

EFEK REDAMAN PADA SIMULASI KONVERSI ENERGI GELOMBANG LAUT MENJADI ENERGI LISTRIK DENGAN PRINSIP RESONANASI

Oleh

Drs. Defrianto, DEA
Jurusan Fisika Fmipa UNRI

Abstrak

Sistem mekanik yang terdiri dari tabung, pegas dan beban di modelkan untuk menyerap energi gelombang laut menjadi energi osilasi pegas-beban kemudian dengan menggunakan generator diubah menjadi energi listrik. Konversi akan maksimum jika terjadi resonansi osilasi pegas-beban dengan gelombang laut.

Gerakan osilasi pegas-beban akan melambat karena adanya redaman. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh redaman terhadap konversi energi gelombang laut menjadi energi listrik maka disimulasikan sistem yang terdiri tabung bermassa 75 kg dan berdiameter 0.2 m, kemudian di dalam tabung tersebut dipasang pegas dengan konstanta pegas 5000 N/m, beban bermassa 50 kg dan koefisien redaman sistem yang bervariasi 50, 100, 150, 200 dan 250 kg.s/m

Hasil simulasi menunjukkan bahwa daya maksimum terjadi pada frekwensi gelombang laut 2.93 Hz, dimana untuk amplitudo gelombang laut 0.5 m dan koefisien redaman sistem 50, 100, 150, 200 dan 250 kg.s/m, daya yang dapat diserap masing-masing adalah 1460, 700, 500, 350, dan 250 W.

Kata Kunci : Energi, Gelombang Laut, Konversi, Pegas, Beban

PENDAHULUAN

Permasalahan seluruh bangsa-bangsa di bumi pada saat ini adalah ketersediaan sumber energi dan kualitas lingkungan hidup. Untuk menggerakkan peradaban umat manusia, sumber energi fosil merupakan sumber energi utama yang digunakan. Bahan bakar fosil seperti minyak bumi, gas alam dan batu bara adalah sumber energi tidak terbarukan yang disediakan alam melalui proses jutaan tahun. Penggunaan terus menerus bahan bakar fosil akan menghabiskan cadangan yang ada, oleh sebab itu sangat perlu mengembangkan pemanfaatan sumber-sumber energi lain yang terbarukan, seperti energi cahaya matahari, angin, gelombang laut, air terjun dan lain-lain. Masalah yang timbul akibat penggunaan energi fosil (hidrokarbon) yaitu limbah gas karbondioksida (CO_2) yang dibuang ke atmosfer sehingga meningkatkan temperatur atmosfer bumi yang menyebabkan pemanasan global (global warming). Pemanasan global akan memicu berbagai bencana seperti pencairan es kutub yang akan menenggelamkan banyak pulau, badai yang lebih besar dan kuat, curah hujan

yang lebih tinggi sehingga menyebabkan banjir dan lain-lain.

Indonesia adalah negara berbentuk kepulauan yang memiliki daerah laut yang sangat luas oleh karena itu Indonesia memiliki potensi energi gelombang laut yang sangat besar. Usaha pengembangan teknologi konversi energi gelombang laut menjadi energi listrik merupakan salah satu pemecahan terhadap ketergantungan pada energi fosil. Model pembangkit listrik dari energi gelombang laut pernah dikembangkan oleh Sir Chistopher Cockerell (Kadir, 1990), model ini berbentuk sebuah rakit yang terdiri atas tiga ponton. Tetapi model ini hanya cocok untuk gelombang dengan panjang gelombang (λ) yang pendek, kelemahan lainnya pada model ini yaitu tidak adanya konfigurasi khusus yang akan memberikan efisiensi maksimum.

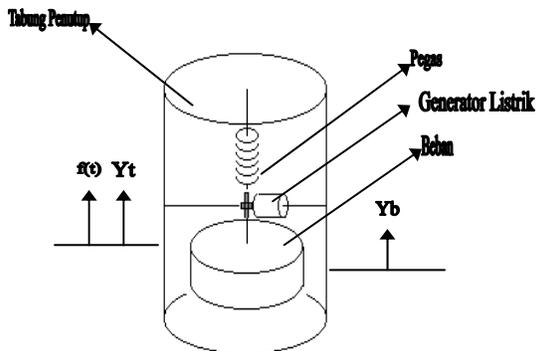
Energi gelombang laut merupakan satu bentuk energi mekanik. Untuk menyerap energi gelombang laut secara maksimal diperlukan suatu sistem mekanik yang beresilasi dengan frekwensi yang sama dengan dengan frekwensi gelombang laut tersebut sehingga terbentuk kondisi *Resonansi*. Kondisi resonansi yaitu keadaan dimana

suatu sistem bergetar akan menyerap energi eksternal secara maksimum (William, 1997). Pada penelitian ini akan dibuat sistem bergetar berbentuk kombinasi pegas berkonstanta pegas K dan beban bermassa M . Dengan pemilihan harga K dan M yang sesuai, maka dapat dibuat kondisi resonansi pada sistem Pegas-Beban tersebut sehingga akan menyerap energi eksternal (energi gelombang laut) secara maksimum. Namun efisiensi sistem pegas-beban dipengaruhi oleh besarnya redaman yang terjadi pada sistem.

METODE PENELITIAN

Model Pembangkit Listrik dari Energi Gelombang

Model alat konversi energi gelombang menjadi energi listrik terdiri dari 3 bagian seperti gambar (1) bawah.



Gambar 1. Model Pembangkit Listrik dari Energi Gelombang

Pada model ini terjadi 2 gerakan yaitu Gerak Tabung Penutup yang disebabkan oleh naik turun gelombang dan Gerak Beban relatif terhadap Tabung Penutup. Gerak Beban yang berupa gerak linear diubah menjadi gerak rotasi. Selanjutnya gerak rotasi akan memutar generator listrik sehingga timbul beda tegangan listrik (energi listrik).

Persamaan gerak untuk sistem ini yaitu :

Gerak tabung penutup :

$$M_t \frac{d^2 y_t}{dt^2} + \mu \frac{dy_t}{dt} + (A\rho g + k)y_t - ky_b = f(t) \quad (1)$$

Gerak Beban :

$$M_b \frac{d^2 y_b}{dt^2} + k_r \frac{dy_b}{dt} + ky_b - ky_t = 0 \quad (2)$$

Dimana :

$$f(t) = \text{Gaya Eksternal} = A\rho g Y e^{j\omega t} \quad (3)$$

dalam hal ini :

y_t = Besar pergeseran tabung penutup

y_b = Besar pergeseran beban

Y = Amplitudo gelombang

M_t = Massa tabung penutup

M_b = Massa beban

A = Luas penampang Tabung penutup

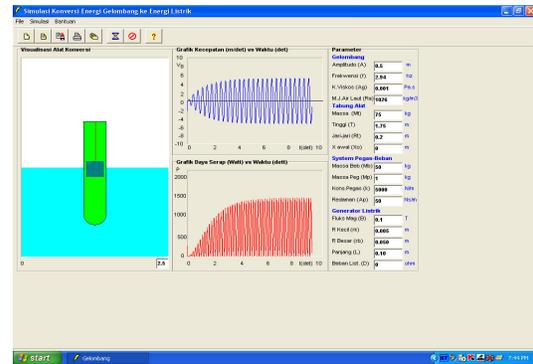
- μ = Koefisien viskositas air laut
- ρ = Massa jenis air laut
- Y = Amplitudo gelombang
- ω = Frekwensi sudut gelombang
- g = Percepatan gravitasi
- kr = Koefisien redaman
- k = Konstanta pegas

Persamaan (1) dan (2) diselesaikan secara simultan untuk mendapatkan frekwensi resonansi alat dan kecepatan relatif beban. Lalu kecepatan tersebut dikalikan dengan gaya eksternal untuk mendapatkan daya yang diserap alat. Solusi numerik model diatas disimulasikan dan divisualisasikan dengan menggunakan bahasa pemograman *Delphi* yang diverifikasi menggunakan software Matlab seperti terlihat pada gambar 2 dibawah.

Simulasi Komputer

Simulasi komputer dilakukan untuk sistem yang terdiri tabung bermassa 75 kg dan berdiameter 0.2 m, kemudian di dalam tabung tersebut dipasang pegas dengan konstanta pegas 5000 N/m, beban bermassa 50 kg dan koefisien redaman sistem yang

bervariasi 50, 100, 150, 200 dan 250 kg.s/m

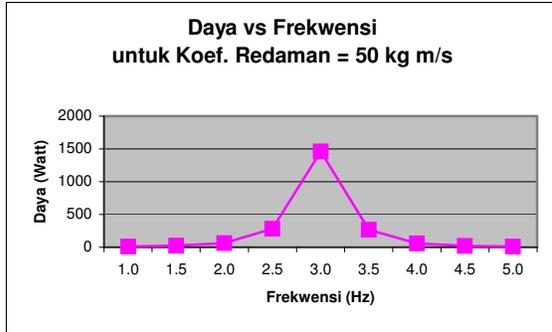


Gambar 2. Simulasi komputer konversi energi gelombang

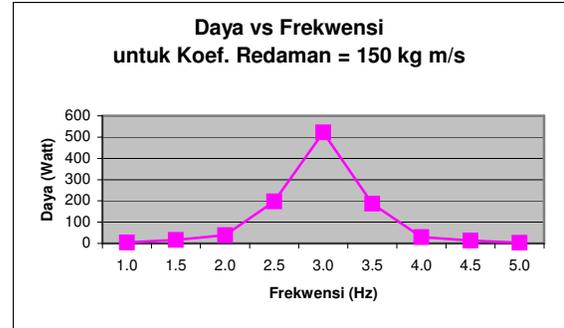
Untuk setiap koefisien redaman, simulasi dilakukan dengan bervariasi frekwensi gelombang laut dari 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, dan 5.0 Hz

HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi untuk koefisien redaman 50 kg s/m pada berbagai frekwensi gelombang laut menunjukkan bahwa pada frekwensi 3 hz memberikan daya serap energi yang paling besar yaitu 1460 watt, seperti terlihat pada gambar (3).



