

Pembuatan Alat Konversi Energi Memanfaatkan Gelombang Dengan Menggunakan Teknik Kolom Osilasi

C A Siregar

Email: chandra@umsu.ac.id

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

ABSTRAK

Pada saat ini banyak sekali sumber daya yang dapat dimanfaatkan, salah satunya adalah gelombang air. Gelombang dapat dimanfaatkan sebagai penghasil energi yaitu energi listrik dengan memanfaatkan gelombang air yang sekarang ini sudah banyak diaplikasikan. Salah satu teknologi sistem konversi energi gelombang air adalah dengan mengaplikasikan teknologi osilasi kolom air. Prinsip kerja dari osilasi kolom air adalah membangkitkan listrik dari naik turunnya air akibat gelombang air yang masuk kedalam sebuah osilasi kolom. Naik turunnya air ini yang akan mengakibatkan keluar masuknya udara di saluran pada bagian atas kolom air dan tekanan yang dihasilkan dari naik turunnya air dalam kolom tersebut yang akan menggerakkan turbin angin. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji kinerja alat yang dirancang berdasarkan tinggi gelombang, membangun alat uji konversi energi tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik osilasi kolom. Pada penelitian ini diambil 3 perbandingan tinggi air yaitu ketinggian air 30 cm, 40 cm, dan 45 cm. Dari hasil penelitian yang dilakukan pada ketinggian air 30 cm, panjang gelombang yang diperoleh 66 cm dengan tegangan yang dihasilkan 0,00006V. Pada ketinggian air 40 cm, panjang gelombang yang diperoleh 75 cm dengan tegangan yang dihasilkan 0,00008V. Dan pada ketinggian air 45 cm, panjang gelombang yang diperoleh 97 cm dengan tegangan yang dihasilkan 0,00006V.

Kata Kunci : gelombang air, osilasi air, turbin angin, energi listrik

Pendahuluan

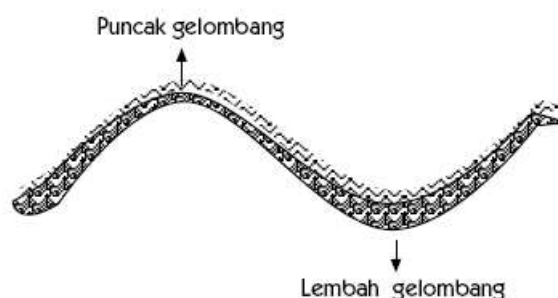
Indonesia sebagai negara maritim terbesar di dunia, yang 2/3 wilayahnya merupakan wilayah lautan. Dengan luasnya wilayah lautan di Indonesia, potensi gelombang laut dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan. Akan tetapi pemanfaatan energi gelombang laut belum dilakukan. Padahal Indonesia mempunyai laut yang luas, dari laut yang berombak kecil, sedang dan besar ada di Indonesia. Dibandingkan dengan energi matahari dan angin, energi gelombang ini memberikan ketersediaan mencapai 90% dengan kawasan yang potensial tidak terbatas, selama ada ombak, energi listrik bisa didapat [1,2]. Seiring dengan perkembangan peradaban manusia, tingkat kebutuhan energi manusia juga semakin meningkat. Melihat topografi yang dikelilingi oleh laut, jenis pembangkit listrik tenaga gelombang laut sangat cocok. Jenis pembangkit listrik tenaga gelombang laut ini selain ramah lingkungan, dalam pembangunan dan pengoperasiannya tidak akan merusak ekosistem alam. Saat ini telah banyak jenis teknologi yang dikembangkan pada pembangkit listrik tenaga gelombang laut, diantaranya: teknologi *buoy tipe*, teknologi *overtopping devices*, dan teknologi *Oscillating water column*. Untuk di Indonesia sendiri, teknologi yang cocok dikembangkan adalah pembangkit listrik tenaga gelombang laut dengan teknologi *oscillating water column* (PLTGL-OWC). Hal ini dikarenakan teknologi *oscillating water column* (OWC) sangat cocok dibangun di daerah dengan topografi dasar laut yang landai dan memiliki ketinggian gelombang laut yang konstan, serta tidak memerlukan daerah konstruksi yang luas [3].

