
ANALISA KINEMATIKA GERAKAN BELOK AKIBAT PENGARUH DYNAMIC CENTRE OF GRAVITY (COG) DAN PANJANG WHEELBASE (L) MENENTUKAN SUDUT SIDE SLIP (β) DAN HUBUNGANNYA TERHADAP STABILITAS KENDARAAN

Ninuk Jonoadji dan Ian Hardianto SiahaanJurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Kristen Petra
Laboratorium Pengaturan dan Uji Konstruksi Mesin Universitas Kristen Petra

Jl. Siwalankerto 142-144 Surabaya 60236

e-mail: ninukj@petra.ac.id, ian@peter.petra.ac.id

Abstrak

Kondisi ideal dari kendaraan belok disebut juga sebagai kondisi Ackerman, yaitu dimana pada keseluruhan roda tidak menyebabkan terbentuknya sudut slip, sehingga arah gerak dari roda sama dengan arah bidang putar dari roda. Kondisi ideal ini dapat terjadi jika gaya lateral pada roda sangat kecil sehingga tidak mampu membentuk sudut slip pada roda. Gerakan parkir dapat dikatakan sebagai contoh kondisi ideal tersebut. Pada kenyataan kendaraan saat belok dipengaruhi oleh sudut slip rata-rata (β) dari roda depan dan roda belakang, sehingga perlu diketahui besarnya parameter kestabilan kendaraan tersebut dengan konsep kinematika kendaraan belok yang meliputi δ , β (side slip), R_{nyata} , α_f dan α_r . Dari hasil penelitian ditunjukkan hasil analisa kinematika gerakan berbelok yang terjadi akibat pengaruh letak titik berat (CoG) dengan panjang wheel base (L) tertentu untuk menentukan parameter stabilitasnya terhadap sudut steer rata-rata roda depan (δ_f) sebagai data input. Dan hubungan pengaruh α_f dan α_r sebagai referensi penentuan untuk menentukan besarnya β , dan R_{nyata} pada sudut steer roda depan tertentu. Dari hasil kinematika-dinamika dapat ditunjukkan perilaku kendaraan tersebut ketika melakukan gerakan membelok dalam menentukan stabilitas kendaraan. Hubungan antara letak CoG terhadap terhadap besar β dapat juga dijelaskan akibat sudut slip rata-rata roda belakang dan sudut slip rata-rata roda depan.

Kata kunci: Kondisi Ackerman, Letak Distribusi beban (CG), sudut steer rata-rata roda depan (δ_f), sudut side slip rata-rata (β), sudut slip roda depan dan belakang (α_f dan α_r)

Pendahuluan

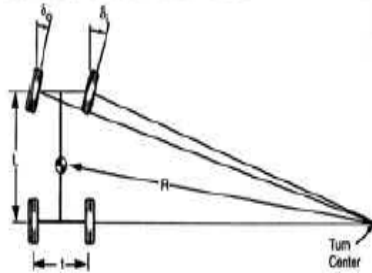
Pada saat kendaraan berbelok, umumnya akan terjadi sudut slip pada masing-masing roda sehingga arah gerakan roda tersebut sudah berubah. Makin besar sudut slip yang terjadi makin besar pula pengaruhnya terhadap arah kendaraan. Jika arah kendaraan lebih banyak dipengaruhi oleh sudut slip pada roda dibanding oleh arah roda kemudi maka dikatakan kendaraan tidak stabil atau kendaraan sulit dikendalikan.

Pada gerakan belok dengan adanya gaya sentrifugal pada kendaraan akan dapat menimbulkan gaya-gaya dan momen pada roda sehingga terjadi sudut side slip pada bodi dan sudut slip pada ban. Pada kondisi dimana sudut slip pada ban cukup besar maka arah belok dari kendaraan dipengaruhi oleh besarnya sudut slip. Besarnya pengaruh sudut slip ban menentukan kualitas dari stabilitas arah kendaraan. Umumnya makin besar pengaruh sudut slip maka makin terganggu stabilitas kendaraan tersebut.

Adanya gaya sentrifugal yang terjadi pada kendaraan saat belok mengakibatkan terbentuknya sudut slip angle body sebesar β . Jadi pada permasalahan kinematika kendaraan berbelok ada parameter yang harus ditentukan berdasarkan letak CoG dan panjang wheelbase yang berbeda, yaitu: α_r , α_f , δ , β , R_n . Saat ini teknologi 4 WS cukup meningkatkan kualitas kestabilan kendaraan pada saat belok sekalipun. Performanya menyesuaikan input steering yang diberikan pada kendaraan tersebut, yaitu pengendalian gerakan roda belakang yang mampu bergerak berlawanan ataupun searah dengan gerak belok roda depan dengan actuator interface motor DC sehingga mendekati yaw rate netral kendaraan.

