



IMPLEMENTASI PENGARUH PERUBAHAN TEMPERATUR *SHOCK ABSORBER* TERHADAP KOEFISIEN REDAM GETAR UNTUK MENGHASILKAN SUSPENSI YANG NYAMAN PADA MOBIL TAMBANG

I Gd K. Rizal Agus Setiadi

Fakultas Komputer

Universitas Indonesia

i.gd51@ui.ac.id

Irwan Munandar

Balai Diklat Tambang Bawah Tanah

irwan@esdm.go.id

I. Pendahuluan

Di Indonesia, penggunaan mobil setiap tahunnya mengalami peningkatan yang sangat pesat. Salah satu bagian terpenting dari alat transportasi ini adalah pada bagian suspensinya. Suspensi adalah kumpulan komponen tertentu yang berfungsi meredam kejutan, getaran yang terjadi pada kendaraan akibat permukaan jalan yang tidak rata yang dapat meningkatkan kenyamanan berkendara dan pengendalian kendaraan. Untuk mendapatkan redaman yang optimal diperlukan pengembangan desain suspensi pada kendaraan (Peceliunas dkk, 2005:172). Komponen utama yang didesain untuk meredam hentakan tersebut ialah Peredam kejutan atau *shock absorber*. *Shock Absorber* kendaraan bermotor dirancang agar mampu menghadapi kondisi perubahan jalan, kecepatan dan massa muatan. Banyak jenis dari *shock absorber*, fluida MR dapat menjadi salah satu alternatif jenis peredam pada *shock absorber*. *Fluida Magnetorheological* (fluida MR) adalah cairan yang berubah sifat fisiknya ketika terkena medan magnet (Wong, 2003).

Dalam kaitannya dengan dunia Fisika, gejala fisis yang tampak pada *shock absorber* adalah peristiwa gerak osilasi teredam. Pada osilasi teredam, simpangan osilasi semakin lama akan semakin kecil dan akhirnya berhenti (King, 2009:33). Contohnya sebuah mobil melewati jalan mulus kursi bergerak horisontal. Ketika melewati jalan yang bergelombang, kursi di dalam mobil bergerak secara vertikal dan berosilasi. Di sini *shock absorber* akan mengontrol amplitudo osilasi sehingga getaran/guncangan yang dirasakan pengguna kendaraan semakin lama semakin kecil dan akhirnya berhenti.

Sholikhah dkk (2013) meneliti beberapa koefisien redaman sebagai fungsi kecepatan untuk mendapatkan hasil redaman yang optimal. Model fungsi redaman yang



diteliti adalah $c(v) = v^n$ dan $c(v) = 1 - \exp(-10 v^n)$, dengan diperoleh hasil penelitian model $c(v) = v^n$ (untuk $n < 10$) adalah paling optimal.

Pada penelitian ini, selain menggunakan model koefisien redaman sebagai fungsi pangkat (n) yaitu $c(v) = v^n$ dan fungsi eksponensial $c(v) = 1 - \exp(-10v^n)$, juga meninjau perubahan temperatur dari *shock absorber*. Penambahan variabel temperatur ini dimaksudkan untuk memperoleh penurunan amplitudo pada kurva diagram fase kecepatan dan posisi secara perlahan dan bertahap sehingga didapatkan redaman yang optimal pada sistem suspensi.

Berdasarkan hal tersebut di atas maka dilakukan penelitian artikel dengan judul “Pengaruh Perubahan Temperatur *Shock Absorber* terhadap Koefisien Redam Getar untuk Menghasilkan Suspensi yang Nyaman pada Mobil Tambang”. Tujuan dari penelitian artikel ini adalah memvisualisasikan sistem suspensi berdasarkan peninjauan perubahan temperatur dari *Shock Absorber*, sehingga dapat dihasilkan sebuah simulasi yang dapat digunakan sebagai acuan bagi perusahaan mobil tambang dalam membuat sistem suspensi agar lebih cepat dan efisien dalam meredam kejutan getaran.

Penelitian artikel ini diharapkan memperoleh hasil yang dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Sebagai media informasi untuk bisa menambah dan mengembangkan pengetahuan tentang Gerak Osilasi Teregang.
2. Sebagai bekal untuk terjun ke perusahaan pembuatan suspensi/mobil tambang.

