

# Studi sistem kontrol suspensi dengan pemodelan delapan DOF untuk memperbaiki kinerja perilaku arah kendaraan

I Ketut Adi Atmika<sup>1)\*</sup>, IGAK.Suriadi<sup>2)</sup>

<sup>1,2)</sup>Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

## Abstrak

Eksperimen ini bertujuan untuk memperoleh respon body moving yang sangat rendah sehingga kenyamanan dan keamanan penumpang dapat terpenuhi, dengan mengatur konstanta damper dan level dudukan pegas secara kontiniu dengan menggunakan kontrol neuro fuzzy yang mengambil parameter input kecepatan kendaraan, sudut belok steer, getaran body, sudut kemiringan body, anggukan body maka diharapkan damper ratio menjadi rendah (baik) untuk segala medan operasi dan timbul efek down-roll pada body kendaraan saat kendaraan belok. Metode eksperimen menggunakan simulasi dengan data-data plant, baik untuk suspensi kontrol PID maupun yang sudah menggunakan kontrol fuzzy secara kontiniu. Validasi hasil kinerja antara suspensi kontrol PID dan suspensi kontiniu kontrol fuzzy dianalisa dengan menggunakan diagram bode, Nichols, Pole Zero dan Niquist Hasil menunjukkan bahwa respon body moving dengan control fuzzy rolling guling tertinggi berkisar -2 sampai 2 artinya respon yang sangat rendah, sedangkan respon body moving dengan PID tertinggi -3 sampai dengan 3 dan terendah -2 sampai dengan 2. Kesimpulannya respon body moving menggunakan control fuzzy lebih baik dibandingkan dengan menggunakan PID. Oleh karena itu disarankan untuk menindak lanjuti eksperimen ini pada berbagai merk kendaraan dan diaplikasikan untuk memperoleh kenyamanan dan keamanan penumpang.

Kata kunci: Kontiniu kontrol fuzzy, Damping ratio, Up-roll, Down-roll, Simulasi Niquist

## Abstract

The objective of this experiment is to find out the lowest body moving response of four-wheel vehicles to meet passengers comfort and safety. And this can be carried out by continuous regulation of damper and elevator using neuro fuzzy control. The parameters used here are the speed input of the vehicle, steer turning angle, the body's vibration and slanting angle as well as body's pitching. It is hoped that the damper ratio can be low (good) for any field and can arouse down-roll effect on the body when the vehicle is turning. This experiment used simulation method with plant data for suspension using Proportional Integral Differential (PID) control and the one using continuous fuzzy control. The suspension performance from these two controls was then analyzed using Bode and Niquist diagrams. The result shows that the body moving response using the fuzzy control can reach -2 to 2, the highest and close to 0, the lowest, which means that the response is low. While the body moving response using PID control can reach -3 to 3, the highest and -2 to 2, the lowest. It can be concluded that the moving body response using fuzzy control is better than the one using PID control. It is suggested that further experiment using different brand name car be conducted.

Keywords: Continuous fuzzy control, Damping ratio, Up-roll, Down roll, Niquist simulation.

## 1. Pendahuluan

### 1.1. Latar Belakang

Suspensi merupakan sub-sistem dari kendaraan yang penting peranannya, dan berpengaruh terhadap stabilitas kendaraan disamping sistem kemudi, engine, drive line, sistem rem, chassis dan body kendaraan. Tugas utama dari suspensi harus dapat memenuhi tuntutan sebagai berikut, menurut Sutantra [1] antara lain:

- Menahan beban kendaraan dan muatannya
- Meredam getaran dari profil jalan ke body kendaraan
- Mengeliminasi efek up-roll saat kendaraan belok
- Menjaga posisi roda sesuai dengan kebutuhan penapakan ban (Spooing).

