Desain *Barge* Pembangkit Listrik Tenaga Konversi Panas Air Laut Untuk Wilayah Kepulauan Talaud Sulawesi Utara

Lendy Hari Saputro dan Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.
Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail: wasis@na.its.ac.id

***Abstrak* — Salah satu parameter yang dapat digunakan sebagai tolak ukur stabilitas sektor energi suatu bangsa adalah rasio elektrifikasi, yaitu di kisaran 95% sampai 98%. Data terbaru yang dirilis oleh Dewan Energi Nasional mengatakan rasio elektrifikasi di Indonesia hanya di kisaran 84,35%. Membahas tentang energi terbarukan, Indonesia memiliki banyak potensi sumber daya yang belum dimanfaatkan, panas laut adalah salah satunya. Tugas Akhir ini bermaksud untuk membantu memenuhi kebutuhan pasokan listrik dengan memanfaatkan ketersediaan sumber energi terbarukan dengan sarana prasarana berupa *Power Plant Barge OTEC*. Kepulauan Talaud, Sulawesi Utara, yang terletak di utara pulau Sulawesi dimana daerah tersebut memiliki rasio elektrifikasi yang rendah dengan nilai kebutuhan listrik yang belum terpenuhi mencapai angka 46 %, dengan nilai kekurangan listrik mencapai 4.5 MW dengan didukung dengan sumber energi terbarukan lokal berupa panas air laut dimana perbedaan suhu mencapai 20^{o}C - 24^{o}C dari laut permukaan ke kedalaman seribu meter di bawah permukaan laut, dianggap sebagai lokasi terbaik dan tepat untuk penerapan OTEC (*Ocean Thermal Energy Conversion*) dengan sarana prasarana *Power Plant Barge* yang mampu menghasilkan listrik 5 MW untuk memenuhi kebutuhan listrik Kepulauan Talaud. Setelah mendapatkan beberapa data penunjang maka selanjutnya dapat dilakukan proses desain dengan hasil akhir ukuran utama *Power Plant Barge* OTEC adalah L = 85 m, B = 22 m, H = 8 m dan T = 4.5 m.**

Kata Kunci : energi panas laut, *power plant, barge,* Kepuluan Talaud, Sulawesi Utara

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang yang memiliki nilai rasio elektrifikasi yang rendah. Rendahnya nilai elektrifikasi di Indonesia umumnya diakibatkan adanya beberapa daerah di Indonesia yang sulit dijangkau untuk pengembangan sector energi listik, selain itu krisis bahan bakar fosil juga turut mempersulit pengembangan sektor energy listrik di beberapa daerah di Indonesia yang sulit untuk dijangkau.

Oleh karena itu solusi dari kedua masalah yang saling berkaitan tersebut harus ditemukan untuk menciptakan ketersedian energy listrik bagi daerah daerah yang masih mengalami keterbatasan dalam sektor energi listrik, ketergantungan dari bahan bakar fosil yang semakin krisis perlu dialihkan, dan mencari energi alternatif lain yang terbarukan, ramah lingkungan, dan memanfaatkan ketersediaan sumber daya lokal.

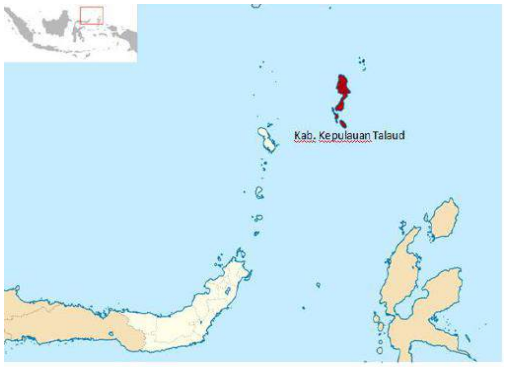
Salah satu masalah yang utama yang dihadapi oleh kepulauan kecil adalah masalah listrik. Kondisi kelistrikan di Indonesia secara keseluruhan masih kurang. Bahkan untuk wilayah Indonesia bagian Tengah dan Timur, pasokan listrik masih jauh dari harapan. Minimnya pasokan listrik di dalam negeri menjadi penyebab industri terhambat. Kepulauan Talaud di Sulawesi Utara merupakan salah satu daerah terluar Indonesia dengan tingkat elektrifikasi yang masih rendah.. Terkait masalah ini, Joutje Adam, Ketua Lembaga Pemantau Penyelenggara Pembangunan (LP3) NKRI kabupaten Talaud, meminta kepada pemerintah setempat terlebih kepada pihak PT PLN Suluttenggo, agar secara serius untuk membenahi dan memperbaiki listrik di Talaud. Alasannya, persoalan listrik di Talaud ini, sudah berlangsung cukup lama dari tahun ke tahun sehingga warga sudah kecewa dengan manejemen PLN di wilayah ini. "PT PLN harus memberikan pelayanan penerangan yang sama seperti di daerahdaerah lainnya dan kami menilai pihak PLN mendiskreditkan masyarakat di wilayah kepulauan, sehingga terkesan terus mengabaikan kebutuhan warga tersebut," tandas Adam.

