

SIMULASI PERILAKU ARAH SEPEDA MOTOR PADA KONDISI JALAN BELOK DENGAN MENAMBAHKAN SISTEM KONTROL SKID

I Ketut Adi Atmika^{1,*}, IDG.Ary Subagia²

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Universitas Udayana , kampus Bukit Jimbaran, Bali-Indonesia

*tutadi2001@yahoo.com

Abstrak

Sepeda motor dalam operasinya membutuhkan kualitas kestabilan yang sangat tinggi. Dalam upaya untuk meningkatkan kestabilan sepeda motor khususnya dalam bergerak belok dilakukan dengan berbagai cara. Pengendalian yang dilakukan salah satunya adalah dengan menambahkan sensor sudut kemiringan belok yang bekerja dengan konsep giroskop. Sensor sudut kemiringan belok ini berfungsi untuk menangkap besarnya gaya Sentrifugal (F_c) yang terjadi saat belok, kemudian dilengkapi dengan Elektronik Control Unit dan mekanisme pengendali skid. Dalam penelitian yang dilakukan untuk mewujudkannya dilakukan dengan metode simulasi. Untuk proses simulasi dibuat model kendaraan secara lengkap dengan input kondisi dan parameter operasi dimana sistem itu bekerja. Analisa stabilitas difokuskan pada perilaku gerakan belok sepeda motor. Simulasi dilakukan terhadap parameter perancangan dan dinamik dengan variabel kecepatan dari 50 km/jam sampai dengan 100 km/jam. Hasil penelitian yang diperoleh adalah sistem mampu mengendalikan skid dan sudut kemiringan belok pada sepeda motor sebesar 11 %.

Kata kunci : Pengendalian, Gerak Belok, Gaya Sentrifugal, Giroskop, Skid.

Pendahuluan

Kendaraan bermotor khususnya sepeda motor adalah jenis kendaraan yang digerakkan dengan sistem dua roda. Sepeda motor dalam operasinya membutuhkan kualitas kestabilan yang sangat tinggi mengingat sepeda motor membutuhkan keseimbangan pada setiap manuvernya.

Gerak belok adalah fenomena yang paling kritis dari setiap kendaraan, terlebih pada sepeda motor. Gerak belok pada sepeda motor sangat mungkin terjadinya kehilangan keseimbangan tergantung pada besarnya sudut kemiringan belok, radius belok, efek gaya sentrifugal yang bekerja pada pusat massa kendaraan dan juga faktor kecepatan. Fenomena saat sepeda motor belok dimana jika tidak ada pengendalian sudut kemiringan yang baik dapat mengakibatkan kendaraan tersebut *loss control*.

Untuk dapat mengendalikan sudut kemiringan belok sepeda motor agar tidak *loss control* dimungkinkan menggunakan

konsep giroskop. Pengendalian dengan konsep giroskop adalah suatu sistem yang berfungsi untuk melawan gaya sentrifugal yang terjadi, dimana dengan *Gyroscopic* ini akan didapatkan sudut kemiringan yang ideal sehingga kendaraan tidak *loss control*.

Pada akhirnya dengan bantuan simulasi pada program Matlab 7.0.1 diharapkan dapat memberikan gambaran yang jelas tentang pengendalian stabilitas gerak belok sepeda motor melalui pengontrolan sudut kemiringan belok.

Adi Atmika [1] menjelaskan tentang kontrol torsi dengan CVT untuk memperbaiki stabilitas arah kendaraan. Paper ini menjelaskan analisa stabilitas dari kontrol torsi roda penggerak dengan mengatur ratio transmisi menggunakan sistem CVT. Model kendaraan dibuat secara lengkap dengan input kondisi dan parameter operasi dimana sistem itu bekerja, kemudian disimulasikan dengan mengambil *setting point ratio slip* pada koefisien gesek yang optimum. Analisa

stabilitas difokuskan pada perilaku gerakan belok kendaraan. *Yawrate* respon dibandingkan dengan *yawrate ackermannnya*, untuk mendapatkan gambaran kinerja perilaku arah kendaraan. Kinerja perilaku kendaraan cukup baik dimana *yawrate* respons sangat cepat mencapai kondisi steady untuk mendekati *yawrate ackermannnya*.

