

## SIMULASI PENGENDALIAN SUDUT KEMIRINGAN BELOK SEPEDA MOTOR MELALUI PENAMBAHAN KOMPONEN GYROSCOPIC

I Ketut Adi Atmika(\*)

I DG Ary Subagia(\*)

I N. Sutantra(\*\*)

Agus Sigit Pramono(\*\*)

(\*)Jurusan Teknik Mesin,Fakultas Teknik Universitas Udayana

(\*\*)Jurusan Teknik Mesin,Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Email : [tutadi2001@yahoo.com](mailto:tutadi2001@yahoo.com) ; [tutadi@me.unud.ac.id](mailto:tutadi@me.unud.ac.id)

### Abstrak

*Sepeda motor dalam operasinya membutuhkan kualitas kesetabilan yang sangat tinggi. Dalam upaya untuk meningkatkan kesetabilan sepeda motor khususnya dalam bergerak belok dilakukan dengan berbagai cara. Pengendalian yang dilakukan salah satunya adalah mempergunakan Gyroscopic. Gyroscopic adalah salah satu system yang berfungsi untuk melawan gaya Sentrifugal ( $F_c$ ) yang terjadi saat belok. Gyroscopic dalam pengendaliannya adalah untuk mengontrol sudut kemiringan belok yang terjadi sehingga skid dapat dihindari.*

*Dalam penelitian yang dilakukan untuk mewujudkannya dilakukan dengan metode simulasi. Simulasi dilakukan terhadap parameter disain dan dinamik dengan variabel kecepatan dari 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 km/jam. Pemodelan simulasi menggunakan Matlab 7.0.1. Hasil dari penelitian yang dilakukan dengan metode diatas diperoleh hasil sebagai berikut : Gyroscopic mampu mengendalikan perilaku skid dan sudut kemiringan belok pada sepeda motor sebesar 11 %.*

*Kata kunci : Pengendalian, Gerak Belok, Gaya Sentrifugal, Gyroscopic, Sepeda Motor.*

### 1. Pendahuluan

#### Latar Belakang

Kendaraan bermotor khususnya sepeda motor adalah jenis kendaraan yang digerakkan dengan sistem dua roda. Sepeda motor dalam operasinya membutuhkan kualitas kesetabilan 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 centrifugal 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 *Gyroscopic*. Pengendalian dengan *Gyroscopic* adalah suatu system yang berfungsi untuk melawan gaya centrifugal 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 *Gyroscopic*.

#### Tujuan dan Manfaat Penelitian

Dari gambaran latar belakang, lebih khusus disampaikan tujuan penelitian yang dilakukan adalah untuk mendapatkan kinerja belok sepeda motor melalui pengendalian sudut kemiringan belok dengan menambahkan komponen *Gyroscopic*. Manfaat yang lebih luas diharapkan menjadi suatu masukkan dan menjadi suatu inovasi teknologi di bidang transportasi sehingga dapat mengurangi kecelakaan lalu lintas khususnya yang terjadi di saat kendaraan belok

#### Review penelitian terdahulu

Adi Atmika (2004) 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 ackermannya*, untuk mendapatkan gambaran kinerja perilaku arah kendaraan. Kinerja perilaku kendaraan cukup baik dimana *yawrate* respons sangat cepat mencapai kondisi steady untuk mendekati *yawrate ackermannya*.

Ary Subagia (2004) dalam papernya yang berjudul “Desain dan Simulasi Dinamik sudut Belok Roda Belakang (Four Wheel Steering System) dengan Pengendalian Traksi Kendaraan”, mengulas sistem kemudi 4 roda untuk mendapatkan kinerja kestabilan kendaraan yang lebih baik.

Ary Subagia, Adi Atmika, Komala Dewi (2005) menjelaskan tentang analisa karakteristik traksi pada sepeda motor (110 cc, 4 tak) dengan kontinyu variabel transmision. 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.

