

Kajian Teknis Sistem Konversi Pneumatis Energi Gelombang Laut Menggunakan Tanki Bertekanan Dan OWC (*Oscillating Water Column*)

Achmad Kurniawan, Sutopo Purwono Fitri dan Hari Prastowo

Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

e-mail: sutopopf@gmail.com; hariprastowo@gmail.com

Abstrak—Semakin tahun populasi penduduk di Indonesia selalu meningkat sehingga kebutuhan konsumsi energi listrik begitu tinggi. Di Indonesia, pembangkit listrik banyak menggunakan bahan bakar fosil sebagai bahan bakar utama, padahal potensi energi alternatif dan ramah lingkungan di Indonesia dapat dimaksimalkan, misalnya energi gelombang laut. Pada penelitian ini difokuskan pada evaluasi kinerja sistem pembangkit listrik tenaga gelombang laut menggunakan tanki bertekanan dan multiple OWC (*Oscillating Water Column*). Pada percobaan yang telah dilakukan, dengan tekanan 4.5 bar pada tanki bertekanan dengan volume 0.5 m³, putaran yang dihasilkan generator adalah 1876 rpm dan daya luaran generator yang dihasilkan adalah 168 watt. Waktu pengisian tanki bertekanan lebih efektif jika menggunakan multiple OWC (*Oscillating Water Column*).

Kata Kunci—Energi Gelombang Laut, Pembangkit Listrik, OWC, Tanki Bertekanan, Generator.

I. PENDAHULUAN

ENINGKATAN penduduk dunia yang diproyeksikan menjadi lebih dari 8 miliar jiwa pada tahun 2030 dari sebesar 6,5 miliar jiwa pada saat ini akan menaikkan konsumsi energi menjadi 120 miliar ekuivalen barel minyak per tahun. Lebih dari 80% energi primer dunia masih akan berupa energi fosil (minyak, gas, dan batubara) dan minyak masih merupakan bahan bakar utama. Pada tahun 2030, diperkirakan dunia akan memerlukan minyak sebesar 116 juta barel/hari, dibanding 87 juta barel pada tahun 2008. Dengan cadangan minyak dunia sekitar 1,2 triliun barel, pasokan minyak hanya tersedia sampai 30 tahun mendatang. Dunia makin cemas karena bilamana dipetakan, sebagian besar negara-negara di dunia adalah pengimpor minyak.

Permasalahan energi bagi kelangsungan hidup manusia merupakan masalah besar yang dihadapi oleh hampir seluruh negara di dunia ini termasuk Indonesia. Tidak lagi ditemukannya cadangan sumber energi dalam jumlah yang besar pada rentang waktu terakhir ini membuat hampir seluruh dunia menjadikan permasalahan energi menjadi problem besar yang perlu

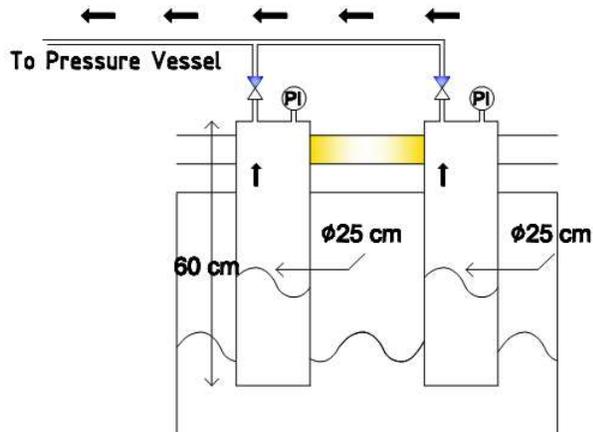
ditangani secara serius. Sepuluh negara konsumen energi terbesar yang masih didominasi oleh negara-negara industri maju yang tergabung dalam G8, hampir semuanya menjadikan minyak, batubara dan gas alam sebagai penopang utama kebutuhan energinya, meskipun dengan komposisi yang berbeda-beda. Dari sepuluh negara konsumen energi terbesar tersebut yang mengkonsumsi 64,76% dari total energi dunia, sebagian besar tetap menjadikan minyak sebagai pasokan utama energinya. Indonesia sendiri, dengan jumlah penduduk terbesar keempat di dunia setelah Cina, India, dan Amerika Serikat, berada pada posisi ke 20 sebagai konsumen energi dunia dengan total konsumsi sebesar 1,1% dari total energi dunia (*British Petroleum, 2005*).

