

## PENINGKATAN KINERJA STABILITAS ARAH KENDARAAN SAAT DIREM PADA KONDISI JALAN BELOK DENGAN MENAMBAHKAN KONTROL PROPORSI GAYA Pengereman

IGAK. Suriadi, AAIA. Sri Komaladewi, IGPA Suryawan, I Ketut Adi Atmika, Made Dwi Budiana

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Udayana

Kampus Bukit Jimbaran, Bali 80362

Email : [gungsuriadi@yahoo.com](mailto:gungsuriadi@yahoo.com); [tutadi@me.unud.ac.id](mailto:tutadi@me.unud.ac.id)

### Abstrak

Kinerja kestabilan arah kendaraan baik pada jalan lurus maupun jalan belok adalah salah satu aspek penting yang diperhatikan dalam merancang produk otomotif secara keseluruhan. Pada kondisi jalan lurus telah dikembangkan sistem rem antilock atau lebih dikenal dengan *Antilock Breaking System (ABS)*, tetapi pada kondisi jalan belok, performa ABS standar ini kurang optimal untuk mengatasi kondisi kendaraan *oversteer* atau *understeer*. Kurang optimanya kinerja kestabilan arah kendaraan ini disebabkan besarnya gaya pengereman masing-masing roda masih sama sedangkan pada kondisi belok kebutuhan gaya pengereman pada masing-masing roda tidak sama. Salah satu strategi untuk mengatasi kelemahan tersebut adalah dengan mengontrol proporsi gaya pengereman pada masing-masing roda.

Penelitian dilakukan dengan menterjemahkan model fisik sistem ke dalam model matematis, kemudian disimulasikan dengan program komputer. Model sistem kontrol proporsi gaya pengereman, dan model kendaraan dibuat secara lengkap, kemudian diintegrasikan ke dalam plant/sistem kinerja kestabilan arah kendaraan.

Hasil simulasi menunjukkan pada kecepatan yang cukup tinggi yaitu 80 km/jam sistem pengereman dengan kontrol proporsi gaya pengereman kinerja kestabilan kendaraan masih cukup baik, sedangkan ABS standar pada kecepatan diatas 60 km/jam kondisi kendaraan sudah cenderung *oversteer* (susah dikendalikan).

**Keywords:** *Antilock Breaking System (ABS), ABS standar, proporsi gaya pengereman, oversteer, understeer.*

### Pendahuluan

Berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi otomotif mengakibatkan semakin selektifnya masyarakat memilih kendaraan dalam pemenuhan kebutuhannya. Kemudian produsen secara terus-menerus berusaha meningkatkan kualitas produknya agar bisa memenuhi keinginan konsumen dan bersaing di pasaran. Seperti yang kita lihat saat ini banyak kendaraan baru yang ditawarkan dengan keunggulan yang dimiliki masing-masing jenis kendaraan. Kenyamanan dan kestabilan arah kendaraan pada waktu belok adalah salah satu aspek penting dalam menentukan daya saing suatu produk otomotif. Kemampuan tersebut telah dihitung diatas kertas pada tahap perancangannya. Namun karena proses perancangan adalah proses yang iteratif maka diperlukan perhitungan performa berulang kali untuk melahirkan suatu produk otomotif yang berkualitas. Untuk kondisi pengereman pada jalan lurus telah dikembangkan sistem rem anti lock atau lebih dikenal dengan *Antilock Breaking System (ABS)*. Tetapi pada kondisi jalan belok, performa ABS standar kurang optimal untuk mengatasi kondisi kendaraan *oversteer* atau *understeer*, ini disebabkan proporsi gaya pengereman masing-masing roda masih sama sedangkan pada kondisi belok membutuhkan proporsi gaya pengereman yang berbeda pada masing-masing roda agar perilaku kendaraan masih dalam keadaan stabil.

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

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

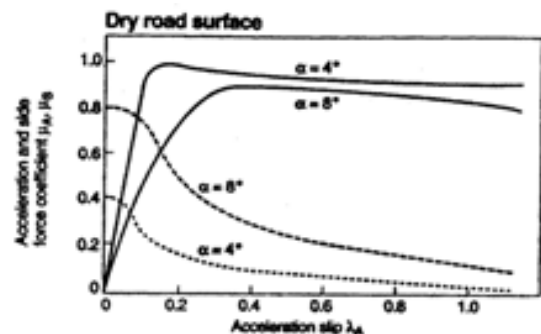
dimana :

$V$  = kecepatan kendaraan (m/s)

$r$  = jari-jari roda (m)

$\omega$  = kecepatan angular roda (rad/s)

Taborek (1970) menemukan konsep kontak ban dan jalan yang mengubah suatu konsep pengereman dan concerning effort yang telah ada, ditunjukkan pada gambar 1 :



Gambar1. Pengaruh skid terhadap koefisien adhesi

### Konsep Kontrol Pengereman Dari Setting Ratio Slip

Pada prinsipnya konsep ABS adalah menjaga slip roda ( $\lambda$ ) seperti yang diharapkan (*desired range*), sehingga mendapatkan kondisi pengereman optimum.

