

Pengaruh Dimensi Saluran Buang dan Sudut Kipas Generator Terhadap Kinerja Perangkat *Oscillating Water Column*

Fidhausi Alviyndin Arta Abtian¹, Nely Ana Mufarida¹, dan Kosjoko¹

Universitas Muhammadiyah Jember

DOI: <https://10.47134/jme.v1i1.2188>

*Correspondensi: Nely Ana Mufarida

Email: nelyana@unmuhjember.ac.id

Published: 25 January 2024



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi potensi optimalisasi konversi energi gelombang laut melalui perangkat *Oscillating Water Column* (OWC) dengan memfokuskan pada pengaruh variasi diameter saluran buang dan sudut kipas generator. Energi listrik, sebagai kebutuhan utama di Indonesia, menuntut eksplorasi sumber energi terbarukan sebagai alternatif bahan bakar fosil. Eksperimen dilakukan dengan memvariasikan diameter saluran buang (5,5 cm, 4,5 cm, 3,5 cm) dan sudut kipas generator (20°, 25°, 30°). Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan dari kedua variabel ini terhadap kinerja OWC. Hasil pengukuran kecepatan angin menunjukkan bahwa pada dimensi saluran buang 5 cm, kecepatan angin pada sudut 45° mencapai 2,24 m/s, sementara pada sudut 35° dan 40° adalah 0 m/s. Pada dimensi yang sama, peningkatan dimensi saluran buang meningkatkan kecepatan angin, dengan dimensi 15 cm memberikan hasil optimal pada semua sudut kipas. Pengukuran RPM kipas pada dimensi

saluran buang (5 cm, 10 cm, 15 cm) menunjukkan bahwa pada dimensi 5 cm dan 15 cm, RPM kipas adalah 0 pada sudut 35°. Peningkatan dimensi saluran buang, terutama pada dimensi 10 cm dan 15 cm, memberikan peningkatan yang signifikan dalam RPM pada sudut 40° dan 45°. Dimensi 15 cm memberikan kinerja terbaik, khususnya pada sudut 45°. Pengukuran tegangan pada tiga sudut (35°, 40°, 45°) dengan variasi dimensi saluran buang menunjukkan bahwa pada dimensi 5 cm dan 15 cm, tegangan adalah 0 V pada sudut 35°. Peningkatan sudut kipas, terutama pada dimensi 10 cm dan 15 cm, memberikan peningkatan tegangan. Dimensi 10 cm, pada sudut 45°, mencapai tegangan tertinggi sebesar 24,68 V.

Kata Kunci: Energi gelombang laut, *Oscillating Water Column* (OWC), Optimalisasi, Diameter saluran buang, sudut kipas generator

Abstrak: This research aims to investigate the potential for optimizing ocean wave energy conversion using an *Oscillating Water Column* (OWC) device by focusing on the influence of variations in exhaust duct diameter and generator fan angle. Electrical energy, as a major need in Indonesia, demands exploration of renewable energy sources as an alternative to fossil fuels. Experiments were carried out by varying the exhaust duct diameter (5.5 cm, 4.5 cm, 3.5 cm) and generator fan angle (20°, 25°, 30°). The research results show that there is a significant influence of these two variables on OWC performance. The results of wind speed measurements show that with an exhaust channel dimension of 5 cm, the wind speed at an angle of 45° reaches 2.24 m/s, while at angles of 35° and 40° it is 0 m/s. In the same dimensions, increasing the exhaust duct dimensions increases the wind speed, with a dimension of 15 cm providing optimal results at all fan angles. Measuring the fan RPM in the exhaust duct dimensions (5 cm, 10 cm, 15 cm) shows that in the dimensions 5 cm and 15 cm, the fan RPM is 0 at an angle of 35°. Increasing exhaust duct dimensions, especially the 10 cm and 15 cm dimensions, provides a significant increase in RPM at 40° and 45° angles. The 15 cm dimension provides the best performance, especially at 45° angles. Voltage measurements at three angles (35°, 40°, 45°) with varying exhaust channel dimensions show that at dimensions of 5 cm and 15 cm, the voltage is 0 V at an angle of 35°. Increasing the fan angle, especially in the 10 cm and 15 cm dimensions, provides increased voltage. Dimensions 10 cm, at an angle of 45°, reaches the highest voltage of 24.68 V.