II. Tinjauan Pustaka

A. Temperatur

Suhu adalah ukuran numerik dari panas atau dingin. Pengukurannya adalah dengan deteksi radiasi panas atau kecepatan partikel atau energi kinetik atau oleh perilaku sebagian besar bahan *thermometric*, yang dapat dikalibrasi dalam berbagai skala suhu, baik itu Celcius, Fahrenheit, Kelvin, dll. Pengukuran dengan termometer kecil, atau dengan deteksi radiasi panas, dapat menunjukkan bahwa suhu suatu material dapat bervariasi dari waktu ke waktu dan dari tempat ke tempat di dalamnya. Misalnya, petir dapat memanaskan sebagian kecil dari atmosfer yang lebih panas dari permukaan matahari. Jika perubahan terjadi terlalu cepat, atau dengan jarak yang terlalu kecil, maka hampir mustahil untuk menentukan suhunya.



Di dalam tubuh tidak ada pertukaran energi atau bahan dengan lingkungannya, suhu cenderung menjadi spasial seragam seiring berjalannya waktu. Ketika sebuah jalur permeabel yang panas terbuka di antara dua benda, energi selalu berpindah secara spontan sebagaimana panas dari benda yang lebih panas ke yang lebih dingin. Laju transfernya tergantung pada konduktivitas termal dari batas antara kedua benda tersebut. Diantara dua benda dengan suhu yang sama, tidak ada panas yang mengalir. Benda-benda ini dikatakan dalam kesetimbangan termal.

Suhu mutlak sebanding dengan energi kinetik rata-rata gerakan mikroskopis acak dari partikel mikroskopis penyusunnya seperti elektron, atom, dan molekul.

Suhu terdingin secara teoritis disebut suhu nol mutlak. Suhu ini dapat didekati tapi tidak ada dalam sistem fisis yang sebenarnya. Suhu ini dilambangkan dengan 0 K pada skala Kelvi, $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ pada skala Celcius, dan $-459,67\text{ }^{\circ}\text{F}$ pada skala Fahrenheit. Pada suhu nol mutlak, gerakan dari unsur mikroskopis adalah minimal.

B. Sistem Suspensi

Suspensi adalah kumpulan komponen tertentu yang berfungsi meredam kejutan, getaran yang terjadi pada kendaraan akibat permukaan jalan yang tidak rata yang dapat meningkatkan kenyamanan berkendara dan pengendalian kendaraan. Sistem suspensi kendaraan terletak di antara *body* (kerangka) dengan roda. Ada dua jenis utama suspensi yaitu :

a. Sistem suspensi dependen atau sistem suspensi poros kaku (*rigid*)

Roda dalam satu poros dihubungkan dengan poros kaku (*rigid*), poros kaku tersebut dihubungkan ke bodi dengan menggunakan pegas, peredam kejut dan lengan kontrol (*control arm*). Awalnya semua kendaraan menggunakan sistem ini. Sampai sekarang sebagian besar kendaraan berat seperti *truck*, masih menggunakan sistem ini, sedangkan kendaraan niaga umumnya menggunakan sistem ini pada roda belakang.

b. Sistem suspensi independen atau sistem suspensi bebas

Antara roda dalam satu poros tidak terhubung secara langsung, masing-masing roda (roda kiri dan kanan) terhubung ke bodi atau rangka dengan lengan suspensi (*suspension arm*), pegas dan peredam kejut. Guncangan atau getaran pada salah satu roda tidak memengaruhi roda yang lain. Umumnya kendaraan penumpang menggunakan sistem ini pada semua poros rodanya, sedangkan kendaraan niaga umumnya menggunakan sistem ini pada roda depan sedangkan pada poros roda belakang menggunakan sistem suspensi



dependen pada poros roda belakang. Tipe *MacPherson Strut* dan *double-wishbone* termasuk dalam jenis sistem ini.

