

Unjuk Kerja Generator Sinkron dengan Sistem Translasi Menggunakan Variasi Bentuk Magnet NdFeB Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut

A. Indriani ^{#1}, Dimas, S. ^{#2}, Hendra ^{#3}

^{#1} Program Studi Teknik Elektro, Universitas Bengkulu

[#] Program Studi Teknik Mesin, Universitas Bengkulu
Jl. W.R. Supratman, Kandang Limun Bengkulu

¹ aniz_raimin@yahoo.com

² h7f1973@yahoo.com

Abstrak — Generator merupakan bagian dari komponen mesin konversi energi yang dapat meubah energy mekanik menjadi energy listrik. Generator memegang peranan penting saat ini terutama untuk sistem pembangkit listrik dan kendaraan listrik. Generator terdiri atas generator AC dan DC, dimana penggunaannya dapat ditemukan pada sistem pembangkit listrik dan saat ini digunakan sebagai sumber energi pada kendaraan bermotor (mobil listrik). Generator pada sistem pembangkit listrik dapat dilihat pada pembangkit listrik tenaga air, tenaga fosil, tenaga surya dan lainnya. Unjuk kerja generator tergantung pada dimensi kawat lilitan, jumlah lilitan, bentuk magnet, kutub magnet, jarak antar magnet, jenis material magnet, sumber penggerak generator dan lainnya. Pada tulisan ini generator digunakan untuk pembangkit listrik tenaga gelombang laut dengan prinsip gerak pneumatik. Dimana generator didesain dengan prinsip kerja bergerak secara translasi. Generator ini menggunakan Magnet NdFeB berbentuk trapezium dan persegi panjang dimensi (46x21x10mm) dengan titik berat penelitian pada dimensi kawat lilitan, jumlah lilitan dan jarak magnet. Dimana didapatkan hasil unjuk kerja generator berupa tegangan, frekuensi, arus dan daya generator. Dengan dimensi kawat 0.7 mm, jumlah kutub 5 (jumlah magnet), jumlah lilitan 1260 dan jarak magnet 15, 20 dan 25 mm. Berdasarkan hasil pengujian dengan variasi jarak magnet yang optimal didapat pada posisi jarak magnet 20 mm. Bentuk Magnet NdFeB Persegi panjang dimensi (46x21x10mm) dengan jumlah lilitan 1260 menghasilkan tegangan 14,63 V, Arus 1,218 A dengan frekuensi 16,43 Hz dan daya 17,819 W.

Kata kunci — Generator sinkron, Magnet NdFeB, Lilitan Kumputan, PLTGL, translasi, Tegangan, daya

I. PENDAHULUAN

Generator merupakan komponen penting pada pembangkit listrik dan industri otomotif. Generator berfungsi untuk meubah energi mekanik (kinetik dan potensial) menjadi energi listrik. Generator memiliki dua komponen utama yaitu komponen diam dan

komponen bergerak (rotor dan stator) dimana pada generator terdapat magnet dan lilitan kumputan. Magnet dan lilitan kumputan ini akan menghasilkan energi listrik jika generator bergerak baik rotasi maupun translasi.

Penggunaan generator dapat dilihat pada pembangkit listrik tenaga air, tenaga angin, tenaga gelombang laut, tenaga diesel dan lainnya. Prinsip kerjanya dapat bergerak secara rotasi maupun translasi. Untuk gerak rotasi sering ditemukan pada pembangkit listrik tenaga air, diesel dan angin. Pembangkit listrik tenaga mikrohidro juga menggunakan generator dengan sistem kerja rotasi [1]. Untuk tenaga gerak gelombang laut dapat dilihat pada mekanisme torak yang telah dilakukan pada penelitian terdahulu [2],[3]. Dimana generator pada penelitian terdahulu menggunakan generator DC yang bergerak secara rotasi memanfaatkan gerak pneumatik dan telah mampu menghasilkan energy listrik (mampu menghidupkan lampu pijar dan LED) [1],[2]. Kelemahan yang terjadi pada penelitian terdahulu adalah tegangan yang dihasilkan masih belum maksimal, kurang stabil dan juga gerak rotasi membutuhkan pencetus awal agar gerak pneumatik dapat berjalan dengan baik. Untuk menganggulangi hal ini dicoba dilakukan dengan mengganti sistem gerak rotasi diubah menjadi gerak translasi. Dimana dalam tulisan ini difokuskan pada penggunaan generator dengan sistem gerak translasi memanfaatkan magnet NdFeB berbentuk trapezium dan persegi panjang dimensi (46x21x10mm). Generator ini digunakan untuk keperluan nelayan dilaut untuk mengisi baterai dan keperluan energi listrik saat melaut. Dengan melakukan pengujian unjuk kerja generator sinkron sistem gerak translasi ini didapatkan tegangan listrik yang lebih baik.