Keywords: Ocean wave energy, *Oscillating Water Column* (OWC), Optimization, Exhaust duct diameter, Generator fan angle

PENDAHULUAN

Energi listrik memiliki peran krusial dalam mendukung aktivitas industri dan memenuhi kebutuhan sehari-hari di Indonesia. Seiring dengan pertumbuhan industri dan populasi yang terus meningkat, konsumsi energi listrik di negara ini terus mengalami peningkatan. Data dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) menunjukkan bahwa beban puncak pada tahun 2021 mencapai 42.801,77 MW, mengalami peningkatan sebesar 6,84% dibandingkan tahun sebelumnya. Begitu juga, beban puncak sistem interkoneksi Jawa Bali mencapai 25.852,75 MW, naik sebesar 5,87% dari tahun sebelumnya. Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Arifin Tasrif dalam Webinar The Fourth Indonesia Energy Transition Dialogue 2021 menyatakan bahwa kebutuhan listrik Indonesia diproyeksikan mencapai 1.885 Terawatt Hour (TWh) pada tahun 2060. Proyeksi tersebut mencakup demand PLN sekitar 1.728 TWh dan demand non-PLN sekitar 157 TWh. Selain itu, proyeksi konsumsi listrik per kapita juga diprediksi mencapai lebih dari 5.000 KWh/kapita di tahun 2060 (PLN, 2022).

Meskipun upaya telah dilakukan untuk meningkatkan pemanfaatan energi terbarukan, penggunaan bahan bakar fosil masih mendominasi sebagai sumber energi dalam skenario Business As Usual (BAU). Perkiraan dari Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) menyebutkan bahwa kebutuhan energi di Indonesia diperkirakan akan meningkat sebesar 3,9% per tahun selama periode 2018-2050. Secara khusus, sektor industri, yang menjadi penggerak ekonomi, diprediksi akan menyumbang peningkatan signifikan dalam total kebutuhan energi final pada tahun 2050 (BPPT, 2020).

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KEN) menetapkan target bauran energi terbarukan dalam bauran energi primer sebesar paling sedikit 23% pada tahun 2025. Tujuan lainnya adalah meminimalkan penggunaan minyak bumi menjadi kurang dari 25% pada tahun yang sama. Efisiensi energi juga menjadi fokus, dengan target penurunan 1% per tahun untuk mendorong penghematan pemakaian energi di semua sektor. Dalam upaya mencapai target tersebut, optimalisasi penggunaan gas bumi untuk domestik dan hilirisasi batubara menjadi beberapa pilihan yang dipertimbangkan (Indonesia,2022.). Oleh karena itu, perlu dilakukan optimalisasi pemanfaatan energi terbarukan, seperti energi gelombang laut, untuk memastikan pemenuhan kebutuhan energi listrik (Sukma, 2023).

Indonesia, yang terkenal sebagai negara kepulauan dengan ribuan pulau, memiliki potensi besar dalam pemanfaatan energi laut, terutama energi gelombang laut. Wilayah perairan Timor, dengan ketinggian gelombang laut berkisar antara 1,5 - 2,5 meter menurut data Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), menunjukkan potensi yang signifikan untuk diubah menjadi sumber energi primer alternatif dan terbarukan, khususnya untuk pembangkit tenaga listrik (Jasron, 2022).

Prinsip kerja Oscillating Water Column (OWC) menjadi metode yang menarik untuk mengkonversi tenaga gelombang laut menjadi energi listrik. OWC bekerja dengan memanfaatkan naik turunnya gelombang laut untuk mendorong udara pada kolom OWC, yang kemudian memutar turbin terhubung dengan generator untuk menghasilkan aliran listrik. Keunggulan OWC terletak pada kemudahan konstruksi dan komponen praktis yang memungkinkannya ditempatkan di laut lepas atau di garis pantai (Arifin, 2020). Penelitian sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh (Buwana, 2015) dan (Arifin, 2020), menunjukkan bahwa model piramida OWC dengan dimensi tertentu menghasilkan efisiensi konversi yang optimal. Namun, masih ada variabel lain yang perlu dieksplorasi, seperti pengaruh variasi sudut kipas dan diameter saluran buang terhadap kinerja perangkat OWC (Kasi et al., 2023).

