

Perencanaan Instrumen Konversi Energi Tenaga Gelombang Dengan Menggunakan Teknik Kolom Osilasi

C A Siregar^{1*}

Email: candra@umsu.ac.id

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Jl. Kapten Muchtar Basri No.3 Medan, Sumatera Utara

Sudirman Lubis²

Email: sudirmanlubis@umsu.ac.id

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Jl. Kapten Muchtar Basri No.3 Medan, Sumatera Utara

ABSTRAK

Indonesia yang merupakan negara kepulauan yang memiliki banyak wilayah perairan khususnya laut berpotensi untuk di jadikan sebagai media pembangkit listrik dengan memanfaatkan tenaga gelombang laut. Kolom air osilasi (*Osilating water colom (owc)*) merupakan salah satu pembangkit listrik yang menggunakan tenaga gelombang sebagai sumber energi. Keuntungan utama *Osilating water column* dibandingkan kebanyakan konversi energi gelombang (*wave energy conversion*) lainnya adalah kesederhanaannya. Tempat di laksanakan kegiatan penelitian ini adalah laboratorium teknik mesin universitas muhammadiyah sumatera utara. Penelitian ini akan merancang 3 konsep alat konversi energi listrik tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi, memilih satu konsep dari tiga konsep yang di rancang, menganalisa kuat arus listrik yang di hasilkan alat konversi energi listrik tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi. Berdasarkan uji konsep pada rancangan alat pembangkit listrik tenaga gelombang teknik kolom osilasi konsep 3 yang memenuhi kriteria untuk di buat rancangan pembuatan karena pada konsep 3 kolom osilasinya mengerucut ke atas sehingga tekanan udara terfokus ke satu arah, setelah pengujian alat di dapat hasil dengan ketinggian air 30 cm, tinggi gelombang 1 cm dan panjang gelombang 66 cm menghasilkan listrik 0,06 v, dengan ketinggian air 40 cm, tinggi gelombang 5 cm dan panjang gelombang 75 cm menghasilkan listrik 0,08 v, dengan ketinggian air 45 cm, tinggi gelombang 6 cm dan panjang gelombang 97 cm menghasilkan listrik 0,06 v.

Kata Kunci : kolom air osilasi, energi gelombang air

Pendahuluan

Energi fosil merupakan sumber energi utama di dunia saat ini, namun energi fosil bukanlah jenis energi yang selalu ada selain itu energi fosil memiliki dampak negatif terhadap lingkungan, Para ahli memperkirakan dunia akan mengalami krisis energi global karena penggunaan energi yang terus menerus berasal dari bahan bakar fosil tidak dapat diperbaharui kembali sedangkan kebutuhan energi semakin meningkat [1,2]. Solusi untuk mengatasi masalah itu dengan memanfaatkan energi terbarukan salah satu sumber energi terbarukan adalah energi gelombang laut. Di antara banyak jenis sistem pembangkit tenaga gelombang, OWC (*Osilating water colom*) sistem daya gelombang adalah salah satu sistem yang paling menjanjikan dan telah dipelajari oleh banyak peneliti. Perangkat *Osilating water column* telah dibangun di beberapa negara termasuk Jepang.. *Osilating water colom (owc)* atau kolom osilasi merupakan salah satu pembangkit listrik yang menggunakan tenaga gelombang sebagai sumber energi [3].

Keuntungan utama *Osilating water column* dibandingkan kebanyakan konversi energi gelombang (*wave energy conversion*) lainnya adalah kesederhanaannya, satu-satunya bagian yang bergerak dari konversi energi. Mekanisme adalah rotor turbin, yang terletak di atas permukaan air, berputar pada kecepatan yang relatif tinggi dan langsung mengendarai konvensional generator listrik. *Osilating water column* adalah kelas utama energi gelombang

