

Studi Perancangan Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Tipe Salter Duck

Luthfi Prasetya Kurniawan, Sardono Sarwito, dan Indra Ranu Kusuma

Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail : luthfi.mar.eng@gmail.com

Abstrak—Indonesia adalah negara kepulauan terbesar di dunia dengan luas lautan mencakup $\frac{3}{4}$ dari wilayah negara. Lautan menyimpan banyak energi yang tidak diketahui, diantaranya adalah gelombang laut yang bisa dimanfaatkan menjadi sumber daya listrik. Banyak metode untuk mengubah energi gelombang menjadi energi listrik. Salah satunya adalah salter duck, alat ini akan mengangguk ketika paruhnya terkena gelombang. Gerakan anggukan ini yang dapat menghasilkan listrik. Dalam penelitian ini akan dibuat prototype dari salter duck dengan lebar 0.4 m. Setelah itu akan dilakukan pengujian besarnya daya listrik yang bisa dihasilkan. Dari hasil pengujian terlihat daya listrik yang disupply oleh salter duck berbeda dengan perhitungan yang telah dibuat. Dalam perhitungan rata-rata daya yang bisa dikeluarkan sebesar 7.89 Watt. Sedangkan pada saat uji coba daya yang didapatkan sebesar 0.4 mWatt.

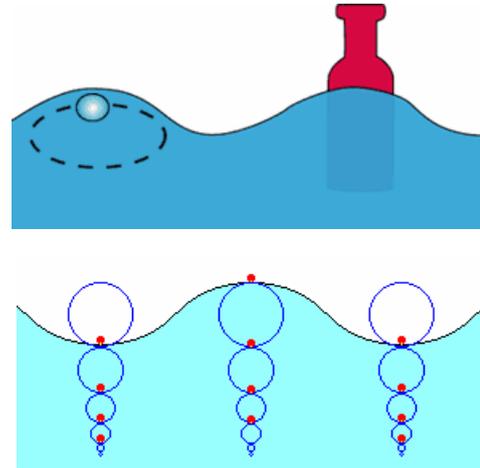
Kata Kunci—salter duck, energi listrik, prototype

I. PENDAHULUAN

ISU *Renewable* energi kerap menjadi topik yang menghiiasi berbagai media. Karena cadangan energi fosil yang kerap digunakan semakin menipis dan hal ini tidak sebanding dengan semakin banyak pengguna energi. Salah satu masalah yang kerap dibahas adalah mengenai kebutuhan energi listrik. Saat ini banyak bermunculan pembangkit tenaga listrik yang ramah lingkungan diantaranya; *solar cell*, pembangkit tenaga listrik, pembangkit listrik tenaga panas bumi dan lain sebagainya. Salah satu jenis pembangkit listrik yang bisa diterapkan di negara Indonesia adalah pembangkit listrik tenaga gelombang laut (*wave energy*)

Gelombang laut adalah salah satu bentuk energi yang bisa diperbarui dan terbentuk karena adanya angin yang bertiup di permukaan air laut. Pemanfaatan energi ini diantaranya menggunakan *oscillating water column*, *wave dragon*, *salter duck*, dan lain-lain. Pemanfaatan gelombang laut dapat diterapkan di Indonesia karena beberapa daerah memiliki tinggi gelombang yang cukup tinggi, dan dapat dimanfaatkan untuk membangkitkan energi listrik.

Seperti pada penelitian sebelumnya yang membahas mengenai *wave energy* yaitu penggunaan *salter duck* pada pantai Bandalit Jember (Taman Nasional Meru Betiri) penulis akan membahas mengenai pembuatan prototype dari *salter duck*. Prinsip kerja dari *Salter Duck* adalah ketika ada gelombang laut yang mengenai alat akan membuat bagian depan dari *salter duck* akan bergerak naik-turun, gerakan ini nantinya akan dimanfaatkan untuk membangkitkan tenaga listrik.



Gambar 1 Pergerakan Partikel Zat Cair Pada Gelombang

II. TINJAUAN PUSTAKA

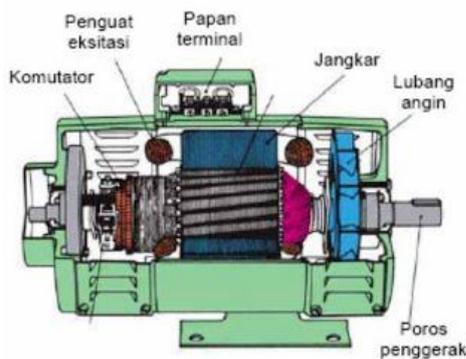
Gelombang Air Laut

Gelombang/ombak yang terjadi di lautan dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam tergantung kepada gaya pembangkitnya. Pembangkit gelombang laut dapat disebabkan oleh: angin (gelombang angin), gaya tarik menarik bumi-bulan-matahari (gelombang pasang-surut), gempa (vulkanik atau tektonik) di dasar laut (gelombang tsunami), ataupun gelombang yang disebabkan oleh gerakan kapal.

