

DOI: doi.org/10.21009/03.SNF2017.02.CIP.11

STUDI TEORITIS PERBANDINGAN APLIKASI MODEL GETARAN HARMONIK LOGARITMIK dengan OSILATOR ROTASI PEGAS TORSIONAL UNTUK DIKEMBANGKAN PADA FENOMENA EKONOMI

Kunlestiowati Hadiningrum^{1,a)}, Nani Yuningsih^{2,b)}, Sardjito^{3,c)}

^{1,2,3} Politeknik Negeri Bandung, Jl. Terusan Gegerkalong Hilir, Ds. Ciwaruga, Kotak Pos 1234, Bandung

Email: a) kunpolban@yahoo.co.id, b) nani.yuningsih@polban.ac.id, c) sardjito@polban.ac.id

Abstrak

Tinjauan system pegas dengan beban bermassa dapat menghasilkan gerak getaran yang ditandai dengan berubahnya posisi beban terhadap waktu mengikuti fungsi osilasi harmonik. Jika massa beban konstan, maka fungsi posisi terhadap waktu akan berbentuk harmonik murni berupa gelombang sinus dan/atau cosinus. Apabila massa beban berubah secara linier, akan mengakibatkan terjadinya relaksasi perioda getaran, sehingga solusi posisi beban berbentuk fungsi osilasi harmonik logaritmik. Untuk tinjauan skala laboratorium, kondisi ini dapat diterapkan pada Osilasi Rotasional Pendulum Torsi. Model pegas berbeban telah dikembangkan untuk mendeskripsikan peristiwa dinamika nilai tukar rupiah terhadap valuta asing, khususnya bila ada gangguan yang cukup berarti yang berakibat pada terjadinya lonjakan, mengingat dalam situasi ekonomi Indonesia, kadang-kadang muncul gejolak yang menimbulkan lonjakan ekonomi, yang tidak dapat diperkirakan sebelumnya. Model ini bermula dari analogi gejala fisika dengan gejala ekonomi, tetapi model ini masih perlu diperbaiki dengan memasukkan factor gangguan yang bekerja dalam waktu yang sangat singkat bukan hanya pada saat awal agar menghasilkan fungsi delta atau fungsi diskrit sehingga solusinya dapat ditinjau dengan pendekatan diskrit.

Kata-kata kunci: getaran, massa berubah, fungsi harmonik logaritmik, pendulum torsi

Abstract

The overview of the mass-loaded spring system could produce vibration motion characterized by the change of the load position over time following the harmonic oscillation function. If the load mass is constant, then the function of position to time will be a pure harmonic form of sine wave and / or cosine. If the load mass is changed linearly, it will result in the relaxation of the vibration period, so the solution of the load position is in the form of a harmonic logarithmic oscillation function. For a laboratory scale review, this condition can be applied to the rotational oscillation torsion pendulum. The loaded spring model has been developed to describe the dynamics of the exchange rate of the rupiah against foreign exchange, especially when there is significant interference resulting in a spike, given the economic situation in Indonesia, there are sometimes fluctuations that cause unexpected economic hikes. This model begins with the analogy of physical and economic phenomenon. However, this model still needs to be fixed by incorporating the interference factor that works in a very short time not only at

the beginning, in order to produce delta function or discrete function so that the solution can be reviewed with discrete approach.

Keywords: vibration, mass changing, harmonic logarithmic function, torsion pendulum.

PENDAHULUAN

Getaran adalah suatu gerakan yang berulang dengan sendirinya pada suatu selang waktu tertentu yang dapat terjadi pada sistem di mana memiliki massa dan sifat elastis serta padanya bekerja gangguan. Getaran dapat berupa getaran translasi maupun rotasi. Getaran yang terjadi dalam arah rotasi sering disebut sebagai getaran torsional. Pada dasarnya karakteristik getaran torsional mirip dengan getaran translasi. Karena kemiripan dan antara getaran lurus/translasi dan getaran torsi, maka teori analisa yang di bahas dalam getaran lurus berlaku pula terhadap getaran torsi. Model matematis dari osilasi bebas sistem pegas dan massa dengan massa yang berubah secara linier terhadap waktu yang hanya digerakkan oleh gaya elastik, dari model yang berbentuk persamaan diferensial [1].

$$t^2 \left(\frac{d^2 x}{dt^2} \right) + t \left(\frac{dx}{dt} \right) + \theta^2 x = 0 \tag{1}$$

diperoleh solusi homogenya untuk simpangan setiap saat yang berbentuk fungsi harmonik logaritmik.