konverter, mungkin kelas yang paling luas dipelajari dan dengan jumlah prototype terbesar sejauh ini dikerahkan kedalam laut [6]. Indonesia yang merupakan Negara kepulauan yang memiliki banyak wilayah perairan, khususnya laut berpotensi untuk dijadikan sebagai media pembangkit listrik dengan memanfaatkan tenaga gelombang laut. Balai pengkajian dinamika dan penerapan teknologi (bppt) telah berhasil membangun *prototype* pertamapembangkit listrik tenaga gelombang laut di Indonesia dengan sistem *oscillating water column* (PLTGL OWC). PLTGL OWC ini dibangun dipantai baron, Yogyakarta. Teknologi konversi gelombang laut sistem OWC dipilih karena selain tidak membutuhkan biaya yang besar, teknologi ini juga cocok didaerah dengan topografi pantai yang curam.

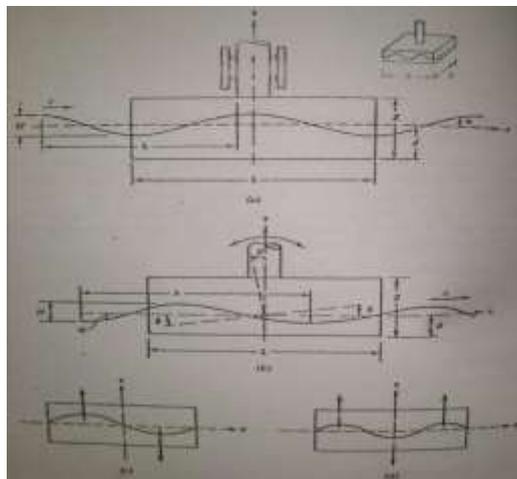
[8,9].

Dasar Teori

Energi gelombang laut dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan pesawatpesawat demi kesejahteraan manusia, upaya untuk menggerakkan energi gelombang laut telah banyak dilaksanakan baik dengan konsep yang sederhana. Sejumlah percobaan telah dilaksanakan oleh para ahli di bidang gelombang laut dan telah ditemukan beberapa konsep pemanfaatannya, diantaranya. Pada gambar 1.a ditunjukkan suatu benda yang memanfaatkan [10].

Heaving and Pitching Bodies

Cara kerja dari pesawat konversi energy gelombang laut dengan memanfaatkan naik turunnya gelombang laut (*heaving*) dan goyang (*pitching*) dari gelombang. Pada gambar 1.a ditunjukkan suatu benda yang memanfaatkan gerak naik turunnya ombak dalam arah vertical. Gerak naik turun benda tersebut dapat mendorong suatu mekanisme alat yang dapat mengubah energy ombak menjadi energy tenaga listrik ataupun penggerak pesawat lain. Besarnya daya mekanik dari benda yang bergerak naik-turun (*heaving body*) adalah produk dari gaya ombak yang terinduksi dan kecepatan naik-turunnya dari benda [12].



Gambar 1. Bodi mengapung terkena gerak heaving dan pitching : (a) a purely Heaving float: (b) purely pitching float: (c) Pure pitching condition : (d) pure heaving condition

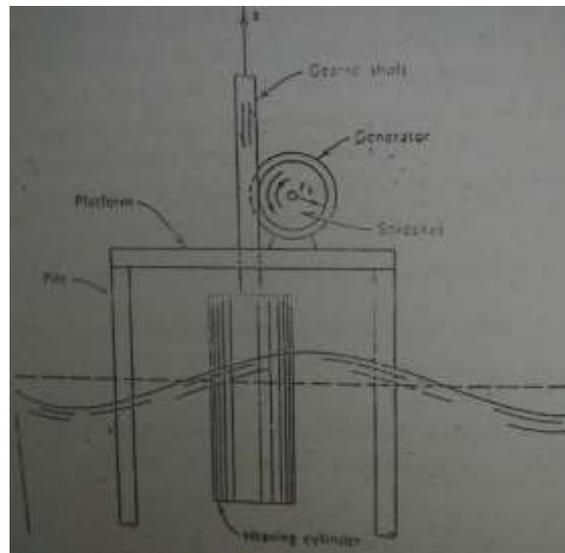
Bila gerak naik turunnya memanfaatkan panjang gelombang $L=\lambda$ dengan gaya bersih vertical (net vertical force) untuk harga $L = \frac{L\lambda}{2}$ maka harga $N= 1,3,5,$