Pengujian dilakukan dengan variasi jumlah lilitan dan pengaturan jarak magnet. Dari hasil pengujian didapatkan tegangan, arus dan daya generator yang dibuat.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Generator merupakan komponen penting pada pembangkit listrik. Pembangkit listrik tenaga air, diesel, angin, gelombang laut dan lainnya. Prinsip kerja generator adalah meubah energi mekanik menjadi energi listrik. Energi mekanik berupa putaran atau gerak translasi. Energi mekanik akan menggerakkan turbin yang mana gerakan ini akan memutar kumparan kawat pada medan magnet. Gerakan yang timbul pada medan magnet akan menimbulkan gerak listrik induksi. Generator terdiri atas generator arus searah dan bolak balik. Generator arus searah merupakan mesin konversi energi meubah putaran menjadi arus listrik searah. Generator searah memiliki komponen berputar (rotor) dan diam (stator). Rotor memiliki jangkar, kumparan dan komutator sementara rotor terdiri atas magnet dan sikat [4]. Gerakan memutar akan menimbulkan gaya gerak listrik (hukum Faraday) pada kumparan yang besarnya sebanding dengan laju perubahan fluks pada kumparan. Pada kumparan akan terjadi arus induksi jika rangkaian kumparan berbentuk tertutup. Generator searah ini memiliki komutator dan sikat yang berguna sebagai komponen pengarah.

Generator arus bolak balik dikenal dengan mesin sinkron memiliki jumlah putaran rotor yang sama denan jumlah putaran medan magnet stator. Generator Sinkron dibuat dengan prinsip lilitan tidak bergerak dan kutub- kutub magnet menghasilkan medan magnet. Komponen generator sinkron adalah stator dan rotor. Dimana pada stator terdiri atas inti dan lilitan. Rotor terdiri atas kutub magnet, lilitan penguat, ring dan shaft. Prinsip kerja generator sinkron adalah gerakan rotor dalam medan magnet akan menimbulkan fluks magnet. Ketika rotor bergerak dalam medan magnet akan terjadi induksi dan jika ujung belitan rotor disambung ke slip ring akan dihasilkan arus bolak balik.

Generator bekerja berdasarkan gerak rotasi atau translasi yang digerakan oleh gelombang air laut. Gerak rotasi menggunakan turbin sebagai penerus gerak putaran ke generator. Untuk gerak translasi, komponen turbin tidak diperlukan karena gerakan turun naik hanya menggunakan torak atau mekanisme pneumatik. Turbin yang digunakan untuk menggerakkan generator dapat dilihat pada pembangkit listrik tenaga gelombang laut [5-6].

Besarnya keluaran generator ini selain dipengaruhi oleh komponen generator juga tergantung pada tinggi gelombang laut [1][2][3]. Gelombang merupakan gerak naik turun air laut yang disebabkan oleh media pembangkitnya [7].

Berdasarkan pembangkitannya gelombang laut terdiri atas [4][7]:

1. Gelombang angin.
2. Gelombang pasang (gravitasi bumi dan bulan).
3. Gelombang tsunami (seismic).
4. Gelombang kapal (body).

Berdasarkan pengukurannya gelombang terdiri atas tinggi gelombang dan periode alunannya [7]. Tinggi gelombang dapat diukur secara visual ataupun menggunakan alat ukur gelombang. Selain itu gelombang juga dibedakan atas gelombang linier dan non linier.