Rumusan masalah yang diajukan peneliti sebelumnya terlihat sangat terstruktur dan terfokus. Penekanan pada pengaruh variasi sudut kipas dan diameter saluran buang terhadap kinerja OWC mengidentifikasi tantangan krusial yang perlu dipecahkan. Pertanyaan-pertanyaan ini menjadi panduan bagi

penelitian mendatang untuk menjelajahi elemen-elemen kritis dalam optimalisasi konversi energi gelombang laut. Dengan merinci masalah ini, peneliti sebelumnya berhasil memberikan arah yang jelas dan relevan untuk pengembangan lebih lanjut dalam bidang ini (Fadilah et al., 2023).

Batasan masalah yang dijelaskan peneliti sebelumnya mencerminkan kebijakan yang bijak dalam merancang kerangka penelitian. Peneliti secara jelas menetapkan parameter dan asumsi yang diperlukan untuk mempersempit lingkup penelitian agar menjadi lebih terfokus dan dapat dijalankan dengan efektif. Asumsi bahwa udara dalam kolom adalah inkompresibel, panjang dan tinggi gelombang dianggap konstan, dan daya gelombang tidak dipengaruhi oleh letak dan diameter saluran buang memberikan landasan teoritis yang kuat namun tetap praktis untuk implementasi penelitian (Winarto et al., 2021)

Penelitian ini diyakini dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan teknologi energi terbarukan, khususnya dalam konteks energi gelombang laut. Manfaatnya tidak hanya terbatas pada ranah akademis, tetapi juga mencakup implikasi praktis yang dapat digunakan oleh pengambil kebijakan dan masyarakat umum. Peneliti sebelumnya memahami pentingnya memberikan solusi bagi tantangan energi di Indonesia, dan penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi kebijakan energi berkelanjutan di masa depan. Dengan merinci manfaat ini, peneliti sebelumnya berhasil menunjukkan relevansi dan dampak positif yang dapat dihasilkan oleh penelitian ini bagi berbagai pemangku kepentingan (Alwie et al., 2020).

METODE

Desain Penelitian

Penelitian ini mengadaptasi pendekatan eksperimental dengan pedoman dari penelitian sebelumnya. Namun, penelitian ini memperkenalkan inovasi dan pengembangan terbaru pada desain OWC.

Waktu dan Tempat

Penelitian dijadwalkan mulai bulan Maret 2023, dengan tempat pelaksanaan di Lab Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Jember dan Lab Teknik Universitas Jember. Kondisi ini mencakup kemungkinan penggunaan tempat lain jika diperlukan.

Variabel Penelitian

Variabel bebas mencakup diameter saluran buang dan letak saluran buang, sementara variabel terikat adalah daya udara dan efisiensi perangkat OWC. Variabel terkontrol mencakup parameter-parameter lingkungan seperti kedalaman air kolam, tinggi gelombang, panjang gelombang, dan ukuran kolom.

Desain Saluran Buang OWC

Penelitian mempertimbangkan desain saluran buang dengan empat variasi diameter yang berbeda. Tiga saluran buang dengan diameter 5 cm, 10 cm, dan 15 cm pada posisi atas kolom, serta satu saluran buang pada posisi samping.

Alat dan Bahan

Alat utama melibatkan perangkat OWC yang dikembangkan, kolam air, anemometer, wave maker, dan bahan akrilik. Desain alat pengujian mencakup kolam ombak, alat pembuat ombak dari mika, dan turbin angin.

Tahap Penelitian

1. Pembuatan Kolam Ombak

Proses pembuatan kolam ombak yang menyerupai aquarium dengan kompresi dari gelombang ombak.

2. Alat Pembuat Ombak

Penggunaan alat pembuat ombak dari mika untuk mendorong air dan menciptakan gelombang.

3. Turbin Angin

Penggunaan turbin angin jenis propeler untuk menerima gaya dorong dari gelombang air.

4. Perakitan

Semua komponen dirakit menjadi satu perangkat OWC.

5. Pengujian dan Analisis Data

Pengujian dilakukan untuk mengukur kecepatan putaran turbin dan data dianalisis untuk memahami pengaruh perubahan variabel terhadap kinerja OWC.

Metode Pengambilan Data

Pemasangan alat yang dirangkai dan memastikan semua fungsi alat uji berjalan baik. Pengukuran kecepatan udara pada saluran buang menggunakan anemometer dan ketinggian permukaan air dalam kolom menggunakan sensor ultrasonic. Pengukuran dilakukan pada semua variasi Sudut Kipas dan diameter saluran buang.