Besar frekuensi gerak naik turun dari benda terapung dijabarkan McCormick (1973) dan Bhattacharyya (1978) sebagai berikut:

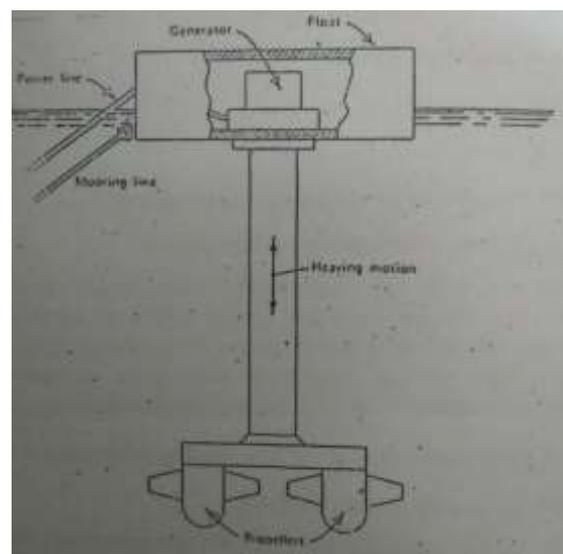
$$f_2 = \frac{1}{T_2} = \frac{\omega_z}{2\pi} = 1/2 \sqrt{\frac{\rho g A_{wp}}{m + m_w}} \quad (1)$$

- Dimana :
- T_z = heaving periode
 - ω_z = frekuensi sirkular
 - ρ = density air laut
 - A_{wp} = luas benda yang mengapung
 - m_w = massa air yang gerak naik turun
 - m = massa heaving system

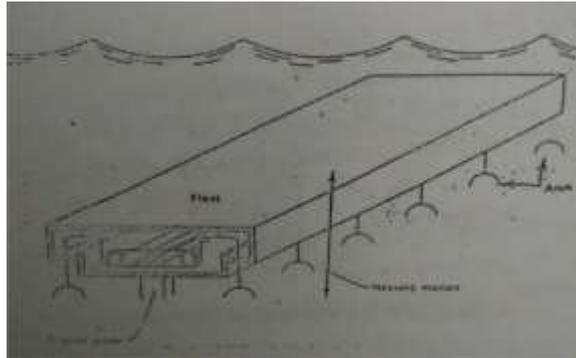
Pada gambar 1 (a) menunjukkan suatu benda apung yang memanfaatkan priode goyangan dari alinan ombak secara alami. Perancangan dari pesawat ini memanfaatkan frekuensi alami dari gelombang laut untuk beresonansi, baik melalui gelombang maupun oleh alunan gelombang medium dan kecil. Bila goyangan gelombang dianggap berasal dari gelombang yang monokromatis dengan panjang gelombang dan $L = \frac{L\lambda}{2}$, dimana $N=3$, dan maksimum bila $N = 1$



Gambar 2. Heaving active gear-sprocket generator system



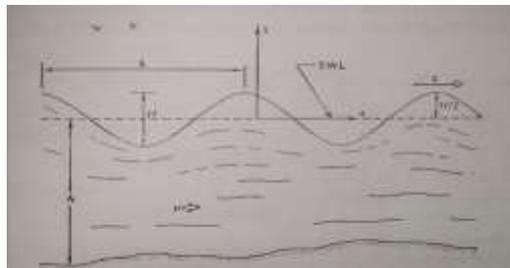
Gambar 3. Sprocket generator system



Gambar 4. Heaving device (solell)

