

Perancangan Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Tipe Oscilating Water Column di Pantai Bandealit Jember

Mochamad Khoirul Rizal Febri Karim, 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: febrikarim@ymail.com

Abstrak—Pemanfaatan gelombang laut sebagai pembangkit listrik merupakan langkah yang bagus untuk meminimalisir penggunaan bahan bakar fosil sebagai bahan bakar pembangkit listrik konvensional. Oscilating Water Column merupakan salah satu cara yang dapat digunakan sebagai media pembangkit listrik tenaga gelombang laut tersebut. Gerakan naik turun dari gelombang laut pada kolom udara yang akan menekan udara sehingga dapat menekan turbin untuk melakukan putaran, dengan poros turbin yang menjadi satu dengan turbin maka turbin akan ikut berputar sehingga menghasilkan daya listrik. Pembuatan prototype Oscilating Water Column dengan perbandingan skala 1: 4 dengan dimensi prototype panjang, lebar dan tinggi masing – masing 1 m. Ketinggian gelombang yang dibangkitkan di laboratorium dengan ketinggian 0,2 meter dan 0,23 meter memiliki daya keluaran rata – rata sebesar 4,8 dan 8,27 mWatt dengan perbandingan perhitungan matematis dengan tinggi gelombang yang sama mampu menghasilkan daya keluaran rata – rata sebesar 8,1 watt dan 13,2 watt.

Kata Kunci—Daya listrik rata – rata, Oscilating water column, Daya Gelombang, Tinggi Gelombang.

I. PENDAHULUAN

OSCILATING Water Column merupakan salah satu pembangkit listrik yang menggunakan tenaga gelombang sebagai sumber energi. Indonesia yang merupakan negara maritim, yang mempunyai wilayah perairan, khususnya laut dengan luas kurang lebih tiga kali lipat dari daratan sangatlah berpotensi untuk dijadikan sebagai media pembangkit tenaga listrik dengan memanfaatkan arus laut, ombak, dan perbedaan suhu dari laut tersebut. Dalam tugas akhir ini dikhususkan yakni menggunakan gelombang laut sebagai pembangkit listrik. Adapun manfaat yang dapat diambil dari pemanfaatan gelombang laut ini antara lain:

1. Ramah lingkungan
2. Merupakan energi yang dapat diperbaharui
3. Ketersediaan sumber daya gelombang banyak terdapat di Indonesia.

Pemanfaatan gelombang ini kemudian akan dibuat sebuah pembangkit listrik tenaga listrik tenaga gelombang laut. Dengan melimpahnya ketersediaan gelombang laut di Indonesia, dan kebanyakan pemukiman yang berada di sekitar tempat tersebut belum terjamah oleh PLN, sehingga memungkinkan untuk mengembangkan

pembangkit listrik tenaga gelombang laut sebagai pemenuhan kebutuhan listrik pada daerah – daerah tersebut.

II. METODE

A. Studi Literatur

Langkah awal penelitian ini adalah menentukan dimensi kolom udara pada OWC yakni melalui perbandingan dimensi dengan kolom OWC yang sudah di desain sebelumnya. Perbandingan skala kolom OWC yakni 1: 4, dengan dimensi data perbandingan :

Panjang : 4 meter

Lebar : 4 meter

Tinggi : 4 meter

Sehingga dengan skala 1:4 maka dimensi OWC untuk tugas akhir kali ini adalah :

Panjang : 1 meter

Lebar : 1 meter

Tinggi : 1 meter

Setelah alat tersebut selesai dibuat, maka di lakukan perhitungan matematis untuk menguji berapa daya yang potensial untuk dibangkitkan oleh pembangkit listrik tenaga gelombang ini. Berikut ini langkah – langkah perhitungan untuk menentukan besarnya daya listrik yang bisa dibangkitkan oleh Prototype pembangkit listrik tenaga gelombang laut tipe oscilating water column. Untuk mengetahui potensi daya gelombang yang mampu di rubah menjadi daya listrik mengikuti rumus (1.1) di bawah ini [1]:

$$P_w = 0.195 \rho g^2 H^3 T \dots \dots \dots (1.1)$$

Dengan :