Tinjauan Pustaka

Perilaku gerakan belok Ackerman juga sering disebut perilaku gerakan belok ideal yang artinya menganggap bahwa tidak ada sudut slip yang terjadi pada ban. Kondisi ini pada kenyataannya sulit terjadi atau hanya mungkin terjadi pada gerakan belok dengan kecepatan yang sangat rendah atau pada radius belok yang besar sehingga gaya sentrifugal yang terjadi belum mampu membentuk sudut slip pada ban.



Gambar 2.1. Kinematika Gerakan Belok Ackerman

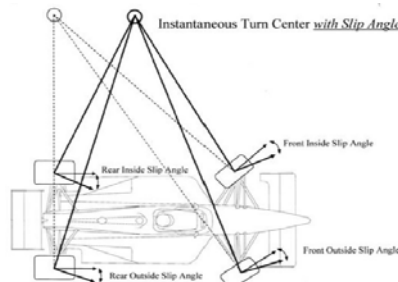
Secara matematis kondisi ideal kendaraan menurut gambar di atas, untuk sudut slip output dan input ditentukan dengan menggunakan analisa kinematika sebagai berikut

Dimana:

$$\delta_o = L/(R + t/2) \quad (2.1)$$

$$\delta_i = L/(R - t/2) \quad (2.2)$$

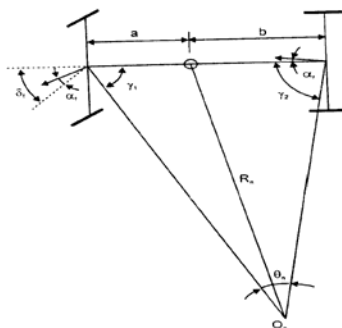
Untuk analisa kinematika-dinamika interaksi slip angle dapat diperlihatkan sesuai pada gambar berikut untuk membandingkan terbentuknya kondisi nyata terhadap kondisi Ackerman.



Gambar 2.2. Kinematika Kendaraan Terbentuknya Inside dan Outside Sudut Slip

Pada persoalan di atas dapat ditunjukkan bahwa sudut yang terbentuk pada roda depan dan belakang berdasarkan inside dan outside slip angle yang terjadi dibandingkan terhadap kondisi ideal (Kondisi Ackerman).

Analisa lainnya adalah ketika input sudut steering yang diberikan pada kendaraan pada saat berbelok justru dipengaruhi sudut steer rata-rata roda depan sehingga membentuk sudut slip rata-rata roda depan maupun roda belakang. Pada kajian ini akan dilakukan analisa kinematika gerakan belok dengan metode kinematika di atas dan selanjutnya pada kajian penelitian lanjutan akan dilakukan analisa berdasarkan kinematika belok sesuai gambar di bawah ini.



Gambar 2.3. Kinematika Kendaraan Nyata Terbentuknya Sudut Slip Rata-rata

Dengan mengacu pada gambar di atas dan konsep dasar geometris serta menganggap θ_a kecil, maka diperoleh:

$$R_{\text{Ackerman}} = \frac{a+b}{\theta_a} 57,29 \quad (2.3)$$

Dimana:

$$\begin{aligned}
 R_{Ackerman} &= \text{Radius Ackerman (m)} \\
 a, b &= \text{Panjang wheelbase (m)} \\
 \delta_f &= \text{Sudut steer rata-rata roda depan (derajat)} \\
 o &= \text{Pusat putar sementara} \\
 R_{Nyata} &= \frac{a+b}{\theta_{Nyata}} 57,29
 \end{aligned}
 \tag{2.4}$$

Dimana:

R_{Nyata} = Radius Nyata (m)

Analisa kinematika adalah analisa terakhir atau langkah terakhir dalam konsep kalkulasi Quasi-dinamik dalam mempelajari laju kendaraan. Secara umum bahwa kemampuan belok kendaraan akan menurun dengan bertambahnya muatan, sedangkan kemungkinan lose of control baik karena understeer maupun karena situasi confusing phenomenon (membingungkan) lebih tinggi untuk beban kendaraan yang lebih berat.