Gelombang Linier

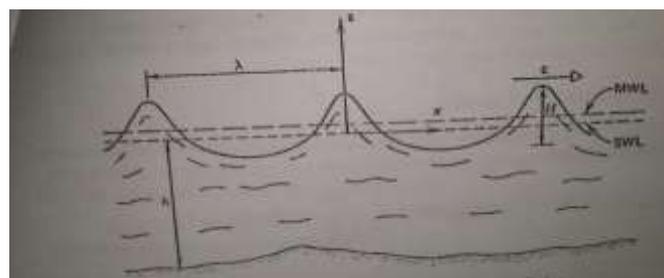
Teori gelombang linier (Airy) didasarkan pada asumsi bahwa tinggi (H) dan panjang gelombang (L) relatif kecil bila dibandingkan dengan kedalaman laut (d). Dengan asumsi tersebut persamaan kondisi batas pada muka air laut (free surface boundary condition) dapat dilinierisasi; pada analisis dengan *deret Taylor* hanya suku pertama saja yang digunakan sedang suku orde yang lebih tinggi diabaikan. Bila gelombang laut bergerak ke pantai asumsi ini mungkin tidak valid lagi karena nilai H/d dan L/d menjadi relatif besar. Validitas beberapa teori gelombang telah dilakukan oleh **Dean (1968)** kemudian **Dean dan Le Mehaute (1970)**. Mereka memberikan daerah validitas untuk beberapa teori gelombang sebagai fungsi periode (T), tinggi gelombang ($2H/gT$) serta kedalaman laut ($2d/gT$). Dari hasil penelitian mereka, dapat disimpulkan bahwa untuk memodelkan gelombang di laut dangkal teori gelombang yang cocok adalah gelombang, **Cnoidal. Sobey dkk. (1987)** menyimpulkan hal yang sama. Disamping itu mereka juga merekomendasikan teori gelombang Fourier untuk digunakan dilaut dangkal maupun transisi (antara laut dangkal dan dalam). (**Budipriyanto 2008**) [10].



Gambar 5. Sketsa profil gelombang linier

Gelombang non linier

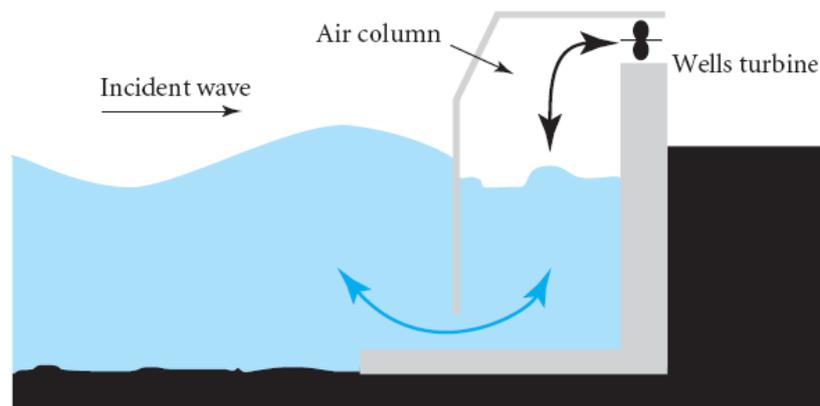
Pada gelombang non-linier, permukaan air laut (SWL) dan permukaan air rata-rata (MWL) mempunyai selisih tertentu. Bila batas swl selalu dan mwl berhimpitan maka gelombang non-linier akan berubah kembali menjadi gelombang linier. Untuk gelombang non-linier, kedudukan SWL selalu dibawah MWL [12].



Gambar 6. Sketsa profil gelombang non linier

Sistem Kolom Osilasi

Sistem ini membangkitkan listrik dari naik turunnya air laut akibat gelombang laut yang masuk kedalam sebuah kolom osilasi yang berlubang. Naik turunnya air laut ini akan mengakibatkan keluar masuknya udara di lubang bagian atas kolom dan tekanan yang dihasilkan dari naik turunnya air laut dalam kolom tersebut akan menggerakkan turbin. Tenaga mekanik yang dihasilkan dari sistem-sistem tersebut ada yang akan mengaktifkan generator secara langsung atau mentransfernya ke dalam fluida udara, yang selanjutnya akan menggerakkan turbin atau generator. Salah satu jenis turbin angin sumbu vertikal yang dapat digunakan pada kecepatan angin rendah adalah turbin angin Savonius. Konstruksi turbin sangat sederhana, terdiri dari dua bilah setengah silinder. Pada perkembangan turbin ini Savonius banyak mengalami perubahan bentuk pada rotornya.