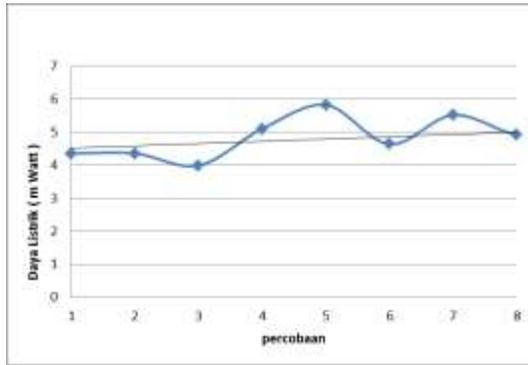
w = lebar gelombang diasumsikan sama dengan lebar kolom (m)

P_w = daya (W)

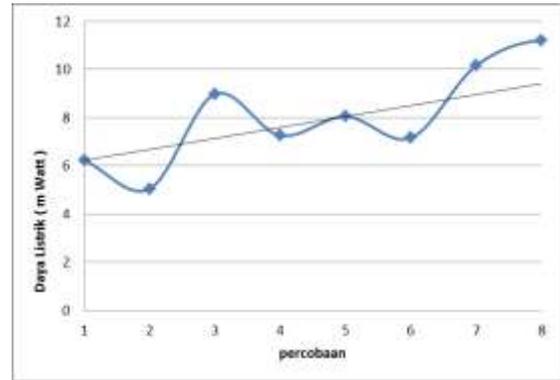
T = periode gelombang (sec)

H = tinggi gelombang (m)

Kemudian menghitung daya pada Oscilating water column [6]



Gambar 2.1 Grafik yang dihasilkan oleh tinggi gelombang 0,2 meter.



Gambar 2.2 Grafik yang dihasilkan oleh tinggi gelombang 0,23 meter.

$$E = (p_2 - p_0)v_2A_2 \dots\dots\dots(1.2)$$

E = Daya pada OWC (Watt)
 p₂ = Tekanan udara pada Orifice (Pa)
 p₀ = Tekanan udara diluar sistem (Pa)
 v₂ = kecepatan udara pada kolom orifice (m/sec)
 A₂ = Areakolom OWC (m²)
 Untuk menghitung daya yang keluar dari OWC menggunakan rumus Bernitas di atas sebelumnya diperlukan parameter-parameter yang lain. Ada beberapa tahapan untuk mendapatkannya, yaitu[1]:

menghitung kecepatan aliran udara sekitar kolom[6]

$$v_1 = -\frac{\omega}{2}H\sin(\omega t) \dots\dots\dots(1.3)$$

menghitung aliran udara pada orifice[6]

$$v_2 = \frac{A_1}{A_2}v_1 \dots\dots\dots(1.4)$$

menghitung tekanan pada orifice[6]
 a. menghitung debit udara

$$Q_1 = v_1A_1 \dots\dots\dots(1.5)$$

$$Q_2 = v_2A_2 \dots\dots\dots(1.6)$$

b. menghitung potensial kecepatan

$$\phi_1 \simeq v_1\eta_1 = -\frac{\omega H^2}{4}\sin(\omega t)\cos(\omega t) \dots\dots\dots(1.7)$$

$$\phi_2 \simeq v_2\eta_2 = -\left(\frac{A_1}{A_2}\right)v_1\frac{\omega H^2}{4}\sin(\omega t)\cos(\omega t) \dots\dots\dots(1.8)$$

c. tekanan pada orifice

$$P_2 = P_0 + \rho\left(\frac{A_1}{A_2}\right)\frac{d\phi}{dt} + \rho\frac{Q_2}{A_2}(v_2 - v_1) \dots\dots\dots(1.9)$$

Dengan :
 λ = panjang gelombang (m)
 g = gaya gravitasi (m/s²)
 T = periode gelombang (sec)
 v₁ = kecepatan aliran udara sekitar kolom OWC (m/sec)
 v₂ = kecepatan aliran udara pada orifice (m/sec)
 A₁ = Area kolom OWC (m²)
 A₂ = Area kolom orifice (m²)
 Q₁ = debit air pada kolom OWC (m³/sec)