Analisis Data

Data kecepatan udara dan ketinggian permukaan air akan dianalisis untuk mendapatkan pengaruh perubahan variabel terhadap kinerja OWC.

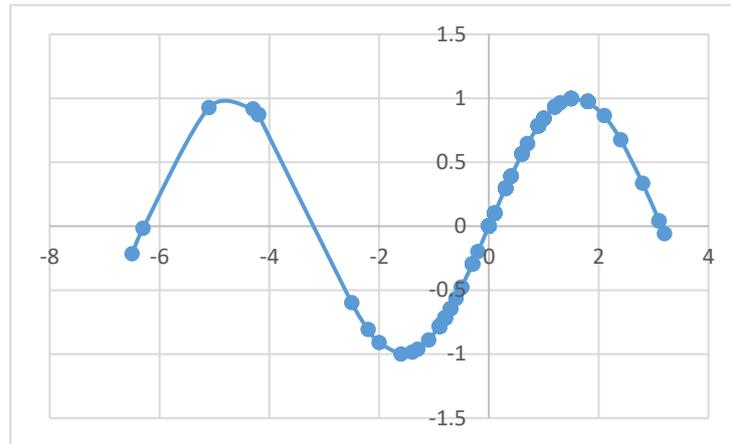
Metodologi ini lebih menekankan ke aspek eksperimental, inovasi, dan pengembangan terhadap penelitian sebelumnya untuk memberikan kontribusi yang signifikan pada pemahaman dan pemanfaatan energi gelombang laut melalui OWC.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Data Penelitian

Hasil Daya Gelombang Air

Pada penelitian ini, dilakukan pengukuran karakteristik gelombang untuk menyelidiki tinggi gelombang, periode gelombang, dan panjang gelombang. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa gelombang yang terbentuk memiliki sifat khas gelombang knoidal dengan puncak yang tajam dan lembah yang panjang. Fenomena ini dipengaruhi oleh kedalaman air yang relatif dangkal.



Gambar 1 Karakteristik Gelombang menunjukkan hasil pengukuran gelombang

Dalam penelitian ini, data pengukuran diperoleh melalui alat uji yang dilengkapi dengan sensor ultrasonik. Parameter yang diukur meliputi sudut kipas, dimensi saluran buang, kecepatan angin (m/s), putaran per menit (RPM), dan tegangan (V). Hasil pengukuran tersebut dicatat pada tabel berikut:

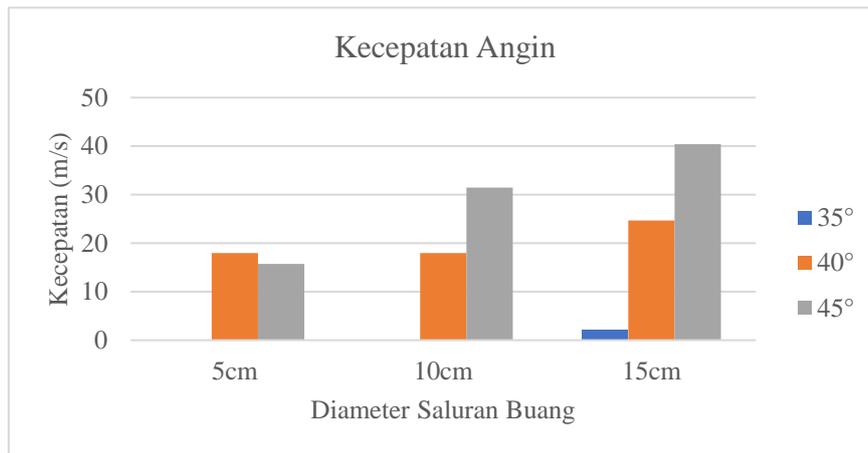
Tabel 1 Data Hasil Pengukuran

Sudut Kipas	Dimensi Saluran Buang	Angin(M/S)	Rpm	Tegangan(V)
35°	5 cm	0	0	0
40°	10 cm	15,71	45	0,01
45°	15 cm	17,95	49	0,01
35°	5 cm	0	0	0
40°	10 cm	17,95	42	0,01
45°	15 cm	31,42	98	0,024
35°	5 cm	2,24	0	0
40°	10 cm	24,68	70	0,01
45°	15 cm	40,39	126	0,034

Dapat dilihat pada Tabel 1 diatas menunjukkan bahwa variasi sudut kipas dan dimensi saluran buang memberikan dampak pada kecepatan angin yang dihasilkan. Terdapat korelasi positif antara dimensi saluran buang dan kecepatan angin. Peningkatan dimensi saluran buang cenderung meningkatkan kecepatan angin.