C. *Shock Absorber*

Peredam kejut, *shock absorber*, *shock breaker*, atau *damper* adalah sebuah alat mekanik yang didesain untuk meredam hentakan yang disebabkan oleh energi kinetik. Peredam kejut adalah bagian penting dalam suspensi kendaraan bermotor, roda pendaratan pesawat terbang, dan mendukung banyak mesin industri. Peredam kejut berukuran besar juga digunakan dalam arsitektur dan teknik sipil untuk mengurangi kelemahan struktur akibat gempa bumi dan resonansi

Dalam kendaraan, alat ini berfungsi untuk mengurangi efek dari karyanya permukaan jalan. Tanpa peredam kejut, kendaraan dapat terlempar, seperti energi yang disimpan dalam per dan lalu dilepaskan pada kendaraan, barangkali melebihi gerakan suspensi. Kontrol gerakan berlebih pada suspensi tanpa peredam kejut diridam secara paksa oleh per yang kaku, yang dapat menyebabkan ketidaknyamanan dalam berkendara. Peredam kejut diperkenankan menggunakan per yang lembut yang mengontrol gerakan suspensi dalam merespon gundukan atau lubang. Dan juga, perabungan dengan pelambatan efek fisik dalam ban itu sendiri, mengurangi gerakan naik turun per. Karena ban tidak selembut per, untuk meredam hentakan ban mungkin dibutuhkan shock yang kaku yang lebih ideal untuk kendaraan. Peredam kejut pneumatik dan hidraulik umumnya mengambil bentuk sebuah silinder dengan piston yang bergerak di dalamnya. Silinder harus diisi dengan cairan kental, seperti minyak hidraulik atau udara. Cairan ini diisikan ke dalam dashpot. Peredam kejut berbasis per umumnya menggunakan per keong atau per daun. Per ideal itu sendiri, bukanlah peredam kejut seperti per yang hanya menyimpan dan tidak menghilangkan atau menyerap energi. Kendaraan biasanya menggunakan dua per atau palang torsi yang berfungsi sebagaimana peredam kejut hidraulik. Dalam kombinasi ini, peredam kejut secara khusus menyediakan piston hidraulik yang menyerap dan menghilangkan getaran. Per tidak dianggap sebagai peredam kejut.

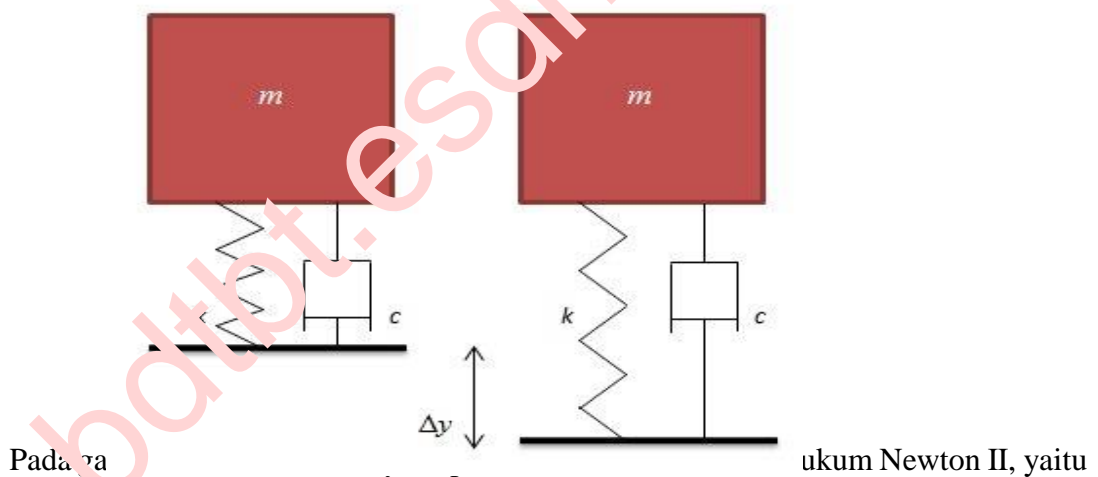
Peredam kejut harus menyerap atau menghilangkan energi. Desainnya harus dipertimbangkan, oleh karena itu harus dibuat ketika mendesain atau memilih sebuah peredam kejut adalah ke mana energi akan pergi. Umumnya, dalam kebanyakan dashpot, energi diubah ke dalam panas di dalam cairan kental. Dalam silinder hidraulik, minyak hidraulik akan memanaskan. Dalam silinder udara, udara panas selalu dilepaskan ke atmosfer.

Dalam tipe dashpot yang lain, seperti elektromagnetik, energi yang hilang dapat disimpan dan bisa digunakan kemudian jika diperlukan.