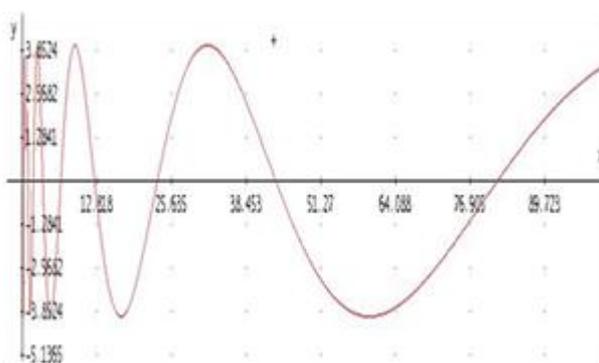
$$x(t) = A \sin[\theta \ln(Dt)] + B \cos[\theta \ln(Dt)] \tag{2}$$

yang memperlihatkan adanya mekanisme relaksasi pada domain waktu (artinya nilai periodanya berubah membesar atau melambat secara logaritmik). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa perubahan massa (yang dalam kasus ini bertambah secara linier terhadap waktu) beban pada sistem getaran.

$$x(t) = A \sin[\theta \ln(Dt)] + B \cos[\theta \ln(Dt)] + E \cos \omega_p t \tag{3}$$

mengakibatkan timbulnya gejala relaksasi.

Hubungan antara simpangan terhadap waktu kondisi tersebut dapat digambarkan seperti **GAMBAR 1**.



GAMBAR 1. Grafik simpangan terhadap waktu untuk getaran bebas dengan massa yang berubah linier [1]

Pada kasus khusus dimana bentuk $\ln(1+x)$ dapat diambil pendekatannya menjadi x , yakni jika nilai x sangat kecil. Dengan demikian, pada kasus khusus tersebut bentuk $\ln(Dt)$ dapat diganti menjadi $E t$ (dengan E konstanta), sehingga solusi di atas dapat ditulis sebagai.

$$x(t) = A \sin(\theta Et) + B \cos(\theta Et) \tag{4}$$

yang merupakan solusi dari getaran bebas untuk massa beban konstan. Dengan cara perhitungan yang mirip dengan pemodelan getaran teredam dari beban bermassa konstan, maka untuk system getaran teredam beban bermassa berubah akan menghasilkan persamaan gerak :

$$t^2 \left(\frac{d^2 x}{dt^2} \right) + \left(t + \frac{ct^2}{m} \right) \left(\frac{dx}{dt} \right) + \theta^2 x = 0 \tag{5}$$

Sedang sistem getaran paksa dari beban bermassa berubah mempunyai persamaan gerak :

$$t^2 \left(\frac{d^2 t}{dt^2} \right) + \left(t + \frac{ct^2}{m} \right) \left(\frac{dx}{dt} \right) + \theta^2 x = (F_L) \tag{6}$$

Dan untuk gaya luar yang berubah secara periodik, berbentuk sinusoida terhadap waktu

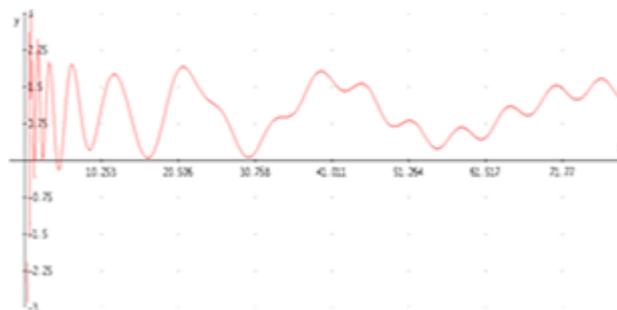
$$F_L = F_{LM} \sin \omega_p t \tag{7}$$