**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* aktual 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 skid antara roda kanan dan kiri.

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

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

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 :

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

Rumusan sudut slip untuk ban radial baru :

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

dimana :

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

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

P = tekanan ban pada kondisi operasi (psi)

Ps = tekanan ban standar (25 psi)

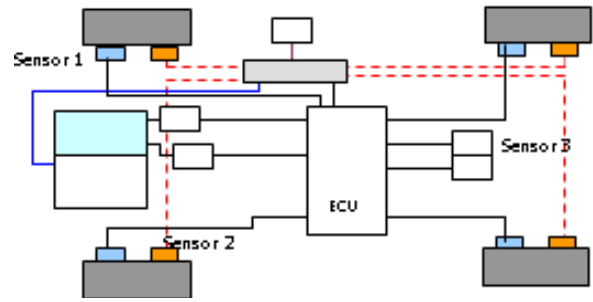
$$C_{rxi} = \left[ \frac{F_{yi} + 0,107927(F_{xi})}{161,1398} \right]^{0,474998}$$

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

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

**Model dan Simulasi**

Sistem kontrol pengereman termasuk dalam link sistem kontrol kendaraan yang akan sebagian d ibahas, diperlihatkan pada gambar 2.



Gambar 2. Skema layout kontrol pengereman

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.

Kendaraan yang disimulasikan adalah jenis sedan (mazda cronos) dengan data-data sebagai berikut :

▪ Berat	kg	2550
▪ Wheelbase	mm	2500
▪ As depan ke CG	mm	1240
▪ Track depan	mm	1530
▪ Tinggi titik berat	mm	350
▪ Max output	rpm	5400
▪ Torsi maksimum	Nm/rpm	440/3700
▪ Final drive ratio		3,64
▪ Jari-jari roda	mm	300

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
- 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 actual yaw rate.

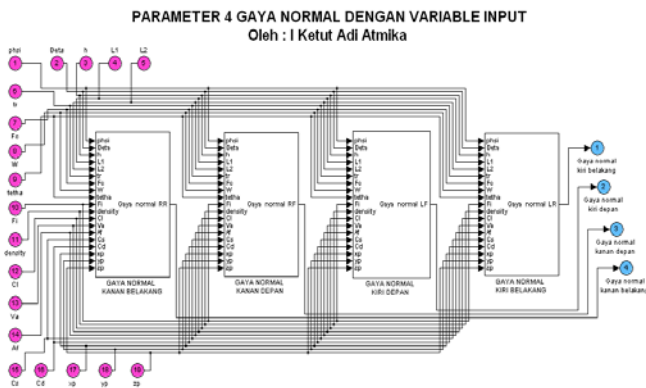
Parameter yang dikendalikan dalam hal ini untuk lebih menyederhanakan perhitungan dan dapat dieliminasi adalah :

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

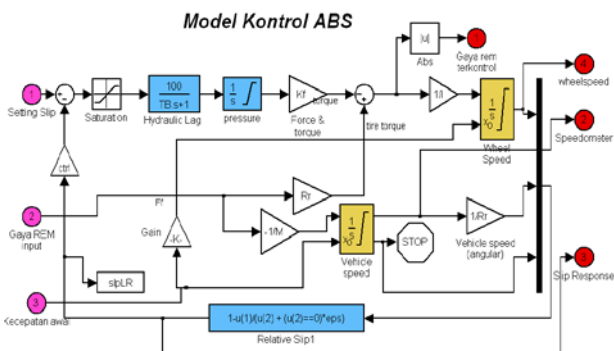
Rangkaian skema blok simulasi disusun dengan struktur bertingkat sebagai berikut :

- 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
- 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  $p$  rosen slip ( $\lambda$ ) terhadap  $\mu$  lateral
  - ◆ Empat buah kurva hubungan antara  $p$  rosen slip ( $\lambda$ ) terhadap  $\mu$  longitudinal.