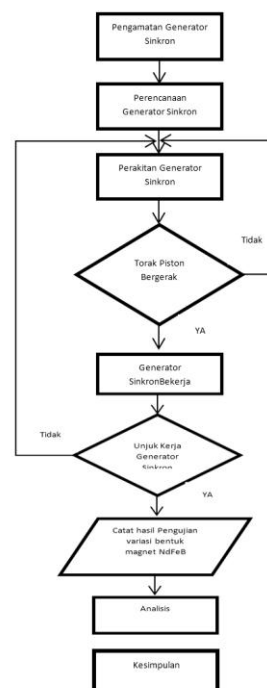
Aplikasi pembangkit listrik tenaga gelombang laut dapat dilihat pada pelamis [8],[9], *oscillating water column* [6], [10], *wave surge, salter duck* [7],[8] dan mekanisme piston [1]-[3].

III. METODE PENELITIAN

Generator yang dibuat terdiri atas komponen mekanik dan elektrik. Komponen mekanik meliputi rumah generator, torak, dudukan kumparan. Komponen elektrik yaitu magnet NdFeB dan kumparan.

A. Tahapan Pengujian

Dalam perencanaan untuk menghasilkan unjuk kerja generator sinkron, dilakukan dengan beberapa tahapan. Pada tahap awal memuat perancangan generator, persiapan alat dan bahan. Kemudian dilanjutkan dengan proses perakitan generator sinkron. Selanjutnya tahap pengujian dilakukan dengan menguji generator sinkron. Pada proses ini, hasil dari generator diamati. Apabila unjuk kinerja generator tidak memenuhi luaran yang dihasilkan pada proses perencanaan yaitu tegangan 12 Volt, maka dilakukan proses perakitan generator sinkron ulang. Tahapan-tahapan proses perakitan, pembuatan, pengujian serta analisis dan kesimpulan ditunjukkan pada Gambar 1.



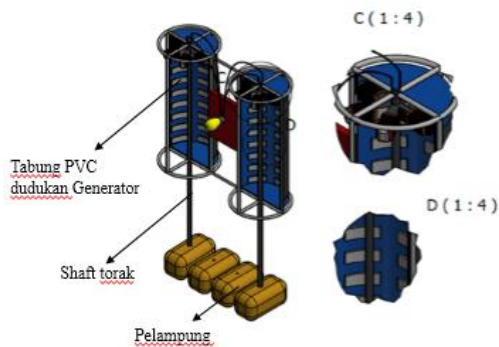
Gambar 1. Tahapan Pengujian Unjuk Kerja Generator Sinkron

B. Alat dan Bahan

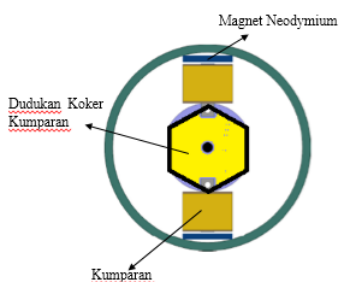
Alat dan bahan yang digunakan meliputi:

1. Komponen mekanik
 - a. Tabung PVC d=8 in sebagai rumah dudukan generator dengan panjang 600 mm.
 - b. Shaft torak 12 mm dengan panjang 1000 mm.
 - c. Koker kumparan berbentuk segi empat dengan ukuran 45 mm x 45 mm dan t=4 mm.
 - d. Dudukan koker kumparan berbentuk segienam dengan t=4 mm.
2. Komponen elektronik
 - a. Magnet NdFeB berbentuk trapezium dengan tebal 5 mm dan berbentuk bulat dengan tebal 3 mm.
 - b. Kawat kumparan ukuran 0,7 mm dengan jumlah lilitan 460 lilitan ,920 lilitan dan 1260 lilitan.
3. Alat ukur:
 - a. Multimeter.
 - b. Jangka sorong.
4. Alat bantu berupa kunci pas, tang dan obeng.