Gelombang yang sehari-hari terjadi dan diperhitungkan dalam bidang teknik pantai adalah gelombang angin dan pasang-surut (pasut). Gelombang dapat membentuk dan merusak pantai dan berpengaruh pada bangunan-bangunan pantai. Energi gelombang akan membangkitkan arus dan mempengaruhi pergerakan sedimen dalam arah tegak lurus pantai (*cross-shore*) dan sejajar pantai (*longshore*). Pada perencanaan teknis bidang teknik pantai, gelombang merupakan faktor utama yang diperhitungkan karena akan menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai.

Gelombang adalah pergerakan naik dan turunnya air dengan arah tegak lurus permukaan air laut yang membentuk kurva/grafik sinusoidal. Gelombang laut disebabkan oleh angin. Angin di atas lautan mentransfer energinya ke perairan, menyebabkan riak-riak, alun/bukit, dan berubah menjadi apa yang kita sebut sebagai gelombang.

Sebuah gelombang terdiri dari beberapa bagian antara lain:



Gambar 2 Konstruksi Generator DC

1. Puncak gelombang (*Crest*) adalah titik tertinggi dari sebuah gelombang.
2. Lembah gelombang (*Trough*) adalah titik terendah gelombang, diantara dua puncak gelombang.
3. Panjang gelombang (*Wave length*) adalah jarak mendatar antara dua puncak gelombang atau antara dua lembah gelombang.
4. Tinggi gelombang (*Wave height*) adalah jarak tegak antara puncak dan lembah gelombang.
5. Priode gelombang (*Wave period*) adalah waktu yang diperlukan oleh dua puncak gelombang yang berurutan untuk melalui satu titik.

Bhat (1978), Garisson (1993), dan Gross (1993) mengemukakan bahwa ada 4 bentuk besaran yang berkaitan dengan gelombang yakni :

1. Amplitudo gelombang (A) adalah jarak antara puncak gelombang dengan permukaan rata-rata air.
2. Frekuensi gelombang (f) adalah sejumlah besar gelombang yang melintasi suatu titik dalam suatu waktu tertentu (biasanya didefinisikan dalam satuan detik).
3. Kecepatan gelombang (C) adalah jarak yang ditempuh gelombang dalam satu satuan waktu tertentu.
4. Kemiringan gelombang (H/L) adalah perbandingan antara tinggi gelombang dengan panjang gelombang.

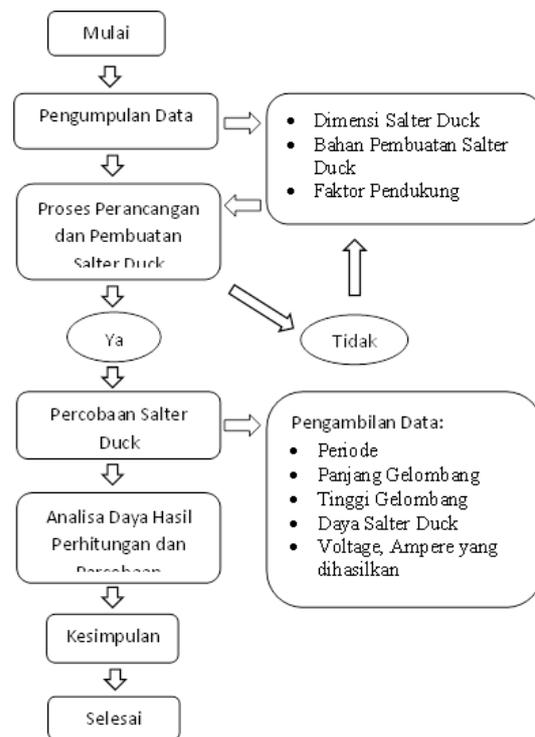
2.2. Generator

Generator adalah suatu alat atau sistem yang dapat mengubah tenaga mekanis menjadi tenaga listrik dan menghasilkan tenaga listrik bolak-balik atau tenaga listrik searah tergantung pada tipe generator. Secara umum generator dibedakan menjadi dua yaitu generator arus bolak-balik (alternator) dan generator arus searah. Generator yang dipakai dalam skripsi kali ini adalah generator tipe DC (searah).