Kebutuhan untuk pemenuhan energi dan juga bahan bakar semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan perkembangan teknologi. Selama ini kebutuhan energi dipenuhi oleh sumber daya tak terbarukan seperti minyak bumi dan batu bara. Namun kenyataannya tidak selamanya energi tersebut bisa mencukupi seluruh kebutuhan manusia

dalam jangka waktu yang panjang mengingat cadangan energi yang semakin lama semakin menipis dan juga proses produksinya yang membutuhkan waktu jutaan tahun. Ketergantungan yang berlebihan, terhadap sumber energi fosil akan menimbulkan beberapa masalah yang harus dihadapi diantaranya menipisnya cadangan minyak bumi, semakin meningkatnya harga akibat permintaan yang lebih besar dari pada produksi minyak bumi. Banyak masalah lingkungan yang ditimbulkan oleh pembakaran minyak bumi seperti peningkatan efek rumah kaca atau pemanasan global. Sementara pemanfaatan sumber energi yang terbarukan seperti tenaga surya, angin, air, biomassa, panas bumi dan nuklir masih jarang digunakan [6]. OWC merupakan salah satu sistem dan peralatan yang dapat mengubah energy gelombang laut menjadi energi listrik dengan menggunakan kolom osilasi. Alat OWC ini akan menangkap energi gelombang yang mengenai lubang pintu OWC, sehingga terjadi fluktuasi atau osilasi gerakan air dalam ruang OWC, kemudian tekanan udara ini akan menggerakkan baling-baling turbin yang dihubungkan dengan generator listrik sehingga menghasilkan listrik. Pada teknologi OWC ini, digunakan tekanan udara dari ruangan kedap air untuk menggerakkan wells turbine yang nantinya pergerakan turbin ini digunakan untuk menghasilkan energi listrik [8,9].

Dasar Teori

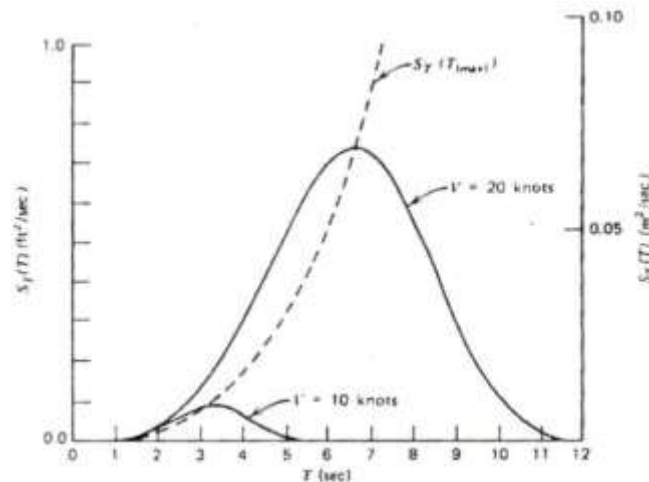
Ludji,dkk (2014), mengatakan gelombang laut merupakan pergerakan naik turunnya air dengan arah tegak lurus permukaan air laut yang membentuk kurva atau grafik sinusoidal. Angin di atas lautan memindahkan tenaganya ke permukaan perairan, menyebabkan riak-riak, alunan atau bukit, dan berubah menjadi apa yang disebut sebagai gelombang atau ombak. Prinsip dasar terjadinya gelombang laut adalah jika dua massa yang berbeda kerapatannya (densitasnya) bergesekan satu sama lain, maka pada bidang gerakanya akan terbentuk gelombang. Energi yang terkandung pada gelombang laut digunakan untuk menggerakkan turbin. Ombak naik ke dalam ruang generator, lalu air yang naik menekan udara keluar dari ruang generator dan menyebabkan turbin berputar ketika air turun, udara bertiup dari luar ke dalam ruang generator dan memutar turbin kembali [10]. Sedangkan menurut **Wijaya (2010)**, dia mengatakan bahwa gelombang laut sukar dijabarkan dengan pasti, tetapi dapat diformulasikan dengan pendekatan. Gelombang merupakan gerakan naik turunnya air laut. Berbagai macam teori pendekatan digunakan untuk memberikan informasi ilmiah tentang sifat gelombang lautan pada suatu tingkat fenomena yang aktual. Suatu teori sederhana tentang gelombang lautan dikenal sebagai teori dari Airy atau teori gelombang linier. Selanjutnya para ahli membedakan sifat gelombang laut sebagai gelombang linier dan gelombang nonlinier. Gelombang permukaan merupakan gambaran yang sederhana untuk menunjukkan bentuk dari suatu energi lautan. Ika ditinjau dari sifat pengukurannya gelombang laut dibedakan menurut ketinggian serta periode alunannya. Dari kebanyakan data yang ada, tinggi gelombang lautan dapat diukur melalui alat ukur gelombang ataupun dengan cara visual dengan melakukan pengamatan langsung di lapangan [11].