Q₂ = debit udara pada orifice (m³/sec)
 φ₁ = potensial kecepatan pada kolom OWC (rad.m/sec)
 φ₂ = potensial kecepatan pada orifice (rad.m/sec)

menghitung efisiensi OWC

Setelah mengetahui daya gelombang dan daya keluaran dari OWC maka Effisiensi OWC dapat dihitung dengan perbandingan dari daya gelombang yang masuk ke dalam kolom dengan daya yang keluar dari OWC

$$\eta_{OWC} = \frac{E}{P_w} \times 100\% \dots\dots\dots(1.10)$$

Untuk mengetahui daya listrik yang dibangkitkan maka perlu diketahui efisiensi dari Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang (PLTGL). Efisiensi daro PLTGL didapat dari perkalian antara efisiensi kolom, efisiensi turbin dan efisiensi generator.

$$\eta_{PLTGL} = \eta_{OWC} \times \eta_{generator} \times \eta_{turbin} \dots\dots\dots(1.11)$$

Setelah didapat daya ombak yang masuk ke column dan efisiensi PLTO, selanjutnya akan dihitung daya listrik yang dihasilkan.[1]

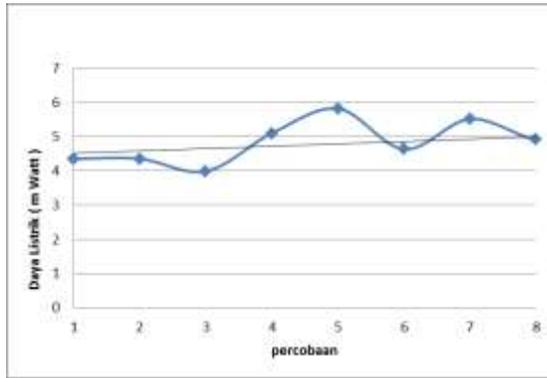
$$P_g = P_w \times \eta_{PLTGL} \dots\dots\dots(1.12)$$

Dimana :
 P_g : daya generator (watt)
 P_w : daya yang dihasilkan ombak (watt)

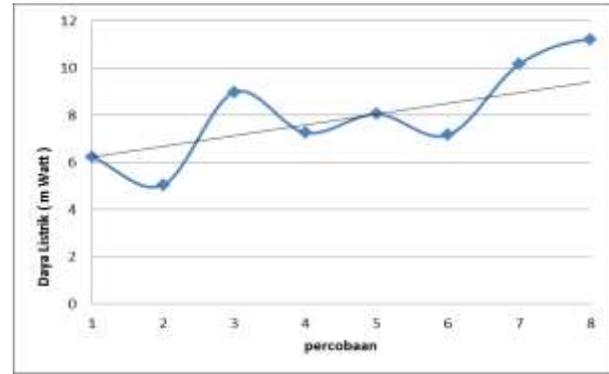
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perbandingan Daya Perhitungan di Pantai Bandalit dengan prototipe skala 1 : 4

Berikut ini perbandingan daya yang dihasilkan oleh oscilating water column di pantai Bandalit dengan prototype dengan



Gambar 2.3 Grafik yang dihasilkan oleh tinggi gelombang 0,2 meter.



Gambar 2.4 Grafik yang dihasilkan oleh tinggi gelombang 0,23 meter.

perbandingan skala 1:4. Perbandingan skala tersebut meliputi semua aspek, antara lain:

Dimensi Oscilating water column yakni:

- Perbandingan:
 - Panjang : 4 meter
 - Lebar : 4 meter
 - Tinggi : 4 meter
- Prototype:
 - Panjang : 1 meter
 - Lebar : 1 meter
 - Tinggi : 1 meter

Kriteria gelombang perbandingan:

- Parameter 1
 - Tinggi : 0,8 meter
 - Periode : 5,13 detik
- Parameter 2
 - Tinggi rata-rata : 0,9 meter
 - Periode rata-rata: 5,24 detik

Kriteria gelombang untuk prototype:

- Parameter 1
 - Tinggi : 0,2 meter
 - Periode : 1,28 detik
- Parameter 2
 - Tinggi : 0,23 meter
 - Periode : 1,3 detik

