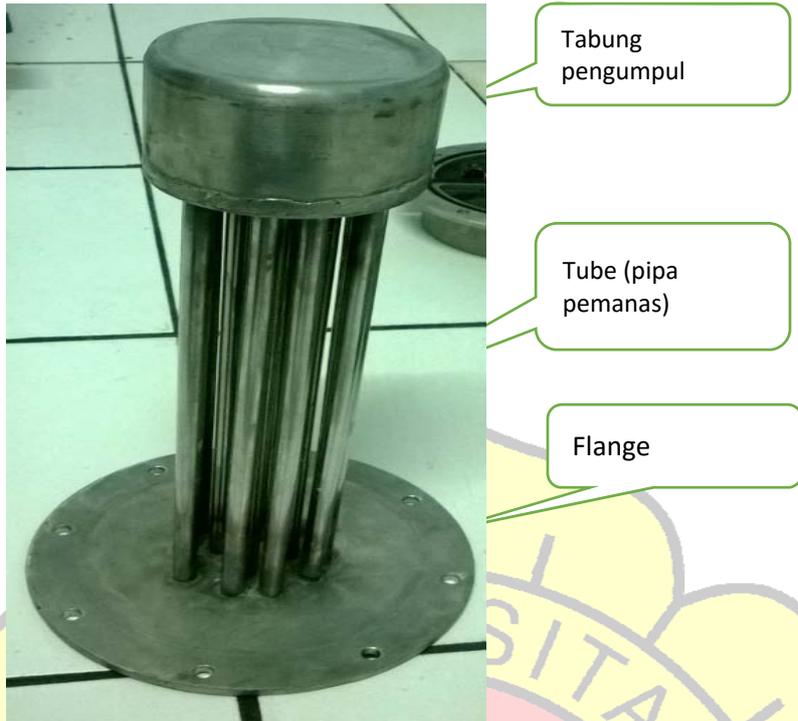
Evaporator yang dirancang harus tahan sampai tekanan sekitar 8 bar, karena itu material yang digunakan untuk evaporator shell and tube ini adalah stainless. Fluida kerja masuk kedalam bagian shell dari evaporator sedangkan pemanas air kebagian tube. Bagian tube dapat dipisahkan dari bagian shell, sehingga memudahkan dalam perawatan dan penggantian komponen.