Gambar 1. Gambar pergerakan air laut (**Ludji, dkk, 2014**)

Pengaruh Angin

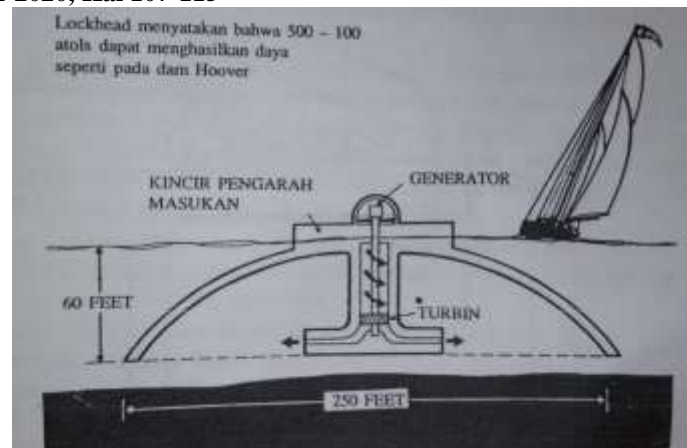
Angin dengan kecepatan rendah akan menyebabkan kecilnya tinggi gelombang dan rendahnya periode gelombang yang terjadi, sedangkan angin yang kuat dan angin ribut akan menyebabkan variasi tinggi serta periode gelombang serta mengarah ke berbagai penjuru. Pada kondisi angin yang baik, gelombang laut dapat diobservasi secara random, baik untuk tinggi, periode, maupun arahnya. Angin juga memberikan pengaruh yang besar terhadap terjadinya gelombang laut sehingga efisiensi hampir semua pesawat konversi energi gelombang laut dipengaruhi oleh frekuensi angin yang terjadi sepanjang tahun pada suatu zone lautan tertentu. Gambar 2 menunjukkan suatu spektrum periode gelombang untuk berbagai variasi kecepatan angin [12].