2.2.1 Generator DC

Generator DC merupakan sebuah perangkat Motor listrik yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Generator DC menghasilkan arus DC / arus searah. Generator DC dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan dari rangkaian belitan magnet atau penguat eksitasinya terhadap jangkar (anker), jenis generator DC yaitu:

- a. Generator penguat terpisah
- b. Generator shunt
- c. Generator kompon



2.2.2 Konstruksi Generator DC

Pada umumnya generator DC dibuat dengan menggunakan magnet permanent dengan 4-kutub rotor, regulator tegangan digital, proteksi terhadap beban lebih, starter eksitasi, penyearah, bearing dan rumah generator atau casis, serta bagian rotor. Gambar 1 menunjukkan gambar potongan melintang konstruksi generator DC.

Pada umumnya generator DC dibuat dengan menggunakan magnet permanent dengan 4-kutub rotor, regulator tegangan digital, proteksi terhadap beban lebih, starter eksitasi, penyearah, bearing dan rumah generator atau casis, serta bagian rotor.

III. METODE PENELITIAN

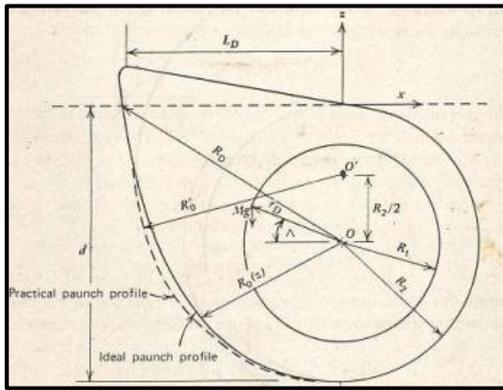
3.1 Studi Literatur

Pada tahap ini di lakukan studi literature yaitu mencari dan mempelajari sumber-sumber pustaka yang mendukung penulisan tugas akhir ini seperti ; pengumpulan Handbook, buku – buku tugas akhir, buku – buku katalog, journal, proceedings seminar untuk membantu mengatasi permasalahan dalam penulisan (seperti konsep – konsep pemakaian generator, aturan –aturan atau rule –rule dan formula – formula yang di perlukan), mencari metode – metode analisa yang sesuai untuk mencapai tujuan penulisan Data-data ini selain dapat diperoleh melalui buku literature/referensi, dapat diperoleh juga dari dosen pembimbing serta situs situs internet yang terkait dengan pengerjaan tugas akhir ini.

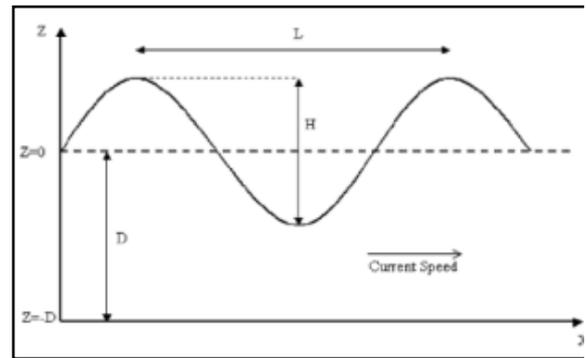
3.2 Pengumpulan Data

Setelah pengumpulan studi literatur yang mendukung penulisan tugas akhir ini maka akan di lakukan pengumpulan data lapangan yang akan di gunakan untuk melakukan analisa data. Pengambilan data ini akan dilakukan di dalam laboratorium, sehingga didapatkan data berupa:

1. Data ketinggian dan panjang gelombang.



Gambar 3 Dimensi Ukuran Salter Duck



Gambar 4 skema model gelombang

2. Data tegangan, arus yang dihasilkan prototype.
3. Data – data pendukung lainnya yang dibutuhkan untuk perhitungan.

3.3 Analisa Perhitungan dan Pembahasan

Pada tahap ini akan di lakukan analisa dan perhitungan dari salter duck berupa dimensi dan daya yang dihasilkan oleh prototype. Analisa perhitungan yang di lakukan meliputi :

1. Perhitungan konstruksi dari prototype salter duck.
2. Perhitungan dari daya yang dihasilkan oleh prototype salter duck.

3.4 Pengujian Prototype

Pengujian ini dilakukan setelah dilakukan perhitungan dimensi salter duck dan telah dilakukan pembuatan alat. Pengujian dilakukan pada kolam berombak dengan memvariasikan panjang gelombang dan tinggi gelombang sehingga didapatkan daya keluaran pada salter duck.