Performasi sistem suspensi pada kendaraan secara umum dapat ditunjukkan dari respon yang mampu menahan getaran pada batas/limit yang telah

ditetapkan, perbaikan performasi ini dapat dilakukan secara aktif dengan mengontrol parameter redaman C sistem suspensi. Alternatif penggunaan suspensi semi aktif dan dudukan pegas continue (elevator) dengan menggunakan neuro fuzzy akan didapatkan damping ratio yang rendah.

### 1.2. Tinjauan Pustaka

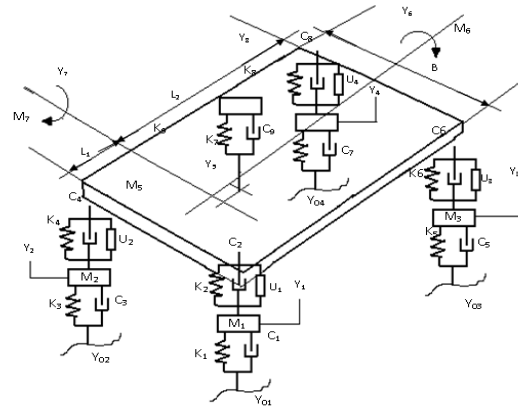
Pada suspensi ini konstanta peredaman di atur secara bertingkat mulai konstanta peredaman rendah, konstanta peredaman sedang, dan konstanta peredaman tinggi. Ketiga pilihan ini dilakukan oleh pengemudi sesuai kebutuhan medan operasi profil jalan maupun kecepatan kendaraan. Pada mazda 929 dimana kendali orifice-nya dilakukan dengan memutar poros jarum dengan menggunakan motor posisi (stepper motor) [2]

Kihong Park, Seung-Ji Heo Hwang, pengaturan sistem suspensi semi aktif dengan pemodelan  $\frac{1}{4}$  kendaraan,

\*Korespondensi: Tel./Fax.: 62 8123785776 /62 361 703321  
E-mail: tutadi2001@yahoo.com

dijelaskan bahwa suspensi semi aktif mempunyai daya redam yang lebih baik dari suspensi pasif dan controller dari system suspensi semi aktif dengan metode double sky hook dengan model 1/4 kendaraan [3]. Hyuk – Sung Park dan Young – Pil Park [4] meneliti suspensi semi aktif, tapi hanya menggunakan 1/4 (satu roda) sehingga masih ada efek *up rolling* saat kendaraan belok, tetapi damper ratio bagus.

B. Sunarko, Yul Y Nazaruddin dan D. Martinus [5] dalam makalah berjudul “*A Semi Active Suspension System Using Optimal Control on Half-Vehicle Model*” menjelaskan dengan pemodelan setengah kendaraan tanpa memperhitungkan jumlah penumpang. Dalam makalah tersebut dijelaskan bahwa suspensi semi aktif mempunyai factor keamanan yang lebih baik dari suspensi pasif.



Gambar 1. Pemodelan sistem suspense 8 dof

### 1.3. Semi Aktif Kontrol Damper Dan Elevator Yang Akan Dikembangkan

Sistem ini yang akan diaplikasikan pada penelitian ini dengan prediksi (hipotesa) dapat menyesuaikan peredaman disegala medan operasi dan menghilangkan efek *up-roll* menuju ke efek *down-roll* secara kontinyu pada profil jalan secara acak maupun pada saat belok, *down pitch response* saat percepatan maupun perlambatan agar selalu dapat menjaga kualitas stabilitas dan arah kendaraan serta kenyamanan penumpang [6].

## 2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang akan dilakukan adalah dengan simulasi dengan membandingkan *respon body moving* berupa **Rolling, Pitching dan ratio redaman** antara suspensi control PID dengan suspensi semi aktif yang dikembangkan dengan elevator control Fuzzy.

Tool yang digunakan adalah software Simulink pada Matlab 6.5 dengan mengambil data design control mobil Mazda Cronos 929 dengan modifikasi empat elevator.