Dengan metode perhitungan matematis, daya listrik yang mampu dibangkitkan di bandelait dengan ketinggian gelombang laut 0,8 meter dan 0,9 meter adalah 262 watt dan 734 watt. Sedangkan untuk gelombang dengan ketinggian yang di skala 1 : 4, yakni dengan ketinggian 0,2 meter dan 0,23 meter adalah 8,1 watt dan 13,2 watt. Dengan skala ketinggian 1 :4 perbandingan daya yang dihasilkan sebesar 1: 20 untuk ketinggian gelombang 0,2 meter terhadap 0,8 meter dan 1:55 untuk ketinggian 0,23 meter terhadap 0,9 meter. Hal ini dikarenakan perbandingan daya listrik yang dihasilkan merupakan fungsi dari lebar kolom OWC yang digunakan dikalikan dengan kuadrat dari tinggi gelombang yang dihasilkan. Dengan ketinggian dan periode gelombang yang sama, maka daya listrik yang dihasilkan merupakan fungsi dari lebar kolom yang digunakan, dan dengan lebar kolom yang sama, tinggi gelombang yang berbeda, maka daya listrik yang dihasilkan

sebanding dengan pangkat dua dari ketinggian gelombang tersebut.

B. Perbandingan Daya listrik yang dihasilkan Melalui Simulasi dan Uji Coba prototipe.

Berikut ini akan dibahas perbandingan daya listrik yang dihasilkan oleh prototipe pembangkit listrik tenaga gelombang laut tipe Oscilating Water Column melalui simulasi dan uji coba prototipe. Pada perhitungan yang telah dibahas pada sub bab 4.5.1, akan dijelaskan secara grafik supaya perbandingan kedua metode ini dapat secara cepat di mengerti.

Pada perhitungan ini menggunakan tinggi gelombang H= 0,2 meter yang merupakan penyekalaan empat kali lebih kecil di bandingkan dengan tinggi gelombang di bandelait H=0,8 meter, dan 0,23 meter yang merupakan penyekalaan empat kali dari tinggi gelombang rata-rata selama setahun, yakni pada tahun 2013 dengan besar 0,9 meter.

Perbandingan daya yang dihasilkan dari perhitungan dan uji coba di sajikan pada grafik 4.16, 4.17, 4.18, dan 4.19 di bawah ini.

Pada gambar grafik 4.20 diatas merupakan daya yang dihasilkan oleh prototype dengan ketinggian gelombang 0,2 meter dengan periode gelombang 1,23 detik. percobaan dilakukan sebanyak 10 kali untuk melakukan literasi. Hasil dari literasi yakni daya rata – rata yang dihasilkan oleh prototipe sebesar 4,8 mili watt. Jika dibandingkan dengan simulasi dengan tinggi dan periode gelombang yang sama, daya yang dihasilkan mencapai 5,24 watt.

Antara hasil simulasi dan uji coba mengalami deviasi yang sangat besar, yakni mencapai 1: 1091 kali dari simulasi.

Pada gambar grafik 4.15 diatas merupakan daya yang dihasilkan oleh prototype dengan ketinggian gelombang 0,23 meter dengan periode gelombang 1,3 detik. percobaan dilakukan sebanyak 10 kali untuk melakukan literasi. Hasil dari literasi yakni daya rata – rata yang dihasilkan oleh prototipe sebesar 8,27 mili watt. Jika dibandingkan dengan perhitungan dengan tinggi dan periode gelombang yang sama, daya yang dihasilkan mencapai 6,5 watt.

Antara hasil perhitungan dan uji coba mengalami deviasi yang sangat besar, yakni mencapai 1: 786 kali dari perhitungan matematis.

C. Perbandingan Daya listrik yang dihasilkan Melalui Perhitungan dan Uji Coba prototipe.

Berikut ini akan dibahas perbandingan daya listrik yang dihasilkan oleh prototipe pembangkit listrik tenaga gelombang laut tipe Oscilating Water Column melalui perhitungan matematis dan uji coba prototipe. Pada perhitungan yang telah dibahas pada sub bab 4.4.2, akan dijelaskan secara grafik supaya perbandingan kedua metode ini dapat secara cepat di mengerti.

Pada perhitungan ini menggunakan tinggi gelombang $H=0,2$ meter yang merupakan penyekalaan empat kali lebih kecil di bandingkan dengan tinggi gelombang di bandealit $H=0,8$ meter, dan $0,23$ meter yang merupakan penyekalaan empat kali dari tinggi gelombang rata-rata selama setahun, yakni pada tahun 2013 dengan besar $0,9$ meter.

Perbandingan daya yang dihasilkan dari perhitungan dan uji coba di sajikan pada grafik 4.16, 4.17, 4.18, dan 4.19 di bawah ini.