Kepulauan Talaud memiliki sumber daya alam lokal yang dapat diberdayakan sebagai sumber energy penunjang pembangkit listrik. Kepulauan Talaud memiliki sumber daya panas air laut (*Ocean Thermal*) yang potensial karena perbedaan suhu air laut per kedalaman 1000 meter pengurangannya adalah 23^{o}C. Dengan pemanfaatan sumber daya lokal berupa Ocean Thermal energi yang dapat diberdayakan sebagai penghasil energi listrik, diharapkan kedepannya dapat mengurangi krisis energi listrik di Kepulauan Talaud. Berdasarkan dari potensi sumber daya alam Kepulauan Talaud yang memungkinkan dimanfaatkan sebagai salah satu energi terbarukan dan ramah lingkungan maka dibutuhkan sarana dan prasarana penunjang berupa "*Barge* Pembangkit Listrik OTEC (*Ocean Thermal Energy Conversion*)" agar sumber daya lokal tersebut dapat diproses menjadi energi listrik yang dapat dinikmati oleh penduduk Kepulauan Talaud. *Barge* Pembangkit Listrik OTEC memanfaatkan sumber energi lokal sebagai penunjang untuk menghasilkan energi listrik

II. TINJAUAN PUSTAKA

II.1.Daerah Operasi

Kabupaten Kepulauan Talaud adalah salah satu kabupaten di Provinsi Sulawesi Utara, Indonesia dengan ibu kota Melonguane. Kabupaten ini berasal dari pemekaran Kabupaten Kepulauan Sangihe dan Talaud pada tahun 2000. Kabupaten Kepulauan Talaud terletak di sebelah utara Pulau Sulawesi. Wilayah ini adalah kawasan paling utara di Indonesia timur, berbatasan dengan daerah Davao del Sur, Filipina di sebelah utara.



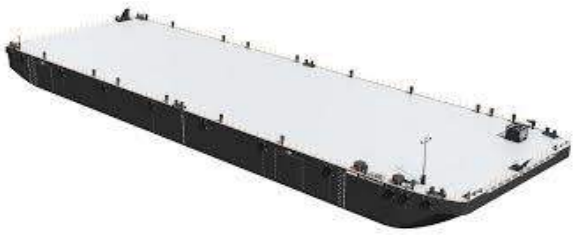
Gambar 1. Peta Lokasi Kepulauan Talaud
(sumber : http ://www.googlemaps.com)

Jumlah penduduknya adalah 91.067 jiwa, dengan kebutuhan listrik mencapai 9.5 MW sementara yang terpenuhi baru sekitar 5 MW.

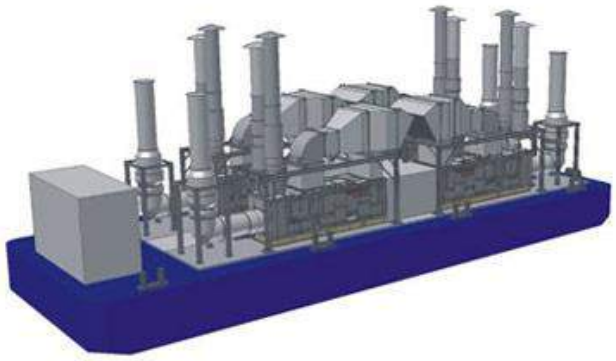
II.2. *Barge* dan *Power Plant Barge*

Barge (tongkang) adalah suatu jenis kapal dengan bentuk lambung yang lebih sederhana dibandingkan dengan kapal pada umumnya. *Barge* biasanya tidak memiliki superstructure dan hanya mempekerjakan sedikit kru untuk membantu proses bongkar muat sehingga biaya operasinya relatif murah. (https://en.wikipedia.org/wiki/Barge)

Barge sendiri tidak memiliki sistem pendorong (propulsi) seperti kapal pada umumnya. Pembuatan kapal tongkang juga berbeda karena hanya konstruksi saja, tanpa sistem seperti kapal pada umumnya. Tongkang sendiri umum digunakan untuk mengangkut muatan dalam jumlah besar seperti kayu, batubara, pasir dan lain-lain.