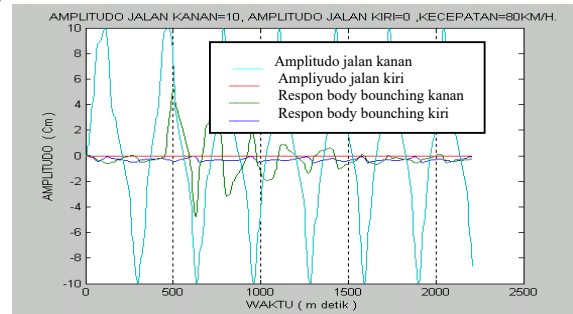
Simulink dalam pelaksanaannya melalui pentahapan sebagai berikut :

- Membuat struktur model semua plan.
- Mengidentifikasi karakteristik plan untuk mendapatkan vector parameter.
- Menentukan universe dan type membersip function kedalan fuzzy diskrit baik pada inputan fuzzy maupun output fuzzy.
- Membuat rule-rule mamdani sesuai dengan target system yang dihasilkan dari identifikasi karakteristik.
- Menyusun blok system pengontrolan elevator secara keseluruhan sehingga menjadi suspensi semi aktif.

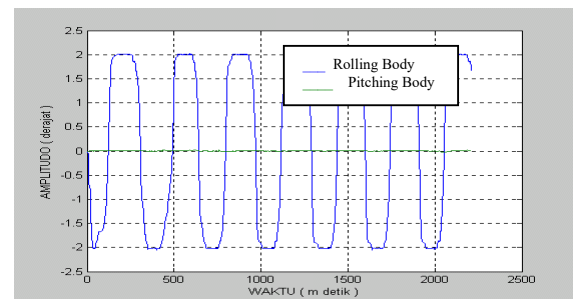
## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Hasil Simulasi Respon Body Fuzzy

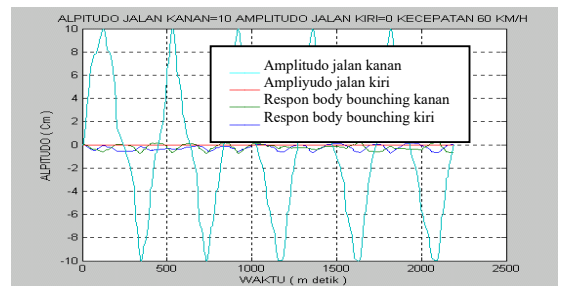
Hasil simulasi merupakan Output ditampilkan dalam kurva respon body moving dibandingkan dengan eksitasi profile jalan raya yang berupa osilasi seperti ditunjukkan pada gambar 2 sampai dengan gambar 7.



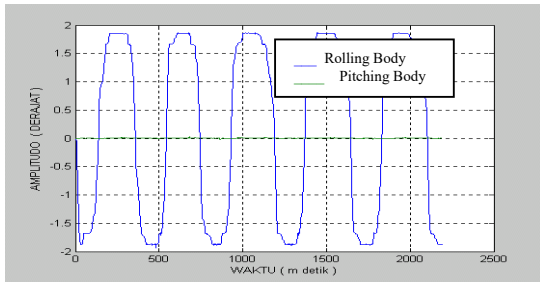
Gambar 2. Osilasi respon body bouncing kecepatan 80 km/jam



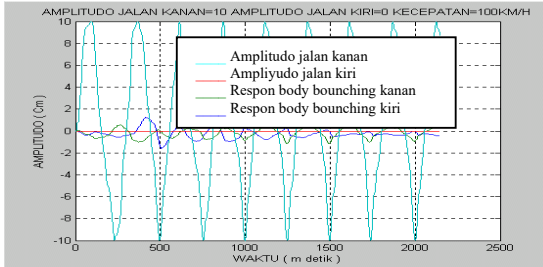
Gambar 3. Osilasi respon body pitching dan rolling kecepatan 80 km/jam