Gambar 2. Variasi kecepatan angina suatu spektrum

Dam Atoll

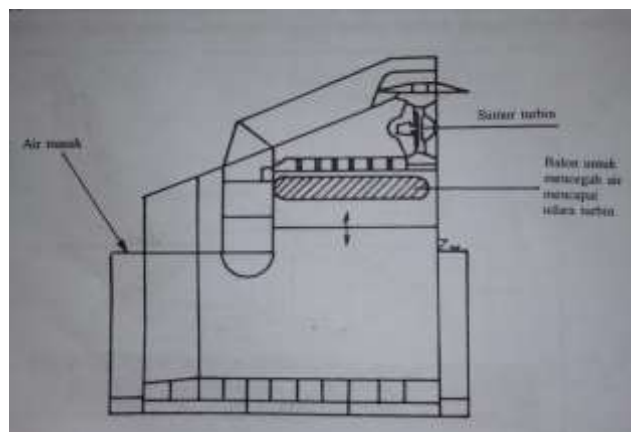
Di dalam buku tenaga air juga dijelaskan, para ilmuwan yang mengadakan penelitian di laboratorium Lockheed, California telah mendapat hak paten untuk suatu pulau buatan dengan maksud memanfaatkan energi ombak. Tenaga yang dihasilkan oleh “dam atoll” ini dapat juga digunakan untuk menghilangkan zat garam dari air laut, keperluan minum dan irigasi. Dinamakan “dam atoll” karena bentuk bundar sesuai dengan bentuk bendungan (arch dam) dan terapung di laut seperti pulau Atoll, pulau karang di Samudra Pasifik. **Leslie S. Wirt dan Duane L. Morrow** telah mengadakan penelitian selama 20 tahun dan selama 6 tahun terakhir, mereka khusus memusatkan penelitian pada “dam atoll”. Seperti yang telah diketahui juga oleh para nelayan Polynesia, ombak yang mendekati pulau Atoll di Samudra Pasifik, tidak melewati pulau itu begitu saja tetapi membungkus atau merangkul pulau Atoll ini. Wirt menerangkan bahwa apa yang dilakukan mereka adalah membangun suatu atoll buatan dengan bentuk yang paling sesuai agar ombak dengan gerakan spiral tiba di pusat. Ombak yang tiba, rata-rata setiap 10 detik masuk melalui ruang terbuka pada bagian atas bangunan. Melalui baling-baling penghantar (guide vane) ombak kemudian menuju kebawah dengan gerakan spiral dan pada akhirnya menjalankan turbin. Dengan demikian terdapat pembangkit listrik secara terus menerus. Proyek “dam atoll” mempunyai keuntungan lain, karena energi ombak telah dimanfaatkan untuk pembangkitan listrik, maka muka air laut agak tenang setelah melewati proyek tersebut, sehingga kita memperoleh suatu daerah yang dapat dipakai sebagai pelabuhan kapal. Dengan penempatan yang baik “dam atoll” dapat mengambil energi ombak yang merusak pantai, dan dengan demikian mengamankan pantai dan bangunan terhadap erosi. Juga polusi berbentuk lapisan minyak diatas laut dapat dihilangkan karena ombak air laut dan minyak diatasnya akan masuk “dam atoll”. Minyak ini kemudian dapat dipisahkan dari air laut dan dapat digunakan lagi [13]



Gambar 3. Dam Atoll [14]

Multiresonant Oscillating Water Column

Dasar konstruksi “pilot plant” ini berbentuk setengah pipa U , berukuran 10 x 10 m. Ombak masuk pada permulaan pipa U dan mengakibatkan gerakan turun-naik muka air pada ujung pipa. Turun-naik muka air dalam pipa U mengakibatkan udara di atasnya berganti-ganti didorong keluar dan diisap masuk [13]. Gerakan udara ini menjalankan suatu turbin udara, yang dihubungkan dengan generator sehingga timbul pembangkitan listrik. Frekuensi turun-naik air dalam pipa U tergantung pada ukuran pipa dan PLTA semacam ini harus direncanakan sedemikian rupa, sehingga frekuensi turun-naiknya muka air dalam kolom sesuai dengan frekuensi ombak air laut yang paling banyak masuk pipa U . Dengan memberikan bentuk yang khas pada tempat masuknya ombak, Kvaerner Brug berhasil menambah energi yang dimanfaatkan dari ombak tak teratur. Suatu keuntungan dari turbin udara yang dipakai disini adalah bahwa putaran selalu searah, terlepas dari arah udara akibat turun-naiknya muka air dalam pipa U .

