

Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Ombak Naga Listrik Skala Laboratorium

Cahyadi Sugeng Jati Mintarso¹

Abstrak

PLTO – Naga Listrik merupakan pembangkit listrik tenaga alternative ombak laut yang dirancang semi mengapung di permukaan air laut terdiri dari beberapa rangkaian silinder memanjang sesuai karakteristik ombak di daerah pengoperasiannya. Rangkaian ini dilengkapi dengan system mekanik yang mampu bergerak bebas sesuai gerakan ombak. Energi gerakan mekanik ini akan disalurkan ke generator listrik dengan mengubah gerakan mekanik translasi menjadi gerakan putar. Untuk mendukung optimasi rancangan PLTO-Naga Listrik di kolam uji untuk memvalidasi hasil rancangan. Pada kegiatan TA 2009 dilakukan pengkajian performansi prototip model melalui uji fisik di kolam uji hidrodinamika dengan kondisi model ombak untuk kandidat perairan yang ditetapkan.

Kata kunci : PLTO-Nagalistrik, rangkaian silinder, optimasi, validasi, prototipe.

Abstract

PLTO – Naga Listrik is a power generation alternative sea waves that are designed semi floating on sea water surface consists of several series of elongated cylindrical waves according to the characteristics in the area of operation. The circuit is equipped with a mechanical system that is able to move freely according to the wave motion. Mechanical movement of this energy will be channeled into the electricity generator by converting mechanical motion into rotary movement of translation. To support the design optimization PLTO Nagalistrik in the swimming test to validate the design. In 2009 the activities carried out assessment of the performance of prototypes of the model through a physical test in the Maneuvering tank.

Keywords : *PLTO-Nagalistrik, Optimization, Validation, Prototype.*

PENDAHULUAN

Krisis energi telah diprediksikan akan melanda dunia pada tahun 2015. Hal ini dikarenakan semakin langkanya minyak bumi dan semakin meningkatnya permintaan energi. Untuk itu diperlukan sebuah terobosan untuk memanfaatkan energi lain. Karena kalau kita tergantung pada energi tidak terbarukan, maka di masa depan kita juga akan kesulitan untuk memanfaatkan energi ini karena keterbatasan populasi dari energi tersebut.

Untuk itu kita akan mencoba menggali informasi tentang tenaga ombak yang sebenarnya sudah dimanfaatkan oleh banyak negara, termasuk Indonesia. Berdasarkan survei yang dilakukan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) dan Pemerintah Norwegia sejak tahun 1987, terlihat bahwa banyak daerah-daerah pantai yang berpotensi sebagai pembangkit listrik bertenaga ombak. Ombak di sepanjang Pantai Selatan Pulau Jawa, di atas Kepala Burung Irian Jaya, dan sebelah barat Pulau Sumatera sangat sesuai untuk menyuplai energi listrik. Kondisi

1. UPT BPPH-BPPT, Surabaya

ombak seperti itu tentu sangat menguntungkan, sebab tinggi ombak yang bisa dianggap potensial untuk membangkitkan energi listrik adalah sekitar 1,5 hingga 2 meter, dan gelombang ini tidak pecah hingga sampai di pantai.

Pembangkit listrik tenaga ombak yang disebut dengan naga listrik (pelamis) adalah pembangkit listrik yang merupakan struktur semi submersible dengan rangkaian bangunan berbentuk silinder yang dilengkapi dengan peralatan mekanik dan elektrik sehingga mampu merubah energi gelombang laut menjadi energi listrik seperti terlihat pada gambar 1.



Gbr. 1 Pembangkit listrik Tenaga Ombak

Naga laut pengkonversi energi gelombang menjadi energi listrik, merupakan suatu system terapung yang ditambat, yang terdiri dari beberapa struktur yang bersambungan berbentuk menyerupai silinder yang tersambung dengan sambungan fleksibel. Struktur naga listrik (pelamis) akan dipasang searah atau berlawanan arah (head atau following sea) dengan arah gelombang datang yang dominan. Karena adanya gelombang laut akan menyebabkan struktur terapung tertambat tersebut naik turun mengikuti gerakan gelombang (meskipun kadang kadang mempunyai fase gerakan yang tidak sama dengan gelombang). Karena struktur silinder rigid dihubungkan dengan sambungan melayang fleksibel (hine joint) maka gerakan struktur akan terakumulasi pada bagian sambungan yang fleksibel tersebut. Pada bagian dalam sambungan akan dipasang ram hidrolik yang karena gerakan angguk struktur terapung akan ikut bergerak cuman gerakan tersebut akan dikonfersikan ke gerakan translasi mendatar untuk melakukan gerakan tekan dan tarik pada suatu ruang kedap. Gerakan tarik dan tekan

tersebut disalurkan ke oleh fluida incompressible dengan bantuan motor hidrolik plus dengan penguatan accumulator akan dihubungkan dengan generator elektrik untuk menghasilkan daya listrik.

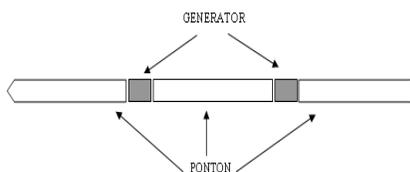
Sistem konversi energi ini diharapkan dapat mengkonversi gaya gelombang dari yang relative besar sampai gelombang yang relative pelan kecepatannya, sehingga partikel air dipermukaan juga bergerak dengan kecepatan pelan bisa ditangkap dan dikonversikan menjadi energi listrik.

RANCANG BANGUN MODEL PLTO NAGA LISTRIK

Sebelum dilakukan kegiatan pengujian di MOB maka dilakukan kegiatan pembuatan model *Pembangkit Listrik Tenaga Ombak (PLTO) – Nagalistrik* di bengkel model (Shi Model WorkShop). Ada beberapa hal yang sangat berpengaruh dan harus dipertimbangkan dalam pembuatan model kapal (penentuan ukuran model), yaitu :

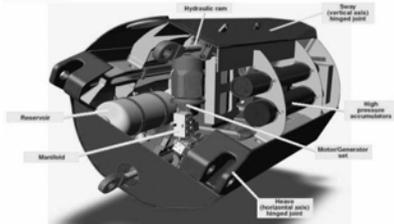
- Ketersediaan bahan/material yang digunakan (pembuatan model dan sensor beban aksial) harus dipilih dari bahan yang beredar dipasaran yang berkaitan dengan kemudahan/kepraktisan dalam pembuatan modelnya sendiri.
- Kemampuan model gelombang di MOB yang mampu dibangkitkan oleh fasilitas dan peralatan yang nantinya akan digunakan dalam pengujian.
- Akurasi/ketelitian hasil pengujian model *Pembangkit Listrik Tenaga Ombak (PLTO) – Nagalistrik* berkaitan dengan besar kecilnya dimensi model PLTO-Nagalistrik.

Bentuk badan/ponton dari *PLTONagalistrik* yang dibuat mempunyai bentuk dasar silinder. *PLTO – Nagalistrik* ini direncanakan memiliki 3 (tiga) buah ponton pengapung dan 2 (dua) buah ponton generator motor. Dimensi ponton ditentukan berdasarkan hasil studi Prediksi tinggi gelombang panjang dimana *PLTO* ini akan dipasang.



Gbr. 2 Susunan rangkaian model nagalistrik

Untuk memperoleh ukuran panjang ponton generator motor, adalah berdasarkan informasi perkiraan dari Balai Besar Teknologi Kekuatan Struktur (B2TKS), yang telah mencoba membuat prototype sederhana dengan ukuran diameter ponton untuk generator motor : 2 m dan panjang 2 m.



Gbr. 3 Pontoon Generator Motor

Untuk dimensi ponton pengampung perlu perhitungan khusus dengan mempertimbangkan kondisi perairan lokasi penempatan *PLTO – Nagalistrik*. Perencanaan lokasi awal *PLTO – Nagalistrik* adalah pantai selatan Sukabumi atau pantai selatan Yogyakarta. Dari hasil analisa prediksi tinggi gelombang daerah perairan pantai sekitar Sukabumi dan Yogyakarta didapatkan hasil masing-masing sebagai berikut :

$$H_s = 2.312 \text{ m}, T = 7.13 \text{ det}$$

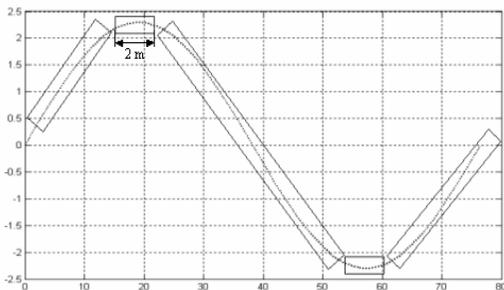
$$H_s = 2.333 \text{ m}, T = 6.98 \text{ det}$$

Dimana :

$$H_s = \text{Tinggi gelombang significant}$$

$$T = \text{Periode gelombang}$$

Dari hasil tersebut diambil rata-rata maka diperoleh yaitu $H_s = 2.3 \text{ m}$ dengan $T = 7 \text{ det}$, sehingga dengan memakai rumus empiris didapatkan panjang gelombang $\lambda = g/2\pi.T^2$ atau $\lambda = 76.44 \text{ m}$. Dari penggambaran fisik *PLTO – Nagalistrik*, lihat Gbr. III.2, dan data pendekatan panjang gelombang didapatkan panjang satu buah ponton sekitar : 36.2 m.

