

Rancang Bangun Prototipe Pompa Piston Aksi Tunggal Untuk PLTGAL Skala Laboratorium

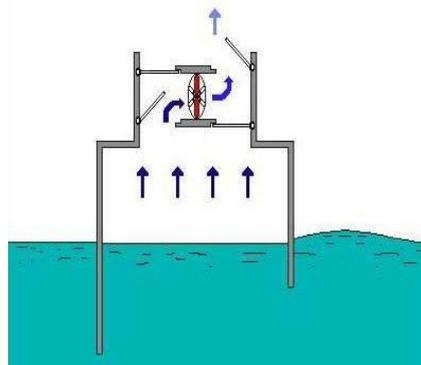
Ismail¹, Nur Taufik^{2*}¹ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jl. Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta, 12640* Corresponding author: nurtaufik100@gmail.com

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun dan menganalisis performansi dari pompa piston aksi tunggal untuk pembangkit listrik gelombang air laut skala laboratorium. Penelitian pada pembangkit listrik tenaga gelombang air laut masih sangat jarang dilakukan di Indonesia. Wilayah perairan di Indonesia jauh lebih banyak dibandingkan wilayah daratan. Energi yang bersumber dari perairan sangat banyak dan masih sangat jarang tereksplorasi. Perancangan konsep dilakukan untuk merancang prototipe yang bisa digunakan untuk mengeksploitasi energi pada gelombang air laut. Prinsip kerja dari prototipe yang dirancanakan adalah pompa piston digerakkan oleh sebuah lengan ayun sebagai penerus gerakan naik turun gelombang air laut. Pompa piston menghisap air untuk dipompa dan dialirkan ke sebuah turbin, turbin ini nantinya akan berputar dan meneruskan putarannya ke sebuah generator listrik. Studi eksperimental dilakukan setelah dilakukan rancang bangun pada prototipe. Hasil dari studi eksperimental pada prototipe ini diperoleh efisiensi pompa adalah 55,6% dengan daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan pompa ini hanya 0,84 Watt atau hanya sebesar 22% dari energi yang disimpan pada gelombang air laut yang disimulasikan pada penelitian ini. Sistem prototipe skala laboratorium ini bisa untuk dikembangkan sebagai pembangkit listrik tenaga gelombang air laut, karena efisiensi yang cukup dan daya yang digunakan untuk menggerakkan pompa cukup kecil.

Kata kunci—gelombang air laut; pompa piston; daya.

1. PENDAHULUAN

Potensi energi samudra/laut sangat besar karena Indonesia adalah negara kepulauan. Biaya investasi untuk membuat sebuah pembangkit listrik tenaga gelombang air laut (PLTGAL) di negara maju berkisar 9 sen/kWh hingga 1 sen/kWh [1]. Teknologi yang digunakan dalam pemanfaatan gelombang laut sebagai pembangkit listrik masih terus berkembang, diantaranya adalah pembangkit listrik tenaga gelombang laut sistem *Oscillating Water Column (OWC)* seperti terlihat pada Gambar 1. Sistem OWC melibatkan proses kerja PLTGL sistem OWC, dimana ada sebuah ruang tertutup yang bagian bawahnya tercelup ke dalam air dan bagian lainnya diarahkan pada turbin angin. Gerakan naik turun gelombang membuat udara dalam ruang tersebut tertekan dan diarahkan ke arah turbin angin untuk memutarinya.



Gambar 1. PLTGAL sistem OWC [2]

Salah satu penelitian terkait analisa energi pada sistem OWC dilakukan oleh I Wayan Arta Wijaya berjudul “Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Menggunakan Teknologi *Oscillating Water Column* di Perairan Bali”. Pada penelitian tersebut dilakukan analisa potensi energi jika PLTGL dengan teknologi OWC mengeksploitasi wilayah perairan Bali. Pada penelitian tersebut energi terbesar yang bisa dibangkitkan melalui PLTGL sistem OWC di perairan Bali adalah 4174 MW. Energi sebesar itu jika bisa terealisasi bisa menggantikan ketergantungan pembangkit listrik pada sumber yang tidak bisa diperbaharui.

Pada tahun 2015 penelitian lain dilakukan oleh Aidil Zamri dan kawan-kawan dengan judul “Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Sistem empat Bandul”. Sistem bandul secara vertical meneruskan pergerakan gelombang laut ke transmisi seperti terlihat pada Gambar 2. Penelitian ini bisa menghasilkan daya 30 Watt dengan cara di gerakkan secara manual. PLTGL sistem empat bandul ini bekerjadengan cara meneruskan gerak naik turun gelombang ke lengan yang disebut penton untuk memutar sebuah komponen transmisi yang dihubungkan ke generator listrik.

