

Smart Chassis System

Berbasis Proporsi Kontrol Traksi dan Pengereman

I Ketut Adi Atmika

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Udayana

Kampus Bukit Jimbaran, Bali, Indonesia

Email: tutadi2001@yahoo.com

Abstrak

Perkembangan teknologi otomotif pada akhir-akhir ini dan akan menjadi tuntutan dimasa mendatang mengarah pada perwujudan *Intelligent Stability Controlled Vehicle* yang betul-betul dapat menjamin keamanan, kenyamanan, dan kemudahan pengendalian bagi pemakai kendaraan pada berbagai kondisi gerak kendaraan. Faktor utama yang dapat menjamin keamanan, kenyamanan dan kemudahan pengendalian kendaraan bagi pemakai kendaraan adalah stabilitas arah dari kendaraan, faktor ini akan menjadi semakin penting karena kecepatan kendaraan berkembang semakin tinggi. Salah satu komponen yang berpengaruh terhadap kinerja kestabilan arah kendaraan adalah kinerja sistem pengereman, dan sistem traksi baik pada kondisi jalan datar maupun kondisi jalan belok. Penelitian yang berkaitan dengan sistem pengereman dan sistem traksi sudah banyak dilakukan, tetapi masih dilakukan secara terpisah. Penelitian dilakukan dengan menterjemahkan model fisik sistem ke dalam model matematis, kemudian disimulasikan dengan program komputer. Model simulasi proporsi gaya pengereman yang dilengkapi dengan sensor gaya sentrifugal dan *solenoid modulator*, model sistem kontrol traksi dengan mengatur ratio sistem *drive train* secara otomatis menggunakan *Electronic Control Continuouse Variable Transmission (ECCVT)* maupun integrasi kedua model diuji pada model plant kinerja perilaku arah kendaraan. Hasil simulasi menunjukkan pada kecepatan yang cukup tinggi yaitu sampai dengan kecepatan 120 km/jam, *smart chassis system* dengan proporsi kontrol traksi dan pengereman menunjukkan kinerja kestabilan kendaraan masih cukup baik, sedangkan ABS standar pada kecepatan diatas 60 km/jam kondisi kendaraan sudah cenderung *oversteer* (susah dikendalikan).

Kata kunci : smart chassis system, kontrol traksi, kontrol pengereman, simulasi computer, oversteer

1.PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi otomotif pada akhir-akhir ini dan akan menjadi tuntutan dimasa mendatang mengarah pada perwujudan "*Intelligent Stability Controlled Vehicle*" yang betul-betul dapat menjamin keamanan, kenyamanan, dan kemudahan pengendalian bagi pemakai kendaraan pada berbagai kondisi gerak kendaraan.

Faktor utama yang dapat menjamin keamanan, kenyamanan dan kemudahan pengendalian kendaraan bagi pemakai kendaraan adalah stabilitas arah dari kendaraan, faktor ini akan menjadi semakin

penting karena kecepatan kendaraan berkembang semakin tinggi. Salah satu

komponen yang berpengaruh terhadap kinerja kestabilan arah kendaraan adalah kinerja sistem pengereman, baik pada kondisi jalan datar maupun kondisi jalan belok.

Penelitian yang berkaitan dengan sistem pengereman dan sistem traksi sudah dilakukan beberapa peneliti, tetapi masih dilakukan secara terpisah. Sistem pengereman semi lock mekanis-hidrolis dengan kombinasi *load sensing proportioning valve* dan membran dapat meningkatkan kemampuan belok kendaraan dan stabilitas arah kendaraan

[1]. Kontrol spin/traksi ban dengan *by-pass throttle* mesin pada mesin bensin dapat meningkatkan stabilitas arah kendaraan [2].