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

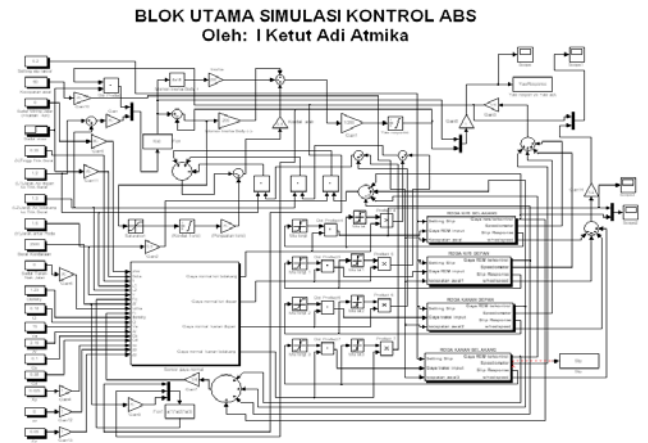


Gambar 3. Blok Pemroses Gaya Normal



Oleh : I Ketut Adi Atmika

Gambar 4. Blok Kontrol Proporsi Gaya Pengereman

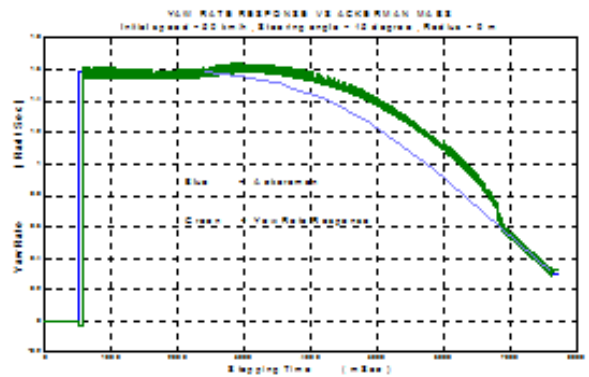


Gambar 5. Blok Utama Kontrol pengereman.

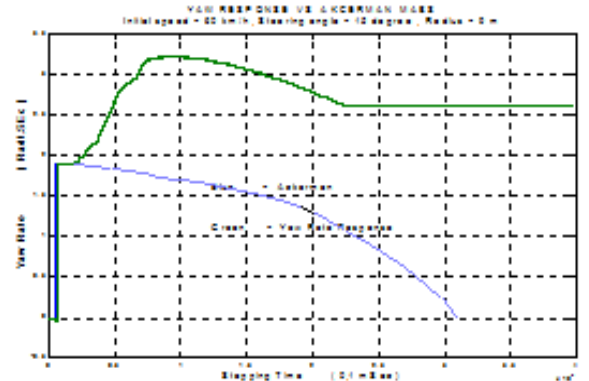
**Hasil dan Pembahasan**

**Hasil Simulasi**

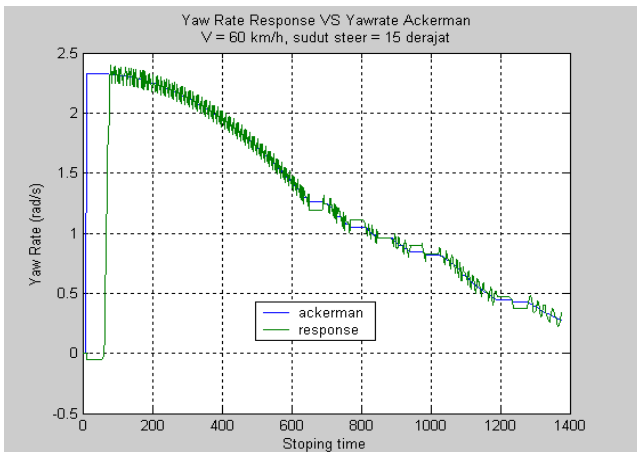
Simulasi dilakukan pada persen slip ( $\lambda$ ) = 0,2. Dasar pengambilan ini adalah pada konsep kontak ban dan jalan (gambar 1), dimana diharapkan slip sekecil-kecilnya tetapi tetap pada koefisien gesek longitudinal dan koefisien lateral yang cukup besar. Kecepatan kendaraan yang diambil 50 km/h dan 60 km/h untuk ABS standar, sedangkan untuk ABS dengan kontrol proporsi gaya pengereman diambil pada kecepatan 60 km/h dan 80 km/h, seperti pada gambar 6, 7, 8 dan gambar 9.