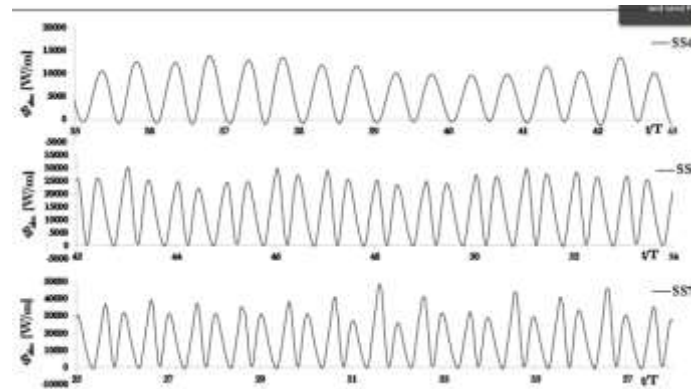


Gambar 5. Multiresonant Oscillating Water Column

Model Numerik

Pendekatan numerik didasarkan pada simulasi CFD dua dimensi menggunakan kode komersial Ansys Fluent, Versi Akademik. Interaksi air-udara diperhitungkan melalui model Volume Of Fluid (VOF). Dalam model VOF, dua atau lebih cairan (atau fase) tidak saling menembus dan volume suatu fase dihitung sebagai fraksi volume. Fraksi volume dalam sel-sel yang terletak di dekat antarmuka antara dua fase dihitung dengan menggunakan skema Rekonstruksi Geometrik, dalam formulasi eksplisit untuk menghindari disipasi numerik yang berlebihan. Dalam pendekatan ini, antara cairan diwakili melalui interpolasi linier piecewise. Kedua bidang aliran udara dan air diasumsikan tidak stabil dan dihitung memecahkan

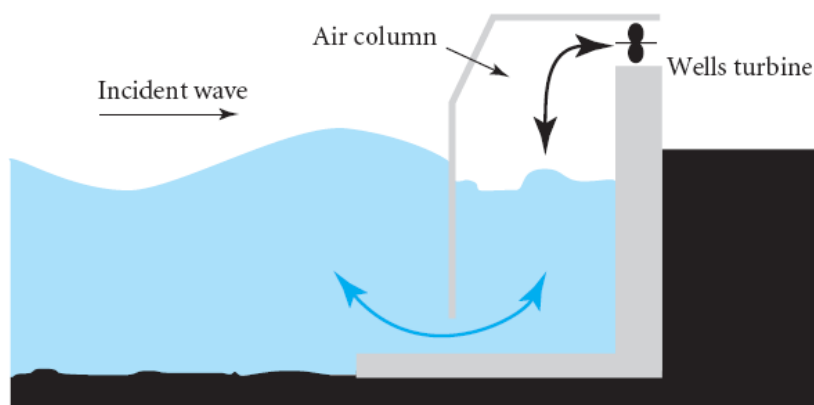
persamaan ReynoldsAveraged Navier-Stokes (RANS). Persamaan-persamaan ini di ambil menurutpendekatan Volume Hingga, mengadopsi algoritma berbasis tekanan dalam formulasi implisitnya. Persamaan konveksi-difusi lainnya (misalnya persamaan momentum atau energi) di jelaskan melalui skema Second Order Upwind. Mengenai diskretisasi temporal, langkah waktu $\Delta t = T / 1000$ telah diadopsi, T menjadi periode gelombang. Bagian dari domain komputasi ditunjukkan oleh gelombang persegi panjang, ditetapkan sebagai "zona berpori" untuk memodelkan perbedaan tekanan antara ruang dan ambien eksternal karena aliran berosilasi. T"zona berpori" nya ditandai dengan kental (untuk turbin Wells) dan inersia kerugian (terus menerus), yang parameter telah sesuai diatur untuk mereproduksi kerugian tekanan aktual dalam saluran udara



Gambar 6. Domain komputasi

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 hidrolik. 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 :

Studi Literatur .

Penulis melakukan studi literatur yaitu dengan mengumpulkan jurnal maupun buku yang dijadikan acuan dalam melakukan penelitian pembuatan alat konversi energi tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi.

Konsep Pembuatan Teknik Kolom Osilasi

Konsep pembuatan alat konversi energi tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi penulis menentukan 2 konsep yaitu konsep yang pertama adalah pembuatan dengan cara pengelasan, dan konsep yang kedua adalah konsep pembuatan dengan menggunakan baut.