Hasil Analisis dan Pembahasan

Pengaruh Sudut Kipas terhadap Kecepatan Angin pada Dimensi Saluran Buang Oscillating Water Column

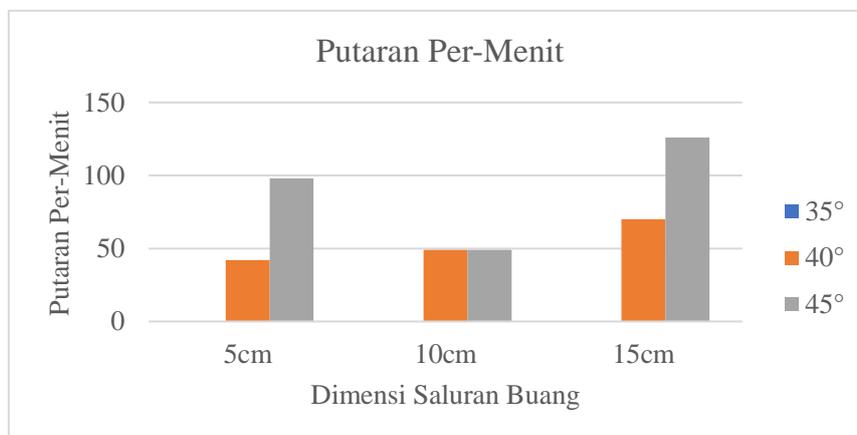


Gambar 2 Hasil Pengukuran Kecepatan Angin (m/s)

Pada dimensi saluran buang 5 cm, kecepatan angin pada sudut kipas 35° dan 40° adalah 0 m/s, menunjukkan bahwa pada posisi tersebut, aliran angin tidak terbentuk. Pada sudut kipas 45°, terlihat peningkatan kecepatan angin, mencapai 2,24 m/s. Sudut kipas 45° menghasilkan aliran angin lebih baik pada dimensi saluran 5 cm.

Dari hasil pengukuran, disimpulkan bahwa sudut kipas dan dimensi saluran buang memiliki pengaruh signifikan terhadap kecepatan angin. Posisi sudut kipas 45° pada dimensi saluran 5 cm menunjukkan kinerja terbaik, sedangkan dimensi saluran 15 cm memberikan hasil optimal pada semua posisi.

Pengaruh Sudut Kipas terhadap Putaran per Menit (RPM) pada Dimensi Saluran Buang Oscillating Water Column

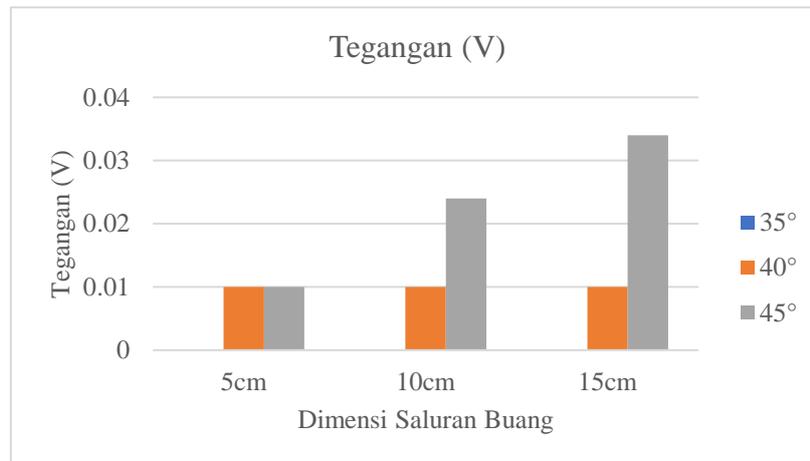


Gambar 3 Hasil Pengukuran Putaran Permenit RPM

Pada dimensi saluran buang 5 cm dan 15 cm, RPM kipas adalah 0, menunjukkan bahwa pada sudut 35°, kipas tidak menciptakan aliran udara pada dimensi tersebut. Pada dimensi saluran buang 10 cm, RPM mencapai 42, menandakan adanya aliran udara, namun dengan tingkat yang masih rendah.