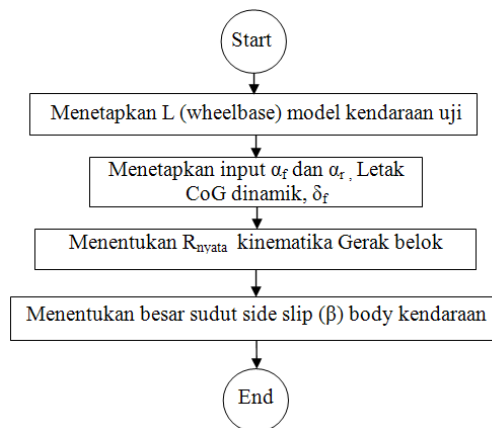
1. Batasan Masalah

Data kendaraan yang dilakukan kajian pada kondisi penelitian ini dapat diperlihatkan sebagai berikut:

Wheelbase kendaraan : 2,5 m
 Sudut steer roda depan : 20°
 Type Kendaraan : 2WS
 α_f dan α_r : variabel $0 - 15^\circ$

Metodologi Penelitian

Alur metodologi yang dilakukan dapat diperlihatkan berdasarkan flowchart sebagai berikut:

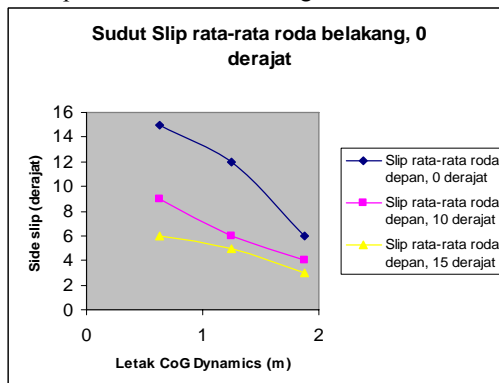


Gambar 3.1. Alur Flowchart

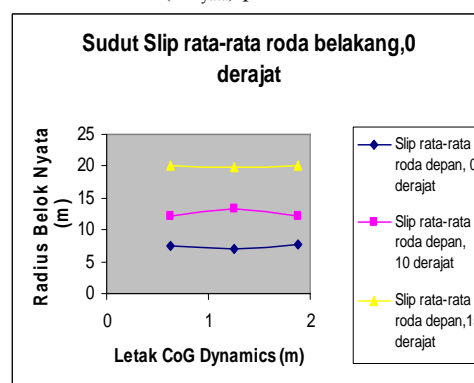
Hasil Penelitian

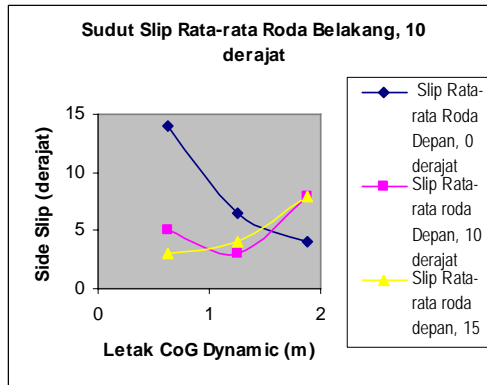
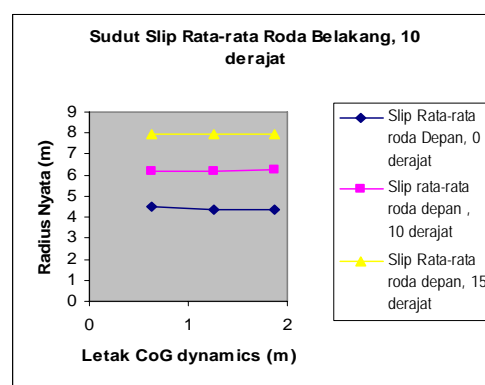
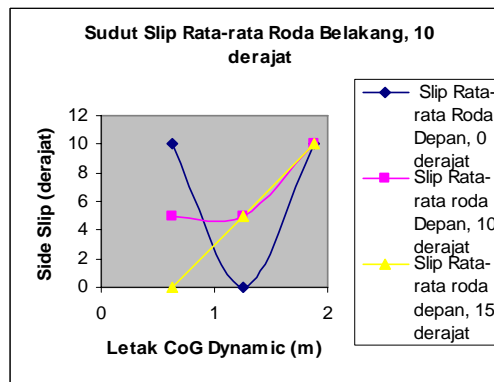
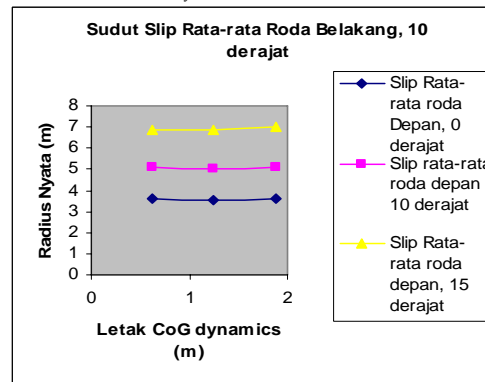
Dari hasil penelitian dapat diperoleh besaran-besaran tersebut yang ditunjukkan pada grafik berikut ini:

a. Slip rata-rata roda belakang $\alpha_r = 0^\circ$



b. Radius belok (R_{nyata}) pada 0°



c. Slip rata-rata roda belakang $\alpha_r = 10^\circ$

d. Radius belok (R_{nyata}) pada 10°

e. Slip rata-rata roda belakang $\alpha_r = 15^\circ$

f. Radius belok (R_{nyata}) pada 15°


Kesimpulan

Dari hasil kinematika gerakan tersebut dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada $\alpha_r = 0^\circ$, peningkatan α_f , menyebabkan sudut side slip (β) yang terjadi semakin kecil sedangkan radius nyata (R_{nyata}) semakin besar. Perilaku kendaraan yang bisa terjadi: netral-understeer dan tidak mungkin terjadi oversteer.
2. Pada $\alpha_r = 10^\circ$, peningkatan α_f , sudut side slip (β) yang terjadi tidak mutlak memberikan respons yang signifikan terhadap besarnya side slip yang terbentuk, sedangkan radius nyata (R_{nyata}) semakin besar. Perilaku kendaraan bisa terjadi kondisi: oversteer-netral-understeer.
3. Pada $\alpha_r = 15^\circ$, peningkatan α_f , sudut side slip (β) yang terjadi memberikan respons yang signifikan semakin meningkat setelah melampaui titik balik tertentu, sedangkan radius nyata (R_{nyata}) semakin besar. Perilaku kendaraan bisa terjadi: oversteer-netral-understeer.
4. Radius belok (R_{nyata}) terbesar terjadi pada $\alpha_f = 15^\circ$ dengan $\alpha_r = 0^\circ$, sedangkan radius belok terkecil terjadi pada $\alpha_f = 0^\circ$ dengan $\alpha_r = 15^\circ$.
5. Sudut side slip terbesar terjadi pada $\alpha_r = 0^\circ$ dan pada $\alpha_f = 0^\circ$. Ini menunjukkan peningkatan side slip menyebabkan kendaraan mudah dibelokkan mendekati gerakan Ackerman (Radius belok sejati).
6. Arah terbentuknya sudut side slip pada kwadran II menyebabkan kendaraan sukar dibelokkan sehingga menyebabkan radius belok semakin besar.
7. Kendaraan dengan sudut slip rata-rata roda belakang 0° , dengan peningkatan sudut side slip rata-rata roda depan tidak akan menyebabkan kendaraan tersebut oversteer karena $\alpha_f > \alpha_r$, tetapi mengalami understeer.
8. Perubahan dynamic centre of gravity tidak memberikan perubahan yang signifikan terhadap radius belok kendaraan tersebut (relatif konstan).
9. Perubahan dynamic centre of gravity memberikan perubahan yang signifikan terhadap β .
10. Kondisi oversteer relatif mudah dibelokkan dibanding understeer karena radius belok nyatanya yang terkecil, namun hanya orang trampil yang dapat melakukan karena waktu untuk membelok yang dibutuhkan relatif singkat untuk mencapai grekan netral atau ideal. Jika tidak kendaraan tersebut dapat menyebabkan gerakan yawing dan selanjutnya rolling.
11. Kondisi understeer susah dibelokkan menyebabkan kendaraan keluar dari radius lintasan belok karena arahnya tegak lurus terhadap radius belok yang terbentuk.

12. Semakin besar sudut side slip β semakin mudah kendaraan tersebut dibelokkan. Arahnya berada pada kwadran III.

Daftar Pustaka

1. http://www.mobilmotor.co.id/news_detail.asp?id=1364
2. Sutantra, I Nyoman (2001), *Teknologi Otomotif, Teori dan Aplikasinya*, Surabaya, Guna Widya.
3. Wong, J Y (1978), *Theory of Ground Vehicle (2nd edition)*, Ottawa, John Willey & Sons, New York.
4. <http://www.smithees-racetech.com.au/ackerman.html>
5. P Brabec , M Maly, R Vozenilek,(2004), *Controls System of Vehicle model with 4WS*, International Scientific Meeting Motor Vehicles and Engine, Kragujevac
6. I D.G Ary Subagia, Wajan Berata (2004), *Pemodelan Simulasi Berbasis Fuzzy Controller Terhadap Perilaku Yaw Rate dengan Pengendalian Sudut Steer Roda Belakang (4WS)*, Jurnal Teknik Mesin Vol 6/No. 2.