Tujuan penelitian ini dapat dirumuskan adalah menghasilkan konsep dan model dalam teknologi otomotif untuk meningkatkan keamanan, *handling* dan stabilitas arah kendaraan dengan mengintegrasikan sistem kontrol proporsi gaya pengereman dan sistem kontrol traksi

1.2. Tinjauan Pustaka

Konsep pengendalian stabilitas kendaraan dengan mengendalikan gaya pada setiap roda dan torsi roda penggerak dilakukan dengan menambahkan sensor *yaw*, sensor putaran roda, sensor sudut steer, dan sensor *trottle*. Stabilitas dikendalikan dengan memberi torsi yang sesuai pada roda penggerak [3]. Kihong Park [4], mengembangkan suatu konsep pengendalian stabilitas kendaraan dengan memanfaatkan parameter *yaw rate* dan sudut *side slip* sebagai parameter pengendali. Penelitian ini menunjukkan bahwa disamping *yaw rate*, *side-slip angle* juga merupakan suatu parameter kontrol penting dalam pengendalian stabilitas arah kendaraan.

Motoki Shino [5] telah mengembangkan suatu konsep pengendalian stabilitas arah kendaraan secara terintegrasi dengan *Direct Yaw Moment Control (DYC)* dan sudut belok roda depan dan belakang sebagai parameter pengendali. *Four Wheel Steering System* telah dimanfaatkan dalam peningkatan stabilitas dan diintegrasikan dengan parameter lain.

Sistem rem semi *lock* mekanis-hidrolik dengan mengkombinasikan penggunaan *load sensing proportioning valve* untuk mengatur tekanan sesuai beban dan membran untuk membuat fluktuasi tekanan rem sehingga meningkatkan stabilitas arah kendaraan [1]. Sistem ini dapat memberi *effect Anti Breaking System (ABS)* yang baik dengan *slip* roda saat pengereman rata-rata 33% yang menjamin roda tidak *lock* saat direm. Jarak pengereman dapat dikurangi antara 6-10% dan stabilitas arah kendaraan dapat sedikit ditingkatkan. Sutantra et.al [6], merancang suatu *elastic component* untuk

meningkatkan kinerja pengereman ABS dan meningkatkan stabilitas arah kendaraan. Penelitian ini menunjukkan terjadinya peningkatan stabilitas kendaraan.

Sistem ABS dengan menggunakan multi *control parameter* yaitu prosen (%) slip roda, *understeer index*, dan *yaw control index* dalam usaha meningkatkan kinerja pengereman dan stabilitas arah kendaraan [7].

2. METODE

Gaya gesek disebabkan oleh slip yang terjadi diantara roda dan permukaan jalan. Selama perlambatan/pengereman menimbulkan slip (λ) pada roda-roda tersebut, dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{(r \cdot \omega - V)}{V} \quad (1)$$

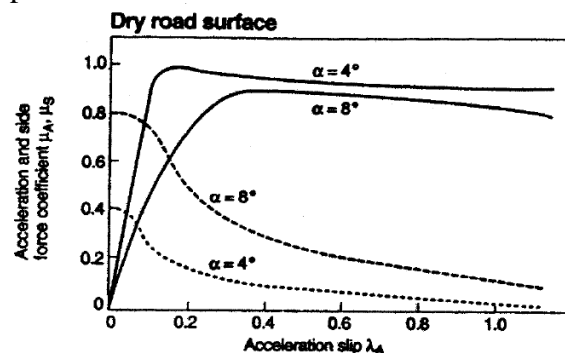
dimana :

V = kecepatan kendaraan (m/s)

r = jari-jari roda (m)

ω = kecepatan angular roda (rad/s)

Pada prinsipnya konsep ABS dan traksi adalah menjaga slip roda (λ) seperti yang diharapkan (*desired range*), sehingga mendapatkan kondisi pengereman/traksi optimum.



Gambar1. Pengaruh skid terhadap koefisien adhesi [8]

2.1. Respon Arah Kendaraan

Perilaku atau respon arah kendaraan menggambarkan stabilitas arah kendaraan. Gerakan belok adalah gerakan kendaraan paling kritis karena gerakan tersebut dapat menunjukkan kualitas kestabilan kendaraan. Untuk kendaraan belok, gerakan berputar atau *yawing* adalah parameter penting untuk ditinjau. Respon arah kendaraan belok direpresentasikan sebagai *yaw rate actual*

yang ditangkap oleh sensor dan dikoreksi bila ada penyimpangan. Penyimpangan ini mengakibatkan kendaraan *understeer* atau *oversteer*. Pengaturan momen *yaw* akibat *under/oversteer* dilakukan dengan mengontrol proporsi persen skid antara roda kanan dan kiri.