Gambar 7. Sistem osilasi water column

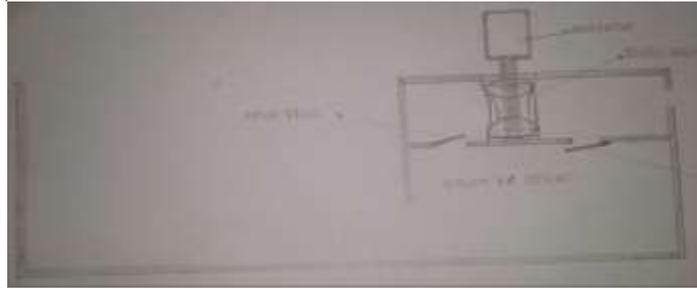
Sistem *Oscillating Water Column* (OWC) merupakan sistem dengan konstruksi yang terdiri dari dua komponen utama, yaitu ruang udara (*Air Chamber*) dan Turbin Udara Generator (*air turbine generator*). Kesemuanya ini di rencanakan untuk membangkitkan energi listrik melalui turbin generator yang dapat berputar karena tekanan udara yang di sebabkan oleh gerakan naik turunnya gelombang didalam ruang udara tetap. Gerakan naik turunnya air pada kolom osilasi diasumsikan sebagai piston hidraulik. Piston ini selanjutnya menekan udara yang berfungsi sebagai fluida udara. Udara yang bertekanan tersebut akan menggerakkan turbin udara yang selanjutnya menggerakkan generator listrik. Proses pengubahan dari energi gerak gelombang kepada energi potensial tekanan udara berlangsung secara isothermis. Pendekatan ini dipilih karena dalam proses kompresi ini dianggap tidak terjadi peningkatan temperature yang berarti. Besarnya kompresi tergantung kepada panjang langkah piston, sedangkan panjang langkah piston dipengaruhi oleh tinggi gelombang (H) dan efisiensi absorsi gelombang pada kolom osilasi.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini akan di rancang alat konversi energi tenaga gelombang teknik kolom osilasi, ada pun konsep yang di buat untuk rancangan alat penelitian adalah sebagai berikut :

Konsep 1.

Konsep kolom osilasi turbin vertikal ini memiliki 2 katub udara yaitu katup masuk dan katup keluar, prinsip kerja hampir sama dengan prinsip kerja motortetapi di sini yang berperan sebagai piston adalah air. Air yang naik turun akan memberikan tekanan pada udara yang ada di dalam kolom osilasi sehinggaterdorong keluar melalui katup keluar kemudian memutar turbin.



Gambar 7. konsep 1

Konsep 2

Konsep 2 adalah kolom air osilasi yang turbin dan generatornya berada didepan.