D. Gerak Osilasi Teredam

Saat sebuah mobil melewati jalan yang bergelombang terasa ada guncangan. Guncangan tersebut akibat adanya gaya luar yang bekerja sehingga terjadi penarikan pegas pada sistem suspensi sebesar Δy . Pegas berubah dari posisi setimbangnya. Waktu terjadinya pergerakan awal *shock absorber* saat berubah dari posisi setimbangnya tersebut adalah pada saat $t = 0$. Gaya luar tidak lagi bekerja dalam sistem. *Shock absorber* tersebut berubah dari posisi setimbangnya tanpa kecepatan awal. Posisi berubah dari posisi setimbangnya sebesar Δy . Perubahan posisi Δy adalah peregangan pegas sebesar y pada kondisi di mana yaitu $y_0 = 0$ sehingga dapat diketahui $\Delta y = y - y_0 = y - 0 = y$.

Shock absorber tidak hanya ada gaya pegas yang bekerja tetapi juga terdapat gaya peredam (*damping*). Redaman tersebut mengakibatkan adanya gaya yang hilang sehingga gerak osilasi melemah dan akhirnya berhenti. Gerak osilasi yang terdapat redaman disebut osilasi teredam (*damped oscillation*) (Sholikhah, 2013)



Pada saat
sebagai berikut.

$$\sum \mathbf{F} = m\mathbf{a} \quad (2.1)$$

Gaya-gaya yang bekerja pada sistem tersebut adalah gaya pegas dan gaya redaman gesekan sehingga persamaan 2.1 dapat ditulis

$$\mathbf{F}_p + \mathbf{F}_g = m\mathbf{a} \quad (2.2)$$

Pada saat massa menekan pegas sejauh Δy terdapat perpindahan gaya yang berbanding lurus dengan simpangannya dalam posisi setimbang. Berdasarkan hukum hooke maka saat pegas disimpangkan dari posisi setimbangnya maka pegas mengerjakan gaya

$$\mathbf{F}_p = k\Delta y(-\hat{j}) = -k(y - y_0)\hat{j}$$



Karena $y_0 = 0$, maka

$$\mathbf{F}_p = -k(y - 0)\hat{\mathbf{j}} = -ky\hat{\mathbf{j}} \quad (2.3)$$

Selain gaya pegas pada sistem suspensi terdapat gaya redaman yang diperhitungkan yang besarnya sebanding dengan kecepatannya tetapi berlawanan arah

$$\mathbf{F}_g \approx -\mathbf{v}^n \quad (2.4)$$

Untuk perpindahan benda dengan kecepatan kecil yaitu kurang dari 25 m/s nilai $n = 1$. Pada *shock absorber* perpindahan yang terjadi dengan kecepatan kecil sehingga persamaan (2.4) menjadi

$$\mathbf{F}_g \approx -\mathbf{v} \quad (2.5)$$

Tanda negatif menunjukkan arah yang berlawanan dengan kecepatan. Jika gaya redaman gesekan sebanding dengan kecepatannya, maka ada konstanta pembandlingannya

$$\mathbf{F}_g = -c\mathbf{v} = -cv\hat{\mathbf{j}} \quad (2.6)$$

Sehingga persamaan (2.2) dapat ditulis menjadi

$$-ky\hat{\mathbf{j}} - cv\hat{\mathbf{j}} = -m\hat{\mathbf{j}} \frac{d^2y}{dt^2} \quad (2.7)$$

Jika semua ruas dibagi dengan $\hat{\mathbf{j}}$, dikurangi m dan dikali -1

$$m\frac{d^2y}{dt^2} + cv + ky = 0 \quad (2.8)$$

Kecepatan v merupakan besarnya perubahan posisi terhadap waktu dan percepatan a merupakan laju perubahan dari kecepatan terhadap waktu sehingga persamaan (2.8) ditulis

$$m\frac{dv}{dt} + c\frac{dy}{dt} + ky = 0, \quad (2.9)$$

$$m\frac{d^2y}{dt^2} + c\frac{dy}{dt} + ky = 0, \quad (2.10)$$

Maka diperoleh persamaan gerak osilasi teredam persamaan (2,10) dengan $m =$ massa (kg), $c =$ konstanta redaman (Ns/m), $k =$ konstanta pegas (N/m). Dengan membagi persamaan (2.10) dengan m maka

$$\frac{d^2y}{dt^2} + \frac{c}{m}\frac{dy}{dt} + \frac{k}{m}y = 0. \quad (2.11)$$