Gambar 2. *Barge*
(sumber : http:// en.wikipedia.org/wiki/Barge)

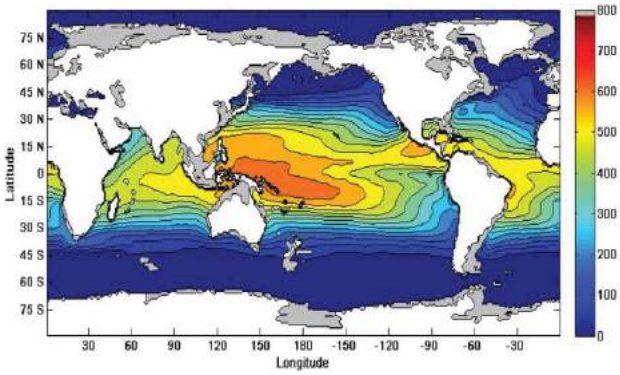


Gambar 3. Contoh Desain *Power Plant Barge*
(sumber : http://www.centraxgt.com)

Floating Power Plant atau pembangkit listrik terapung adalah suatu pembangkit listrik yang diletakkan di di atas sebuah *barge* atau bisa disebut dengan *power barge* atau kapal yang disebut dengan powership sehingga menjadi sebuah pembangkit listrik yang moveable. Floating Power Plant pertama dibuat pada tahun 1940 oleh insinyur dari Angkatan Darat Amerika Serikat (US Army) dengan generator uap yang menghasilkan tenaga sebesar 30 MW. Sejak saat itu *Floating Power Plant* mulai berkembang dan dibangun di beberapa negara, dan untuk bahan bakarnya dipilih *Heavy Fuel* karena biayanya yang tergolong murah.

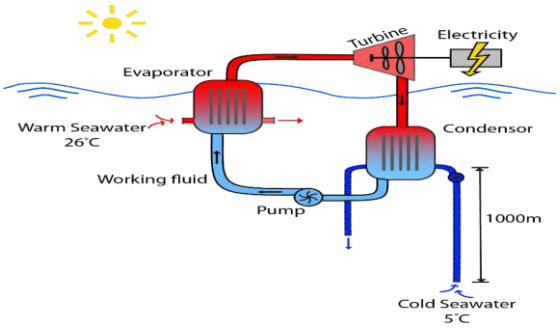
II.3. Energi Panas Laut (*Ocean Thermal Energy*)

Pendayagunaan panas air laut sebagai sumber energi terbarukan untuk pembangkit listrik memang kalah populer dibandingkan panas bumi, metode ini menghasilkan energi listrik menggunakan perbedaan temperatur yang berada di antara laut dalam dan perairan dekat permukaan untuk menjalankan mesin kalor. Seperti pada umumnya mesin kalor, efisiensi dan energi terbesar dihasilkan oleh perbedaan temperatur yang paling besar. Perbedaan temperatur antara laut dalam dan perairan permukaan umumnya semakin besar jika semakin dekat ke ekuator.



Gambar 4. Peta Penyebaran Energi Panas Air Laut
(Sumber : http://www.nap.edu/read/18278/chapter/7#63)