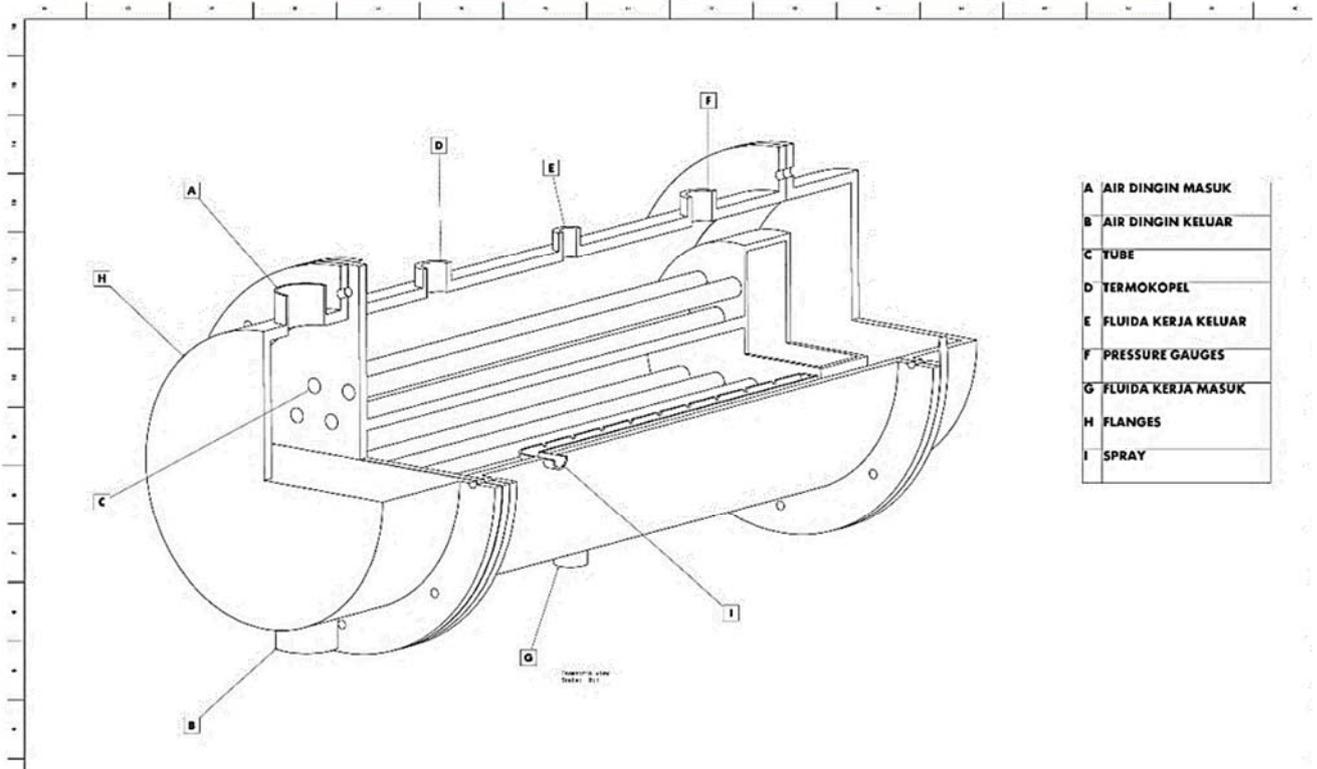
Gambar 2. Shell-Tube evaporator

Pipa pemanas (tube) heat exchanger seperti ditunjukkan dalam **Error! Reference source not found.** Pipa pemanas terdiri dari 14 pipa stainless dengan diameter 3/8 in yang terdiri dari 2 bagian yaitu 7 pipa masuk dan 7 pipa keluar. Air pemanas masuk kedalam 7 pipa masuk dan berkumpul dalam tabung pengumpul yang kemudian berbelok/atau dialirkan melalui 7 pipa keluar. Sehingga air pemanas masuk dan keluar melalui flange evaporator.

Fluida kerja masuk kedalam evaporator melalui pipa masuk fluida kerja. Pipa masuk ini terhubung dengan pipa spray dalam evaporator. Spray evaporator digunakan untuk mendistribusikan lapisan tipis dari cair yang fluida kerja yang menyentuh tube (pipa) pemanas, sehingga proses evaporasi terjadi pada lapisan tipis permukaan tube tersebut. Cairan fluida kerja diatur tekanan spray-nya untuk menghindari cairan fluida yang kering dibawah evaporator. Laju alirnya di desain tergantung kepada cairan fluida yang dikondensasikan di evaporator.



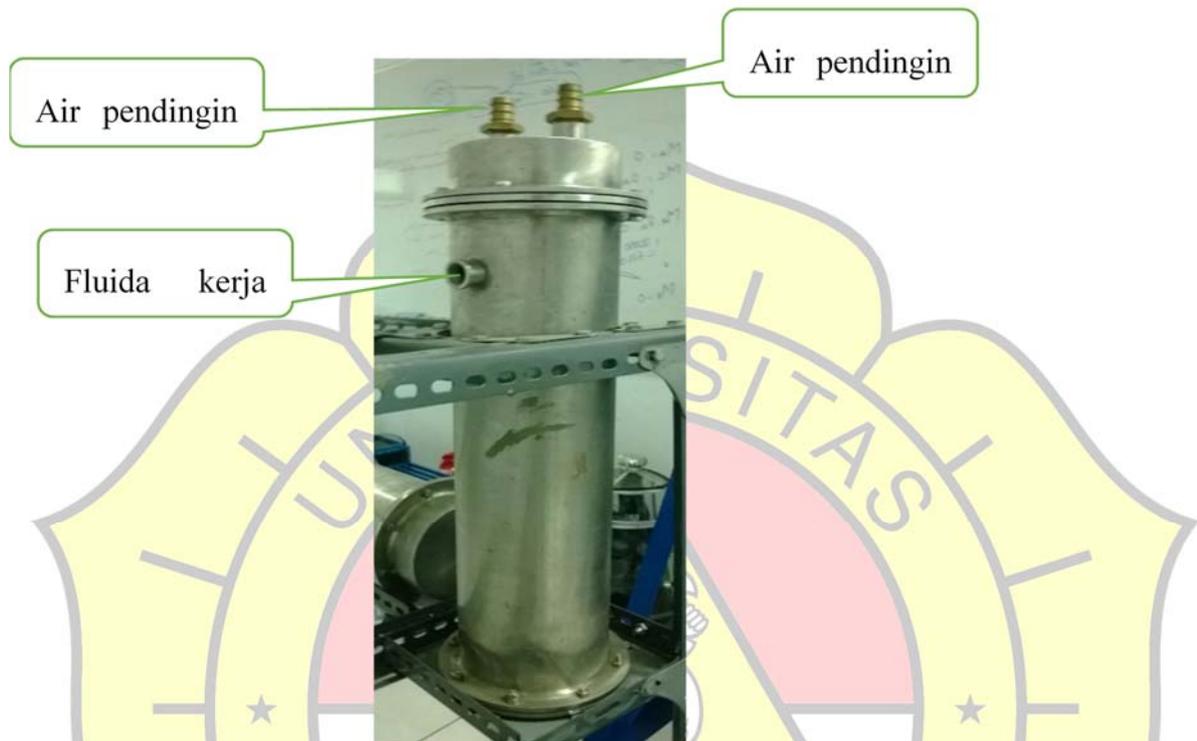
Gambar 3. Bagian Tube (pipa pemanas) Evaporator