Gambar 8. Konsep 2

Konsep 3

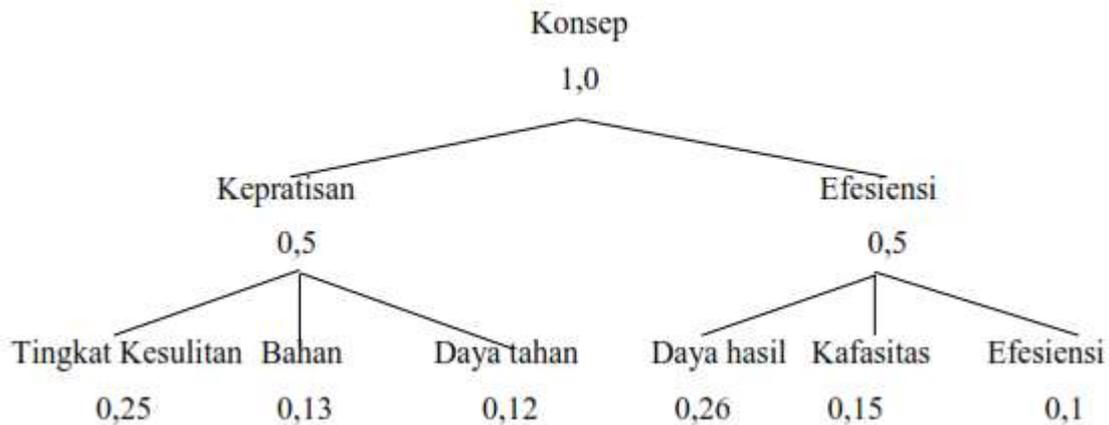
Konsep ini memiliki bentuk yang menyerupai konsep turbin vertikal, yang membedakannya adalah pada konsep ini memiliki dinding kolom osilasi sedikit kerukut yang bertujuan untuk memberikan tekanan udara ke satu titik, pada konsep ini turbin diletakkan tepat atas kolom osilasi.



Gambar 9. Konsep 3

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam perancangan ini telah dibuat 3 konsep alat konversi energi tenaga gelombang dengan teknik kolom osilasi, maka dari itu akan di pilih satu konsep dengan cara metode matrik keputusan. Metode ini umum nya di gunakan dalam bidang teknik untuk membuat keputusan dalam perancangan produk tetapi juga dapat digunakan untuk berbagai tujuan. Dengan menggunakan nilai skala 5 yang dimulai dari 0 hingga 4, kriteristik tertentu diberi peneringkatan dan pada akhirnya penjumlahan ddengan nilai terbesar lah yang dianggap paling baik. Untuk pemilihan konsep alat konversi energi tenaga gelombang dengan teknik kolom osilasi akan di tentukan kriteria yang dianggap sesuai seperti yang terlihat pada pohon objektif dibawah :



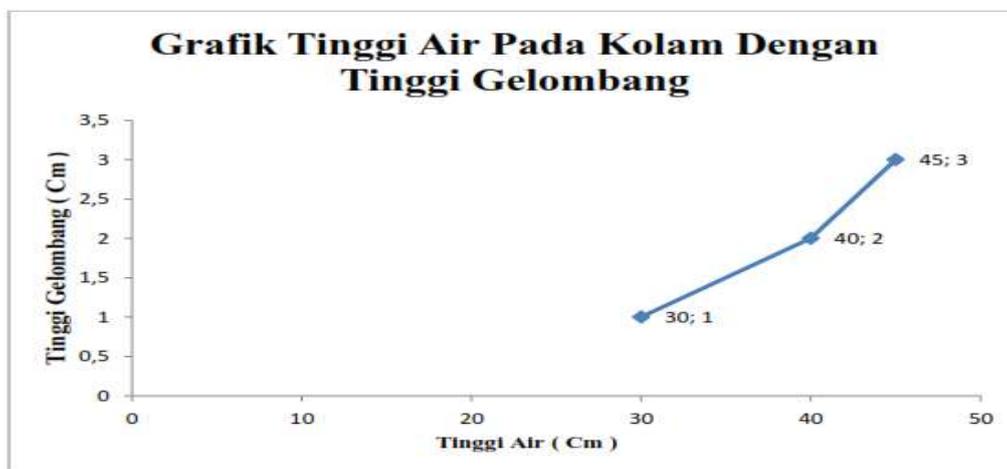
Gambar 10. Pohon keputusan untuk pemilihan konsep

Hasil dari pemilihan konsep di tinjau dari kepraktisan dan efesiensi nya maka jenis konsep 1 mendapat penilaian terkecil dengan nilai 3 dibandingkan dua konsep lain nya, konsep 2 mendapat penilaian tertinggi kedua dengan nilai 4,24 , sedangkan konsep 3 mempdapat penilaian tertinggi pertama yaitu dengan nilai 5,3 maka dari itu konsep 3 lah yang akan dipilih untuk di buat. Hasil selengkap nya dapat dilihat pada tabel 1 di bawah.