Yaw rate set input gain untuk system kemudi 2 roda (2WS) dipakai standar ackerman [8]:

$$\omega_a = \frac{V \cdot \delta_f}{57,29 \cdot (L_1 + L_2)} \quad (2)$$

dimana :

L_1 = jarak poros depan terhadap Center of Weight (m)

L_2 = jarak poros belakang terhadap Center of Weight (m)

Yaw rate actual gain yang terjadi dipengaruhi oleh sudut slip [8]:

$$\begin{aligned} \omega_{act} &= \frac{V \cdot (\delta_f + \alpha_f - \alpha_r)}{57,29 \cdot (L_1 + L_2)} \\ &= \omega_a + \frac{(\alpha_f - \alpha_r) \cdot V}{57,29 \cdot (L_1 + L_2)} \end{aligned} \quad (3)$$

Rumusan sudut slip untuk ban radial baru [8]:

$$\alpha_i = \frac{C_{rp}}{C_{rs}} \cdot \frac{C_{rx_i}}{C_{roi}} \left[0,087935 (F_{yi})^{0,79008} - 0,005277 (F_{zi}) \right] \quad (4)$$

dimana :

$$C_{rp} = 33,5 + 5,30 (P) - 0,0916 (P)^2$$

$$C_{rs} = 33,5 + 5,30 (P_s) - 0,0916 (P_s)^2$$

P = tekanan ban pada kondisi operasi (psi)

P_s = tekanan ban standar (25 psi)

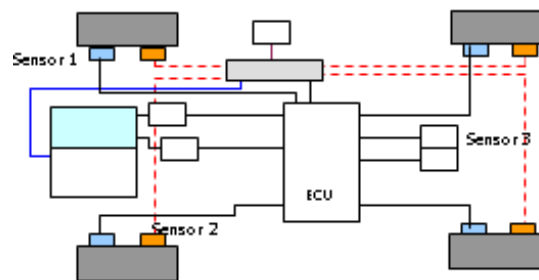
$$C_{rx_i} = \left[\frac{F_{yi} + 0,107927 (F_{xi})}{161,1398} \right]^{\frac{1}{0,474998}}$$

$$C_{roi} = \left[\frac{F_{yi}}{161,1398} \right]^{\frac{1}{0,474998}}$$

$i = 1, 2, 3,$ dan 4 (roda kiri belakang, kiri depan, kanan depan, kanan belakang).

2.2. Model dan Simulasi

Sistem kontrol pengereman dan traksi termasuk dalam *link* sistem kontrol kendaraan yang akan sebagian dibahas, diperlihatkan pada gambar 2.



Gambar 2. Skema layout kontrol pengereman/traksi pada kendaraan

Pada sistem kendaraan dipasang sensor sudut steer (sensor 1), sensor kecepatan kendaraan (sensor 2), sensor yawing dan sensor gaya sentrifugal (sensor 3) dipasang untuk menangkap respon yang berkaitan dengan perilaku arah kendaraan.

2.2.1. Blok Diagram Simulasi

Simulasi dibuat dengan software Simulink Matlab, dan pada pembuatan skema blok simulink ada beberapa hal yang harus diperhatikan :

- Parameter yang diambil adalah yang terpenting atau efeknya cukup signifikan terhadap respon.
- Data input yang dimasukkan diusahakan mendekati sesungguhnya sehingga tidak timbul respon yang singular.
- Snap shoot time yang diterapkan sesuai dengan kebutuhan.

Parameter input yang dipilih untuk memasukkan data adalah sebagai berikut :

- Setting input value, meliputi :
 - Prosentase slip roda bebas kontrol
 - Kecepatan kendaraan
 - Sudut steer
 - Wheel base dan berat kendaraan
- Disturbance input value, meliputi :
 - Kemiringan jalan
 - Posisi titik berat kendaraan
 - Gaya-gaya angin

Parameter output yang dipilih adalah respon dari kendaraan yang direpresentasikan sebagai:

- Aktual Yawrate

Parameter yang dikendalikan dalam hal ini untuk lebih menyederhanakan perhitungan dan dapat dieliminasi adalah :