Dengan pemisalan $\omega^2 = \frac{k}{m}$ dan $2b = \frac{c}{m}$ maka diperoleh

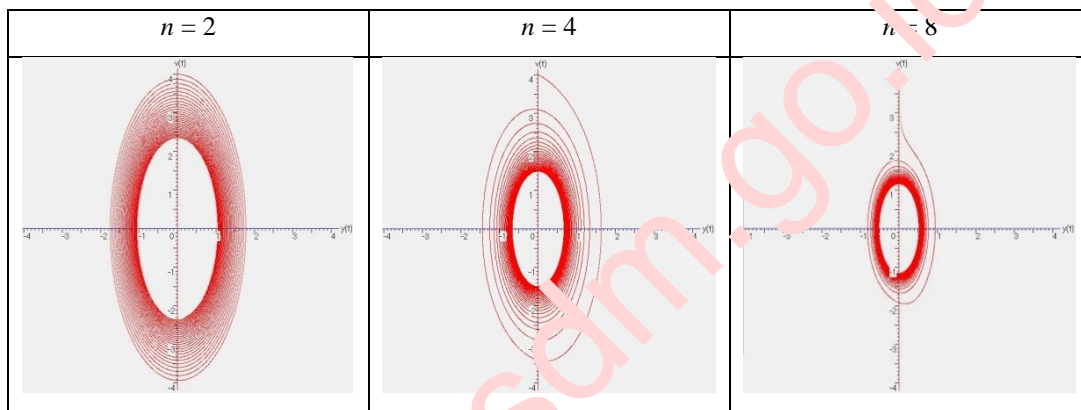
$$\frac{d^2y}{dt^2} + 2b\frac{dy}{dt} + \omega^2y = 0. \quad (2.12)$$

E. Metode Pendekatan

Penelitian artikel dilakukan dengan analisis komputatif. Bahasa pemrograman yang dipakai adalah *Delphi 7*. Persamaan umum osilasi teredam yang telah diketahui, didefinisikan ke dalam bahasa pemrograman tersebut. Syarat awal digunakan untuk menunjukkan keadaan awal sistem. Hasil visualisasi program ditunjukkan oleh diagram fase kecepatan pada setiap simpangan osilasi.

III. Hasil dan Pembahasan

1. Hasil Visualisasi Koefisien Redaman $c(v) = v^n$



Gambar 3.1. Diagram Fase Hubungan antara Perpindahan dengan Kecepatan dan Grafik Simpangan terhadap waktu pada Koefisien Redaman $c(v) = v^n$

Pada Gambar 3.1 variabel kontrol adalah massa $m = 500$ kg, koefisien pegas $k = 2500$ Ns/m, kecepatan awal $v(0) = 4$ m/s, koefisien redaman $c(v) = v^n$ dan posisi awal $y(0) = 0$. Gambar 3.1 digunakan untuk mencari koefisien redaman paling efektif dengan n sebagai variabel bebas pada fungsi $c(v) = v^n$. Gambar 3.1 pada Gambar (a) dengan $n = 2$, Gambar (b) $n = 4$, Gambar (c) $n = 8$. Tampak pada gambar 1 semakin besar nilai n pada fungsi $c(v) = v^n$ diameter elips semakin kecil.

Gambar 3.1(a) saat kecepatan awal bernilai 4 m/s benda dalam posisi seimbang yaitu $y = 0$. Kecepatan turun 1 m/s pada posisi 1,7 m. Pada saat kecepatan bernilai nol, terjadi simpangan maksimum $y = 1,8$ m. Pada kondisi stabil diagram fase berbentuk elips dengan diameter yang relatif menurun yaitu dengan kecepatan maksimum 2,4 m/s dan amplitudo 1 m. Penurunan kecepatan obyek pada kurva Gambar 3.1 terjadi secara perlahan dan bertahap sampai pada nilai 1 m/s dan perpindahannya juga turun secara bertahap.