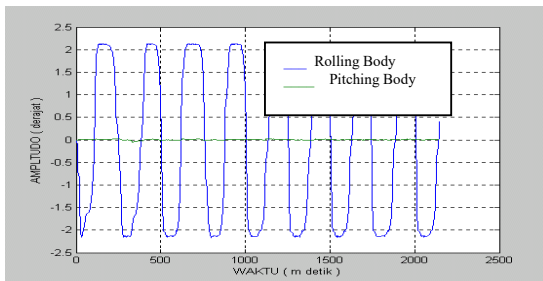
Gambar 4. Osilasi respon body bouncing kecepatan 60 km/jam



**Gambar 5. Osilasi respon body pitching dan rolling kecepatan 60 km/jam**



**Gambar 6. Osilasi respon body bouncing kecepatan 100 km/jam**



**Gambar 7. Osilasi respon body pitching dan rolling kecepatan 100 km/jam**

**3.2. Validasi dan Komparasi Hasil**

Berdasar komparasi hasil simulasi antara suspensi yang dikontrol dengan fuzzy dengan PID dapat disimpulkan bahwa fuzzy lebih teliti, peka dan gelombang selalu bergerak sangat konsisten artinya sistem peredamannya lebih sensitip dan menghasilkan *stabilitas respon body moving* lebih akurat sehingga gerakan karoseri menjadi rendah, hal ini dilaporkan dari hasil menunjukkan bahwa *respon body moving* pada saat gerak lurus dengan control fuzzy bergerak berkisar -2 sampai 2 artinya respon yang sangat rendah, sedangkan *respon body moving* dengan PID mencapai -3 sampai dengan 3 meskipun terkadang -2 sampai dengan 2, hal ini sesuai dengan uji beda dari SPSS pada inputan amplitudo 5 der yang menyatakan bahwa respon body moving pada rolling ada perbedaan yang sangat signifikan ( $0,020 < 0,05$ ) dan mean Fuzzy  $1,5333 < \text{mean PID } 3,0167$  dapat disimpulkan bahwa rolling Fuzzy lebih kecil dari pada rolling PID, sedangkan pitching ada perbedaan meskipun tidak signifikan namun kecenderungan pitching fuzzy lebih kecil dari pada PID ( $1,5833 < 1,9000$ ).

Namun untuk membuktikan bahwa stabilitas *respon body moving* dan untuk mengambil konklusi apakah kinerja suspensi semi aktif modifikasi elevator control fuzzy lebih baik dibandingkan PID (Mazda Cronos) maka control perlu di validasi tingkat kestabilannya,

oleh karena itu perlu adanya validitas. Validitas yang cocok dan realistis dalam uji system ini adalah respon frekuensi.

Respon frekuensi adalah respon keadaan tunak suatu system terhadap masukan sinusoida. Dalam metoda ini, mengubah frekuensi signal masukan dalam suatu daerah frekuensi tertentu dan mempelajari respon frekuensi yang dihasilkan, kemudian dilanjutkan dengan kriteria kestabilan Nyquist yang memungkinkan penyelidikan kestabilan tidak perlu menentukan akar persamaan karakteristik.

**3.3. Hasil Komparasi**

Dari osilasi yang telah digambarkan di depan, dapat ditarik suatu analisis ada tiga gambar yang berbeda antara Fuzzy dengan PID dan ditabelkan seperti tabel 1.