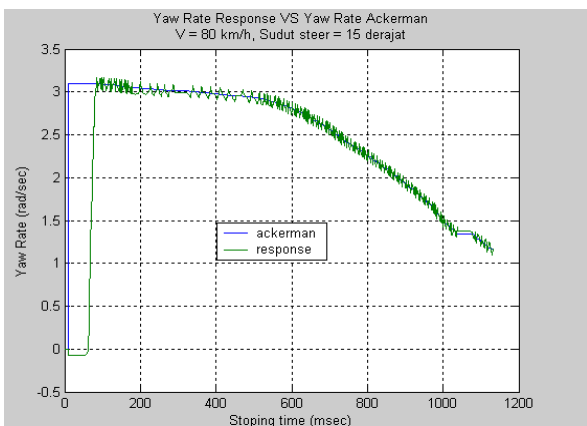
Gambar 6. Respon ABS standar pada kecepatan 50 km/jam



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

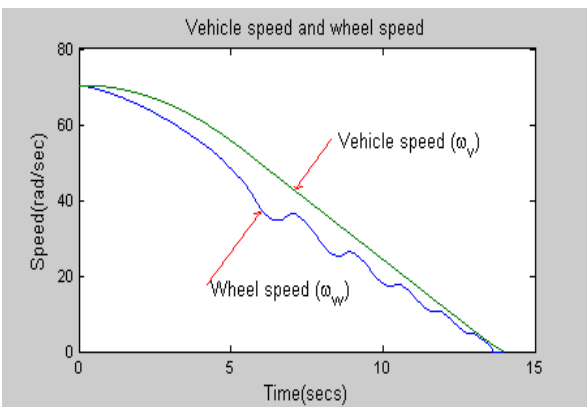


Gambar 8. Respon ABS dengan kontrol proporsi gaya pengereman, pada kecepatan 60 km/jam

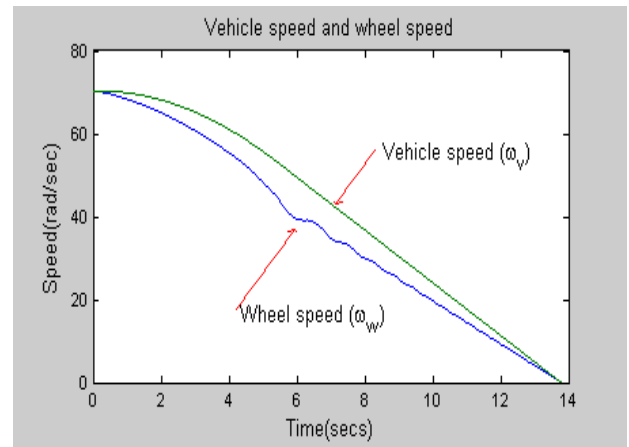


Gambar 9. Respon ABS dengan kontrol proporsi gaya pengereman, pada kecepatan 80 km/jam

Ditampilkan juga karakteristik kecepatan roda dengan kecepatan kendaraan, untuk ABS standar maupun ABS dengan kontrol proporsi gaya pengereman, seperti ditunjukkan pada gambar 10 dan gambar 11.



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



Gambar 11. Karakteristik kecepatan roda dengan kecepatan kendaraan, pada ABS dengan kontrol proporsi gaya pengereman.

**Pembahasan.**

Kondisi pengereman pada jalan belok dengan ABS standar hasilnya masih cukup bagus, pada kecepatan 50 km/jam, yaw rate respon masih bisa mendekati yaw rate ackerman, tetapi pada kecepatan 60 km/jam, kondisi kendaraan sudah cenderung over steer (susah dikendalikan), 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/jam) masih cukup baik, terlihat yaw rate respon masih mendekati yaw rate ackerman. Demikian juga dengan karakteristik kecepatan roda dengan kecepatan kendaraan, juga tampak lebih halus.

**Kesimpulan**

Dari hasil simulasi dan analisa dapat disimpulkan :

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

**Daftar Pustaka**

1. Nyoman Sutantra, "Teknologi Otomotif – Teori dan Aplikasinya" 1<sup>st</sup> edition, Surabaya (1999).
2. Nyoman Sutantra, et al, "Improvement of ABS Performance Through Application of Yaw Control Index", 6<sup>th</sup> Symposium on A dvance Vehicle Control (AVEC) Japan (2002).
3. Taborek, "Study Experimental Wheel – Road Adhesive Factor".(1970)
4. Wong, J.Y., "Theory of Ground Vehicle", John Willey & Sons, New York, (1978).