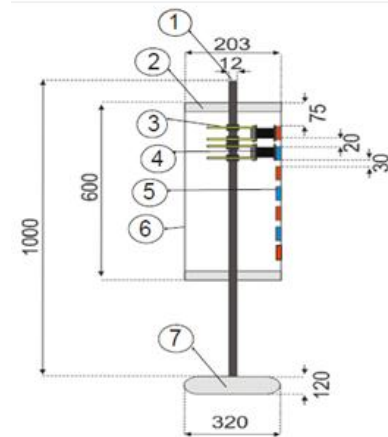
Bentuk komponen mekanik dapat dilihat pada Gambar 2. Komponen Mekanik terdiri dari Tabung PVC dengan dimensi tinggi 60 cm, diameter tabung 20,3 cm, tebal 0,8 cm. merupakan tempat peletakan magnet NdFeB. Torak piston yang digunakan bertipe besi ulir/ drad dengan dimensi panjang 100 cm, dan berdiameter 0,015 sebagai tempat peletakkan dudukan kumparan/belitan. Pelampung yang digunakan berbentuk kapsul dengan dengan panjang 32 cm dan berdiameter 12 cm sebagai penggerak torak piston. Kumparan Komponen elektrik dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Komponen Mekanikal



Gambar 3. Komponen Elektrikal



(a)

TABEL			
NO	BAGIAN	JUMLAH	KET
1	POROS	1	
2	TUTUP TABUNG	2	
3	DUDUKAN KOKER	4	
4	KOKER	2	
5	MAGNET	7	
6	TABUNG	1	
7	PELAMPUNG	1	

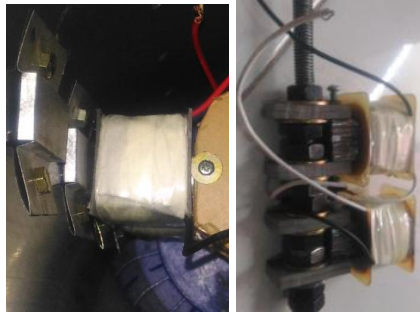
(b)

Gambar 4. (a) Rancangan Generator Sinkron , (b) bagian-bagian Generator sinkron

Komponen elektrik terdiri dari magnet NdFeB sebagai medan magnet generator. Koker adalah tempat untuk lilitan kawat email. Inti besi yang digunakan berjenis plat besi dengan dimensi panjang 5,1 cm, lebar 1,8 cm dan tebal 2 cm sebagai media untuk menangkap fluks magnet. Proses pembangkitan energi listrik dimulai dengan adanya gerakan naik-turun dari ombak yang akan menggerakkan pelampung secara bersamaan. Karena adanya gerakan dari pelampung, akan mengakibatkan adanya perpotongan medan magnet pada Kumparan/lilitan kawat email. Sehingga energi listrik dapat dibangkitkan. Gambar 4. Rancangan Generator sinkron serta bagian-bagian generator sinkron. Generator sinkron yang dirancang menggunakan magnet NdFeB bentuk trapesium dan bentuk persegi panjang dimensi (46x21x10mm) dengan jumlah magnet/kutub 5, diameter kawat 0,7 mm. Rancangan generator sinkron dengan variasi jumlah lilitan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Generator yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 4. Pengujian dilakukan hanya pada satu sisi tabung dengan variasi jumlah lilitan dan jarak magnet. Magnet yang digunakan pada generator sinkron berbentuk trapezium dan persegi panjang dimensi (46x21x10mm) .



Gambar 4. Belitan Generator Sinkron

TABEL I

DATA PENGUJIAN UNJUK KERJA GENERATOR BENTUK TRAPESIUM DIAMETER KAWAT = 0,7 MM ; JUMLAH LILITAN = 460; JUMLAH KUTUB (P) = 5

Jarak Magnet (mm)	Teg. maks. (V)	Arus Maks. (A)	Frekuensi Maks. (Hz)	Daya (W)
15	1,85	0,486	8,53	0,8991
20	2,028	0,459	13,93	0,9308
25	2,015	0,426	9,61	0,8584

TABEL II

DATA PENGUJIAN UNJUK KERJA GENERATOR BENTUK TRAPESIUM DIAMETER KAWAT = 0,7 MM ; JUMLAH LILITAN = 920; JUMLAH KUTUB (P) = 5

Jarak Magnet (mm)	Teg. maks. (V)	Arus Maks. (A)	Frekuensi Maks. (Hz)	Daya (W)
15	2,402	0,438	10,23	1,052
20	3,441	0,535	29,42	1,841
25	3,85	0,55	7,04	2,117