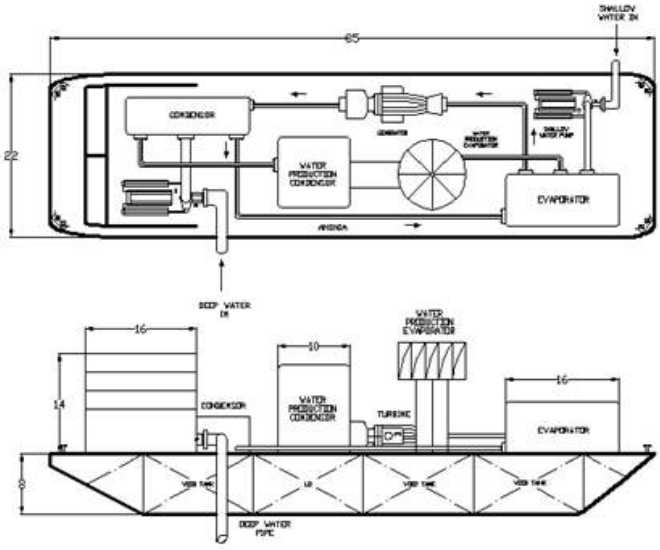
Pembangkit Listrik Tenaga Panas Air Laut (PLTPL) merupakan sebuah pembangkit energi listrik yang menggunakan konversi energi panas lautan yang dipadukan dengan media fluida didih sebagai penggerak generatornya (siklus tertutup), Siklus tertutup menggunakan fluida dengan titik didih rendah, misalnya amonia, untuk memutar turbin dan menghasilkan listrik. Air hangat di permukaan dipompa ke penukar panas di mana fluida bertitik didih rendah dididihkan. Fluida yang mengalami perubahan wujud menjadi uap akan mengalami peningkatan tekanan. Uap bertekanan tinggi ini lalu dialirkan ke turbin untuk menghasilkan listrik. Uap tersebut lalu didinginkan kembali dengan air dingin dari laut dalam dan mengembun. Lalu fluida kembali melakukan siklusnya.



Gambar 5. Cara Kerja PLTPL (siklus tertutup)

III. ANALISIS TEKNIS

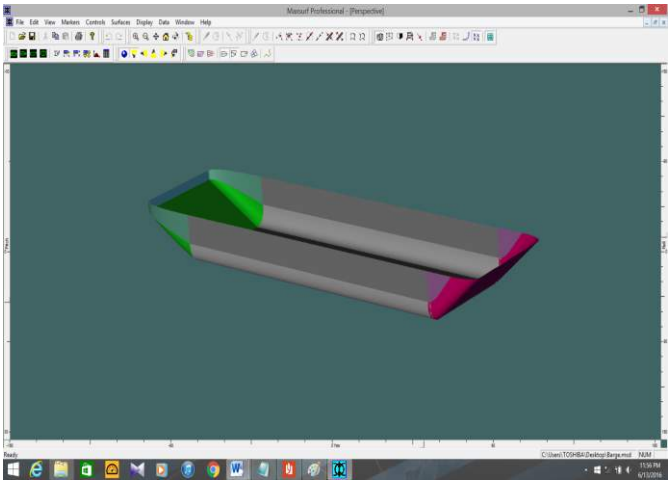
Sebelum mulai dilakukakan proses desain terlebih dahulu perlu diketahui komponen-komponen sistem pembangkit yang dibutuhkan untuk menghasilkan listrik, yang kemudian dari informasi komponen-komponen yang ada dapat diolah untuk membuat sket atau *layout* awal dari *power plant barge* tersebut. Dari modul mengenai *power plant barge* tenaga konversi panas air laut didapatkan berbagai ukuran komponen Sistem pembangkit beserta spesifikasi teknik dari sistem pembangkit. Setelah data tersebut didapatkan sebagai langkah awal bisa dilakukan pembuatan layout awal dari *power plant barge.*



Gambar 6. *Layout* Awal *Power Plant Barge*

III.1. Pembuatan Model *Barge*

Setelah mendapatkan ukuran utama dari *barge* dengan acuan komponen pembangkit maka selanjutnya dapat dilakukan pembuatan model *barge* dengan tujuan untuk mendapatkan *lines plan*, serta memudahkan dalam pembuatan *general arrangement* dan tidak lupa untuk memperoleh analisis yang lebih akurat, seperti pada perhitungan berat dan titik berat, serta analisis stabilitas. Pemodelan lambung dilakukan menggunakan *software maxsurf modeller educational version.*

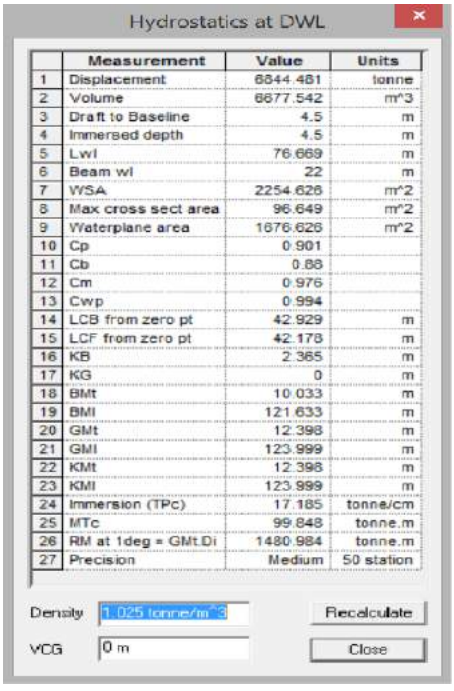


Gambar 7. Hasil Pemodelan Lambung *Barge*

Dengan ukuran utama :