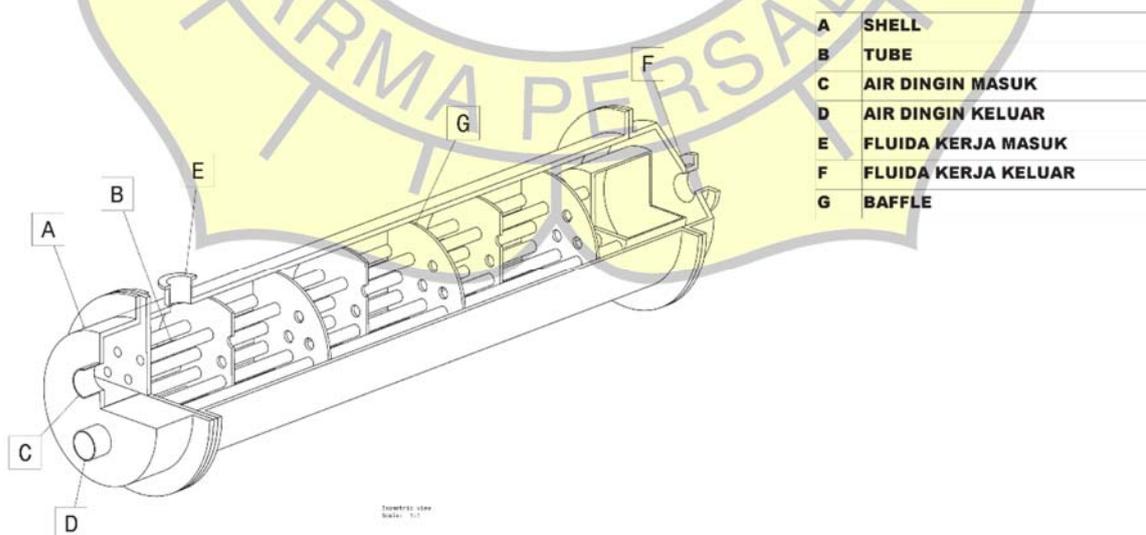
Gambar 4. Rancangan Evaporator

3.2 Rancangan Kondensor

Kondensor yang dirancang adalah shell and tube vertical heat exchanger. Heat exchanger ini terdiri shell dengan diameter 5.5 in dan tube pendingin air terdiri dari 14 tube dengan diameter masing *tube* adalah 3/8 in. bagian tube pendingin dapat dilepas dari shell-nya sehingga mudah dalam perawatan. Seperti dapat dilihat dalam



Gambar , kondensor ini terdapat 2 pipa masuk yaitu: pipa masuk air pendingin dan pipa masuk fluida kerja yang keluar dari turbin, serta 2 pipa keluar yaitu: pipa keluar air pendingin dan pipa keluar fluida kerja yang menuju ke pompa fluida kerja untuk di alirkan ke evaporator.



Gambar 5 Rancangan Kondensor

Kondensor yang dirancang harus mampu untuk mendinginkan dan mengubah fase fluida kerja menjadi cairan jenuh fluida kerja. Untuk mendapatkan luas pindah panas yang besar, maka model bagian tube (pipa pendingin) dari kondensor dirancang seperti dalam Gambar Rancangan tube (pipa dalam pemanas) terdiri dari 14 pipa stainless dengan diameter 3/8 in, dimana 7 pipa masuk dan 7 pipa keluar. Untuk mendapatkan luas pindah panas yang besar, dalam rancangan juga digunakan 5 baffle. Fungsi dari baffle ini adalah untuk mendapatkan pindah panas yang besar dan menahan dan memperlambat aliran fluida kerja sehingga terbentuk lapisan film kondensasi. Proses ini akan mengoptimalkan proses kondensasi fluida kerja di kondensor.



Gambar 6 Rancangan shell Kondensor



Gambar 7. Rancangan tube kondensor

4. TAHAPAN SELANJUTNYA

Proses selanjutnya dalam tahapan penelitian ini adalah pengujian kondensor dan evaporator meliputi pindah panas, prestasi komponen dalam proses evaporasi dan proses kondensasi serta optimasi. Pengujian keseluruhan akan dilakukan dengan perakitan keseluruhan komponen OTEC.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini merupakan tahapan awal dalam perancangan prototipe OTEC dengan merancang komponen pindah panas (*Heat Exchanger*) evaporator dan kondensor. Dalam rancangan evaporator dan kondensor ini faktor utama yang harus diperhatikan adalah tahan untuk tekanan tinggi sampai 8 Bar yang merupakan tekanan maksimum yang dirancang. Model tipe heat exchanger shell-tube yang dipilih dengan pertimbangan kemudahan dalam perawatan dan modifikasi alat untuk pengembangan selanjutnya.

6. DAFTAR PUSTAKA

- 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
- 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
- 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.
- Nihous, G.C, 2007, An estimate of Atlantic Ocean thermal energy conversion (OTEC) resources, Ocean Engineering, 34, 2210-2221
- 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