TABEL III

DATA PENGUJIAN UNJUK KERJA GENERATOR BENTUK TRAPESIUM DIAMETER KAWAT = 0,7 MM ; JUMLAH LILITAN = 1260; JUMLAH KUTUB (P) = 5

Jarak Magnet (mm)	Teg. maks. (V)	Arus Maks. (A)	Frekuensi Maks. (Hz)	Daya (W)
15	5,23	0,516	9,38	2,698
20	5,799	0,55	9,01	3,189
25	4,94	0,526	8,32	2,598

TABEL IV

DATA PENGUJIAN UNJUK KERJA GENERATOR BENTUK PERSEGI PANJANG DIMENSI (46X21X10MM) DIAMETER KAWAT = 0,7 MM ; JUMLAH LILITAN = 1260; JUMLAH KUTUB (P) = 5

Jarak Magnet (mm)	Teg. maks. (V)	Arus Maks. (A)	Frekuensi Maks. (Hz)	Daya (W)
15	8,15	0,878	28,2	7,1557
20	14,63	1,218	16,43	17,81934
25	10,67	1,3	11,54	13,871

Hasil pengujian unjuk kerja generator Sinkron dari magnet NdFeB berbentuk trapezium satu sisi uji ditunjukkan oleh Tabel I, Tabel II dan Tabel III menunjukkan hasil pengujian generator sinkron dengan diameter kawat 0,7 mm, jumlah lilitan 460 dan jarak magnet 15 hingga 25 mm. Dari hasil pengujian unjuk

kerja generator sinkron dengan magnet NdFeB berbentuk Trapezium terlihat tegangan yang dihasilkan adalah 5,799 V dan arus 0,55 A. Berdasarkan pengujian terlihat pada jarak magnet 20 mm maka tegangan, arus dan daya yang dihasilkan optimal, hal ini ditunjukkan dengan menaikkan jarak magnet 25 mm maka tegangan, arus dan daya akan semakin turun. Daya yang dihasilkan mengalami fluktuasi yaitu 0,93 W untuk jarak magnet 20 mm dengan frekuensi 13,93 Hz.

Tabel II menunjukkan pengujian unjuk kerja generator sinkron dengan jumlah lilitan 920 dimana terlihat bahwa nilai tegangan maksimal terdapat pada jarak magnet 20 mm sebesar 3,85 V dan arus 0,55 A. Daya yang dihasilkan adalah 2,117 W pada frekuensi 7,04 Hz. Dari Tabel II menunjukkan bahwa fenomena yang sama dengan jumlah lilitan 460 yaitu semakin besar jarak magnet maka nilai tegangan dan daya yang dihasilkan semakin besar. Dimana pada Tabel I nilai tegangan tertinggi yaitu 2,028 V sementara untuk jumlah lilitan 920 sebesar 3,85 V. Bentuk magnet Trapesium yang ditunjukkan pada Tabel III semakin banyak jumlah lilitan 1260 maka semakin besar tegangan, arus, frekuensi serta daya yang dibangkitkan generator sinkron. Tegangan yang dibangkitkan sebesar 5,799 V, arus sebesar 0,55 A, frekuensi 9,01 Hz serta daya yang dihasilkan sebesar 3,189 W.

Untuk generator sinkron dengan magnet NdFeB berbentuk persegi panjang dimensi (46x21x10mm) didapatkan tegangan dan daya listrik seperti terlihat pada Tabel IV. menunjukkan hasil pengujian unjuk kerja generator sinkron dengan jumlah lilitan 1260 dan jarak magnet 15 mm hingga 25 mm yaitu tegangan sebesar 8,15 V dan daya 7,1557 W. Untuk generator sinkron dengan jarak magnet 20 mm didapatkan tegangan sebesar 14,63 V, daya sebesar 17,81934 W pada frekuensi 16,43 Hz. Dari hasil pengujian untuk satu sisi uji generator sinkron dengan bentuk trapesium diperoleh tegangan sebesar 5,799 V dan daya 3,189 W untuk jumlah lilitan 1260 pada jarak magnet 20 mm. Dan untuk generator dengan magnet persegi panjang dimensi (46x21x10 mm) sebesar 14,63 V dan daya 17,81934W pada jarak magnet 20 mm. Pada pengujian berbeban untuk Generator sinkron menggunakan bentuk magnet persegi panjang (46x21x10mm) dengan lampu 20 W.