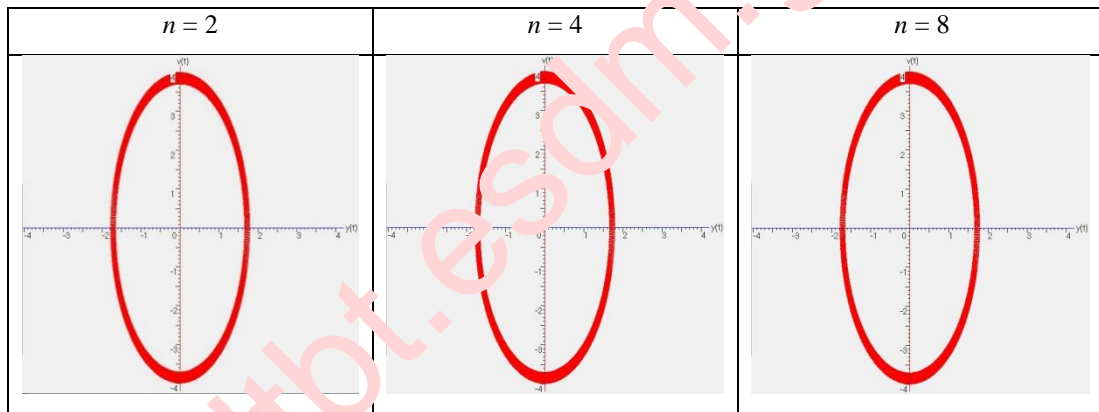
Gambar 3.1(b) pada awalnya kecepatan 4 m/s kemudian turun secara cepat menjadi 1 m/s pada saat simpangannya 1,5 m. Terjadi simpangan maksimum yaitu 1,6 m pada saat

kecepatannya bernilai nol. Osilasi berlangsung dan terjadi pengurangan amplitudo sampai kondisi stabil dengan kecepatan maksimum 1,5 m/s dan amplitudo 0,7 m.

Gambar 3.1(c) pada awalnya $v = 4$ m/s. Kecepatannya turun menjadi 1 m/s dengan simpangan 0,8 m dan terjadi osilasi. Terjadi pengurangan amplitudo hingga pada kondisi stabil amplitudo 0,5 m dengan kecepatan maksimum 1,1 m/s. Pada Gambar 3.1(c) pengurangan kecepatan obyek terjadi secara cepat hingga 1,1 m/s dan pada kondisi stabil diagram fase berbentuk elips.

Dari Gambar 3.1 redaman yang paling efektif adalah pada saat nilai pangkat $n = 10$ yaitu ditunjukkan Gambar 3.1(c). Dari kurva pada Gambar 3.1(c), tampak terjadi penurunan kecepatan obyek secara cepat dan bertahap. Kurva fase menurun sampai pada nilai tertentu yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan nilai pangkat n yang lebih kecil pada koefisien redaman $c(v) = v^n$.

2. Hasil Visualisasi Koefisien Redaman $c(v) = 1 - \exp(-10v^n)$



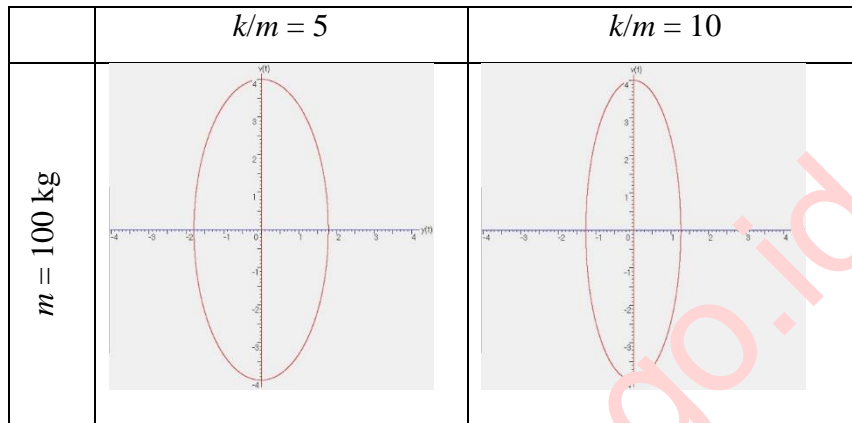
Gambar 3.2. Diagram Fase Hubungan antara Perpindahan dengan Kecepatan dan Grafik Simpangan terhadap waktu pada Koefisien Redaman $c(v) = 1 - \exp(-10v^n)$

Gambar 3.2 adalah diagram fase hubungan antara kecepatan dan perpindahan. Gambar 3.2 menggunakan koefisien redaman $c(v) = 1 - \exp(-10v^n)$ dan variabel kontrol dan variabel bebas yang digunakan sama dengan Gambar 1.