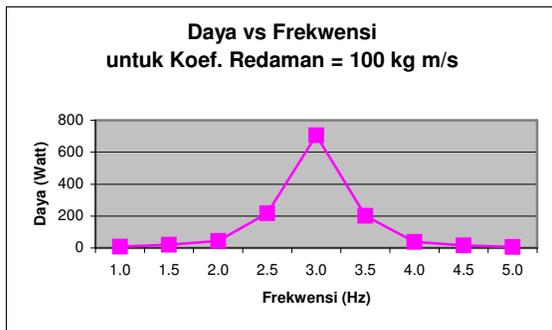
Gambar 3. Simulasi komputer konversi energi gelombang untuk $kr=50$ kg s/m



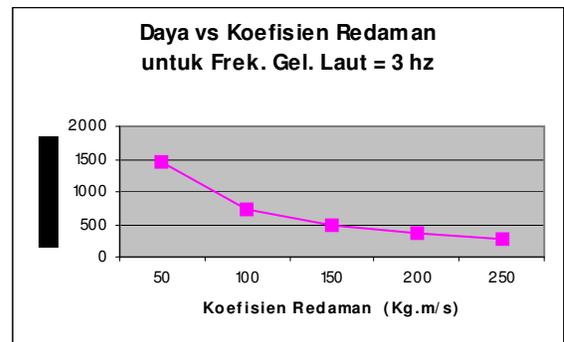
Gambar 5. Simulasi komputer konversi energi gelombang untuk $kr=150$ kg s/m

Untuk koefisien redaman 100 kg s/m dan 150 kg s/m, simulasi pada berbagai frekwensi gelombang laut menunjukkan bahwa pada frekwensi 3 hz memberikan daya serap energi yang paling besar yaitu 700 watt dan 500 watt, seperti terlihat pada gambar (4) dan (5).

Daya yang diserap secara maksimum pada frekwensi gelombang laut 3 hz dibandingkan untuk berbagai koefisien redaman, seperti terlihat pada gambar (6).



Gambar 4. Simulasi komputer konversi energi gelombang untuk $kr=100$ kg s/m



Gambar 6. Simulasi komputer konversi energi gelombang untuk frekwensi gelombang laut 3 hz.

Simulasi komputer untuk sistem dengan koefisien redaman 50, 100, 150, 200 dan 250 kg.s/m dengan memvariasikan frekwensi gelombang laut memperlihatkan bahwa daya diserap

secara maksimum terjadi pada frekwensi 3 hz, sedangkan pada frekwensi yang lebih kecil dan lebih besar, daya yang diserap mengecil dengan cepat. Daya maksimum terjadi karena frekwensi alami sistem sebesar 2.94 hz hampir bersesuaian frekwensi gelombang laut 3 hz sehingga terbentuk kondisi resonansi.

Pada kondisi resonansi, daya yang diserap tergantung pada redaman yang terjadi pada sistem, semakin kecil redaman maka daya yang diserap semakin besar. Untuk koefisien redaman sistem 50, 100, 150, 200 dan 250 kg.s/m, daya yang dapat diserap masing-masing adalah 1460, 700, 500, 350, dan 250 W.

KESIMPULAN

Untuk menyerap energi gelombang laut digunakan sistem mekanik berbentuk masa-pegas yang dimasukkan ke dalam tabung. Sistem disimulasikan untuk karakteristik tabung bermassa 75 kg dan berdiameter 0.2 m, di dalam tabung dipasang pegas dengan konstanta pegas 5000 N/m dan, beban bermassa 50 kg. Frekwensi natural sistem mekanik ini adalah 2.94 hz sehingga frekwensi gelombang laut yang

hampir sama dengan frekwensi ini akan menimbulkan kondisi resonansi yaitu kondisi energi gelombang laut diserap secara maksimum.

Sistem disimulasikan untuk koefisien redaman yang bervariasi 50, 100, 150, 200 dan 250 kg.s/m, pada keadaan resonansi daya yang dapat diserap masing-masing adalah 1460, 700, 500, 350, dan 250 W. Daya yang diserap akan menurun jika koefisien redaman semakin besar.

DAFTAR PUSTAKA

Suarga, 2007, Fisika Komputasi, Solusi problem fisika dengan Matlab, Andi Offset, Jogjakarta.

Arya, A.P., 2003, *Introduction to Classical Mechanics*, Prentice Hall, New Jersey.

Hulls, K., 2002, Wave Power, *The New Zealand Energy Journal*, 25/4/2002.

Kinsler, L.E., 1992, *Fundamentals of Acoustics*, Fifth Edition, John Wiley & Sons, New York.

Kadir, A., 1990, *Energi : Sumber daya, Inovasi, Tenaga Listrik, Potensi Ekonomi*, UI-Press, Jakarta.

Sarwate, V.V., 1993, *Electromagnetic Fields dan Waves*, John Wiley & Sons, New York

William, W.S., 1997, *Mechanical vibrations*, McGraw-Hill Inc., London