Ary Subagia, dkk [2] menjelaskan tentang analisa karakteristik traksi pada sepeda motor (110 cc, 4 tak) dengan kontinyu variabel transmisi. Karakteristik traksi yang dihasilkan oleh roda penggerak ditinjau dari ratio transmisi dan tingkat transmisi. Analisa karakteristik traksi roda penggerak dilakukan dengan menggunakan metode quasi dinamik dengan kendaraan model adalah motor Mio 110 cc, 4 tak. Perhitungan didasarkan pada input parameter kendaraan meliputi kecepatan, daya motor, dan perilaku dinamik kendaraan model. Kemudian karakteristik traksi CVT terhadap traksi yang dihasilkan dianalisa mempergunakan kontrol traksi melalui simulasi mode, dengan kondisi jalan lurus.

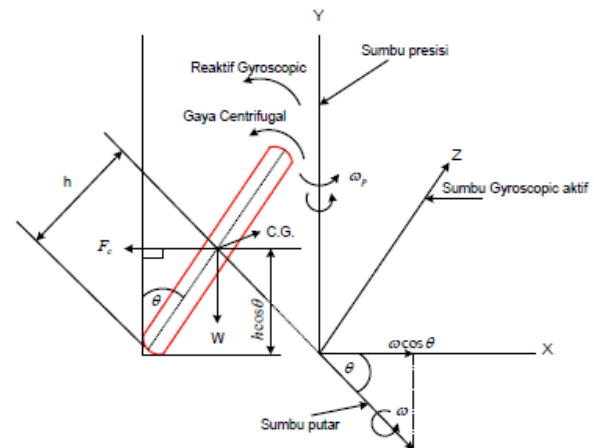
Penelitian tentang konsep terbaru sistem kontrol traksi, yaitu dengan HTCS (Hybrid Traction Control System) yang menawarkan kinerja dalam hal memperbaiki TCS dengan *Engine Inertia Brake* [3,4]

Nyoman Sutantra, dkk [5] dalam papernya "Improvement of ABS Performance Through Application of Yaw Control Index", bahwa gerakan yawing adalah salah satu parameter kunci dalam menentukan stabilitas arah kendaraan.

Studi tentang perilaku dinamik gerak belok sepeda motor dengan pengendalian *Gyroscopic*. Bagaimana perilaku sepeda motor dengan *Gyroscopic* terhadap pengaruh kecepatan saat bergerak belok. Untuk menjawab pengaruh tersebut diatas, dilakukan dengan mempergunakan metode simulasi.

Pemodelan dan Matematis Model

Pemodelan



Gambar 1. Model Kendaraan

Keterangan :

m = Masa kendaraan dan pengendara

W = Berat kendaraan dan pengendara ,

Newtons = mg

h = titik pusat grafitasi dari kendaran dan pengendara

r_w = jari – jari roda

R = jari – jari lintasan belok

I_w = masa momen inerti kedua roda

I_E = masa momen inerti dari bagian yang berputar dari mesin

ω_w = percepatan sudut dari roda

ω_e = percepatan sudut dari mesin

G = rasio roda gigi pada transmisi =

ω_e / ω_w

v = kecepatan linear dari kendaraan

θ = sudut kemiringan belok

Matematis Model

Berkaitan dengan tahapan dalam pembuatan simulasi, perhitungan dan analisa data berdasarkan persamaan matematik sebagai berikut :

Gaya Sentrifugal yang terjadi pada kendaraan dirumuskan sebagai berikut :

$$F_c = \frac{W}{g} \frac{V^2}{R} \quad (1)$$

Radius Belok dirumuskan dengan persamaan

$$R_i = \frac{a+b}{\delta_f} 57,29 \quad (2)$$

Gaya Normal

Dengan mengabaikan beban angin gaya normal yang terjadi pada roda depan dan belakang dirumuskan sebagai berikut :

$$F_{\mathcal{F}} = \frac{b}{a+b} [W \cos \theta + F_c \cos \beta \cdot \sin \theta] + \frac{h \cdot F_c \sin \beta}{a+b} \quad (3)$$

$$F_{\mathcal{Z}} = \frac{a}{a+b} [W \cos \theta + F_c \cos \beta \cdot \sin \theta] + \frac{h \cdot F_c \sin \beta}{a+b} \quad (4)$$

Analisa Skid Menggunakan persamaan

$$F_{cf} = \mu \cdot F_{\mathcal{F}} \text{ dan } F_{cr} = \mu \cdot F_{\mathcal{Z}} \quad (5)$$

Kecepatan maksimum sebelum skid pada roda depan dan belakang menggunakan persamaan :

$$V_{fs} = \sqrt{\frac{(\mu \cdot F_{\mathcal{F}}) \cdot \left(\frac{a+b}{b}\right) + W \sin \theta}{\cos \beta \cdot \cos \theta} \cdot \frac{g \cdot R}{w}} \quad (6)$$

$$V_{rs} = \sqrt{\frac{(\mu \cdot F_{\mathcal{Z}}) \cdot \left(\frac{a+b}{a}\right) + W \sin \theta}{\cos \beta \cdot \cos \theta} \cdot \frac{g \cdot R}{w}} \quad (7)$$