Dari hasil pengukuran RPM kipas, dapat disimpulkan bahwa sudut kipas dan dimensi saluran buang memiliki pengaruh signifikan terhadap putaran per menit. Pada dimensi 10 cm dan 15 cm, terlihat peningkatan yang baik pada RPM, menandakan bahwa kedua dimensi tersebut lebih efektif dalam menciptakan aliran udara.

Pengaruh Sudut Kipas terhadap Tegangan (V) pada Dimensi Saluran Buang Oscillating Water Column



Gambar 4 Hasil Pengukuran Tegangan (V)

Pada dimensi saluran buang 5 cm dan 15 cm, tegangan adalah 0 V, menunjukkan bahwa pada sudut 35°, kipas tidak mengonsumsi daya pada dimensi tersebut. Pada dimensi saluran buang 10 cm, tegangan mencapai 17,95 V, menunjukkan bahwa kipas mulai mengonsumsi daya untuk menghasilkan aliran udara.

Dari hasil pengukuran tegangan kipas, disimpulkan bahwa sudut kipas dan dimensi saluran buang memiliki pengaruh terhadap konsumsi daya. Pada dimensi 10 cm, terlihat peningkatan tegangan yang sesuai dengan peningkatan sudut. Informasi ini dapat menjadi dasar dalam penentuan sudut dan dimensi yang optimal untuk meminimalkan konsumsi daya kipas ventilasi.

SIMPULAN

Dalam penelitian ini, dilakukan eksplorasi terhadap potensi optimalisasi konversi energi gelombang laut melalui perangkat Oscillating Water Column (OWC), dengan fokus pada pengaruh variasi diameter saluran buang dan sudut kipas generator. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua variabel ini memiliki dampak signifikan terhadap kinerja OWC. Pengaruh diameter saluran buang terlihat pada peningkatan kecepatan angin, RPM kipas, dan tegangan. Dimensi saluran buang 15 cm menunjukkan hasil optimal pada semua sudut kipas, dengan kecepatan angin mencapai 2,24 m/s pada sudut 45°. Peningkatan dimensi saluran buang memberikan peningkatan yang signifikan dalam RPM dan tegangan, dengan dimensi 15 cm mencapai kinerja terbaik. Sudut kipas juga berpengaruh pada kecepatan angin, RPM, dan tegangan. Pada sudut 45° dengan dimensi saluran buang 15 cm, kinerja OWC mencapai hasil optimal. Hasil ini dapat menjadi dasar untuk perbaikan desain dan efisiensi sistem OWC dalam menghasilkan energi listrik dari gelombang laut. Dalam konteks kebutuhan energi listrik di Indonesia, potensi pemanfaatan energi gelombang laut, khususnya melalui OWC, memiliki relevansi yang tinggi. Dengan eksplorasi lebih lanjut pada sudut dan dimensi yang optimal, teknologi ini dapat memberikan kontribusi signifikan sebagai sumber energi terbarukan. Saran untuk penelitian mendatang mencakup pengembangan lebih lanjut pada aspek-aspek tertentu,