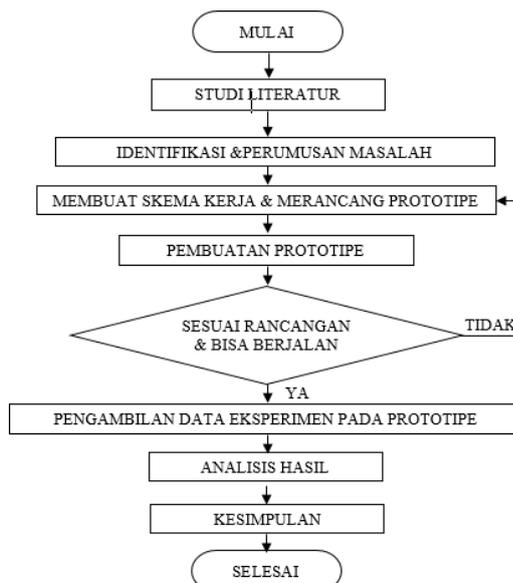


Gambar 2. PLTGL sistem empat bandul [3]

Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya penulis ingin melakukan penelitian untuk melakukan rancang bangun prototipe pompa piston aksi tunggal untuk pembangkit listrik tenaga gelombang air laut skala laboratorium. Konsep konverter energi gelombang laut dengan menggunakan sistem pelampung untuk meneruskan gerakan naik turun gelombang laut ke pompa piston untuk memindahkan air menuju turbin air. Konsentrasi masalah pada penelitian ini terletak pada bagaimana merancang sebuah sistem pembangkit listrik tenaga gelombang air laut skala laboratorium yang bisa dijadikan model prototipe untuk penelitian.

2. METODE

Langkah-langkah pada penelitian ini terlihat pada Gambar 3. Diagram alir penelitian memperlihatkan proses yang dilewati dari penelitian ini. Penelitian dimulai dari melakukan studi literatur pada penelitian sebelumnya, kemudian diidentifikasi dan dirumuskan masalah yang bisa dipecahkan atau diinovasikan dari penelitian sebelumnya. Skema kerja dan rancangan dari prototipe kemudian dibuat dan dilanjutkan dengan pembuatan prototipe. Jika rancang bangun sudah sesuai maka dilakukan pengambilan data pada prototipe untuk kemudian dilakukan analisa dan ditarik kesimpulan.



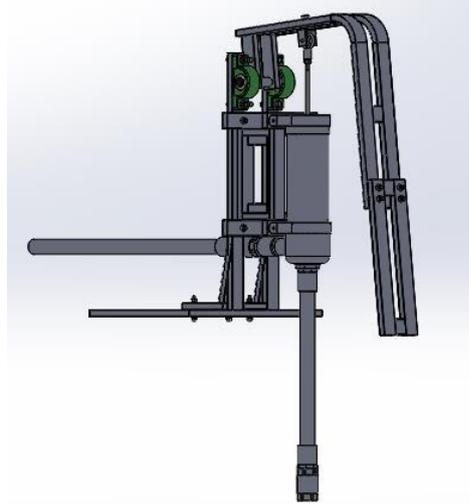
Gambar 3. Diagram alir penelitian

Daya yang tersimpan pada gelombang air laut bisa dihitung menggunakan Persamaan 1 [4]. Pada rumus ini periode gelombang sangat berperan besar untuk menentukan berapa daya yang bisa tersimpan pada gelombang yang ada. P merupakan daya yang memiliki satuan Watt, A merupakan luas

gelombang dengan satuan m^2 . Massa jenis air laut dengan satuan kg/m^3 mempunyai lambang ρ (rho), amplitudo gelombang (α) mempunyai satuan m. frekuensi gelombang mempunyai satuan $1/s$ dengan lambang f . gaya gravitasi dengan satuan m/s^2 mempunyai lambang g serta faktor pengkonversi dari rumus ini dengan nilai $1,0 kg.m/(N.s^2)$ mempunyai lambang g_c .

$$\frac{P}{A} = \frac{1}{2} \rho \alpha^2 f \frac{g}{g_c} \quad (1)$$

Skema kerja dan konsep detail dari prototipe bisa dilihat pada Gambar 4. Pada konsep dari pompa yang digunakan untuk mengalirkan air ke turbin menggunakan pompa piston aksi tunggal. Gerak naik dan turun piston diperoleh dari gerakan naik dan turun gelombang air laut yang diteruskan oleh lengan ayun. Pada sistem pemipaan digunakan *check valve* untuk menjaga aliran air masuk dan keluar. Air yang keluar dialirkan ke turbin air untuk menggerakkan generator listrik.