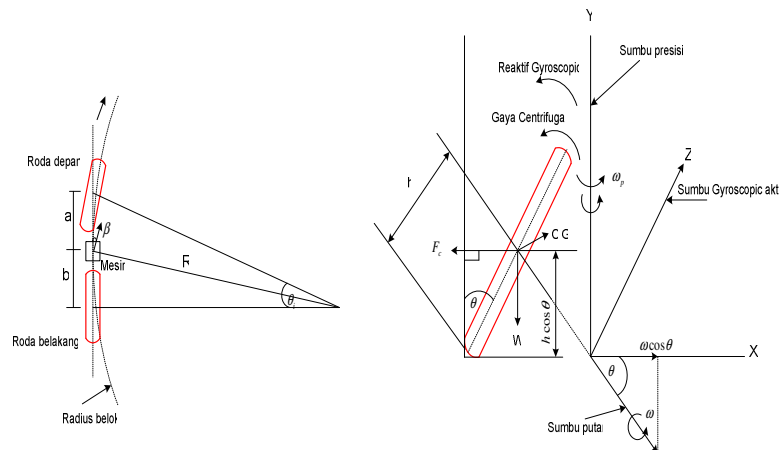
I Nyoman Sutantra, Agus Sigit P, Yunarko Triwinarno, M. Harly dalam papernya “Improvement of ABS Performance Trough Application of Yaw Control Index”, bahwa gerakan yawing adalah salah satu parameter kunci dalam menentukan stabilitas arah kendaraan

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.

## 2. Metodologi

Penelitian dilakukan dengan mempergunakan Metode Simulasi dari Program Matlab 7.0.1 yang menggambarkan kondisi dinamik kendaraan model dengan kontrol *Gyroscopic* dan menentukan besarnya sudut kemiringan belok. *Gyroscopic* yang digunakan disini adalah yang berfungsi sebagai alat kontrol yang bekerja berdasarkan perlawanan terhadap gaya centrifugal.

### Pemodelan Kendaraan



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 memen inerti dari bagian yang berputar dari mesin

- $\omega_w$  = percepatan sudut dari roda
- $\omega_E$  = percepatan sudut dari mesin
- G = rasio roda gigi pada transmisi =  $\omega_E / \omega_w$
- v = kecepatan linear dari kendaraan
- $\theta$  = sudut kemiringan belok

### Matematis Model

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

#### *Gaya Sentrifugal*

Gaya Sentrifugal yang terjadi pada kendaraan dirumuskan sebagai berikut :

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

#### *Radius Belok Nyata*

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 :

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

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

#### *Analisa Skid*

Analisa Skid Menggunakan persamaan

$$F_{cf} = \mu \cdot F_{zf} \text{ dan } F_{cr} = \mu \cdot F_{zr} \quad (5)$$

#### *Kecepatan Maksimum Sebelum Skid*

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

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

#### *Theta Maksimum Sebelum Skid*

Theta Maksimum sebelum skid dirumuskan dengan

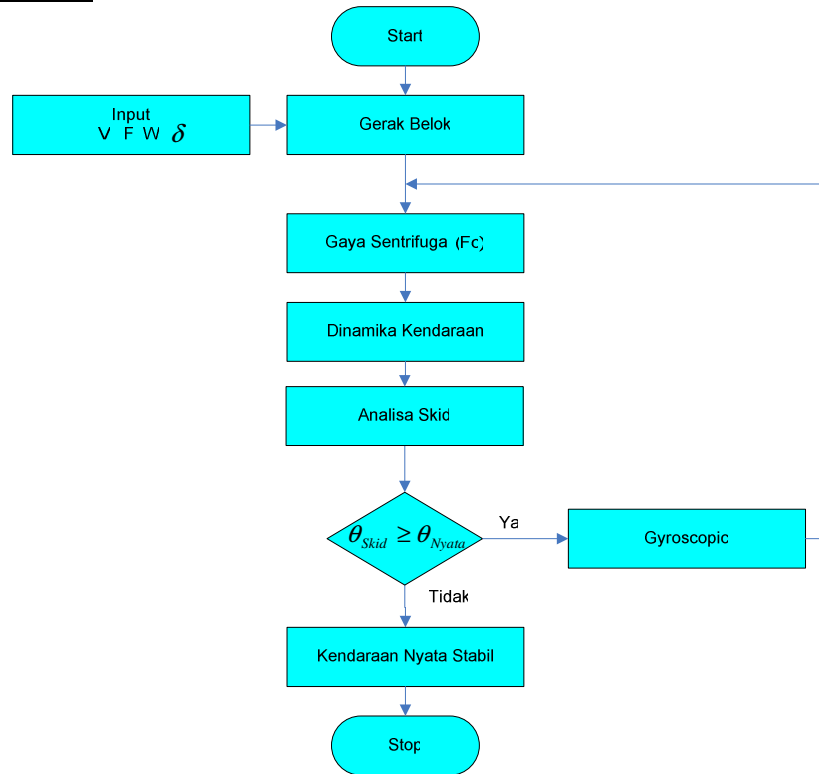
$$\tan \theta = \frac{v^2 - R \cdot g \cdot \mu}{R \cdot g + \mu \cdot v^2} \quad (7)$$