3.5 Kesimpulan dan Saran

Membuat kesimpulan dan saran (masukan) dari hasil analisa dan perhitungan. Kesimpulan yang diambil dan saran atau masukan yang di berikan harus sesuai dengan tujuan dan manfaat dari pengerjaan tugas akhir ini. Secara singkat metodologi penulisan tugas akhir ini di tunjukkan pada *Flow Chart* berikut ini :

4. Analisa Data

4.2 Rencana Geometri dan Dimensi Objek.

Untuk membuat prototype dan bentuk dari salter duck, maka terlebih dahulu yang dibutuhkan adalah bentuk geometri serta dimensi yang akan diuji. Simbol dan ketentuan bentuk dari objek adalah sebagai berikut :

Dimana ukuran utama dari salter duck yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah :

- R2 = jari – jari stern
- R0 = jari – jari Paunch
- R0' = jari – jari practical paunch profile
- LD = panjang garis air
- α = sudut titik berat dari sumbu poros
- rD = letak titik berat objek dari sumbu poros

Dalam penelitian kali ini, terlebih dahulu akan dilakukan pembuatan prototype dari salter duck. Dimana pekerjaan yang akan dilakukan adalah terlebih dahulu menghitung dan mendesain dimensi dari prototype yang akan di buat. Setelah itu baru akan dibuat prototype dari salter duck dengan dimensi yang telah didapat. Setelah alat yang dibuat selesai barulah akan dilakukan pengujian alat

tersebut, pengujian dilakukan untuk melihat seberapa besar potensi daya yang bisa dikeluarkan oleh prototype. Pengujian dilakukan pada kolam berombak dengan divariasikan data gelombang yang dihasilkan untuk mengetahui pengaruh gelombang terhadap daya yang dihasilkan. Secara umum,

skema model gelombang yang digunakan dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

4.2.1 Menghitung jari-jari stern (R₂)

$$\lambda / R_2 = 20 \dots 4.1$$

Panjang dari R₂ dapat ditemukan dengan menggunakan rumus di atas, dimana λ adalah nilai rata – rata panjang gelombang yang didapatkan dari data karakteristik gelombang di pantai Bandelait. Tetapi dikarenakan pada perancangan ini telah ditetapkan diameter dari salter duck sebesar 40 cm, maka panjang dari R₂ dapat ditemukan dengan cara:

$$R_2 = D/2 = 40/2 = 20 \text{ cm}$$

4.2.2 Menghitung jari-jari paunch (R₀)

Besarnya R₀ didapatkan menggunakan persamaan :

$$R_0 = K_D x e^{2\pi z/\lambda} \dots 4.2$$

Dimana K_D adalah desain konstan yang didefinisikan K_D = 0.0937 λ pada saat z = -2R₂ hingga ke permukaan air. Sehingga didapatkan nilai R₀ adalah:

$$R_0 = K_D x e^{2\pi z/\lambda} = 0.0937 \lambda x e^{2\pi z/\lambda}$$

Dimana e adalah bilangan *euler* yang memiliki nilai sebesar 2,718. Sehingga didapatkan kurva lengkungan untuk paunch dengan nilai pada tabel berikut ini:

Paunch dari objek adalah sebuah kurva melengkung yang mana merupakan sebuah kombinasi sederhana dari busur dan tangen yang mungkin dapat digunakan untuk mencirikan dimana deviasi dari bentuk yang optimum dapat dipertimbangkan untuk diterima.

4.2.3 Menghitung jari-jari R₀'

Untuk mempermudah menghitung nilai displacementnya, maka bentuk ideal dari paunch akan dimodifikasi sedikit dengan menggunakan persamaan.

$$R_0' = 1.5 x R_2 \dots$$

$$R_0' = 1,5 \times 0,2 = 0,3 \text{ m}$$

Tabel 1

Perhitungan Nilai R ₀		
z	e	R ₀
-0.4	2.178	0.20
-0.3	2.178	0.23
-0.2	2.178	0.27
-0.1	2.178	0.32
0	2.178	0.37

4.2.4 Menghitung nilai L_D

Besarnya nilai L_D didapatkan menggunakan persamaan

$$L_D = \sqrt{R_D^2 - R_2^2} \dots 4.3$$

Dimana R₂ adalah jari-jari stern dan R_D adalah nilai dari R₀ pada saat z=0.