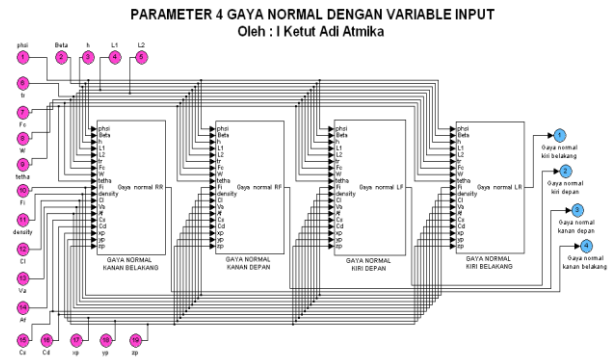
- Momen Rolling dan Camber trust
- Momen gyroscop akibat pitching rolling body kendaraan.

2.2.2. Konfigurasi skema blok simulasi

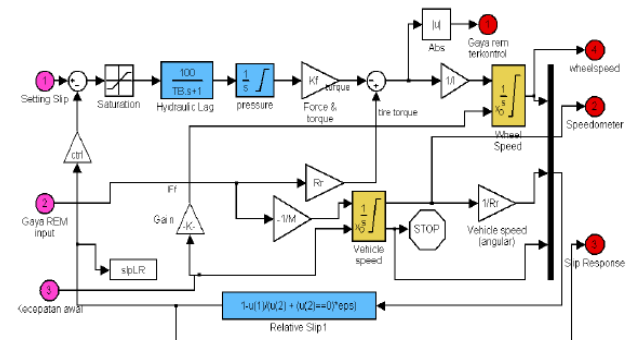
Rangkaian skema blok simulasi disusun dengan struktur bertingkat sebagai berikut :

- ❑ Blok pemroses gaya normal, yang terdiri dari 4 sub blok :
 - Sub blok gaya normal kiri belakang
 - Sub blok gaya normal kiri depan
 - Sub blok gaya normal kanan depan
 - Sub blok gaya normal kanan belakang
- ❑ Blok pemroses kontrol pengereman dan traksi
- ❑ Blok pemroses input signal yang berfungsi untuk memunculkan karakteristik ackerman.
- ❑ Blok utama yaitu blok yang mengontrol momen *yawing* sesuai dengan besarnya momen respon, momen akibat kondisi medan, dan momen ackerman sehingga didapatkan yawrate respon yang mendekati yawrate ackerman.
- ❑ Blok memori berisi kurva medan, adalah:
 - Empat buah kurva hubungan antara prosen slip (λ) terhadap μ lateral
 - Empat buah kurva hubungan antara prosen slip (λ) terhadap μ longitudinal.

Gambar 3, 4, dan 5 masing-masing adalah Blok pemroses gaya normal, blok kontrol proporsi gaya pengereman/traksi, dan blok utama yang telah diintegrasikan dengan plant kinerja perilaku arah kendaraan.

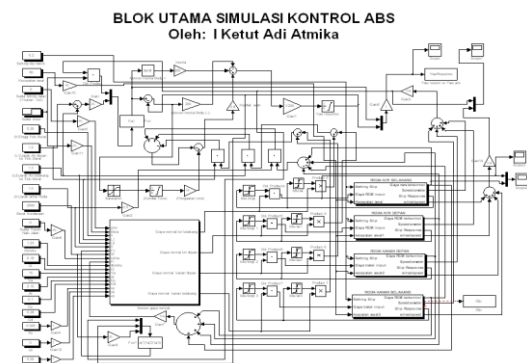


Gambar 3. Blok Pemroses Gaya Normal



Oleh : I Ketut Adi Atmika

Gambar 4. Blok Kontrol Proporsi Gaya Pengereman dan traksi



Gambar 5. Blok Utama Kontrol traksi/pengereman.