Gambar 3.2(a) pada awalnya kecepatan 4 m/s kemudian turun secara cepat menjadi 1 m/s pada saat simpangannya 1,7 m. Terjadi simpangan maksimum yaitu 1,8 m pada saat kecepatannya bernilai nol. Osilasi berlangsung dan terjadi pengurangan amplitudo yang sangat kecil sampai kondisi stabil dengan kecepatan maksimum 3,7 m/s dan amplitudo 1,6 m. Proses yang sama juga terjadi untuk nilai pangkat $n = 4$ dan $n = 8$ (Gambar 3.2(b) dan gambar 3.2(c)).

Pada Gambar 3.2 grafik kecepatan terhadap posisi yang terbentuk adalah lintasan elips dan tidak terjadi pengurangan amplitudo yang signifikan (pengurangan amplitudo sekitar 0,2 m). Terlihat bahwa tidak ada pengaruh perubahan nilai pangkat n terhadap baik kecepatan maupun amplitudo obyek.

3. Hasil Visualisasi Koefisien Redaman $c(v) = \arctan(v)$



Gambar 3.3 Diagram Fase Hubungan antara Perpindahan dengan Kecepatan dan Grafik Simpangan terhadap waktu pada Koefisien Redaman $c(v) = \arctan(v)$

Dari Gambar 3.3 osilasi yang terjadi adalah osilasi harmonik. Tidak terjadi pengurangan kecepatan dan amplitudo dari gerak osilasi pada pegas suspensi ketika massa benda bertambah besar. Koefisien redaman ini tidak efektif digunakan pada sistem suspensi.

Pada Gambar 3.3 tampak bahwa nilai konstanta pegas yang lebih besar dengan massa yang tetap akan menghasilkan osilasi dengan periode dan amplitudo yang lebih kecil. Seperti pada dua model koefisien redaman sebelumnya, pada model ini nilai konstanta pegas tidak mempengaruhi laju gerak tapi hanya berpengaruh pada amplitudo dan periode osilasi pegas

IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil program dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

Koefisien redaman sebagai fungsi v untuk model suspensi yang paling sesuai adalah $c(v) = v^n$ dengan $n = 8$. Dari hasil visualisasi saat dikenai model koefisien redaman $c(v) = v^n$ terjadi pengurangan amplitudo pada massa yang kecil maupun besar, amplitudo pada keadaan stabil lebih kecil dibandingkan jika dikenai model koefisien redaman $c(v) = 1 - \exp(-10v^n)$ maupun $c(v) = \arctan(v)$.



Kedadaan tersebut sesuai dengan penelitian Blanchard yang telah meneliti beberapa koefisien redaman yaitu $c(v) = v^4$, $c(v) = 1 - \exp(-10v^2)$ dan $c(v) = \arctan(v)$.

V. Daftar Pustaka

- Atam,P, Arya. 1997. *Introduction Of Clasical Mechanic*. Englewood diffs : Practice Hall.
- Dolu, Anwar. *Analisis Getaran Non Linier dan Fenomena Chaos Pada Solusi Persamaan Differensial Duffing*. Jurnal SMARTek. Vol. 9 No. 3:173-186.
- Fitria, Nurul. 2010. *Simulasi Hamiltonian Chaos Pada Osilasi Harmonik Dan Redaman Menggunakan Borland Delphi 7*. ISSN 0853 – 0823 : 31-37.
- King, George C. 2009. *Vibrations and Waves*. United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd.
- Kunlestyowati, H.2011.*Model Osilasi Harmonik Pada Gerak Bahan Dengan Massa Yang Berubah Secara Linier Terhadap Waktu*. Sigma-Mu. Vol.1 No. .
- Peceliunas, Robertas. 2005. *Experimen Research Vehicle Oscillation In The Case Of Changeble Deceleration*. Transport. Vol.XX : 171-175.
- Sholikhah, Anik Karimatus. 2013. *Optimalisasi Koefisien Redam Getar Fungsi Kecepatan pada Suatu Model Sistem Suspensi*. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Wong, Alan. 2003.*Active Shock Absorber*. Journal of Applied Technology in Environmental Sanitation, Vol. 1 (4): 343-354.