#### *Efek Gyroscopic*

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

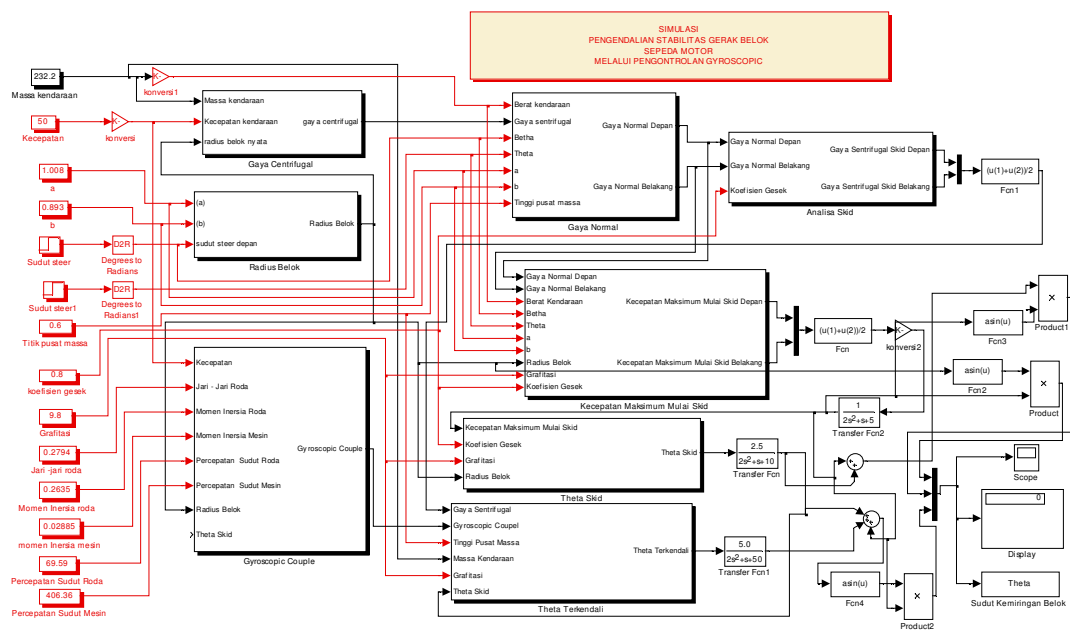
$$C = \frac{v^2}{R \cdot r_w} (2I_w + GI_E) \cos \theta \quad (8)$$