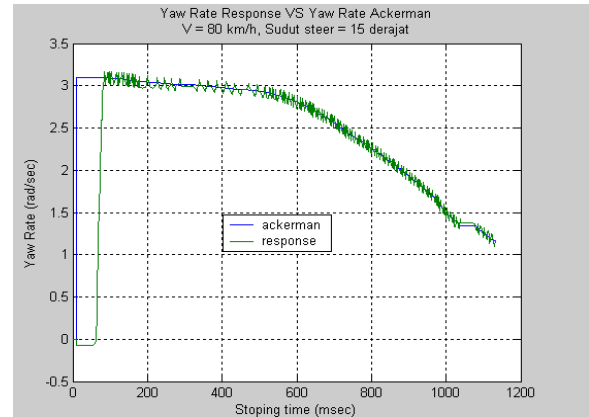
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Simulasi

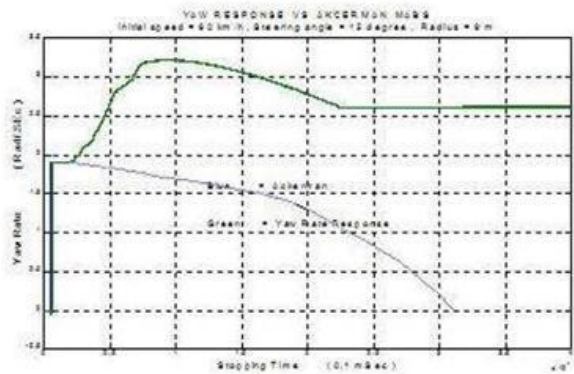
Simulasi dilakukan pada persen slip (λ) = 0,2. Dasar pengambilan ini adalah pada konsep kontak ban dan jalan (gambar 1). Kecepatan kendaraan yang diambil 50 km/h dan 60 km/h untuk ABS standar, sedangkan untuk integrasi kontrol ABS dengan kontrol traksi diambil pada kecepatan 60 km/h dan 80 km/h, seperti pada gambar 6, 7, 8 dan gambar 9.



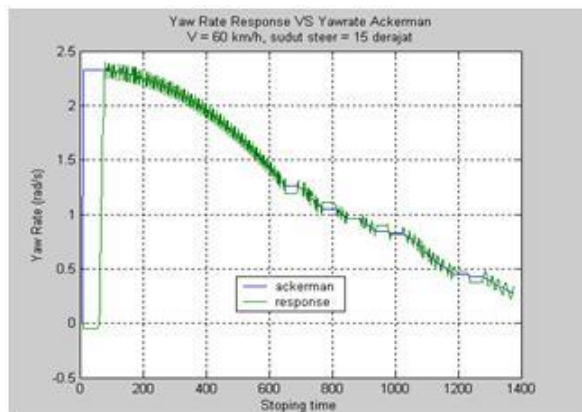
Gambar 6. Respon ABS standar pada kecepatan 50 km/h



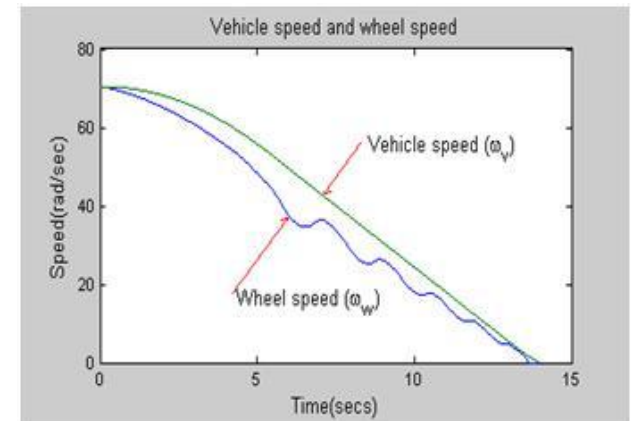
Gambar 9. Respon integrasi ABS dengan kontrol traksi, pada kecepatan 80 km/h



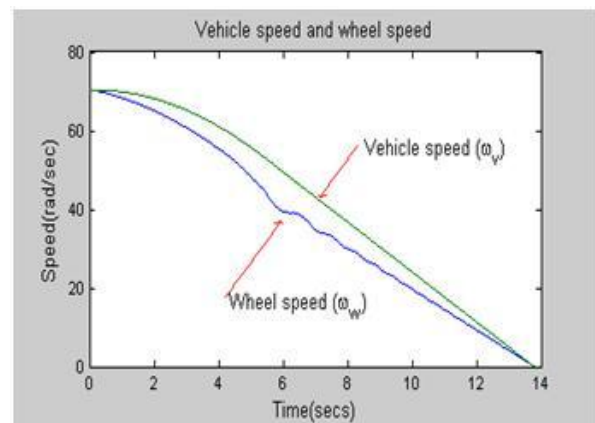
Gambar 7. Respon ABS standar pada kecepatan 60 km/h



Gambar 8. Respon integrasi ABS dengan kontrol traksi, pada kecepatan 60 km/h



Gambar 10. Karakteristik kecepatan roda dengan kecepatan kendaraan, pada ABS standar.