Sehingga getaran paksa teredam dari beban bermassa berubah, akan mempunyai persamaan gerak lengkapnya sebagai berikut

$$t^2 \left(\frac{d^2 x}{dt^2} \right) + \left(t + \frac{ct^2}{m} \right) \left(\frac{dx}{dt} \right) + \theta^2 x = \left(\frac{t^2}{m} \right) (F_{LM} \sin \omega_p t) \tag{8}$$

Solusi persamaan tersebut merupakan penjumlahan solusi umum dan solusi khusus, yakni :

$$x(t) = A \sin[\theta \ln(Dt)] + B \cos[\theta \ln(Dt)] + E \cos \omega_p t \tag{9}$$



GAMBAR 2. Grafik simpangan terhadap waktu untuk osilasi paksa teredam sistem pegas dengan beban bermassa tidak konstan dalam kondisi sesaat setelah crash [1]

Pemodelan persamaan gerak serta solusi yang diperoleh menjadi satu hal yang menarik mengingat adanya kenyataan bahwa fungsi osilasi harmonik logaritmik juga merupakan solusi dari Persamaan Voight [2]. Persamaan Voight berbentuk:

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = f\left(\frac{dy}{dx}\right)^\alpha \tag{10}$$

Persamaan Voight sering digunakan untuk merumuskan berbagai fenomena fisis yang mengikuti Hukum Pangkat (*Power Law*), seperti peristiwa keretakan struktur, gempa bumi, longsor, hingga peristiwa-peristiwa ekonomi dan keuangan.

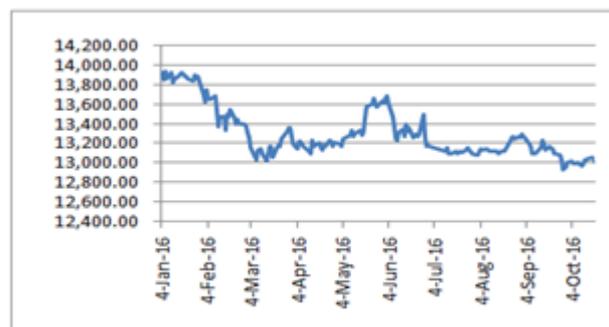
Dengan membandingkan grafik antara solusi fungsi osilasi harmonik logaritmik dapat digunakan untuk menjelaskan fenomena-ekonomi [3] seperti prediksi atau pendugaan kurs mata uang untuk mengetahui seberapa besar nilai tukar mata uang pada masa mendatang yang bersifat harian. Dari hasil prediksi yang diperoleh, pihak-pihak yang berkepentingan dalam perdagangan internasional baik impor maupun ekspor dapat mengambil langkah-langkah strategis yang sekiranya perlu dilakukan agar tidak mengalami kerugian yang cukup besar[4].

Grafik simpangan terhadap waktu untuk osilasi paksa teredam sistem pegas dengan beban bermassa tidak konstan dalam kondisi sesaat setelah crash ada kemiripan dengan nilai tukar rupiah terhadap US dollar yang terjadi. Seperti pada **GAMBAR 3** memperlihatkan nilai tukar US dollar terhadap rupiah dari Juni 1997 sampai Mei 1998.



GAMBAR 3. US Dollar vs Rupiah beberapa bulan pada juni 1997 sampai mei tahun 1998 [5]

Sedangkan **GAMBAR 4** menggambarkan kondisi nilai tukar US dollar terhadap rupiah dalam 10 bulan di tahun 2016.



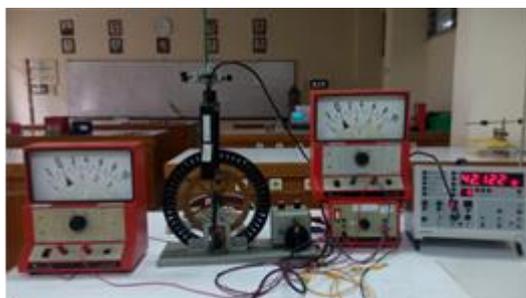
Sumber: Website Bank Indonesia, Grafik_Kurs tengah BI

GAMBAR 4. US Dollar vs Rupiah dalam 10 bulan di tahun 2016 [5]