Tabel 1.

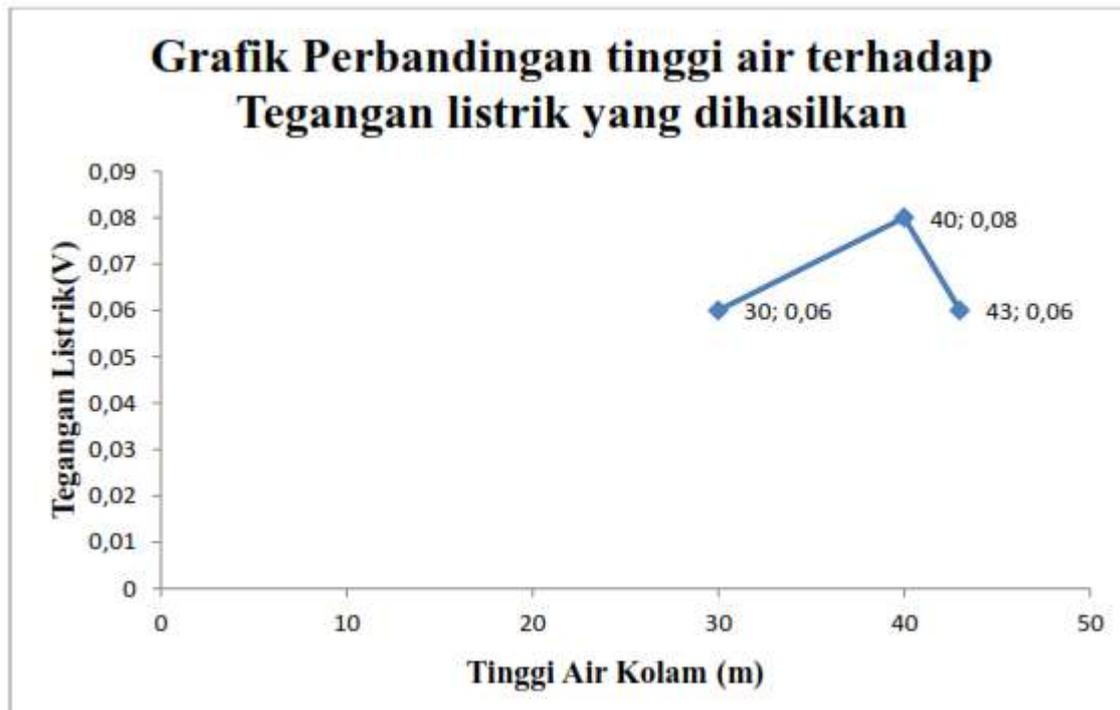
Kriteria	Faktor Pemberat	Konsep 1			Konsep 2			Konsep 3		
		Besaran	Angka	Nilai	Besaran	Angka	Nilai	Besaran	Angka	Nilai
Tingkat kesulitan	0,25	Sangat Sulit	2	0,5	Mudah	6	1,5	Sulit	4	1
Bahan	0,13	Mahal	2	0,26	Murah	4	0,52	Murah	4	0,52
Daya tahan	0,12	Rendah	2	0,24	Sedang	4	0,48	Tinggi	6	0,72
Daya yang di hasilkan	0,26	Sedang	4	1,04	Sedang	4	1,04	Besar	6	1,56
kapasitas	0,15	Besar	6	0,72	Kecil	2	0,3	Besar	6	0,9
Efesiensi	0,1	Kecil	2	0,24	Sedang	4	0,4	Besar	6	0,6
Hasil				3			4,24			5,3

Grafik Tinggi Air Pada Kolam Dengan Tinggi Gelombang



Pada grafik terlihat bahwa semakin tinggi air yang ada di dalam kolam ombak maka tinggi gelombang semakin tinggi pula, itu disebabkan karena tumpuan pendorong air berada di atas sehingga semakin tinggi air semakin kuat pula dorongannya.