**Tabel 1. Perbedaan Respon Body Moving**

Fuzzy		PID	
Rolling	Pitching	Rolling	Pitching
-2 sd 2 derajat	-2 sd 2 derajat	-3 sd 3 derajat	-3 sd 3 derajat
-2 sd 2 derajat	-2 sd 2 derajat	-2,5 sd 2,5 derajat	-2,5 sd 2,5 derajat
-2 sd 2 derajat	-2 sd 2 derajat	-3 sd 3 derajat	-3 sd 3 derajat

Respon body moving pada rolling ada perbedaan yang sangat signifikan ( $0,020 < 0,05$ ) dan mean Fuzzy  $1,5333 < \text{mean PID } 3,0167$  dapat disimpulkan bahwa rolling Fuzzy lebih kecil dari pada rolling PID, sedangkan pitching ada perbedaan meskipun tidak signifikan namun kecenderungan pitching fuzzy lebih kecil dari pada PID ( $1,5833 < 1,9000$ ).

**4. Simpulan**

Dari hasil perhitungan dan analisa dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Suspensi yang dikontrol dengan fuzzy dengan PID ternyata pada amplitudo 5 derajat dan frekuensi 0,1 Hz, 0,2 Hz dan 0,3 Hz ternyata fuzzy lebih teliti, peka dan gelombang selalu bergerak sangat konsisten artinya sistem peredamannya lebih sensitip dan menghasilkan *stabilitas respon body moving* lebih akurat sehingga gerakan karoseri menjadi rendah, hal ini dilaporkan dari hasil menunjukkan bahwa *respon body moving* pada saat gerak lurus dengan control fuzzy bergerak berkisar -2 sampai 2 derajat artinya respon yang sangat rendah, sedangkan *respon body moving* dengan PID mencapai -3 sampai dengan 3 meskipun terkadang -2 sampai dengan 2 derajat
- Pada kecepatan yang paling rendah disegala sudut belok control fuzzy memiliki ratio redaman yang terbaik, sebaliknya pada kecepatan yang tertinggi yaitu 100 km/jam memiliki ratio redaman yang terjelek, meskipun begitu rata rata ratio redaman masih cukup baik untuk bagian kiri 1:5 dan kanan 1:1,5
- Pada berbagai kecepatan disegala sudut belok control fuzzy memiliki respon body

sangat baik untuk pitching ratio redaman rata rata 1 :100, sedang rolling yang paling rendah adalah pada kecepatan yang rendah 20 km/jam pada berbagai sudut belok, ratio redamannya 1 : 4,2 bahkan rolling sesaat akibat sudut belok hanya 0,5 derajat.

#### Daftar Pustaka

- [1] Sutantra I. N, 2001, **Teknologi Otomotif Teori dan Aplikasinya**, Guna Widya, Surabaya-Indonesia.
- [2] Work Shop Manual , Mazda 626 , 1987 , Japan
- [3] Seung-Jin Heo, Kihong Park, Sung-Hyo Son, 2000, **Modeling of Continuously Variable Damper for Design of Semi-Active Suspension Systems**, FISITA World Automotive Congress on June 12-15 PROCEEDINGS, Korea.
- [4] Hyuk-Sung Park, Young-Pu Park, 2000, **An integrated Semi-Active Suspension for Passenger Vehicle**, FISITA World Automotive Congress on June 12-15 PROCEEDINGS, Korea.
- [5] Soenarko B., Yul Y. Nazaruddin dan D. Martinus, 1997, **A Semi-Active Suspension System Design Using Optimal Control OnA Half-Vehicle Model**, IPC-9 PROCEEDINGS, Vol. 1 pp 585-590.
- [6] Estiyanti Ekawati, Benjamin Soenarko, Kusmayanto Kadiman dan Sonny Yuliar, 1997, **The Design of Nonlinear Semi-Active Suspension Control Systems on A Quarter Car UsingDissipativeMethod**, IPC-9 PROCEEDINGS, Vol lpp 415-419.



**I Ketut Adi Atmika** menyelesaikan studi S1 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, pada tahun 1994, kemudian melanjutkan program magister teknik di Jurusan Teknik Mesin Universitas yang sama pada tahun 2001.

Bidang penelitian yang diminati adalah konstruksi dan stabilitas kendaraan, serta pengembangan komponen kendaraan/otomotive.