L : 85 m	H : 8 m
B : 22 m	T : 4.5 m

Setelah melakukan pemodelan menggunakan software maxsurf *modeller educational version* akan didapatkan data perhitungan hidrostatik seperti gambar 8 di bawah ini :



Hydrostatics at DWL

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	6844.481	tonne
2	Volume	6677.542	m^3
3	Draft to Baseline	4.5	m
4	Immersed depth	4.5	m
5	Lwl	76.669	m
6	Beam wl	22	m
7	WSA	2254.626	m^2
8	Max cross sect area	96.649	m^2
9	Waterplane area	1676.626	m^2
10	Cp	0.901	
11	Cb	0.88	
12	Cm	0.976	
13	Cwp	0.994	
14	LCB from zero pt	42.929	m
15	LCF from zero pt	42.178	m
16	KB	2.365	m
17	KG	0	m
18	BMt	10.033	m
19	BMl	121.633	m
20	GMt	12.398	m
21	GMl	123.999	m
22	KMt	12.398	m
23	KMl	123.999	m
24	Immersion (TPc)	17.185	tonne/cm
25	MTc	99.848	tonne.m
26	RM at 1deg = GMt.Di	1480.984	tonne.m
27	Precision	Medium	50 station

Density: 1.025 tonne/m^3 — Recalculate

VCG: 0 m — Close

Gambar 8. Hasil Perhitungan Hidrostatik Maxsurf

III.2. Spesifikasi Teknik *Power Plant Barge*

Desain *Power Plant Barge* tenaga konversi panas air laut ini menggunakan siklus *Closed-Rankine System* sebagai kinerja siklus pembangkit, terdapat beberapa komponen penting dalam sistem pembangkit ini yaitu Evaporator, Turbo-Generator, Condensor, berbagai pompa yang menyuplai kebutuhan air laut sebagai tenaga konversi dan fluida kerja yang dipakai dalam *Closed-Rankine System* ini yaitu ammonia yang memiliki titik didih yang rendah yaitu pada nilai -33^{o} C. Tenaga listrik yang dihasilkan dari siklus ini beragam besarnya tergantung dari pada suhu permukaan dimana siklus ini dioperasikan, dimana rata-rata siklus ini mampu menghasilkan sekitar 860 kW per ^{o}C. Daya yang dihasilkan oleh sistem pada OTEC *Barge* ini mencapai 7920 kW, dimana daya sebesar 2660 kW digunakan sebagai konsumsi sistem pembangkit belum termasuk penggunaan harian dan sisanya sebesar 5260 kW disalurkan keluar untuk memenuhi kebutuhan listrik kepulauan Talaud. Untuk spesifikasi teknik dari sistem pembangkit dapat dilihat pada tabel dibawah ini, beserta ukuran-ukuran komponen pembangkit.

Tabel 1. Spesifikasi Teknik Sistem Pembangkit

Ship Platform - General Details	
Length	85 m
Breadth	22 m
Operating Draft	4.5 m
Depth	8 m
Weight	6850 Metric tons
Wave Height	3.65 m
Surface Currents	3 Knots (1.5 m/s)
Warm Surface Water Temperature	24° C - 28° C
Cold Water Temperature	4° C - 5° C
CWP Connection Type	Double Gimbal Joint
Mooring System	CAM System
Capital Cost Estimate	13000 US $/ kW (Min.)
Estimated Operational Life	30 years
Electric Power Cycle	
Power Output per °C	860 kW/ °C
Mass Flow of Ammonia	274 kg/s
Ammonia Pump Consumption	160 kW
Gross Power Output	7920 kW
Net Power Output (Before Desalination)	5260 kW
In Plant Consumption	2660 kW
Submarine Power Cable Diameter	0.15 m
Submarine Power Cable Length	Up to 150 miles
Desalinated Water Cycle (DWC)	
Desalinated Water Discharge	Nearly 2281 m3/ Day
Net Power Output (After Desalination)	5100 kW
Power Consumed for Desalination (II Stage)	160 kW
Desalinated Water Pipe Diameter	0.16 m
Cold water pipe	
Cold Water Pipe Inner Diameter	2.74 m
Cold Water Pipe Depth	1000 m
Cold Water Temperature	4.5° C
Cold Water Discharge	13.9 m3/s
Cold Water Pump Consumption	1280 kW
Warm Water Pipe	
Warm Water Pipe Inner Diameter	4.6 m
Warm Water Pipe Depth	20 m
Warm Surface Water Temperature	26° C
Warm Water Discharge	26.4 m3/s
Warm Water Pump Consumption	1190 kW
Mixed Effluent Pipe	
Mixed Effluent Pipe Inner Diameter	5.5 m
Mixed Effluent Pipe Depth	60 m

Dimensi komponen pembangkit :
- Condensor : 17.5m x 5m x 5m
- Evaporator : 16m x 7m x 7m
- Turbin-Generator : 14.5m x 3.5m Ø
- WP Evaporator : 15m x 9.5m Ø
- WP Condensor : 10m x10m x 12m
- Warm Water Pipe : 5m x 3m Ø
- Cold Water Pipe : 1000m x 2.8m Ø
- Mixed Water Pipe : 5.5m Ø

III.3. Perhitungan Berat Kapal

Setelah kapal dikonversi perlu dilakukan perhitungan untuk mendapatkan *principal dimensions* kapal setelah dilakukan konversi. Berat kapal total terdiri dari berat komponen-komponen DWT dan LWT. Dapat dilihat berat kapal total (*displacement*) yang terdiri dari komponen berat DWT dan LWT adalah **6797,753** ton (Tabel 2).

Tabel 2. Rekapitulasi Berat Kapal Total

Konponen Berat	Berat Bagian	Berat (ton)
DWT	*Crew*	3.74
	Consumable	1538.675
LWT	Ballast	670
	Baja	2130,540
	Peralatan & Perlengkapan	399.165
	Mesin & Perlengkapan	2059.375
	***Displacement* (ton) =**	**6797.753**

III.4. Perhitungan Titik Berat kapal

Titik berat kapal dapat dihitung dari persebaran berat semua komponen berat disepanjang kapal. Untuk mendapatkan nilai persebaran berat lambung harus dilakukan persebaran berat DWT, berat mesin beserta perlengkapan, bangunan atas, dan peralatan serta perlengkapan terlebih dulu. Dari rekapitulasi persebaran berat kapal total dapat dihitung titik berat kapal total (LCG) dengan perhitungan sebagai berikut :

$$LCG = \frac{\text{Total Momen (ton.m)}}{\text{Total Berat Kapal (ton)}}$$

$$= \textbf{-5,082} \text{ m dari } midship$$

Sedangkan titik berat kapal yang tercelup air (LCB) adalah 0,429 m.

III.5. Perhitungan *Freeboard*

Pemeriksaan *freeboard* atau lambung timbul mengacu pada ketentuan *International Convention on Load Lines* (ICLL) 1966, IMO (*International Maritime Organization*) [6].

Koreksi			
1. L	*; 24 < L_{PP} < 100*		
F_{b1}	=	$7{,}5(100 - L)\left(0{,}35 - \frac{E_1}{L}\right)$	
	=	39.375	mm
2. C_B	*; C_B > 0.68*		
F_{b2}	=	$F_b \cdot \frac{C_B + 0.68}{1.36}$	
	=	499.4007	mm
3. Depth (D)			
L/15	=	5.666667	
R	=	177.0833	
untuk L < 120m ; R = L/0.48			
untuk L > 120m ; R = 250			
jika, D < L/15 ; tidak ada koreksi			
jika, D > L/15 ; $Fb_3 = Fb_2 + (R(H-(L/15)))$			
F_{b3}	=	912.60	mm

Total Lambung Timbul			
F_b'	=	F_{b3} - Pengurangan	
	=	912.60	mm
	=	0.9126	m

Batasan			
Lambung Timbul Sebenarnya			
F_{ba}	=	H - T	
	=	3.5	m
Lambung Timbul Sebenarnya > Lambung Timbul Total			
Kondisi	**=**	**Diterima**	

Gambar 9. Hasil Perhitungan Freeboard

III.6. Pemeriksaan Kondisi Keseimbangan Kapal

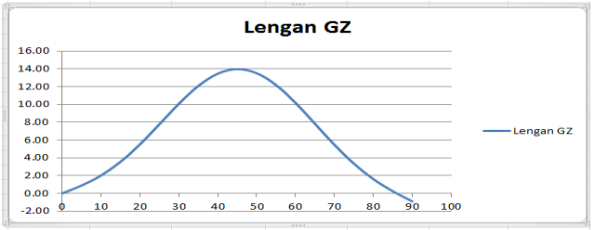
Kriteria kondisi pemuatan (*loadcase*) yang digunakan pada perhitungan ini mengacu pada *Intact Stability* (IS) *Code* Ch. III/3.5 [8]

Pemeriksaan Kondisi Stabilitas

Stabilitas merupakan salah satu kriteria yang harus dipenuhi pada proses desain kapal. Analisis stabilitas digunakan untuk mengetahui keseimbangan kapal secara melintang atau oleng pada beberapa kriteria kondisi pemuatan (*loadcase*). Kriteria stabilitas yang digunakan adalah kriteria stabilitas untuk kapal jenis umum yang mengacu pada *Intact Stability* (IS) *Code* Reg. III/3.1.2 [9].

Pemeriksaan Kondisi Trim

Trim merupakan kondisi yang pasti terjadi, karena perubahan kondisi pemuatan secara otomatis pasti mengakibatkan perubahan letak titik berat kapal. Pemeriksaan trim ini mengacu pada SOLAS Reg. II/7 [10], dimana kondisi trim maksimum yang diperbolehkan adalah 0.1% Lwl



GZ						
0	5	10	15	20	25	30
0	0.886	2.014	3.544	5.504	7.765	10.07

GZ						
35	40	45	50	55	60	65
12.07	13.449	13.96	13.509	12.172	10.172	7.826

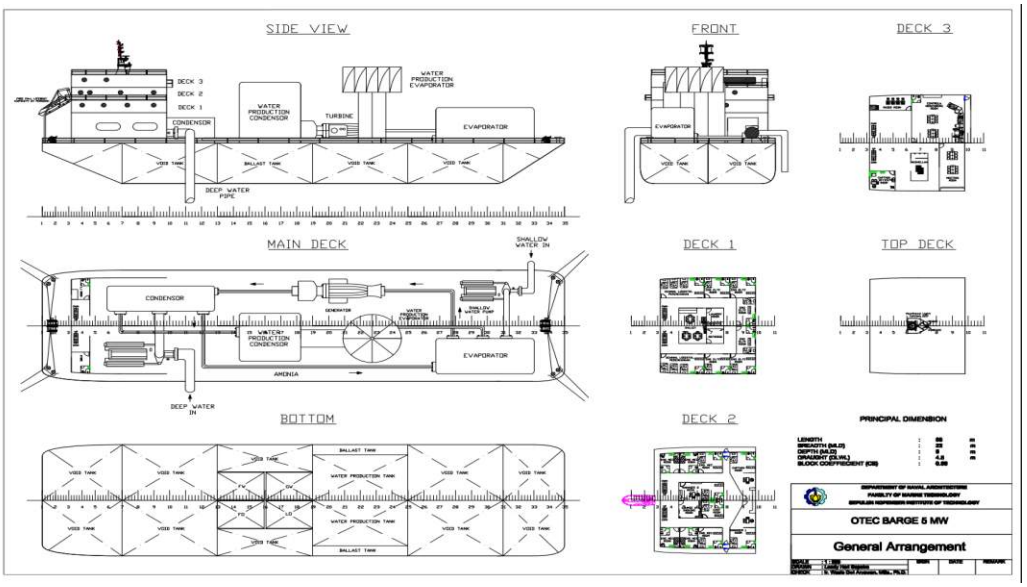
GZ				
70	75	80	85	90
5.463	3.346	1.612	0.248	-0.891

Kriteria IMO			
1. $e_{30°} \geq$		0.055	
$e_{30°}$	=	1.1949726	
	=	**Diterima**	
2. $e_{40°} \geq$		0.09	
$e_{40°}$	=	1.8692995	
	=	**Diterima**	
3. $e_{30-40°} \geq$		0.03	
$e_{30-40°}$	=	0.6743269	
	=	**Diterima**	
4. $h_{30°} \geq$		0.2	
$h_{30°}$	=	2.9429274	
	=	**Diterima**	
5. $\theta_{max} \geq$		25	
θ_{max}	=	44.449231	
	=	**Diterima**	
6. $GM_o \geq$		0.15	
GM_o	=	7.4749597	
	=	**Diterima**	
Status	=	**Kriteria Dipenuhi**	