Analisa Konsep Pembuatan

Dari konsep pembuatan yang telah ditentukan yaitu konsep metode horizontal penulis menganalisa kosep pembuatan tersebut, yaitu penulis menganalisa harga dalam pembuatan alat tersebut. Selanjutnya penulis menganalisa material apa saja yang cocok digunakan dalam pembuatan alat tersebut, dan yang terakhir penulis menganalisa kepraktisan pembuatan alat tersebut, apakah bisa digunakan atau tidak.

Uji Konsep

Setelah menganalisa konsep pembuatan, penulis melakukan uji konsep. Apakah konsep pembuatan tersebut bisa di lanjutkan atau harus dilakukan pembuatan kosep ulang. Apabila konsep pembuatan tersebut tidak berhasil maka harus melakukan pembuatan konsep baru, dan apabila konsep pembuatan tersebut berhasil maka bisa lanjut ke tahapan berikutnya.

Uji Kinerja

Setelah melakukan pengujian konsep, selanjutnya penulis melakukan pengujian kinerja dengan cara pengujian turbin tersebut. Apakah alat tersebut bias menghasilkan energi atau tidak.

Pengambilan dan Pengolahan Data

Apabila uji kinerja berhasil, penulis akan mengambil dan mengolah data dari hasil uji kinerja tersebut, dan kemudian mencatatnya.

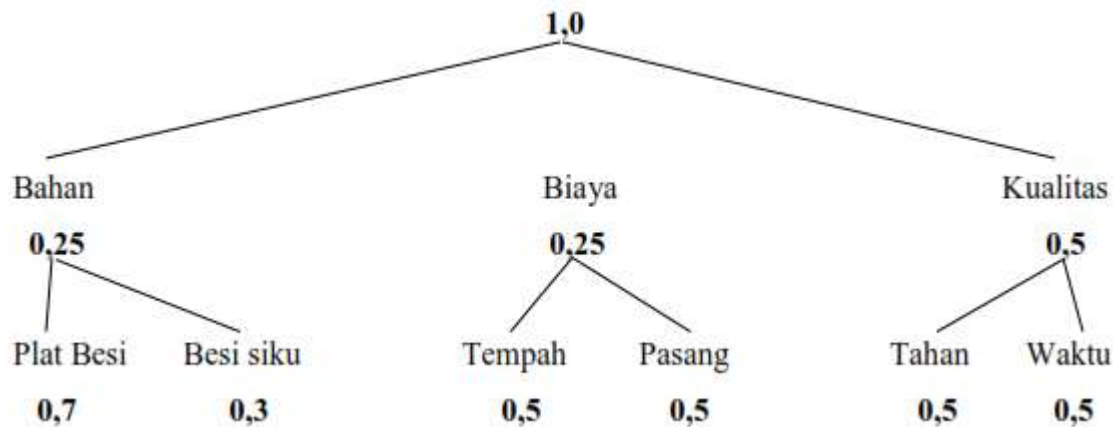
Selesai

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pohon Objektif Pembuatan

Pemilihan bahan alat konversi energi tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi dilakukan menggunakan metode matriks keputusan. Metode ini umumnya digunakan dalam bidang teknik untuk membuat keputusan dalam perancangan produk tetapi juga dapat dipakai berbagai macam tujuan. Dua pilihan bahan alat konversi energi tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik kolom osilasi ada dua opsi yang akan dipilih yaitu (1) Plat besi lembaran, (2) Besi siku. Kedua bahan ini memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing yang akan dipilih berdasarkan 6 kriteria yang kami anggap sesuai

seperti diperlihatkan dalam bentuk pohon objektif ini dibagi atas tiga bagian yaitu, faktor manfaat kualitas 50% faktor biaya 25% dan faktor bahan 25%. Faktor kualitas menekan pada usia turbin angin dan ketahanan terhadap korosi, faktor biaya terdiri dari atas biaya pembelian dan pembuatan kolom osilasi dari awal hingga akhir, faktor bahan merupakan material yang dipilih untuk memprioritaskan usia dan ketahanan gelombang air agar tahan terhadap korosi. Hasil pengujian yang diperoleh pada pembuatan alat pembangkit listrik tenaga gelombang air dengan mengaplikasikan teknik osilasi kolom dapat dilihat pada table berikut ini:



Gambar 10. Pembuatan Kolom Osilasi

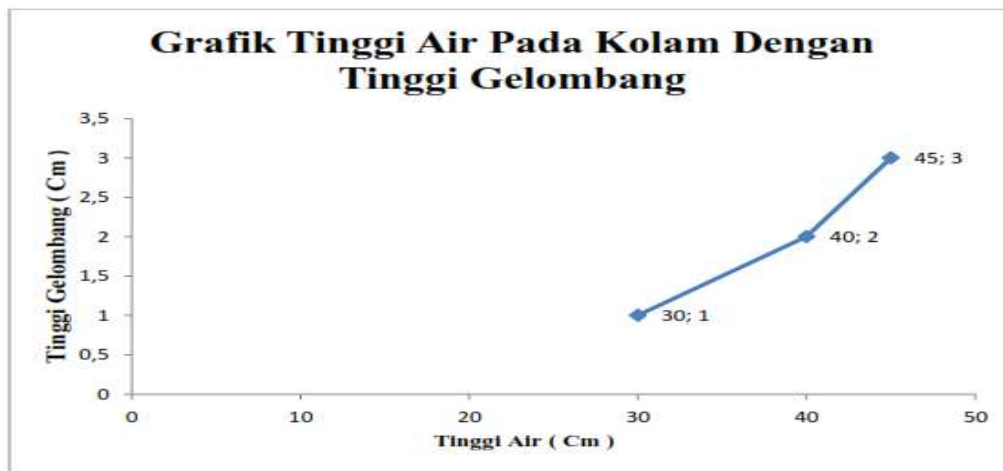
Hasil pengujian yang diperoleh pada pembuatan alat pembangkit listrik tenaga gelombang air dengan mengaplikasikan teknik osilasi kolom dapat dilihat pada table berikut ini.

Tabel 1. Hasil Pengujian

Air (Cm)	Tinggi Gelombang (cm)	Panjang Gelombang (cm)	Tegangan Yang Dihasilkan (V)
30	1	66	0,00006
40	5	75	0,00008
45	6	97	0,00006

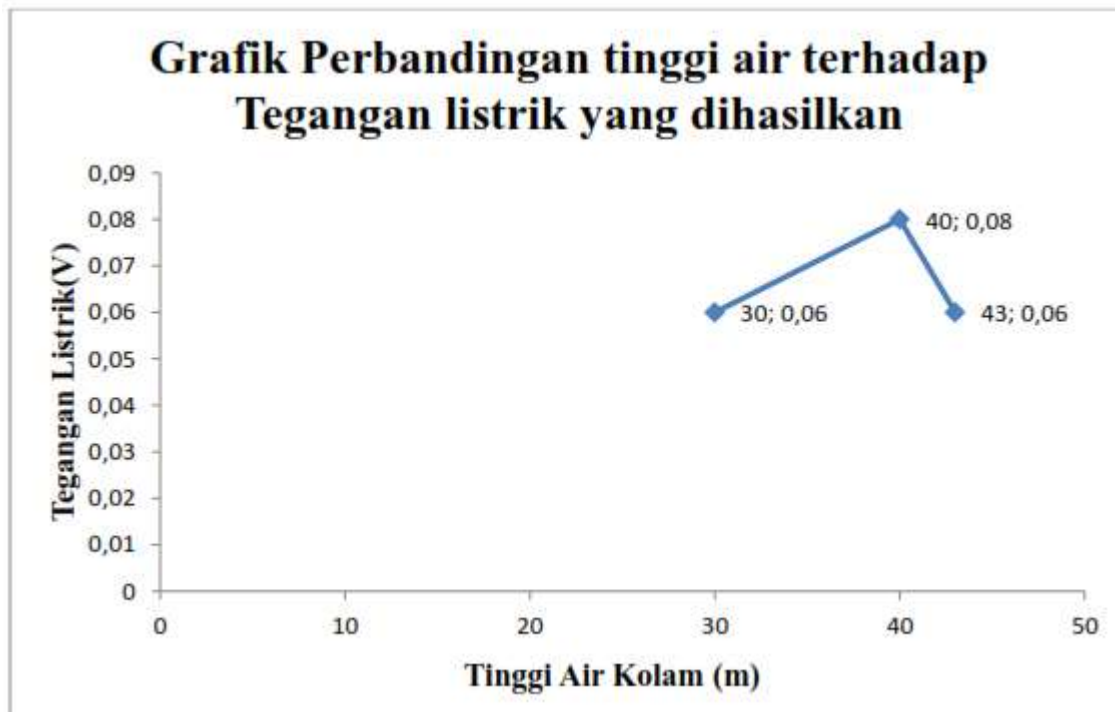
Pada pengujian alat konversi energi listrik tenaga gelombang dengan Mengaplikasikan Teknik Kolom Osilasi yang telah dilakukan menghasilkan data seperti pada table 4.4. dari data tersebut dapat di buat grafik antara tinggi air pada kolam dengan tinggi gelombang, tinggi air terhadap arus yang dihasilkan