Dari tinjauan tersebut diatas, maka terdapat kesamaan adanya mekanisme relaksasi, baik pada sistem pegas maupun sistem ekonomi dan sistem kelembaman, massa pada pegas, dan nilai tukar uang pada valuta asing. Karena karakteristik getaran torsional mirip dengan getaran translasi, dengan mengkonversikan sudut putar ke simpangan, maka Persamaan yang berlaku pada getaran torsional merupakan analogi dari getaran linier.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, untuk mendapatkan simpangan getaran torsional dilakukan menggunakan pendulum torsi dengan simpangan awal berupa amplitudo, kemudian amati besar sudut untuk waktu perioda tertentu dalam beberapa saat. Dari sudut-sudut selama getaran tersebut akan diperoleh beberapa simpangan, hasilnya diplot dalam grafik. Hasil data empiris dicocokkan dengan solusi secara teoritik.



GAMBAR 5. Perangkat alat pendulum torsi

Untuk mendapatkan redaman yang cukup besar, maka diberikan medan magnet, sedangkan untuk getaran paksaan dengan memperbesar tegangan listrik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada osilator torsional untuk getaran teredam berlaku persamaan

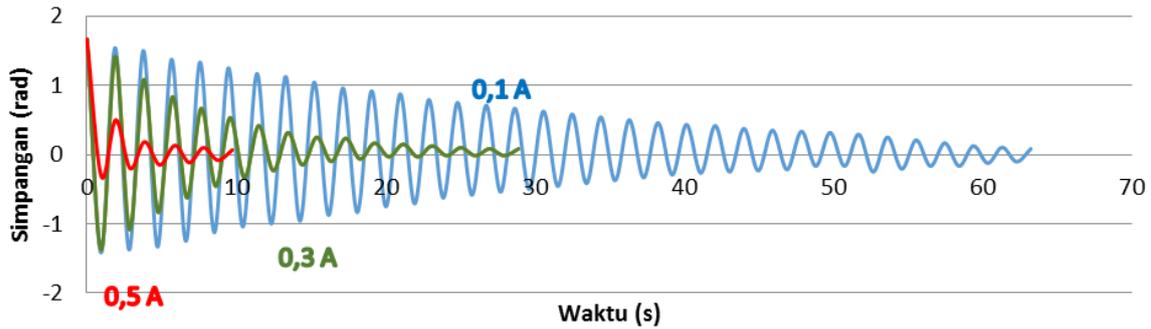
$$I \frac{d^2\theta}{dt^2} + C \frac{d\theta}{dt} + k\theta = 0 \quad (11)$$

Dengan I adalah momen inersia, C adalah konstanta redaman, k adalah konstanta pegas, dan θ adalah sudut putar. Persamaan (11) memiliki solusi umum berbentuk:

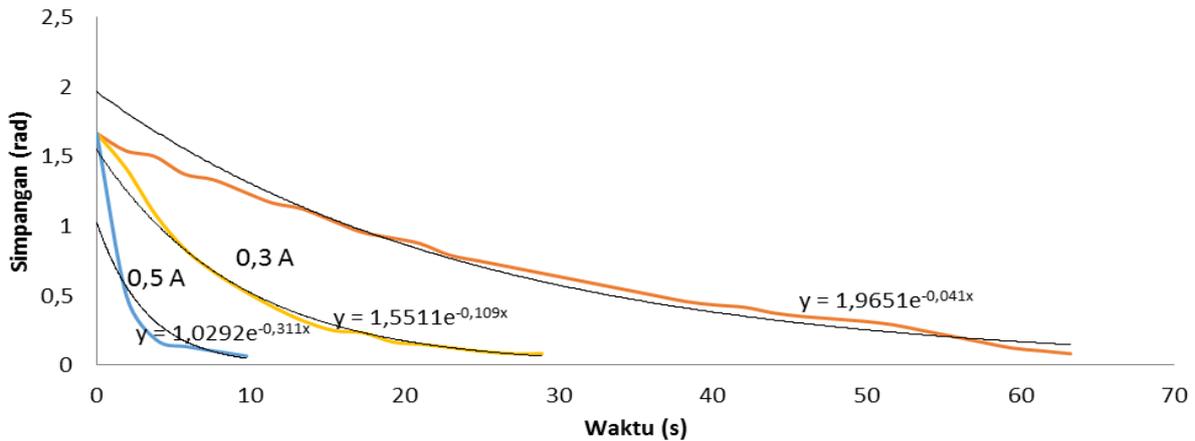
$$\theta(t) = e^{-\gamma t} \cos(\omega t - \theta) \quad (12)$$

Bentuk persamaan (12) mirip dengan persamaan getaran linier dengan massa berubah terhadap waktu atau dapat disebut sebagai fungsi logaritmik.