Pada gambar grafik 4.22 diatas merupakan daya yang dihasilkan oleh prototype dengan ketinggian gelombang $0,2$ meter dengan periode gelombang $1,23$ detik. percobaan dilakukan sebanyak 10 kali untuk melakukan literasi. Hasil dari literasi yakni daya rata – rata yang dihasilkan oleh prototype sebesar $4,8$ mili watt. Jika dibandingkan dengan perhitungan dengan tinggi dan periode gelombang yang sama, daya yang dihasilkan mencapai $8,1$ watt.

Antara hasil perhitungan dan uji coba mengalami deviasi yang sangat besar, yakni mencapai 1: 1687 kali dari perhitungan matematis.

Pada gambar grafik 4.23 diatas merupakan daya yang dihasilkan oleh prototype dengan ketinggian gelombang $0,23$ meter dengan periode gelombang $1,3$ detik. percobaan dilakukan sebanyak 10 kali untuk melakukan literasi. Hasil dari literasi yakni daya rata – rata yang dihasilkan oleh prototipe sebesar $8,27$ mili watt. Jika dibandingkan dengan perhitungan dengan tinggi dan periode gelombang yang sama, daya yang dihasilkan mencapai $13,2$ watt.

Antara hasil perhitungan dan uji coba mengalami deviasi yang sangat besar, yakni mencapai 1: 1604 kali dari perhitungan matematis.

IV. KESIMPULAN

Daya rata – rata yang dihasilkan oleh prototipe pembangkit listrik tenaga gelombang laut tipe oscilating water column untuk tinggi gelombang $0,2$ meter adalah $4,8$ miliWatt. Sedangkan untuk gelombang dengan tinggi $0,23$ meter daya rata – rata yang mampu dihasilkan sebesar $8,27$ miliWatt.

Bentuk kolom Oscilating water column yang lebih efektif adalah bentuk kolom yang dipasang tetap dibandingkan dengan yang mengapung. Perhitungan matematis dan secara uji coba prototipe menghasilkan hasil yang sangat berbeda, hal ini dikarenakan berbagai sebab, antara lain: bentuk kolom OWC yang berpengaruh pada efisiensi, efisiensi turbin, dan juga efisiensi dari generator listriknya sendiri. Besar kecilnya daya dipengaruhi oleh dimensi dari kolom OWC, ketinggian gelombang dan juga periode dari gelombang tersebut. Semakin

besar tinggi gelombang, daya listrik yang akan dihasilkan akan semakin besar.

Semakin lama periode gelombang, daya listrik yang dihasilkan juga akan semakin besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Angkasa Pura, karena melalui program di lembaganya, penulis mendapatkan dana untuk penyelesaian tugas akhir ini. Dan juga kepada keluarga, sahabat dan semua pihak yang turut terlibat dalam proses penyusunan tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dudhgaonkar, Prasad, S. Kedarnath, Pattanaik, Biren. 2011. "Performance analysis of a floating power plant with a unidirectional turbine based power module".: Linkoping: Sweden 2230-2237
- [2] Hidayat, Novy. Jul. 2013. "Generator DC", <URL: <https://www.google.com/search?q=cara+kerja+generator+DC&ie=utf-8&oe=utf-8&aq=t&rls=org.mozilla:enUS:official&client=firefox-a>
- [3] Islay Limpet Wave Power Plant .2002," Publisable Report". Queen university of Belfast.
- [4] Johnson, Nicole., Olson, Eric. 2010. "Oscilating Water Column (OWC)". University of Winconsin Madison.
- [5] Natarajan, M, Mohan, K, Balasubramanian, T . 2010 " Waves and Tides", Centre of Advance Study in Marine biology, Annamalai University.
- [6] Rahmatulloh, Alek. 2013. "Studi Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Tipe Oscilating Water Column(OWC) di Pantai Badealit Jember," Surabaya : Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan ITS.
- [7] Seok, Oh, and Hun Han, Sung. 2013 " Inlet geometry effect of wave energy conversion system". Busan: Springer 2793-2798
- [8] Utami, Siti Rahma. 2010. "Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut dengan Menggunakan Sistem Oscilating Water Column (OWC) di Tiga Puluah Wilayah Kelautan," Depok