Pasokan listrik paling besar, berasal dari pembangkit listrik yang menggunakan bahan bakar fosil, yaitu 80% dari total keseluruhan (*Dirjen Listrik dan Pemanfaatan Energi, 2010*). Kondisi ini, membuat pencemaran lingkungan yang merupakan imbas dari pembangkit listrik berbahan bakar fosil. Salah satu akibat dari pencemaran tersebut adalah polusi udara dari hasil pembakaran bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak bumi, dan Gas alam. Hasil pembakaran itu berupa SO_x, NO_x, dan CO_x. Gas – gas ini sangat berbahaya untuk lingkungan, diantaranya dapat menimbulkan gangguan pernafasan pada manusia, menyebabkan hujan asam, dan meningkatkan efek rumah kaca yang berimbas pada *Global Warming*.

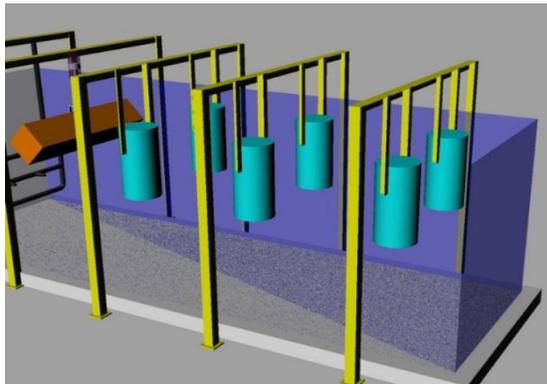
Maka dari itu, untuk mengurangi pembangkit listrik dengan menggunakan bahan bakar fosil, perlu dilakukan penelitian-penelitian yang lebih mengenai sumber-sumber daya energi terbarukan (*renewable energy*). Selain akan mengurangi dampak dari global warming, sumber energi terbarukan akan sangat bermanfaat karena sumber dayanya akan selalu tersedia. Jadi untuk tugas akhir ini akan mencoba melakukan penelitian dengan judul “Kajian Teknis Sistem Konversi Pneumatis Energi Gelombang Laut Menggunakan Sistem Tanki Bertekanan dan OWC (*Oscillating Water Column*).”

II. METODE PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode berbasis eksperimen. Adapun keseluruhan metodologi yang digunakan adalah sebagai berikut :



Gambar 1 Rancangan Desain OWC (Oscillating Water Column)



Gambar 2 Rancangan Desain Pandangan Samping Pemasangan RIG OWC (Oscillating Water Column) Pada Flow Channel Tank

A. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Bentuk kegiatan yang akan dilakukan adalah mengidentifikasi dan merumuskan masalah yang akan dibahas pada penelitian dengan mengacu pada isu terkini mengenai permasalahan tersebut.

B. Study Literatur

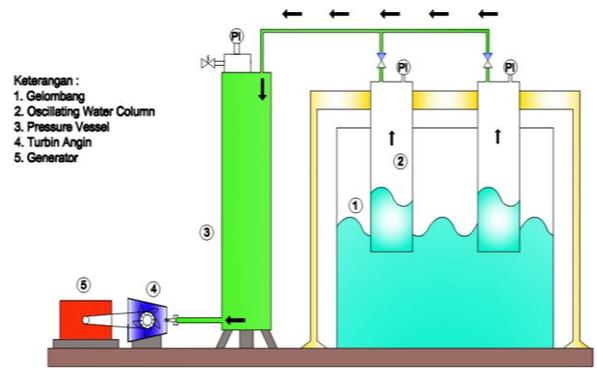
Studi Literatur dilakukan dengan mengumpulkan bahan referensi untuk dipelajari sebagai bahan pendukung yang sangat penting untuk kegiatan penelitian ini. Kegiatan yang dilakukan meliputi:

- Pencarian beberapa jurnal ataupun paper yang berhubungan dengan *Renewable Energy* khususnya mengenai *wave energy converter*.
- Mencari beberapa buku pedoman yang bermaterikan tentang teknologi pembangkit dan perancangan sistem pembangkit skala kecil.
- Mencari tentang materi komponen-komponen pendukung sistem konversi pneumatis sebagai

pembangkit listrik.

C. Pembuatan dan Penyusunan Konfigurasi Prototype

Pembuatan rancangan sistem konversi pneumatis



energi gelombang laut menggunakan Sistem Tanki

Gambar 3 Rancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Dengan Konversi Sistem Pneumatis

Bertekanan dan *OWC (Oscillating Water Column)* ini terdiri dari beberapa komponen. Bagian pertama adalah komponen *OWC*. Untuk

lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut :

Bagian selanjutnya adalah komponen sistem Sistem Tanki Bertekanan. Sistem kerja *pressure vessel* yang memanfaatkan udara bertekanan tertentu akan mendorong udara bertekanan yang terdapat dalam tanki *pressure vessel* keluar dan dapat mendorong komponen turbin angin. Sudu turbin angin yang digerakkan oleh udara bertekanan yang didapat dari *pressure vessel* inilah yang dimanfaatkan untuk meneruskan energi putarannya ke generator untuk menghasilkan daya listrik. Energi buangan dari turbin angin juga dapat dimanfaatkan

untuk menggerakkan *compressor* yang aliran udara bertekanan dapat dialirkan lagi untuk memenuhi Kebutuhan udara bertekanan di *pressure vessel* tentunya dengan pertimbangan perancangan tertentu. Suplai udara untuk kebutuhan *pressure vessel* murni didapat dari hasil pembuatan gelombang. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut :

D. Pengumpulan Data

Mengumpulkan data – data dari hasil percobaan yang telah dilakukan untuk selanjutnya dilakukan analisa dan perhitungan.

E. Analisa Hasil Percobaan

Setelah melakukan eksperimen dan terdapat beberapa data yang dihasilkan, maka selanjutnya adalah melakukan analisa terhadap beberapa data tersebut. Namun sebelumnya, data – data tersebut akan dikaji melalui perhitungan sesuai perumusan pada tinjauan

pustaka. Setelah itu data hasil perhitungan tersebut akan disajikan dalam bentuk grafik, diantaranya adalah :

- Grafik tekanan *pressure vessel* dengan putaran turbin
- Grafik tekanan *pressure vessel* dengan putaran generator

Tabel 1. Data Tinggi Gelombang Buatan

Tabel Pengamatan pada Oscillating Water Column				
Tekanan Kompresor	Bukaan Pneumatic Speed Control		Panjang Gel. (m)	Tinggi Gel.(m)
	In	Out		
40 - 70 Psi	1	10	0.25	0.09
	2	10	0.27	0.11
	3	10	0.30	0.12
	4	10	0.50	0.14
	5	10	0.60	0.14
	6	10	0.65	0.15
	7	10	0.70	0.18
	8	10	0.75	0.20
	9	10	0.80	0.20
	10	10	0.85	0.22
	10	1	0.20	0.05
	10	2	0.35	0.09
	10	3	0.65	0.10
	10	4	0.70	0.12
	10	5	0.75	0.13
	10	6	0.78	0.14
	10	7	0.80	0.16
	10	8	0.85	0.18
10	9	0.87	0.21	
10	10	0.90	0.23	

Tabel 2. Data Komponen OWC

Outside OWC (m)	Inside OWC (m)			Volume udara (m ³)		Tekanan udara (bar)		Kecepatan (m/s)
	h0	h1	h2	h3	V1	V2	P1	
0.045	0.2	0.190	0.01	0.0063	0.0060	1	1.053	23.91
0.055	0.2	0.188	0.012	0.0063	0.0059	1	1.064	26.50
0.060	0.2	0.187	0.013	0.0063	0.0059	1	1.070	27.71
0.070	0.2	0.187	0.013	0.0063	0.0059	1	1.070	30.51
0.070	0.2	0.185	0.015	0.0063	0.0058	1	1.081	29.97
0.075	0.2	0.184	0.016	0.0063	0.0058	1	1.087	31.04
0.090	0.2	0.184	0.016	0.0063	0.0058	1	1.087	34.77
0.100	0.2	0.183	0.017	0.0063	0.0057	1	1.093	36.82
0.100	0.2	0.182	0.018	0.0063	0.0057	1	1.099	36.60
0.110	0.2	0.180	0.02	0.0063	0.0057	1	1.111	38.34
0.025	0.2	0.189	0.011	0.0063	0.0059	1	1.058	15.12
0.045	0.2	0.188	0.012	0.0063	0.0059	1	1.064	23.22
0.050	0.2	0.186	0.014	0.0063	0.0058	1	1.075	24.25
0.060	0.2	0.186	0.014	0.0063	0.0058	1	1.075	27.41
0.065	0.2	0.185	0.015	0.0063	0.0058	1	1.081	28.58
0.070	0.2	0.183	0.017	0.0063	0.0057	1	1.093	29.42
0.080	0.2	0.182	0.018	0.0063	0.0057	1	1.099	31.82
0.090	0.2	0.182	0.018	0.0063	0.0057	1	1.099	34.29
0.105	0.2	0.181	0.019	0.0063	0.0057	1	1.105	37.48
0.115	0.2	0.180	0.02	0.0063	0.0057	1	1.111	39.39

- Grafik tekanan *pressure vessel* dengan daya generator.

- Waktu Pengisian udara di *Pressure vessel* dengan waktu suplai udara bertekanan dari OWC.



Gambar 4 Rancangan Sistem Pembangkit Listrik

III. ANALISA DATA

A. Analisa Hasil Percobaan

1) Percobaan dan Pengambilan Data

Pada tahap ini, akan dilakukan percobaan terhadap sistem yang telah dirancang. Konfigurasi sistem ini telah dirancang dengan menggunakan *multiple OWC (Oscillating Water Column)*.

Spesifikasi teknis peralatan :

- Turbin Angin
 - Diameter Dalam : 0.180 m
 - Diameter Luar : 0.220 m
 - Diameter Puli Turbin : 0.043 m
- Generator
 - Arus : 220 A
 - Tegangan : 12 V
 - Diameter Puli Generator : 0.038 m
- Poros
 - Diameter Poros : 0.019 m
 - Panjang Poros : 0.210 m

Pengumpulan data yang diambil pada percobaan diantaranya :

- Data tinggi gelombang buatan
- Data komponen OWC (*Oscillating Water Column*)
- Data tekanan *pressure vessel* (tekanan udara bertekanan yang keluar dari tanki)

Data tekanan dari tanki *pressure vessel* didapat dari suplai udara yang dihasilkan dari gelombang laut yang ditransmisikan oleh OWC (*Oscillating Water Column*). Pada pengisian tanki *pressure vessel* dilakukan kalibrasi dengan perlakuan tekanan masuk udara dari kompresor sebesar 80 psi. Selanjutnya, tekanan udara yang keluar dari tanki *pressure vessel* divariasikan sebanyak 5 kali dengan tekanan keluar masing-masing saat percobaan 1 bar sampai 4.5 bar.

Tabel 3. Data Putaran Turbin Angin

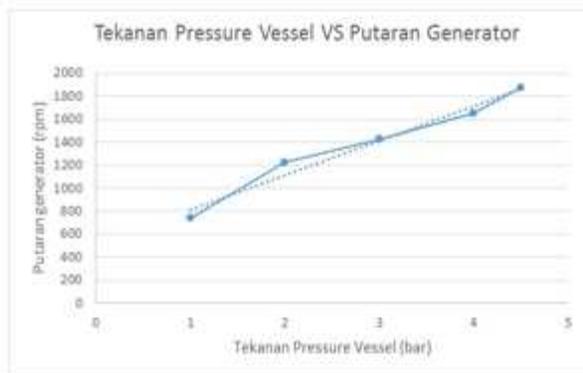
No	tekanan (bar)	putaran turbin (rpm)
1	1	570
2	2	880
3	3	1142
4	4	1323
5	4.5	1504

Tabel 4. Data Generator

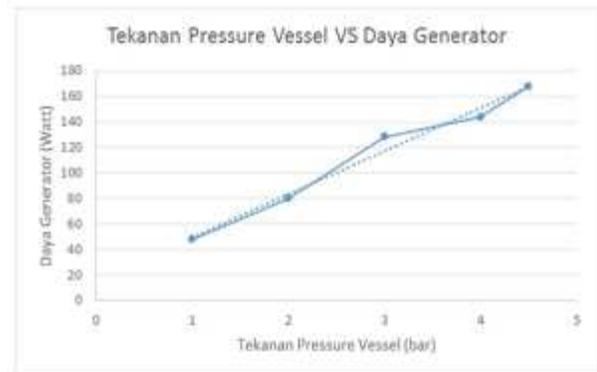
No	tekanan (bar)	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	Daya Generator (Watt)
1	1	3	16	48
2	2	5	16	80
3	3	8	16	128
4	4	9	16	144
5	4.5	10.5	16	168



Gambar 5 Rancangan Sistem Pembangkit Listrik



Gambar 6. Grafik Tekanan *Pressure vessel* dengan Putaran Turbin



Gambar 7. Grafik Tekanan *Pressure vessel* dengan daya generator

- d. Turbin (putaran turbin)
- e. Generator (arus, tegangan, daya)

2) Analisa Data dan Grafik

1. Analisa grafik tekanan *pressure vessel* dengan putaran turbin dan putaran generator.

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa, semakin tinggi tekanan yang menekan sudu turbin angin maka semakin tinggi pula putaran yang dihasilkan oleh turbin angin dan generator. Karena puli turbin angin dengan puli generator terhubung melalui belt. Sehingga tekanan berbanding lurus dengan putaran.