Theta Maksimum sebelum skid dirumuskan dengan

$$\tan \theta = \frac{v^2 - R \cdot g \cdot \mu}{R \cdot g + \mu \cdot v^2} \quad (8)$$

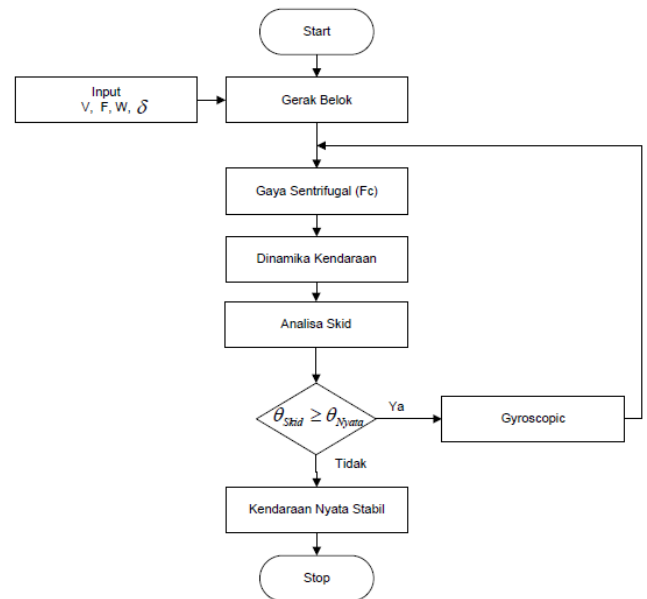
Kopel *Gyroscopic* yang bekerja untuk mengendalikan sudut kemiringan belok dirumuskan dengan persamaan

$$C = \frac{v^2}{R \cdot r_w} (2I_w + GI_E) \cos \theta \quad (9)$$

Kesetabilan gaya yang pada akhirnya akan membentuk sudut kemiringan yang terkendali dirumuskan dengan

$$\text{Gaya Sentrifugal} + \text{Gyroscopic couple} = m \cdot g \cdot h \cdot \sin \theta$$

Diagram Alir Simulasi



Gambar 2. Diagram Alir Simulasi

Secara umum tahapan dan proses penyusunan model simulasi dilaksanakan dengan pemilihan parameter simulasi yang terdiri atas variable konstan maupun variable terhitung dalam rumusan yang berpengaruh pada gerak belok.

Variabel konstan yang digunakan :

- Sudut steer (δ)
- Radius belok (R)
- Berat kendaraan (W)
- Gaya – gaya dinamik kendaraan
- Koefisien gesek ban dan jalan (μ)

Variable yang dipergunakan adalah factor kecepatan kendaraan saat bergerak belok yang divariasikan dari 50, 60, 70, 80, 90, 100 km/jam

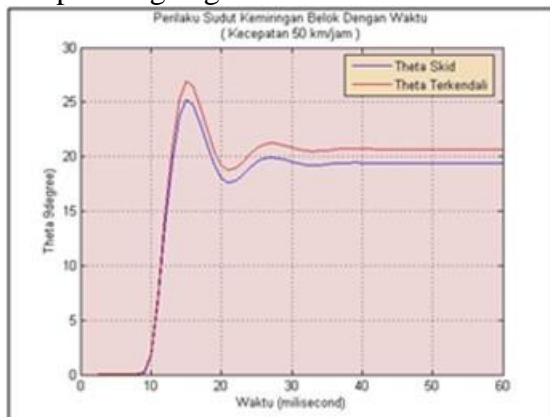
- Menghasilkan Gaya Sentrifugal yang terhitung dari rumusan
- Terjadi dinamika kendaran
- Dari dinamika kendaraan kemudian dilakukan analisa skid, melalui analisa skid diperoleh sudut kemiringan belok skid (theta skid).
- Suatu kendaraan dikatakan memiliki kualitas kesetabilan yang lebih baik jika sudut kemiringan belok nyata (theta nyata) dapat diberikan melebihi sudut

kemiringan belok skid tetapi kendaraan tetap dalam keadaan stabil.