Diagram Alir Simulasi



Gambar 2. Diagram Alir Simulasi

Blok Diagram Simulasi

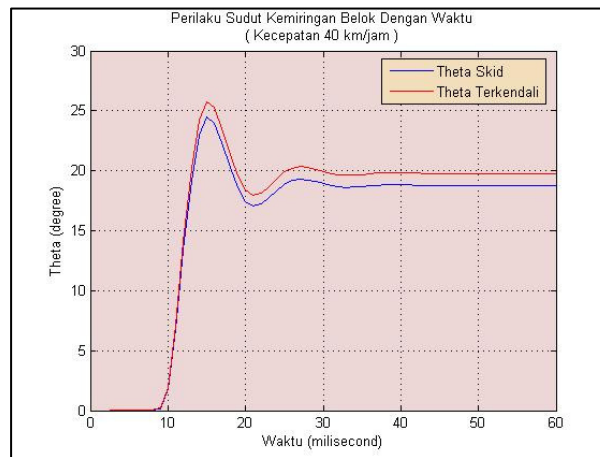


Gambar 3. Blok Utama Simulasi

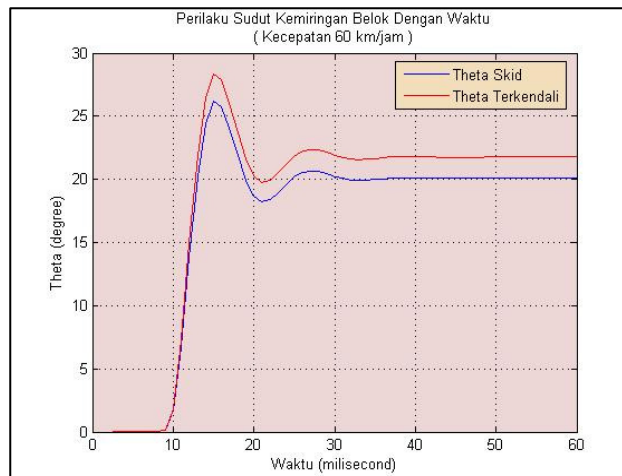
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Hasil Simulasi

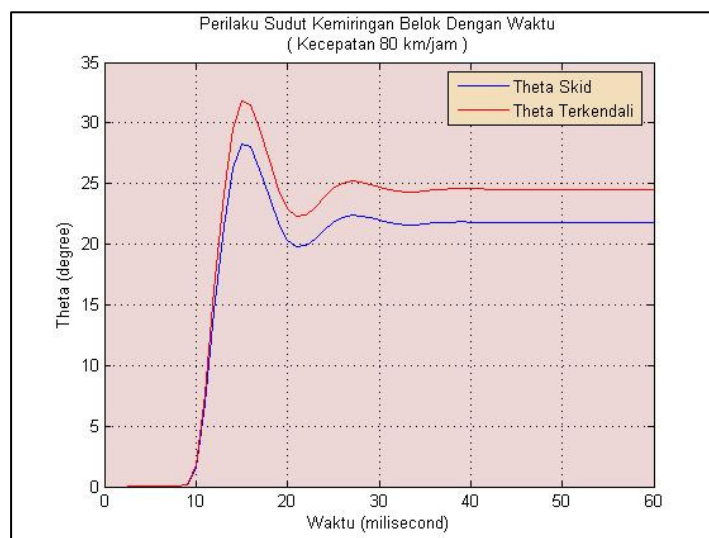
Dari simulasi yang telah dibuat didapatkan grafik sudut kemiringan belok (theta) terhadap waktu dengan variasi kecepatan dari 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 km/jam, seperti terlihat pada gambar 4 sampai dengan gambar 7 berikut :



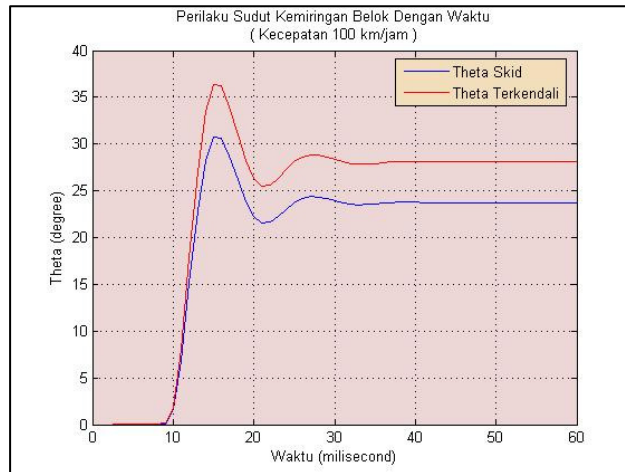
Gambar 4. Hubungan theta terhadap waktu pada kecepatan 40 km/jam