Hasil pengujian generator sinkron menggunakan magnet NdFeB berbentuk trapezium dan persegi panjang (46x21x10mm) menunjukkan bahwa peningkatan jumlah lilitan akan meningkatkan nilai tegangan dan daya yang dihasilkan generator. Selain itu, penambahan magnet dan lilitan pada generator di sepanjang dinding tabung menjadi dua hingga empat sisi akan dapat meningkatkan tegangan dan daya keluaran generator yang dihasilkan.

V. KESIMPULAN

Dari pengujian unjuk kerja generator sinkron didapatkan kesimpulan yaitu:

1. Pada variasi bentuk magnet NdFeB yaitu bentuk trapesium dan bentuk persegi panjang (46x21x10mm) memiliki nilai yang optimal untuk tegangan, arus dan daya yang dibangkitkan pada jarak magnet 20 mm.
2. Pada jumlah lilitan yang sama sebesar 1260 lilitan bentuk magnet Trapezium menghasilkan tegangan sebesar 5,799 V dan daya 3,189 W lebih kecil dibandingkan dengan bentuk magnet persegi panjang dimensi (46x21x10mm) Tegangan yang dihasilkan sebesar 14,63 V dan daya 17,81934 W.
3. Semakin banyak jumlah lilitan maka tegangan dan daya yang dihasilkan oleh generator sinkron menggunakan magnet NdFeB berbentuk trapezium dan persegi panjang dimensi (46x21x10mm) akan semakin besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih pada Pemerintah Republik Indonesia melalui Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Bengkulu yang telah mendanai penelitian ini, pada Hibah penelitian Unggulan Perguruan Tinggi tahun 2017.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hendra, Indriani, A., and Hernadewita. Applying of Piston Mechanism Design used in the Wavelength Electrical Generating of Ocean for Fishing Communities, *Advanced Materials Research*, ISSN: 1662-8985, Vol. 918, pp. 73-78, Trans Tech Publications, Switzerland
- [2] Indriani, A., Hendra, Suhartini, Y., Tanjung, A., Performance of Ocean Wave Power Plant Using Pneumatic System With Variety Of Position Of Exhaust Valves Tube Piston And The Number Of Buoys, Proceeding.
- [3] Indriani, A, Jonianto, H., Hendra, Optimasi Desain Piston Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Sistem Pneumatik Untuk Output Daya Listrik, Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin XV, ITB Bandung, 2016
- [4] Eka Putri R. L., Sarwoko, M., Rusdinar, A., Adam, K. B., Perancangan Dan Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Ombak Laut Menggunakan Sistem Generator Dc Untuk Pengisian Baterai Di Perahu Nelayan, e-Proceeding of Engineering : Vol.3, No.1 April 2016.
- [5] Anand, S., *Turbines for Wave Energy Plants*, Proceedings of the 8th International Symposium on Experimental and Computational Aerothermodynamics of Internal Flows, Lyon, 2007.
- [6] Amundarain, M., Alberdi, M., Garrido, J., and Garido, I., *Modeling and Simulation of Wave Energy Generation Plants: Output Power Control*, IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2011, Vol. 58, and No.1.
- [7] Wijaya, I Wayan A., Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Menggunakan Teknologi Oscilating Water Column Di Perairan Bali, *Teknologi Elektro Vol. 167 9 No.2 Juli - Desember 2010*.
- [8] Falcao, A. F., *Wave Energy Utilization: A Review of the Technologies*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2010, 14, pp. 899-918.
- [9] Rodrigues, L., Wave Power Conversion Systems for Electrical Energy Production, Dept of Electrical Engineering, Faculty of Sciences and Technology, Nova University Lisbon, Portugal.
- [10] Casman, D. P., Sullivan, D. L., Egan, M.,M., and Hayes, J. G., *Modeling and Analysis of an Offshore Oscillating Water Column Wave Energy Converter* , Proceedings of the 8th European Wave and Tidal Energy Conference, 2009, pp. 924-933, Sweden