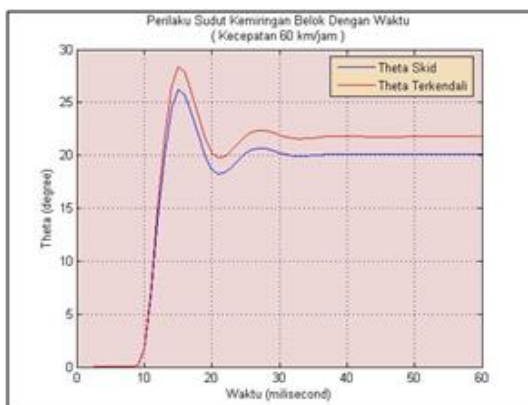
- Jika theta skid lebih besar dari theta nyata kontrol *Gyroscopic* mulai bekerja, jika theta skid lebih kecil dari theta nyata proses selesai.

Hasil dan Pembahasan

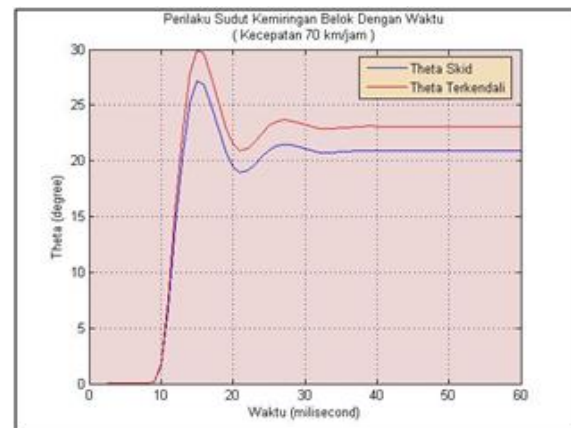
Dari simulasi yang telah dibuat didapatkan grafik sudut kemiringan belok (theta) terhadap waktu dengan variasi kecepatan dari 50, 60, 70, 80, 90, 100 km/jam, seperti ditunjukkan pada gambar 3 sampai dengan gambar 8.



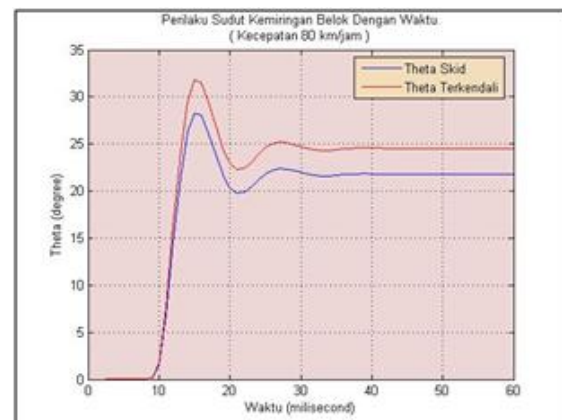
Gambar 3. Hubungan theta terhadap waktu pada kecepatan 50 km/jam



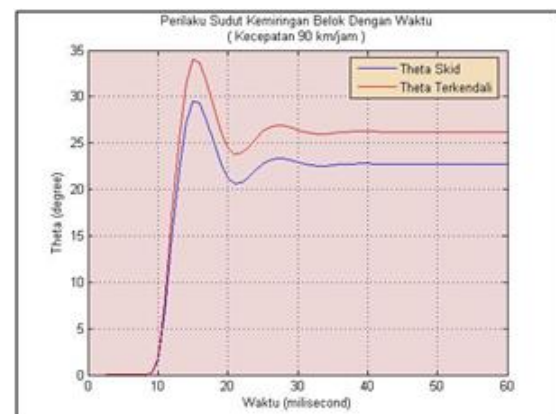
Gambar 4. Hubungan theta terhadap waktu pada kecepatan 60 km/jam



Gambar 5. Hubungan theta terhadap waktu pada kecepatan 70 km/jam



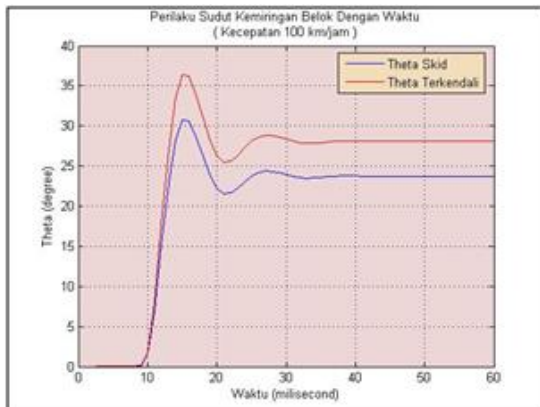
Gambar 6. Hubungan theta terhadap waktu pada kecepatan 80 km/jam