Gambar 5. Hubungan theta terhadap waktu pada kecepatan 60 km/jam



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



Gambar 7. Hubungan theta terhadap waktu pada kecepatan 100 km/jam

Dari gambar 4 dapat dilihat bahwa pada kecepatan 40 km/jam pada kisaran waktu 0 -30 milisecond terjadi fluktuasi dari sudut kemiringan belok, dalam artian terjadi perubahan keadaan baik peningkatan maupun penurunan untuk menjadi konstan, pada kisaran waktu 50 milisecond keadaan konstan mulai tercipta dan didapatkan theta skid sebesar  $18,78^\circ$  dan theta terkendali sebesar  $19,78^\circ$ . Kemudian secara lengkap ditunjukkan pada tabel I

Tabel 1. Theta terkendali

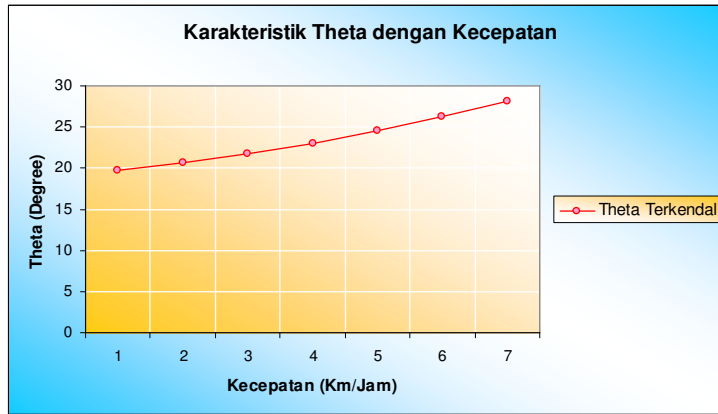
Kecepatan (Km/ jam)	Theta Terkendali ( Degree)
40	19,78
50	20,68
60	21,76
70	23,05
80	24,53
90	26,2
100	28,08

### Pembahasan

Saat bergerak belok dalam setiap tingkatan kecepatan terdapat sudut kemiringan belok maksimal (theta maksimal). Karena tidak adanya batasan yang jelas terhadap sudut kemiringan belok maksimal maka pengendalian sering melakukan kesalahan dengan memberikan sudut kemiringan yang berlebih saat bergerak belok yang menyebabkan kendaraan tersebut mengalami *loss control* seperti skid atau terguling.

Penambahan komponen *Gyroscopic* merupakan suatu langkah untuk meningkatkan kesetabilan kendaraan saat bergerak belok, dengan penambahan komponen *Gyroscopic* terdapat perlawanan terhadap gaya sentrifugal yang terjadi, dengan menggunakan prinsip keseimbangan gaya, penambahan komponen *Gyroscopic* ini akan menghasilkan theta terkendali dimana theta terkendali merupakan sudut kemiringan ideal dan yang aman bagi pengendara saat bergerak belok.

Berdasarkan tabel I dapat dinyatakan dalam bentuk grafik hubungan theta terkendali dengan kecepatan sebagai berikut :



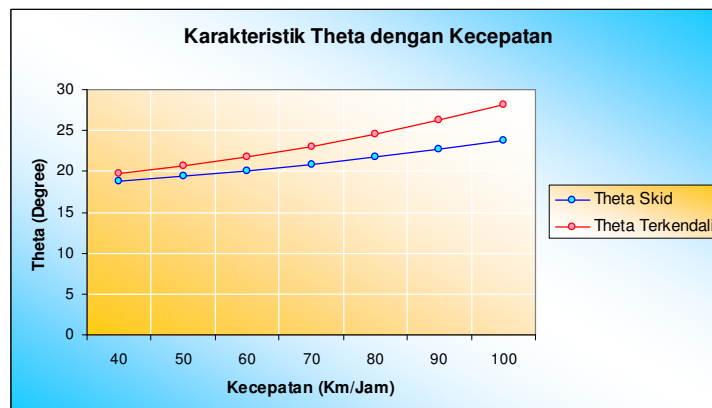
Gambar 8. Hubungan theta terkendali dengan kecepatan