2. Analisa grafik tekanan *pressure vessel* dengan daya generator

Dari tabel dan grafik diatas menunjukkan bahwa, semakin tinggi tekanan yang menekan sudu turbin maka semakin tinggi pula putaran generator, sehingga akan menghasilkan arus listrik yang semakin besar pula. $P = V \times I$, dimana V = voltage dan I = arus.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Sesuai dengan spesifikasi yang dimiliki oleh generator, dengan putaran kerja antara 1500-1800 rpm, maka tekanan yang paling efektif untuk mendapatkan putaran tersebut adalah kisaran antara 3 bar-4.5 bar dengan menggunakan turbin angin yang dihubungkan dengan belt melalui puli turbin angin dan generator.
2. Pada percobaan tekanan 4.5 bar dengan volume tanki 0.5 m³, generator dapat menghasilkan putaran hingga 1876 dan menghasilkan daya 168 watt.
3. Hasil kinerja dari sistem penangkapan gelombang laut dengan menggunakan OWC (*Oscillating Water*

Column) dengan skala laboratorium kurang sempurna dikarenakan keterbatasan alat untuk pembuat arus, pembuat gelombang, dimensi OWC (*Oscillating Water Column*) dan dimensi flow channel. Namun jika diaplikasikan di daerah tepi pantai yang memiliki gelombang besar akan mendapatkan hasil yang lebih maksimal.

4. Hasil kinerja dari perangkain sistem tanki bertekanan, turbin angin dan generator sudah sangat baik hanya perlu peningkatan volume tanki bertekanan dikarenakan dengan tekanan kisaran 1 bar-1.5 bar turbin angin dapat menghasilkan putaran hingga ke generator.
5. Penggunaan multiple OWC (*Oscillating Water Column*) akan sangat membantu dalam waktu pengisian tanki bertekanan.
6. Terjadi pengambilan data yang kurang maksimal dikarenakan pada prototype yang dirancang mengalami banyak kerugian (*losses*) akibat pemasangan fitting-*fitting* pada sistem, terjadi kebocoran pada rangkain perpipaan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim. September 2013. *Cara Merawat Dan Memperbaiki Mesin Mobil*. Diakses di <dongkraxmesin.blogspot.com/search?updated-min=2013-01-01T00:00:00-08:00&updated-max=2014-01-01T00:00:00-08:00&max-results=3> pada tanggal 20 Januari 2014
- [2] Anonim. April 2011. *Ini Cara Mencegah Dinamo Ampere Bermasalah*. Diakses di <www.tempo.co/read/news/2011/04/13/123327118/Ini-Cara-Mencegah-Dinamo-Ampere-Bermasalah> pada tanggal 22 Januari 2014.
- [3] Anonim. Februari 2007. *Penghubung Mesin Dengan Generator*. Diakses di <[URL:http://paijo1965.wordpress.com/2007/02/13/penghubung-mesin-dengan-generator/](http://paijo1965.wordpress.com/2007/02/13/penghubung-mesin-dengan-generator/)> pada tanggal 23 Januari 2014.
- [4] Aringga, Eeng Dwi. 2013. *Studi Eksperimental Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Menggunakan Konversi Sistem Pneumatis*. Surabaya : ITS Surabaya.
- [5] Bahri, Samsul. 2012. *Sistem Konversi Pneumatis Energi Gelombang Laut untuk Pembangkit Listrik*. Surabaya : ITS Surabaya.
- [6] Fitri, Sutopo Purwono, Arief , Irfan S., Nugroho, Taufik F., dan Yusuf, M., 2012. *Potensi Pemanfaatan Energi Gelombang Laut Menggunakan Sistem Konversi Pneumatis Untuk Pembangkit Listrik Mikro di Daerah Pantai dan Daerah Terpencil*. Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [7] Jalali, Abdul Qodir. 2013. *Analisa Aliran Fluida Pada Turbin Udara Untuk Pneumatic Wave Energy Converter (WEC) Menggunakan Computational Fluid Dynamic (CFD)*. Surabaya : ITS Surabaya.
- [8] Pujanarsa Astu, MT & Nursuhud, Djati. 2006. *Mesin Konversi Energi*. Yogyakarta : Andi
- [9] Surya, Dony Febrian D. 2009. *Analisa Bentuk Blade Turbin Pembangkit Listrik Tenaga Ombak Dengan Pendekatan CFD*. Surabaya : ITS Surabaya.
- [10] Yonathan, Riyan. 2013. *Studi Analisa Performansi Sistem Pneumatis Terhadap Variasi Pembebanan Pelampung dan Karakteristik Gelombang Sinusoidal pada Sistem Pneumatic Wave Energy Converter (WEC)*. Surabaya : ITS Surabaya.