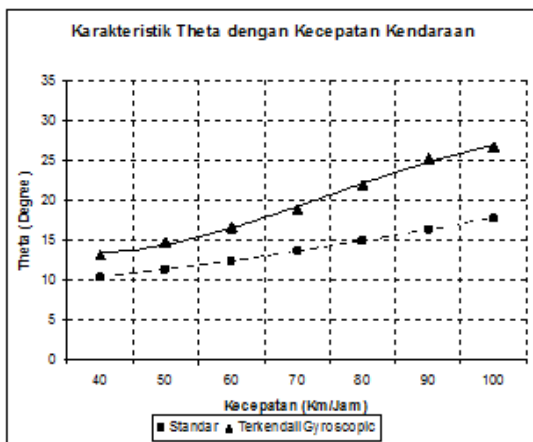
Gambar 7. Hubungan theta terhadap waktu pada kecepatan 90 km/jam

Dari grafik pada gambar 3 dapat dilihat bahwa pada kecepatan 50 km/jam pada kisaran waktu 0-30 milisekond terjadi fluktuasi dari sudut kemiringan belok, dalam artian terjadi perubahan keadaan

baik peningkatan maupun penurunan untuk menjadi konstan, pada kisaran waktu 50 milisecond keadaan kostan mulai tercipta dan didapatkan theta skid sebesar $19,38^\circ$ dan theta terkendali sebesar $20,68^\circ$. Kemudian hubungan kondisi skid dengan kecepatan ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 8. Hubungan theta terhadap waktu pada kecepatan 100 km/jam



Gambar 9. Hubungan theta skid dan terkendali dengan kecepatan

Gambaran peningkatan sudut kemiringan belok kendaraan saat bergerak belok dengan penambahan komponen sistem kontrol skid menunjukkan adanya peningkatan kinerja kestabilan kendaraan [6,7]. Besarnya peningkatan sudut kemiringan belok ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Peningkatan sudut kemiringan belok dengan penambahan sistem kontrol

Kecepatan (km/h)	Theta skid (deg)	Theta Terkendali (deg)	Peningkatan sudut (%)
50	19,38	20,68	6,71
60	20,09	21,76	8,31
70	20,9	23,05	10,29
80	21,78	24,53	12,63
90	22,72	26,2	15,32
100	23,71	28,08	18,43

Secara rata-rata peningkatan sudut kemiringan belok dengan penambahan komponen *sistem kontrol* sebesar 11 %.

Kesimpulan

Dari hasil simulasi dan analisa yang dilakukan dengan ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Dengan penambahan komponen sistem kontrol dengan sensor sudut kemiringan belok, theta skid dapat dikendalikan sehingga kondisi *loss control* dapat dihindari
- Dalam keadaan standar sepeda motor pada kecepatan 50 – 100 km/jam akan mengalami skid pada sudut kemiringan $19,38^\circ - 23,71^\circ$.
- Dengan penambahan komponen kontrol skid pada kecepatan 50 - 100 km/jam theta terkendali didapatkan sebesar $20,68^\circ - 28,08^\circ$.
- Penambahan komponen kontrol skid dapat meningkatkan sudut kemiringan belok sebesar 11 %.

Referensi

- [1] Adi Atmika I Ketut., 2004, “Desain dan Karakteristik Sistem Kontrol Torsi dengan CVT Untuk Memperbaiki Stabilitas Arah Kendaraan”, *Jurnal IPTEK*, Vol 15. No.3.
- [2] Ary Subagia, Adi Atmika I Ketut, Komala Dewi, 2005, *Analisa Karakteristik Traksi Pada Sepeda Motor (110 cc, 4 strokes) with Continous Variabel Transmission (CVT) System*

- . Prosiding SNTTM IV, Bali .
- [3] Tatshuko Abe, 2006. "Hybrid Traction Control System", *IEEE Control System Magazine*.
- [4] Cou Min, 2011, "Advance Automotive Electrical Control System in Future", *Proceeding Asia Pacific Automotive Engineering Conference (APAC – 10)*, Chennai.
- [5] Sutantra I Nyoman, Agus Sigit P., M. Harly, 2002, "Improvement of ABS Performance Through Application of Yaw Control Index", 6th Symposium on Advance Vehicle Control (AVEC) Japan
- [6] Adi Atmika I Ketut., Ary Subagia I DG., Dwi Budiana Made, 2008, "Variasi Berat Roller Sentrifugal Pada Continuouse Variable Transmission terhadap Kinerja Traksi Sepeda Motor", *Jurnal Teknik Mesin CAKRAM*, Vol 2. No.2
- [7] Sutantra I Nyoman, 2001, "Teknologi Otomotif – Teori dan Aplikasinya", Guna Widya, Surabaya.