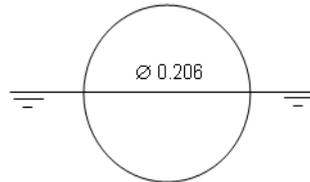


Gbr. 4 Gambaran posisi ponton terhadap gelombang

Untuk penentuan ukuran model uji perlu beberapa pertimbangan, antara lain kemampuan pembangkitan gelombang di kolam uji UPT. BPPH, ukuran kolam uji, serta kemudahan material dipasaran. Dengan beberapa pertimbangan tersebut maka didapatkan ukuran skala model adalah 1 : 11.4, yang mana model dasar *PLTO* yang berupa silinder dibuat menggunakan pipa paralon PVC yang ada dipasaran, dimensi model dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Dimensi Model *PLTO* Naga Listrik

Skala	1:11.4
Diameter ponton dan generator \varnothing (m)	0.206
Panjang generator (m)	0.1754
Panjang ponton (m)	3.20



Gbr. 5 Penampang Melingkar Model *PLTO* Naga Listrik

Model *PLTO* ini direncanakan memiliki sarat atau bagian yang tercelup di air adalah separuh badan atau sarat 0.103 m, sehingga perlu dihitung berat/displacement model. Untuk mempermudah perhitungan diambil untuk tiap ponton dengan panjang $L = 3.2 \text{ m}$, diameter $D = 0.206 \text{ m}$ maka berat model yang harus dimiliki supaya dapat tercelup separoh di air ($\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$) adalah :

$$\Delta = 0.5 \cdot \pi \cdot (D/2)^2 \cdot L \cdot \rho$$

$$= 0.5 \cdot \pi \cdot (0.206/2)^2 \cdot 3.2 \cdot 1000$$

$$= 53.3 \text{ kg}$$

jadi untuk satu buah ponton supaya tenggelam separuh bagian memerlukan berat sekitar 53.3 kg, maka setelah ditimbang seluruh beban yang ada pada ponton perlu diberikan balast/pemberat sehingga mencapai berat 53.3 kg. Balast yang dipakai pada model adalah berupa pasir dengan pertimbangan murah dan bisa merata sehingga tidak menimbulkan pergeseran titik berat. Penempatan balast diletakkan sedemikian rupa sehingga distribusi berat merata (tidak terjadi trim).

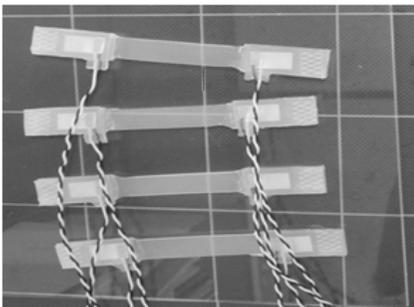
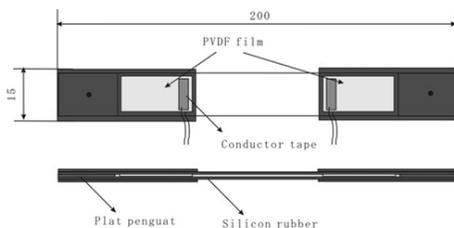


Gbr. 6 Hasil Rancang Bangun 1 unit PLTO

RANCANGAN PIEZOELECTRI SENSOR

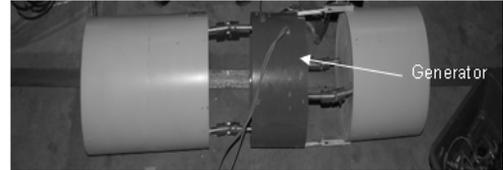
Dalam kegiatan pengujian model PLTO maka diperlukan sensor gaya yang bekerja pada sambungan generator-generator model yang mana menggambarkan gaya ini yang akan ditransformasikan menjadi penggerak hidrolik pembangkit tenaga listrik.

Sensor ini dirancang untuk mengukur beban aksial dimana konstruksi yang diukur mengalami deformasi yang relatif besar selama. Struktur sensor ini terdiri dari PVDF film (material piezoelectric) sebagai sensing element yang diapit oleh lembaran silicon untuk mendistribusikan beban luar yang bekerja. Charge listrik yang dihasilkan oleh PVDF film disalurkan ke alat ukur melalui conductive tape dan kabel. Gambar ilustrasi sensor ini ditunjukkan pada gambar 7.



Gbr. 7 Sensor (large deformation sensor)

Pengukuran gaya pada sambungan ponton akibat gelombang akan dicatat melalui Piezoelectric Sensor yang ditempatkan pada tempat-tempat tertentu di model ponton generator.



Gbr. 8 Penempatan sensor pada model generator PLTO

KESIMPULAN

Dari perancangan yang sudah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Hal-hal yang perlu dan harus dipertimbangkan dalam pembuatan model Pembangkit Listrik Tenaga Ombak (PLTO)-Nagalistrik adalah : Kemampuan model pembangkit gelombang, ketersediaan material dan keakurasian hasil pengujian.
- Posisi penempatan sensor pada model harus diperhitungkan, agar output gaya yang akan diukur dapat dicatat seperti yang diinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Khana PK, Hornbostel B, Grimme R, Schafer W, and Dorner J, Miniature pressure sensor and micromachined actuator structure based on low-temperature-cofired ceramics and piezoelectric material, materials Chemistry and Physics 87, 2004, 173-178.
- Marsili. R, Measurement of Dynamic Normal Pressure Between Tire and Ground Using PVDF Piezoelectric Films, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol. 49, No. 4 August (2000), pp. 736-740.
- Setyanto T.A, Fujimoto Y. and Jingxa Y, Piezoelectric pad sensor for dynamic load measurement, bulletin of the graduate school of engineering, Hiroshima University, Vol. 54, No. 1, (2005), 35-42.