Gambar 10. Hasil Perhitungan Stabilitas Gambar

5. Trim	=	$\frac{(LCG - LCB) \cdot L_{pp}}{GM_L}$	*; Parametric Ship Design hal 11 - 27*
	=	0.361	m
Kondisi Trim			
		Trim Buritan	
6. Batasan Trim			
Δ (LCG - LCB)			
	=	0.7620003	
$0.1 \cdot L_{PP}$			
	=	8.5	
Kondisi Batasan Trim			
		Diterima	

Gambar 11. Hasil Perhitungan Trim



Gambar 12. *General Arrangement OTEC Barge*

IV. KESIMPULAN

Pada Tugas Akhir ini dilakukan proses desain untuk *Power Plant Barge (OTEC Barge)* sebagai sarana prasarana pemenuhan kebutuhan listrik di daerah Kepulauan Talaud Sulawesi Utara. Berdasarkan hasil proses desain yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa desain kapal ini memenuhi dari aspek teknis lapangan. Hasil desain yang terdiri dari ukuran utama, perhitungan dan pemenuhan kriteria secara teknis adalah sebagai berikut :

1) Dari total 91.067 penduduk Kabupaten Kepulauan Talaud, sekitar 46.52% belum menikmati listrik secara utuh.
2) *Power Plant Barge (OTEC Barge)* akan diposisikan di 10 km lepas pantai kecamatan pulutan timur, kabupaten kepulauan Talaud Sulawesi Utara, dengan kedalaman mencapai 1100 m, sistem tambat yang akan digunakan pada kapal ini yaitu jenis *spread mooring*.
3) Daya listrik ideal yang dibutuhkan oleh seluruh wilayah Kabupaten Kepulauan Talaud adalah sebesar 9.47 MW, di mana saat ini baru terpenuhi sebesar 5.07 MW, sehingga daya yang dibutuhkan adalah sebesar 4.40 MW. Untuk memenuhi kekurangan listrik yang hamper sebesar 5 MW dibutuhkan
4) Ukuran Utama *Power Plant Barge (OTEC Barge)*, untuk memenuhi kekurangan energi listrik di Kepulauan Talaud yang hampir mencapai angka 5 MW maka dibutuhkan *Barge* dengan dimensi sebagai berikut :
   - L (Panjang) = 85 m
   - B (Lebar) = 22 m
   - H (Tinggi) = 8 m
   - T (Sarat) = 4.5 m
5) Daya listrik yang dihasilkan oleh OTEC Barge adalah sebesar 7.9 MW, dengan daya pemakaian sendiri sebesar 2.9 MW dan 5 MW (output bersih) untuk disalurkan keluar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT yang telah memberikan kesehatan, ilmu serta kelancaran bagi penulis, kedua orang tua penulis, terimakasih atas kasih sayang, doa dan dukungannya selama ini yang tidak akan bisa terbalaskan, Bapak Ir. Wasis Dwi Aryawan , M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah berkenan meluangkan waktu, membagikan ilmu dan memberikan arahan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini. Teman-teman P52 – FORECASTLE dan teman-teman teknik kelautan ITS yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah mendukung, menyemangati, menghibur, dan menemani. Terimakasih banyak.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Badan Pusat Statistik. 2014. Talaud DalamAngka. Sulawesi Utara : Pemerintah Kabupaten Kepulauan Talaud.

[2] BMKG. (2015). Prakiraan Gelombang rata-rata mingguan. Jakarta.

[3] Dewan Energi Nasional. 2015. Executive Data 2015. Jakarta : Dewan Energi Nasional.

[4] Engels, Walter dan Farshid Zabihian. 2014. Principle and Preliminary Calculation of Ocean Thermal Energy Conversion. Jurnal University of Bridgepeort.

[5] Vega, Luis. First Generation 50 MW OTEC Plantship for The Production of Electricity and Desalinated Water. [24 Juli 2015], http://www.hnei.hawaii.edu

[6] Nihous, Gerard. A Preliminary Assessment of Ocean Thermal Energy Conversion Resources. [20Juli2015],http://hinmrec.hnei.hawaii.edu/wpcontent/uploads/2010/01/OTECRESOURCE.pdf.

[7] *Load Lines*, 1966/1988 - *International Convention on Load Lines*, 1966, *as Amended by the Protocol of* 1988.

[8] *Intact Stability* (IS) *Code - Intact Stability for All Types of Ships Covered by* IMO *Instruments Resolution* A.749(18). Ch. III/3.5.

[9] *International Convention for the Safety of Life at SeaSafety* (SOLAS). Reg. II/7.