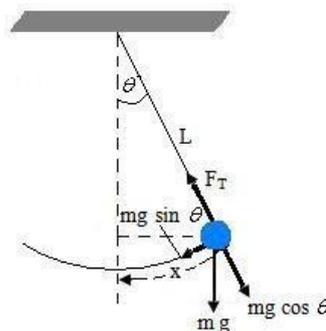


Gambar 4. Konsep detail

Perhitungan pada pompa piston bisa dihitung melalui persamaan 2 yaitu perhitungan debit teoritis pada pompa dengan lambang $Q \frac{m^3}{s}$, D untuk diameter silinder pompa dengan satuan m, L adalah langkah piston dengan satuan m serta periode dengan satuan s dengan lambang dan satuan τ . Pada persamaan 3 [5] daya atau P dengan satuan hp dan W adalah kerja pompa dengan satuan kg.m.

$$Q = \frac{\pi/4 D^2 L}{\tau} \quad (2)$$

$$P = \frac{W}{75} \quad (3)$$



Gambar 5. Sistematis lengan ayun

Lengan ayun pada prototipe adalah komponen yang meneruskan gerakan naik turun gelombang air laut ke gerakan naik turun piston. Ilustrasi lengan ayun bias dilihat pada Gambar 5. Perhitungan pada lengan ayun bisa dihitung melalui persamaan 4 untuk menghitung Gaya dengan lambang F yang memiliki satuan N dan persamaan 5 untuk menghitung torsi yang memiliki satuan N.m dengan satuan T pada lengan ayun [3]. Massa lengan ayun mempunyai satuan kg dengan lambang m , sedangkan percepatan gravitasi mempunyai lambang g dengan satuan m/s^2 . Panjang lengan ayun disimbolkan dengan huruf L dengan satuan m.

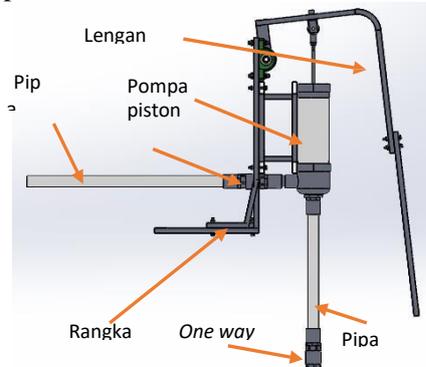
$$F = m \cdot g \cdot \sin\theta \quad (4)$$

$$T = F \cdot L \quad (5)$$

3. HASIL

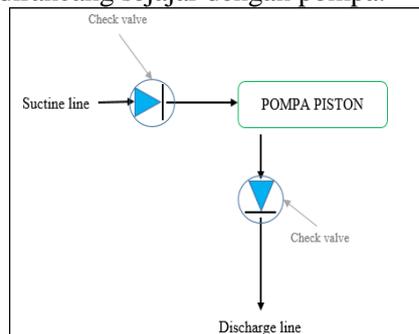
Rancangan prototipe

Hasil rancangan terlihat pada Gambar 6. Bahan yang digunakan pada rancangan ini harus tahan terhadap korosi, karena akan terus berkesinambungan bersentuhan dengan air laut. Seperti bahan yang digunakan pada rangka menggunakan besi galvanis, bahan pada pompa dan pemipaan menggunakan PVC. Selain bahan inti dari prototipe ini, bahan pada bagian penunjang seperti mur, baut, dan yang lainnya juga harus tahan terhadap korosi.



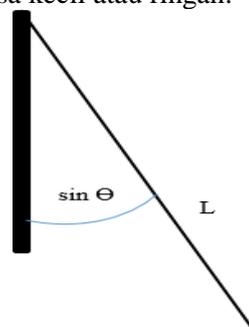
Gambar 6. Rancangan prototipe

Jalur pemipaan dan pompa piston dirakit seperti pada Gambar 7. Air dihisap melalui *suction line* lalu masuk ke dalam pompa piston dan didorong keluar melalui *discharge line* untuk kemudian dialirkan ke turbinair. Diameter silinder pada perancangan ini adalah 87,3 mm, diameter pipa hisap dan buang 27,7 mm, tinggi pipa hisap adalah 40 cm dan untuk pipa buang tidak memiliki ketinggian atau dengan kata lain pipa buangnya dirancang sejajar dengan pompa.



Gambar 7. Pompa piston dan jalur pemipaan

Posisi rancangan pada lengan ayun bisa dilihat dari Gambar 8. Lengan ayun yang dirancang memiliki panjang sebesar 885 mm dengan sudut minimal membentuk sudut 27° dan berat lengan ayun sebesar 2,35 kg. Lengan ayun ini harus dirancang sedemikian rupa agar gaya yang dikeluarkan untuk menggerakkan piston naik dan turun bisa kecil atau ringan.



Gambar 8. ilustrasi lengan ayun

Manufaktur Prototipe

Proses manufaktur terbagi menjadi 2, perakitan rangka serta lengan ayun dan perakitan pompa piston dan jalur pemipaan yang kemudian disatukan. Proses manufaktur pada rangka bisa terlihat pada Gambar 9. Rangka disatukan dengan cara diikat dengan baut dan mur. Pada proses ini lengan ayun belum dipasang, karena menunggu pompa piston dan pemipaan terpasang pada rangka terlebih dahulu. Seperti terlihat pada Gambar 9 rangka bisa diletakkan pada sebuah alas yang memiliki ketinggian

melebihi dari panjang pipahisap.

Proses manufaktur selanjutnya menyatukan pompa piston dan sistem pemipaan seperti terlihat pada Gambar 9b. Pompa piston terdiri dari beberapa bagian seperti dinding silinder, piston, penghubung pipa, karet penahan bocor, serta bagian kecil lainnya. Untuk sistem pemipaan mempunyai bagian penting yaitu *check valve* yang harus diperhatikan arah kerjanya agar kerja aliran air bisa terjaga dengan baik. Proses manufaktur pada pompa piston dan sistem pemipaan ini digunakan lem untuk bahan PVC agar tidak terjadi kebocoran yang dapat mengurangi kinerja pompa piston.

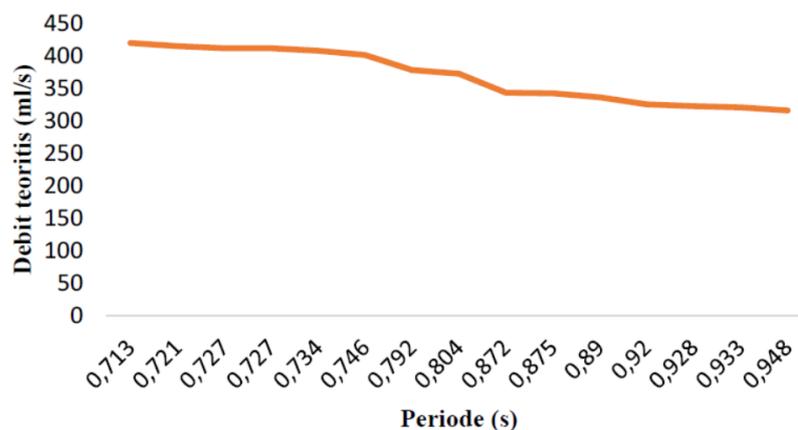


Gambar 9. Rangka pemegang pompa dan lengan ayun (a) serta Pompa piston dan sistem pemipaan (b)



Gambar 10. Prototipe pompa piston aksi tunggal untuk PLTGAL Skala Laboratorium

Rangka dan pompa piston serta lengan ayun kemudian disatukan menjadi prototipe secara keseluruhan seperti terlihat pada Gambar 10. Proses ini adalah akhir dari proses manufaktur, ketika menggabungkan antara poros sumbu piston dengan lengan ayun harus dilakukan secara perlahan agar terpasang dengan baik. Prototipe yang sudah dirakit ini kemudian dilakukan percobaan secara fungsi sebelum melakukan pengambilan data.



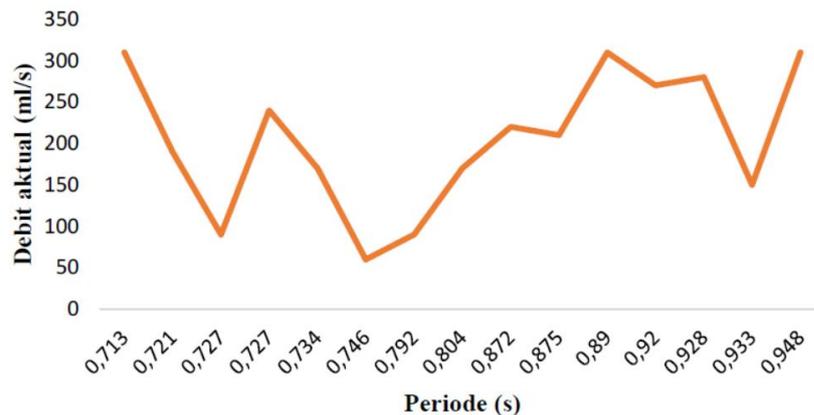
Gambar 11. Pengaruh antara periode dan debit teoritis

Analisis Data

Dari eksperimen atau pengambilan data yang dilakukan pada prototipe, didapatkan periode gelombang rata-rata adalah 0,822 s dengan debit aktual rata-rata 204,67 ml/s. Pada Gambar 11 terlihat pengaruh periode terhadap debit teoritis. Semakin cepat waktu periode maka semakin besar debit yang dihasilkan secara teoritis, dengan kata lain semakin cepat atau semakin banyak ombak yang datang

maka akan menghasilkan debit yang besar. Tinggi gelombang dan banyaknya gerakan naik turun piston juga mempengaruhi debit yang dihasilkan, namun pada penelitian ini panjang langkah piston mempunyai limitasi sebesar 50 mm dan jumlah gerakan naik dan turun piston pada setiap pengambilan data adalah 10 kali.

Selanjutnya pada Gambar 12 grafik pengaruh waktu periode dengan debit aktual yang terlihat fluktuatif. Grafik yang dihasilkan dari pengambilan data secara aktual ini sangat fluktuatif karena dipengaruhi oleh percepatan pada setiap gerakan naik dan turun piston. Secara debit rata-rata yang dihasilkan pada data aktual ini mempunyai efisiensi debit yang dihasilkan sebesar 55,6%. Secara teoritis daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan pompa piston aksi tunggal pada prototipe rancang bangun yang dibuat ini adalah sebesar 0,84 Watt. Gaya yang bekerja pada lengan ayun adalah 10,36 N dan torsi pada lengan ayun sebesar 9,17 N.m.



Gambar 12. Pengaruh antara periode dan debit aktual

4. KESIMPULAN

Hasil perancangan dari penelitian ini diperoleh rancangan pompa piston aksi tunggal dengan sistem penggerak menggunakan lengan ayun untuk meneruskan gerak naik turun gelombang air laut menjadi gerakan naik turun piston. Pada sistem pemipaan digunakan check valve untuk menjaga aliran air pada pompa piston. Material yang digunakan pada perancangan ini menggunakan material yang bersifat anti korosif. Proses manufaktur dilakukan menjadi 2 kelompok besar, yaitu proses manufaktur pada rangka dan proses manufaktur pada pompa piston dan sistem pemipaan yang kemudian disatukan menjadi prototipe pada penelitian ini. Rancangan bangun pada penelitian ini memperoleh efisiensi debit dari pompa piston adalah 55,6%. Energi yang dibutuhkan untuk menggerakkan pompa hanya 0,84 Watt. Berdasarkan kesimpulan diatas, hasil rancang bangun prototipe pada penelitian ini bisa dikembangkan lebih lanjut dan bisa menjadi pilihan inovasi energi baru terbarukan di masa yang akan datang.

5. REFERENSI

- [1] I. Kholiq, "Pemanfaatan Energi Alternatif Sebagai Energi Terbarukan Untuk Mendukung SubstitusiBBM". *IPTEK*, vol. 19, pp. 75-91, 2015.
- [2] I. W. A. Wijaya, "Teknologi Oscilating Water Column Di Perairan Bali". *Teknol. Elektro*, vol. 9, no.2, pp. 165-174, 2010.
- [3] A.Zamri, Dkk, "Pembangkit listrik Tenaga Gelombang Laut Sistim Empat Bandul", dalam *seminar Nasional Sains dan Teknologi*, Jakarta, 2015.
- [4] G. A. Moore, "Powerplant Technology," vol. 31, no. 1. p. 84, 2010.
- [5] Y. Rizal and Sepfitrah, "Analisa Kegagalan Fatik Pada Plunger Pompa Torak Reciprocating 5h3s". *APTEK*, vol. 6, pp. 73-86, 2014.