Untuk mengetahui besarnya kemampuan gyroscopic dalam mengontrol kestabilan dalam bergerak belok ditampilkan theta skid kendaraan ditunjukkan pada tabel II :

Tabel II. Theta skid

Kecepatan (Km/ jam)	Theta Skid ( Degree)
40	18,78
50	19,38
60	20,09
70	20,9
80	21,78
90	22,72
100	23,71

Dari tabel II dapat dilihat bahwa meningkatnya kecepatan dalam bergerak belok menyebabkan theta skid yang semakin besar. jika memiringkan kendaraan sebesar theta skid saat bergerak belok maka kendaraan akan *loss control*. Dengan menambahkan komponen *Gyroscopic* saat theta skid terjadi maka komponen *Gyroscopic* akan mengontrol gaya setrifugal, sehingga terjadi kestabilan gaya dan kondisi *loss control* dapat dihindari. Hubungan antara theta skid dengan theta terkendali ditunjukkan gambar 9.



Gambar 90. Hubungan theta skid dan terkendali dengan kecepatan

Jika ditabelkan dapat dilihat besarnya peningkatan sudut kemiringan kendaraan saat bergerak belok dengan penambahan komponen *Gyroscopic*, besarnya peningkatan sudut kemiringan belok seperti pada tabel IV.

Tabel IV. Peningkatan sudut kemiringan belok dengan penambahan komponen *Gyroscopic*

Kecepatan (Km/ jam)	Theta Skid ( Degree)	Theta Terkendali ( Degree)	Peningkatan sudut kemiringan Belok Sepeda Motor (Degree)	Peningkatan sudut kemiringan belok %
40	18,78	19,78	1	5,32
50	19,38	20,68	1,3	6,71
60	20,09	21,76	1,67	8,31
70	20,9	23,05	2,15	10,29
80	21,78	24,53	2,75	12,63
90	22,72	26,2	3,48	15,32
100	23,71	28,08	4,37	18,43
Total			2,39	11,00

Jika dirata – ratakan maka didapat peningkatan sudut kemiringan belok dengan penambahan komponen *Gyroscopic* sebesar 11 %.

#### 4. Kesimpulan

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

- Dengan penambahan komponen *Gyroscopic* theta skid dapat dikendalikan sehingga kondisi *loss control* dapat dihindari
- Dalam keadaan standar sepeda motor pada kecepatan 40 – 100 km/jam kan mengalami skid pada sudut kemiringan 18,78° – 23,71°.
- Dengan penambahan komponen *Gyroscopic* pada kecepatan 40 - 100 km/jam theta terkendali didapatkan sebesar 19,78° - 28,08°.
- Penambahan komponen *Gyroscopic* dapat meningkatkan sudut kemiringan belok sebesar 11 % dari kondisi tanpa menggunakan komponen *Gyroscopic*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Atmika, Adi. *Simulasi Pengendalian Stabilitas Arah Kendaraan Melalui Pengontrolan Torsi dengan Continous Variable Transmission (CVT)*, Pasca sarjana ITS Surabaya, (2004).
- Subagia, Ary, Adi Atmika, Komala Dewi. *Analisa Karakteristik Traksi Pada Sepeda Motor (110 cc, 4 strokes) with Continous Variabel Transmission (CVT) System*. Prosiding SNTTM IV, Bali (2005).
- Tatshuko Abe, et al [1996]. “Hybrid Traction Control System”, IEEE Control System Magazine.
- Nyoman Sutantra, et al [2002], “Improvement of ABS Performance Through Application of Yaw Control Index”, 6<sup>th</sup> Symposium on Advance Vehicle Control (AVEC) Japan