seperti analisis efisiensi konversi, pemodelan numerik untuk memprediksi kinerja, dan eksplorasi material yang lebih efisien. Dengan terus menggali potensi teknologi OWC, diharapkan dapat memberikan solusi yang lebih baik dalam mencapai target energi terbarukan dan berkelanjutan di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Alwie, rahayu deny danar dan alvi furwanti, Prasetio, A. B., Andespa, R., Lhokseumawe, P. N., & Pengantar, K. (2020). Tugas Akhir Tugas Akhir. *Jurnal Ekonomi* Volume 18, Nomor 1 Maret201, 2(1), 41–49.
- Arifin, J. (2020). *PROTOTIP OSCILLATING WATER COLUMB (OWC)*. 5(1), 14–17.
- BPPT. (2020). *Indonesia Energy Outlook 2020 - Special Edition Dampak Pandemi COVID-19 terhadap Sektor Energi di Indonesia*. In PPIPE dan BPPT. https://www.researchgate.net/publication/343903321_OUTLOOK_ENERGI_INDONESIA_2020_Dampak_Pandemi_COVID-19_terhadap_Sektor_Energi_di_Indonesia
- Buwana, M., Royyana, N., Budiarto, U., Rindho, G., Teknik, F., & Diponegoro, U. (2015). *ANALISA BENTUK OSCILLATING WATER COLUMN UNTUK ENERGI TERBARUKAN DENGAN METODE COMPUTATIONAL*. 3(1), 47–55.
- Cengel, A. Yunus & John, M. Cimbala (2004). *Fluid Mechanics Fundamentals and Applications*. New York: McGraw-Hill, hal. 351 John Ashlin, S., Sundar, V., &
- Eksperimental, S., Dimensi, P., Letak, D. A. N., Buang, S., Kinerja, T., Column, O. W., Mesin, T., Teknik, K., Energi, K., Brawijaya, U., & Teknik, F. (2018). Studi eksperimental pengaruh dimensi dan letak saluran buang terhadap kinerja perangkat oscillating water column.
- Fadilah, W. N., Junianto, S., Arini, N. R., Pratilastiarso, J., Studi, P., Terapan, S., Pembangkit, S., & Surabaya, E. N. (2023). Studi Numerik Pengaruh Geometri Dasar Laut Berbentuk Convex Terhadap Performa Hidrodinamis Oscillating Water Column (OWC) pada Gelombang Pendek. 25(4), 53–59.
- Fluida, D. M., & D, A. G. P. (n.d.). *Dasar-Dasar Mekanika Fluida* Ainul Ghurri Ph . D .
- Jasron, J. U., Mangesa, D. P., Boimau, K., & Tarigan, B. V. (2022). Analisa Potensi Gelombang Laut sebagai Sumber Energi Terbarukan Menggunakan Perangkat Oscillating Water Column (OWC) Di Wilayah Perairan Laut Timor. 09(01), 14–20.
- Jasron, J. U., Studi, P., & Mesin, T. (2021). Pengaruh Resonansi Terhadap Perubahan Efisiensi Perangkat Oscillating Water Column (OWC). 08(01), 99–106.
- Kasi, P. S., Jasron, J. U., Studi, P., & Mesin, T. (2023). Analisis Perubahan Tekanan Udara Perangkat Oscillating Water Column dengan Metode phi-Buchingham. 10(01).

- Kunci, K., Listrik, E., Laut, G., Wilson, M., Owc, S., & Belakang, L. (2016). Studi Potensi Energi Listrik Tenaga Gelombang Laut Sistem Oscillating Water Column (OWC) di Perairan Pesisir Kalimantan Barat. VI(1), 8–16.
- Morris-Thomas, M. T., Irvin, R. J., & Thiagarajan, K. P. (2007). An Investigation Into the Hydrodynamic Efficiency of an Oscillating Water Column. *Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering*, 129(4), 273.
- Munson, B. R & Young, F. Donald (2002). *Mekanika Fluida*. Jakarta:Erlangga, hal. 237
- Ning, D. Z., Wang, R. Q., Zou, Q. P., & Teng, B. (2016). An experimental investigation of hydrodynamics of a fixed OWC Wave Energy Converter. *Applied Energy*, 168, 636–648.
- Patel, S. K., Ram, K., & Ahmed, M. R. (2013). Effect of turbine section orientation on the performance characteristics of an oscillating water column device. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 44, 642–648.
- Pln, S. (n.d.). No Title.
- Sannasiraj, S. A. (2016). Effects of bottom profile of an oscillating water column device on its hydrodynamic characteristics. *Renewable Energy*, 96, 341–353.
- Sukma, A. F. (2023). Mekanisme Tenaga Air Laut Menjadi Energi Terbarukan Listrik. 6, 123–129. <https://doi.org/10.36339/j-hest.v6i1.135>
- Sultan, A. D., Mulyani, S., & Yusuf, W. A. (2020). Jurnal Pendidikan Fisika Universitas Muhammadiyah Makassar Analysis of the Effect of Cross-sectional Area on Water Flow Velocity by Using Venturimeter Tubes Analisis Pengaruh Luas Penampang pada Kecepatan Aliran Air dengan Menggunakan Tabung Venturimeter. 8, 94–99. <https://doi.org/10.26618/jpf.v8i1.3199>
- Utami, S. R. (2007). Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Dengan Menggunakan Sistem Oscilating Water Column (Owc) Di Tiga Puluh Wilayah Kelautan Indonesia. Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- Winarto, E. W., Sugiyanto, S., Siswantoro, S., & Djati, I. (2021). Turbin Hibrid Bi-Directional Sebagai Pemanen Energi pada Thermoacoustic Engine. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 12(1), 19. <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2021.012.01.3>