$$L_D = \sqrt{0,37^2 - 0,2^2} = 0.31 \text{ m}$$

4.2.5 Menghitung nilai α

Besarnya nilai α dapat dihitung berdasarkan persamaan

$$\alpha = \cos^{-1} \left(\frac{L_D}{R_D} \right) \dots 4.4$$

$$\alpha = \cos^{-1} \left(\frac{0.31}{0.37} \right) = 32.32^\circ$$

4.2.6 Menghitung Nilai dari Lebar Objek

Dalam perhitungan untuk mencari besarnya energi yang di konversi, maka besarnya lebar dari objek yang akan dianalisis adalah 0.4 m

4.2.7 Menghitung nilai displacement

Nilai displacement didapatkan dengan menggunakan persamaan

$$\Delta = \text{Luas penampang} \times B \times \rho$$

$$\Delta = 17.36 \times 0.4 \times 1000$$

$$\Delta = 6944$$

4.2.8 Menghitung Momen Inersia (I)

Besarnya momen inersia data ditentukan menggunakan persamaan

$$inertia = I_y + \frac{1}{32} \pi \rho B \left[\left(\frac{L_D}{\cos \alpha} \right)^2 - R_2^2 \right]^2$$

Jika diasumsikan bahwa nilai momen inersia adalah sama dengan momen inersia penambahan body dari paunch, maka persamaan diatas menjadi :

$$Inertia = 2 \left\{ \frac{1}{32} \pi \rho B \left[\left(\frac{L_D}{\cos \alpha} \right)^2 - R_2^2 \right]^2 \right\} \dots 4.5$$

$$Inertia = 0.28$$

4.2.9 Menentukan Titik Berat (r_D)

Periode gelombang yang digunakan untuk membuat /mendesain objek sangat berpengaruh terhadap posisi dari titik berat. didapatkan nilai natural frekuensi dari objek adalah sebesar:

$$f_D = \frac{1}{T_D}$$

Nilai r_D adalah fungsi dari R_D dengan sudut sebesar α.

$$f_D = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\frac{1}{3} \rho g L_D^3 B - M g r_D \sin \alpha}{2 \left\{ \frac{1}{32} \pi \rho B \left[\left(\frac{L_D}{\cos \alpha} \right)^2 - R_2^2 \right]^2 \right\}}} \dots 4.6$$

4.2.10 Perhitungan Daya Salter Duck

Dari data yang diperoleh, maka dapat dihitung besarnya daya gelombang yang dapat dikonversi oleh Salter Duck. Besarnya daya yang dihasilkan bisa didapatkan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Power \text{ Converted} = Eff \times \frac{\rho g H^2 \left(\frac{\lambda}{T} \right) B}{16} \dots 4.7$$

Dimana:

H= tinggi gelombang (m)

λ = panjang gelombang (m)

T = periode gelombang

B = lebar dari salter duck

Eff = efisiensi dari prototype (diasumsikan sebesar 90%)

Untuk menghitung daya yang dapat dihasilkan oleh prototype maka perlu dilakukan percobaan sehingga bisa didapatkan data yang diharapkan seperti panjang gelombang, periode, tinggi gelombang, voltage, dan ampere.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan, analisa data, uji coba, serta pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil perhitungan dan uji coba dari prototype didapatkan hasil yang berbeda. Dimana berdasarkan perhitungan daya yang dihasilkan sebesar 7.89 Watt sedangkan melalui uji coba didapatkan hasil 0.4 mWatt.
2. Besarnya panjang gelombang dan tinggi gelombang mempengaruhi sistem kerja dari salter duck serta hasil keluaran daya.
3. Mekanisme yang digunakan pada penelitian ini untuk mengkonversi gerakan *nodding* masih kurang berhasil. Hal ini diindikasikan dengan perubahan gerak translasi menjadi rotasi yang kurang sukses. Sehingga gaya rotasi yang diubah oleh dynamo menjadi energi listrik juga kecil.

DAFTAR PUSTAKA

[1] BMKG Maritim Perak II Surabaya
 [2] Desiary, Eka. "Studi Penerapan Multi Salter Duck di Laut Jawa Sebagai Alternatif Pembangkit Listrik", Jurusan Sistem Perkapalan FTK ITS, Surabaya, 2012.
 [3] Desiary, Eka. "Studi Penerapan Multi Salter Duck di Laut Jawa Sebagai Alternatif Pembangkit Listrik", Jurusan Sistem Perkapalan FTK ITS, Surabaya, 2012.
 [4] Keris, Redatu. "Studi Perancangan SalterDuck di Pantai Bandalit Jember Jawa Timur", Jurusan Sistem Perkapalan FTK ITS, Surabaya, 2013.
 [5] McCormick, Michael. 1981. Ocean Wave Energy Conversion.