Gambar 11. Karakteristik kecepatan roda dengan kecepatan kendaraan, pada integrasi ABS dengan kontrol traksi.

3.2. Pembahasan.

Kondisi pengereman pada jalan belok dengan ABS standar hasilnya masih cukup bagus, pada kecepatan 50 km/h, yaw rate respon masih bisa mendekati yaw rate ackerman, tetapi pada kecepatan 60 km/h, kondisi kendaraan sudah cenderung susah dikendalikan (oversteer), terlihat dari yaw rate respon diatas yaw rate ackerman. Dari karakteristik kecepatan roda dengan kecepatan kendaraan, hasilnya masih sangat bagus. Sedangkan respon kendaraan dengan kontrol proporsi gaya pengereman, sampai kecepatan yang cukup tinggi (80 km/h) masih cukup bagus, terlihat yaw rate respon masih mendekati yaw rate ackerman. Demikian juga dengan karakteristik kecepatan roda dengan kecepatan kendaraan, juga tampak lebih halus.

4. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi dan analisa dapat disimpulkan :

- Kondisi pengereman pada jalan belok, kinerja perilaku arah kendaraan dapat diperbaiki dengan mengatur proporsi gaya pengereman dan traksi pada masing-masing roda.
- Pada kecepatan yang cukup tinggi (80 km/h), system pengereman dengan integrasi ABS dan kontrol traksi, perilaku arah kendaraan masih cukup baik, sedangkan ABS standar pada kecepatan 60 km/h, kondisi kendaraan sudah cenderung susah dikendalikan (oversteer).
- Karakteristik kecepatan roda dengan kecepatan kendaraan pada sistem dengan integrasi ABS dan kontrol traksi lebih halus dibandingkan dengan ABS standar.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Sutantra I Nyoman, 2009, “Rancang Bangun Sistem Pengereman Semi Lock Mekanis – Hidrolis Dengan Kombinasi Load Sensing

Proportioning Valve dan Membran”, Laporan Penelitian Hibah Kompetensi, DIKTI, Jakarta.

- [2] Harly Muchammad, 2005, “Kontrol Spin Ban dengan By-Pas Trottle pada Mesin Bensin Berbasis Fuzzy Logic” Prosiding Seminar Nasional Industrial Elektronik, Surabaya.
- [3] Motoki Shino, Raksincharoensak, Masao Nagai, 2012, “Smart Vehicle Handling and Stability Control by Integrated Control of Direct Yaw Moment and Active Steering”, Proceeding International Symposium on Advanced Vehicle Control (AVEC – 2012), Seoul.
- [4] Kihong Park, 2012, “Determining Reference Yaw – Rate and Side Slip Angle for Use in Vehicle Dynamics Control Systems”, Proceeding FISITA Word Automotive Congress (FISITA – 34), Beijing.
- [5] Cou Min, 2011, “Advance Automotive Electrical Control System in Future”, Proceeding Asia Pacific Automotive Engineering Conference (APAC – 10), Chennai.
- [6] Sutantra, I Nyoman, Agus Sigit.P., Didik N., 2012, “Modification and Design Elastic Component to Improve Performance of ABS and Directional Stability of Vehicle”, Proceeding FISITA Word Automotive Congress (FISITA – 34), Beijing.
- [7] Sutantra I Nyoman, Agus Sigit P., Yunarko T., Harly Muchammad, 2012, “Development to Improvement of ABS Performance Through Application of Yaw Control Index”, Proceeding International Symposium on Advanced Vehicle Control (AVEC – 2012), Seoul.
- [8] Sutantra I Nyoman, 2001, “Teknologi Otomotif – Teori dan Aplikasinya”, Guna Widya, Surabaya.