Grafik Tinggi air Terhadap Arus Yang Dihasilkan



Pada grafik perbandingan tinggi air terhadap listrik yang dihasilkan terlihat bahwa ada peningkatan listrik dari tinggi air 30 cm dan 40 cm yaitu sebesar 0,02V tetapi pada tinggi air 45 cm mengalami penurunan kembali sebesar 0,02V itu disebabkan karena air di dalam kolam ombak terlalu banyak sehingga putaran pendorong air mengalami perlambatan akibat beban air

Kesimpulan

Berdasarkan uji konsep pada rancangan alat pembangkit listrik tenaga gelombang teknik kolom osilasi konsep 3 yang memenuhi kriteria untuk di buat rancangan pembuatannya karena pada konsep 3 kolom osilasinya mengerucut ke atas sehingga tekanan udara terfokus ke satu arah, setelah pengujian alat di dapat hasil dengan ketinggian air 30 cm, tinggi gelombang 1 cm dan panjang gelombang 66 cm menghasilkan listrik 0,06 v, dengan ketinggian air 40 cm, tinggi gelombang 5 cm dan panjang gelombang 75 cm menghasilkan listrik 0,08 v, dengan ketinggian air 45 cm, tinggi gelombang 6 cm dan panjang gelombang 97 cm menghasilkan listrik 0,06

Daftar Pustaka

- [1] Alfansuri, T., & Zuliari, E. A. (2014). Kajian Potensi Tenaga Gelombang Laut. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan II*
- [2] Budipriyanto, A. (2008). Pengaruh Non Linieritas Gelombang terhadap Gaya dan Momen Guling akibat Gelombang pada Dinding Vertikal di Laut Dangkal. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*. <https://doi.org/10.12962/j12345678.v5i1.2759>.
- [3] Ir.pudjanarsa, a. M., & Prof.Ir.nursuhud, d. M. (2006). *MESIN KONVERSI ENERGI*. Yogyakarta: C.V ANDI OFFSET.

Jurnal Mesil (Mesin, Elektro, Sipil)

url: <https://ceredindonesia.or.id/index.php/mesil>

Vol.1, No.1, Juni 2020, Hal 63-71

- [4] Khoirul, M., Febri, R., Sarwito, S., & Kusuma, R. (2014). Perancangan Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Tipe Oscilating Water Column di Pantai Bandalit Jember. *TEKNIK POMITS*.
- [5] Navarro, D., Dkk, 2008. Wave Energy Conversion. USA: Departement Of Architecture And Marien Enginnering.
- [6] Mardiansyah, L. A., Ismanto, A., & Setyawan, W. B. (2014). Kajian Potensi Gelombang Laut Sebagai Sumber Energi Alternatif Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL) Dengan Sistem Oscilating Water Column (OWC) Di Perairan Pantai Bengkulu. *Jurnal Oseanografi*, 3(3), 328–337.
- [7] Mc Cormick, Michael E., OCEAN Wave Energy Conversion, John Wiley And Sons, New York., 1981.
- [8] Nunes, G., Valério, D., Beirão, P., & Sá da Costa, J. (2011). Modelling and control of a wave energy converter. *Renewable Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2010.12.018>.
- [9] Safitri, L. E., Jumarang, M. I., & Apriansyah, A. (2016). Studi Potensi Energi Listrik Tenaga Gelombang Laut Sistem Oscillating Water Column (OWC) di Perairan Pesisir Kalimantan Barat. *Positron*, 6(1), 8–16. <https://doi.org/10.26418/positron.v6i1.14536>.
- [10] Siregar, A. M., and C. A. Siregar. 2019. “Reliability Test Prototype Wind Turbine Savonius Type Helical as an Alternative Electricity Generator.” *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 674(1).
- [11] M. N. Fauzi, S. Harbintoro, B. Besar, and K. Perindustrian, “Regression analysis to determine correlation of power and Torsion for pelton turbine,” vol. 38, no. 2, 2016
- [12] E. O. Hair and M. G. Giesselmann, “Comparative Analysis of Regression and Artificial Neural,” vol. 123, no. November, pp. 327–332, 2001