Getaran dengan menggunakan pegas torsional pendulum torsi menghasilkan grafik seperti pada **GAMBAR 5**. Pada pendulum torsi, yang berperan sebagai peredam adalah harga arus. Semakin besar arus yang diberikan akan menghasilkan redaman yang semakin kuat.



GAMBAR 5 Grafik hubungan antara simpangan terhadap waktu getar getaran torsional teredam



GAMBAR 6. Ekstrapolasi fungsi eksponensial

GAMBAR 5. memperlihatkan simpangan yang terjadi untuk beberapa harga arus sebagai peredam yang berbeda-beda yaitu 0,1A, 0,3A, dan 0,5A. Semakin besar arus, semakin cepat getaran akan teredam. Untuk harga arus 0,1A besar efek redaman sebesar 0,041, untuk harga arus 0,3A, besar efek redaman sebesar 0,109, dan untuk harga arus 0,5A, besar efek redaman sebesar 0,311. GAMBAR 6 menunjukkan hasil ekstrapolasi fungsi eksponensial, dimana terdapat kecocokan dengan solusi secara teoritis.

Jika ditinjau secara ekonomi untuk dinamika nilai tukar rupiah terhadap US dollar, redaman kecil akan mengakibatkan nilai rupiah melemah terlalu lama. Salah satu penyebab waktu redaman terlalu lama adalah banyaknya jumlah penduduk. Sebaliknya redaman terlalu kuat akan mengakibatkan nilai ekspor terganggu karena nilai ekspor berkorelasi negatif terhadap menguatnya rupiah.

Agar osilasi suatu sistem osilator tetap bertahan, maka energi yang berasal dari sumber luar harus diberikan pada sistem yang besarnya sama dengan energi disipasi yang ditimbulkan oleh peredamnya, osilasi yang demikian dinamakan sebagai osilasi paksaan atau disebut gerak harmonik yang dipengaruhi oleh gaya luar yang bekerja terus-menerus secara periodik.

SIMPULAN

Terdapat kemiripan antara getaran translasi harmonik dengan getaran translasi harmonik dengan getaran rotasional pada pendulum torsi, khususnya untuk getaran yang mengalami redaman. Untuk getaran paksa, kemiripan terjadi pada saat sistem sedang mengalami relaksasi yaitu ketika telah mencapai kondisi tunak. Sistem getar semacam ini dapat diaplikasikan pada dinamika ekonomi antara lain untuk menjelaskan perubahan nilai tukar rupiah terhadap dollar AS.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRPM) Kemenristekdikti melalui Unit Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (UPPM) Politeknik Negeri Bandung yang telah mendanai penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Kunlestiowati, H., Nani Yuningsih, and Sardjito Sardjito. "Getaran sistem pegas berbeban dengan massa yang berubah terhadap waktu." In Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar, vol. 1, pp. 31-1. 2010
- [2] IlinskiKiril, Physics of finance, <http://xxx.lanl.gov,1997hep-th/9710148>
- [3] Kunlestiowati dkk "Application of Physics Phenomenon Towards The Economic Symptoms in Indonesia (Spring Oscillation Model and Rupiah Rate Exchange)" The International Conference on Islamic Economics, Management, Accounting, Business and Social Science, Proceeding ICIEMABS ISBN: 978-602-74942-0-6 Batam 2016
- [4] Saputri, Kartikaningtiyas Hanunggraheni, Suparti Suparti, and Abdul Hoyyi. "Pemodelan Kurs Rupiah Terhadap Dollar Amerika Serikat Menggunakan Regresi Penalized Spline Berbasis Radial." Jurnal Gaussian 4, no. 3 (2015): 533-541
- [5] <http://www.bi.go.id/moneter/informasi-kurs/transaksi-bi/11/10/2017>