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

Dari penelitian pembuatan alat pembangkit listrik tenaga gelombang dengan mengaplikasikan teknik osilasi kolom, maka dapat disimpulkan hasil penelitian yang dilakukan pada ketinggian air 30 cm, panjang gelombang yang diperoleh 66 cm dengan tegangan yang dihasilkan 0,00006V. Pada ketinggian air 40 cm, panjang gelombang yang diperoleh 75 cm dengan tegangan yang dihasilkan 0,00008V. Dan pada ketinggian air 45 cm, panjang gelombang yang diperoleh 97 cm dengan tegangan yang dihasilkan 0,00006V. Dan pembuatan osilasi kolom akan lebih baik jika menggunakan material yang lebih tipis agar lebih mudah dibentuk dan dapat menghasilkan tekanan udara yang maksimal.

Daftar Pustaka

- [1] J. C. C. Henriques, J. C. C. Portillo, L. M. C. Gato, D. N. Ferreira, “*Design of oscillating-water-column wave energy converters with an application to self-powered sensor buoys*,” vol. 112, pp. 852–867, 2016, doi: 10.1016/j.energy.2016.06.054
- [2] Ludji, J. F., Koehuan, V. A., & Nurhayati. (2014). *Analisis Efisiensi Sistem Osilator Kolom Air sebagai Pembangkit Daya Tenaga Gelombang Laut*. Lontar Jurnal Teknik Mesin Undana , 1 (2), 19
- [3] Patty, O. F. (2018). *Tenaga Air*. Surabaya: Erlangga.
- [4] P. G. F. Filianoti, L. Gurnari, M. Torresi & S. M. Camporeale., “*ScienceDirect CFD analysis of the energy conversion process in a fixed oscillating water column (OWC) device with a di Wells turbine*,” *Energy Procedia*, vol. 148, no. Ati, pp. 1026–1033, 2018, doi: 10.1016/j.egypro.2018.08.058.
- [5] Pudjanarsa, a M., (2016). *Mesin Konversi Energi*. Yogyakarta : Andi.
- [6] Royyana, M. B., Budiarto, U., & Rindho, G. (2015). *Analisa Bentuk Oscillating Water Column Untuk Pemanfaatan Gelombang Laut Sebagai Sumber Energi Terbarukan Dengan Metode Computational Fluid Dynamic(CFD)*. Jurnal Teknik Perkapalan , 3 (1), 47.
- [7] R. Wang, D. Ning, C. Zhang, Q. Zou, and Z. Liu, “*Nonlinear and viscous effects on the hydrodynamic performance of a fi xed OWC wave energy converter*,” *Coast. Eng.*, vol. 131, no. January 2017, pp. 42–50, 2018, doi: 10.1016/j.coastaleng.2017.10.012.
- [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
- [13] 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*
- [14] Navarro,D,Dkk,2008.Wave Energy Conversion. USA: Departement Of Architecture And Marien Enginnering