

Analisis Kontrol PD pada Sistem *Mass Spring Damper*

Jonathan Chandra^{1*}, Tua Agustinus Tamba²

Abstrak

Mass spring damper sebagai salah satu instrumen untuk mengimplementasi sistem kontrol merupakan sistem dinamik yang stabil. Kontrol PD pada sistem ini digunakan untuk memastikan respons yang dihasilkan oleh sistem sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Dengan menggunakan $K_P = 1$ dan $K_D = 2.8$ maka respons yang didapat sesuai dengan yang diinginkan yaitu $M_P < 0.1$ dan $t_P < 1$.

Kata kunci

Kontrol PD, mass spring damper,

¹2015630028, Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung, Indonesia

²20170129, Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung, Indonesia

*E-mail: 6315028@student.unpar.ac.id, ttamba@unpar.ac.id

Contents

1	Pendahuluan	1
2	Deskripsi Sistem	1
3	Analisis Sistem	1
3.1	Dinamika Sistem	1
3.2	Kestabilan Sistem	2
3.3	Kontrol PD	2
3.4	Simulasi Dinamik	2
4	Kesimpulan	3

1. Pendahuluan

Sistem *Mass Spring Damper* merupakan salah satu sistem dinamik yang digunakan untuk mendemonstrasikan model sistem dinamik dan implementasi sistem kontrol. Secara umum, permasalahan perancangan sistem kontrol mencakup penentuan model dinamik dari sistem yang ditinjau untuk kemudian digunakan sebagai basis penerapan metode kontrol dengan tujuan mendapatkan respons sistem yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Salah satu metode kontrol yang dapat digunakan pada sistem *mass spring damper* adalah kontrol PD (*Proportional Derivative*). Dimana kemudian analisis kestabilan dapat digunakan untuk mendapatkan nilai penguatan dari kontrol PD. Motivasi dari penulisan laporan ini adalah untuk mengetahui apakah kontrol PD dapat digunakan pada sebuah sistem yang sederhana. Implementasi dari sistem *mass spring damper* dapat ditemukan pada suspensi otomotif untuk meredam guncangan pada saat mobil sedang berjalan seperti pada Gambar 1.

Tujuan dari pembuatan laporan ini adalah untuk memperoleh model dinamika dari sistem *mass spring damper* dan



Gambar 1. Suspensi Mobil

mendapatkan respons sesuai spesifikasi yang diinginkan dengan mengatur sinyal kontrol dengan menggunakan controller PID.

2. Deskripsi Sistem

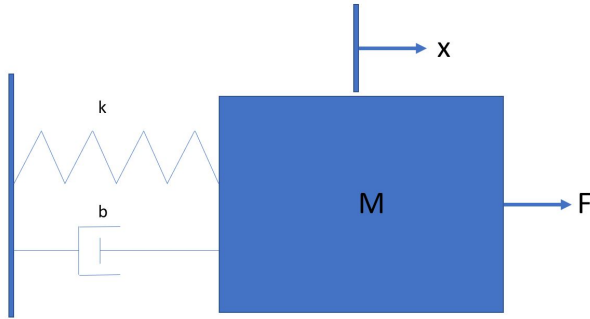
Sistem *mass spring* yang ditinjau pada Gambar 2 merupakan sistem dengan satu *input* dan satu *output*

dimana m adalah massa benda, x adalah perubahan posisi dari massa, k adalah konstanta pegas, b adalah koefisien *damper*, dan F adalah gaya yang dirasakan oleh massa. Parameter-parameter diatas dianggap memiliki nilai yang sama yaitu $1=m=k$ dan $b=2$

3. Analisis Sistem

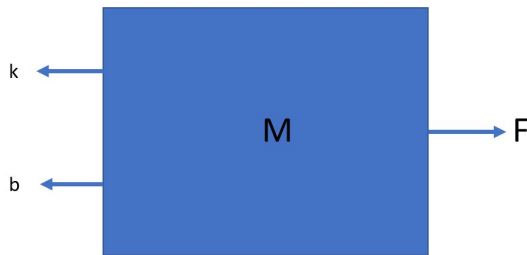
3.1 Dinamika Sistem

Untuk memodelkan persamaan dinamika dari sistem *mass spring damper*, digunakan persamaan hukum Newton ke-2, maka persamaan dinamika dari sistem berdasarkan Gambar 3

Gambar 2. Ilustrasi *mass spring damper*

dijabarkan dengan persamaan:

$$F - b\dot{x} - kx = m\ddot{x} \quad (1)$$

Gambar 3. DBB *mass spring damper*

Kemudian (1) dikonversi menjadi domain *laplace* untuk mendapatkan fungsi transfer dari sistem *mass spring damper* pada Gambar 2. Dengan menggunakan Matlab maka persamaan fungsi transfer dari sistem *mass spring damper* adalah:

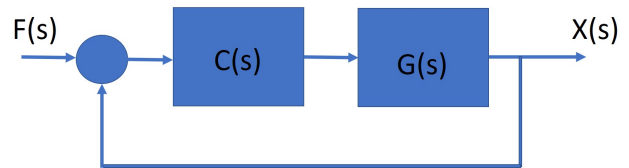
$$\frac{X(s)}{F(s)} = \frac{1}{s^2 + 2s + 1} \quad (2)$$

3.2 Kestabilan Sistem

Kestabilan sistem dapat diperoleh dengan melihat nilai akar-akar dari persamaan karakteristik lup terbuka $s^2 + 2s + 1$ pada (2) yaitu -1 dan -1 . Dengan melihat nilai akar-akar dari persamaan karakteristik lup terbuka, maka sistem *mass spring damper* yang ditinjau dapat dijamin stabil, karena akar-akarnya terletak disebelah kanan sumbu imajiner.

3.3 Kontrol PD

Untuk mencapai suatu respons yang diinginkan, maka dibutuhkan sebuah metode untuk mengontrol sistem yang ditinjau. Pada Laporan ini akan digunakan kontrol PD dengan diagram blok pada Gambar 5

Gambar 4. Pole sistem *mass spring damper*

Gambar 5. Diagram blok sistem dengan kontrol

Dimana $C(s)$ adalah blok pengontrol PD yang berisi persamaan $K_P + K_D s$ dan $G(s)$ adalah blok sistem *mass*, maka persamaan fungsi transfer sistem lup tertutup adalah:

$$\frac{X(s)}{F(s)} = \frac{K_P + K_D s}{s^2 + (2 + K_D)s + (K_P + 1)} \quad (3)$$

Spesifikasi dari sistem yang diinginkan adalah *maximum overshoot* (M_P) < 0.1 , *peak time* (t_P) < 1 detik. Kedua nilai tersebut dapat dimasukkan kedalam persamaan dibawah untuk mendapatkan nilai ω_n dan ζ .

$$M_P = \exp\left(\frac{-\zeta \phi \omega_n}{\omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}}\right) \quad (4)$$

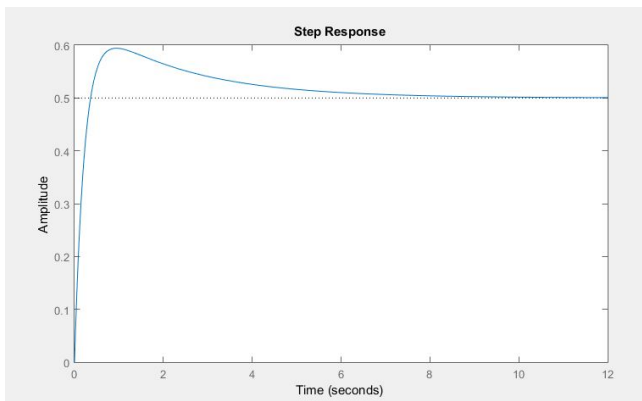
$$M_P = \frac{\phi}{\omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}} \quad (5)$$

Maka nilai ζ dan ω_n yang diperoleh dengan persamaan (4) dan (5) adalah $\zeta > 0.5912$ dan $\omega_n < 4$. Dengan menggunakan nilai-nilai tersebut maka K_P dan K_D dapat ditentukan. Maka nilai $K_P = 1$ dan $K_D = 2.8$. Nilai penguatan tersebut akan menghasilkan *error steady state* = 0.5.

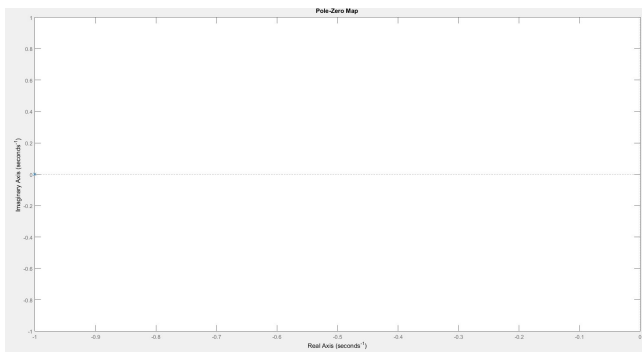
3.4 Simulasi Dinamik

Setelah Mendapatkan nilai K_P dan K_D , maka sistem dapat disimulasikan dengan menggunakan program Matlab.

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa respons dari sistem dapat dicapai dengan $M_P < 0.1$ dan $t_P < 1$, sedangkan letak pole dari sistem tetap terletak disebelah kanan sumbu imajiner, yang berarti sistem stabil.



Gambar 6. Hasil Simulasi dengan $K_P = 1$ dan $K_D = 2.8$



Gambar 7. Hasil Pole dengan $K_P = 1$ dan $K_D = 2.8$

4. Kesimpulan

Dengan menggunakan analisis kestabilan letak pole, maka sistem dapat dianalisis dan dipastikan dengan menggunakan nilai $K_P = 1$ dan $K_D = 2.8$ sistem dapat mencapai respons sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan