

PENENTUAN REGION SKID-NON SKID (2WS) TYPE MODEL KENDARAAN REAR WHEEL DRIVE (RWD)**Ian Hardianto Siahaan dan Willyanto Anggono**

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Kristen Petra

Laboratorium Pengaturan dan Uji Konstruksi Mesin

Jl. Siwalankerto 142-144 Surabaya 60236

e-mail: ian@peter.petra.ac.id dan willy@petra.ac.id

Abstrak

Hampir semua kendaraan roda empat masih menggunakan sistem kemudi 2 roda (2 WS), yaitu sistem kemudi yang hanya menggunakan dua roda depan sebagai pengendali arah. Kendaraan dengan sistem kemudi 2WS pada saat belok bisa terjadi kondisi understeer atau oversteer. Permasalahan yang sering terjadi jika berbelok pada kecepatan tinggi adalah roda belakang skid ke samping sehingga terjadi gerakan yawing yang terlalu besar sehingga pengemudi tidak mampu mengendalikan kendaraannya. Pada gerakan belok dengan adanya gaya sentrifugal pada kendaraan akan dapat menimbulkan gaya-gaya dan momen pada roda sehingga terjadi sudut slip pada roda. Pada pengujian ini menggunakan tipe poros penggerak kendaraan jenis rear wheel drive. Kendaraan berbelok diuji pada kecepatan (V) yang berbeda dengan variasi sudut belok rata-rata (δ_f) yang berbeda. Hasil Pengujian ditampilkan hubungan antara kecepatan (Km/Jam) dan waktu untuk berbelok terhadap variasi sudut belok roda rata-rata roda depan pada masing-masing radius kelengkungan jalan 5 m dan 10 m. Dengan tampilan grafik daerah/region skid mengikuti formulasi empirisnya, $\delta_f = 0.05 \cdot V^2 - 4.5 \cdot V + 115$. Ini mengandung arti bahwa sudut belok kendaraan tergantung dengan input kecepatan yang diberikan. Misalkan: jika kecepatan kendaraan 40 km/jam, sudut steer roda depan maksimum harus 15° , jika lebih dari 15° maka kendaraan tersebut mengalami skid. Kesimpulan menunjukkan bahwa daerah atau batasan region skid maupun region tidak skid juga dapat ditampilkan dengan kurva irisan dari grafik $\delta_f(V)$. Dimana semakin meningkat kecepatan menyebabkan waktu berbelok menjadi lebih singkat sehingga sudut steer roda depan (δ_f) harus dipertahankan lebih kecil agar tidak melampaui region skid.

Kata kunci: Sistem kemudi 2 roda, Rear wheel Drive (RWD)**Pendahuluan**

Gerakan membelok adalah gerakan paling kritis pada kendaraan, karena gerakan tersebut dapat menunjukkan kualitas kestabilan dari kendaraan tersebut. Pada gerakan belok dengan adanya sentrifugal pada kendaraan akan dapat menimbulkan gaya-gaya dan momen pada roda sehingga terjadi sudut slip pada masing-masing roda.

Pada era tahun 50-an, konsep reli menggunakan Rear Wheel Drive seperti: jaguar dan porsche. Kemudian RWD ini ditinggal ketika Erik Carlsson orang Swedia memenangkan perlombaan dengan mobil FWD. Kemudian 1979 oleh FISA (Federation International du Sport Automobile) melegalisasi kendaraan reli dengan AWD (All Wheel Drive). Kemudian Mobil Audi Quattro sebagai perintis mobil balap reli. Pertama dengan AWD.

Dengan mengkaji Rear Wheel Drive (RWD) diharapkan dapat memperoleh masukan tentang karakteristik dengan berlandaskan eksperimen. Dalam hal ini penulis hanya menggunakan pengujian tipe poros penggerak kendaraan jenis rear wheel drive. Kendaraan tipe rear wheel drive dengan tujuan untuk mempermudah pengontrolan arah, sehingga kendaraan tidak mudah kehilangan kestabilannya. Terutama pada saat dipercepat dengan radius belok yang tidak terlalu besar.

Tinjauan Pustaka

Terjadinya suatu gerakan adalah akibat adanya gaya yang bekerja pada benda tersebut. Gaya ini bisa merupakan gaya luar atau gaya yang berasal dari benda itu sendiri. Sedangkan posisi dan besarnya gaya yang ada akan menentukan keadaan dan perilaku dari gerakan benda tersebut. Posisi dari gaya dapat bermacam-macam misalnya: gaya tarik, gaya dorong, gaya putar dan sebagainya.

Demikian juga halnya dengan penggerak kendaraan, khususnya kendaraan roda empat. Poros sebagai salah satu dari beberapa alat transmisi yang dipakai, berfungsi sebagai penggerak kendaraan dengan cara mentransmisikan dari mesin menuju roda untuk kemudian diteruskan menjadi gerak lurus.

1. Tipe Poros Penggerak

Prinsip dan cara kerja sistem penggerak adalah menyalurkan dan mendistribusikan power dari primemover (bisa mesin, atau motor listrik atau gabungan diantara keduanya) ke setiap roda (atau roda tertentu saja). Pendistribusian power yang tepat maka akan membuat efektif dan efisien menggunakan power, yang akhirnya akan membuat kendaraan menjadi lebih irit.

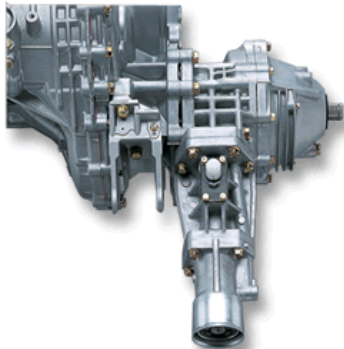
Menurut Yahya (2004), ada tiga tipe poros penggerak kendaraan dimana tipe yang satu berbeda dengan tipe yang lain yang masing-masing saling berpengaruh terhadap perilaku dari kendaraan.

- Front Wheel Drive (FWD), biasanya digunakan untuk kendaraan sejenis sedan yang betul-betul mengutamakan kecepatan dan kenyamanan di dalam berkendara, dimana tenaga dari mesin di transfer ke roda melalui gigi differential di depan.
- Rear Wheel Drive (RWD), biasanya digunakan untuk kendaraan umum, kendaraan niaga, maupun city car. Dimana tenaga dari mesin ditransfer ke roda gigi differential yang diletakkan dibelakang sehingga gaya dorong kendaraan berasal dari belakang.
- All Wheel Drive (AWD), biasanya untuk kendaraan yang dioperasikan di medan-medan berat atau off road. Dimana tenaga dari mesin ditransfer melalui gigi differential depan dan belakang sehingga daya dorong ganda.

Untuk mobil AWD ini terbagi atas 3 diffrensial, yaitu diffrensial tengah, diffrensial depan dan diffrensial belakang. Sedangkan yang utama adalah diiffrensial tengah. Bukan berarti diffrensial depan dan belakang tidak penting, juga tetap penting karena berfungsi membantu mendistribusikan tenaga yang dihasilkan diffrensial tengah.

Pada awalnya, diferensial pada kendaraan 4-WD bekerja dengan sistem terbuka dan tertutup. Sistem terbuka adalah di mana diferensial hanya bekerja berdasarkan traksi yang dimiliki oleh salah satu *propeller shaft* atau pun traksi pada salah satu roda.

4WD (Four Wheels Drive), kendaraan tipe ini mempunyai kemampuan mendistribusikan power dari mesin ke seluruh roda dengan perbandingan distribusi antara gardan depan dan belakang dengan rasio tertentu. Misal, 40% untuk gardan depan, 60% untuk gardan belakang.



Gambar 1. Konstruksi 4WD

Sedangkan sistem kemudi suatu kendaraan dimaksudkan untuk mengendalikan arah gerakan kendaraan.

2. Tipe Sistem Kemudi Kendaraan

Sistem kemudi suatu kendaraan dimaksudkan untuk mengendalikan arah gerakan kendaraan. Sistem dikatakan ideal untuk suatu kendaraan jika ia mempunyai sifat-sifat (I Nyoman Sutantra, 2002).

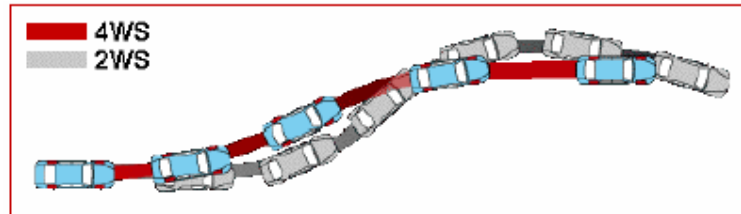
- Dapat digunakan sebagai pengendali arah kendaraan untuk segala kondisi, segala jenis belokan, dan segala kecepatan.
- Dapat menjamin serta menjaga stabilitas arah kendaraan pada segala jenis gerakan belok pada segala kecepatan.
- Tidak membutuhkan tenaga yang besar dari pengemudi untuk menggerakkan roda kemudi dalam mengendalikan arah gerak kendaraan.
- Tidak membahayakan pengemudi jika terjadi kecelakaan pada kendaraan.

Sistem kemudi yang dipakai pada kendaraan jika ditinjau dari tenaga yang dipakai untuk membelokkan roda kemudi, dapat dibedakan menjadi:

- Manual steering

Pada kemudi ini semua tenaga yang dibutuhkan untuk membelokkan roda datang dari tenaga yang datang dari lingkaran kemudi yang diputar dari pengemudi.

- b. Power Steering
Pada Sistem ini tenaga untuk membelokkan roda datang dari tenaga hidrolik atau elektrik, tidak datang dari tenaga pengemudi. Putaran lingkaran kemudi oleh pengemudi hanya merupakan signal bagi sistem kemudi.
Ditinjau dari jumlah roda yang berbelok saat lingkaran kemudi diputar, sistem kemudi dapat dibedakan menjadi:
 - a. Sistem Kemudi Dua Roda (2 WS),
Sistem kemudi yang hanya menggunakan belokan 2 roda (umumnya roda depan) untuk mengendalikan arah gerakan kendaraan.
 - b. Sistem Kemudi Empat Roda (4 WS),
Sistem kemudi menggunakan belokan keempat roda untuk mengendalikan arah gerakan. Belokan roda depan berfungsi sebagai pemberi arah sedangkan belokan roda belakang berfungsi sebagai pengendali aytau penyetabil arah dari gerakan kendaraan.



Gambar 2. Perbedaan antara 4WS dan 2 WS

Metodologi Pengujian

1. Persiapan Alat dan Bahan

Untuk mempercepat mengefisienkan waktu dan tenaga maka alat dan bahan harus dipersiapkan terlebih dahulu. Dalam persiapan alat dan bahan dilakukan:

- a. Mempersiapkan mobil yang dipakai, serta pemasangan speedometer digital pada masing-masing roda penggerak.
- b. Untuk pelaksanaan dipersiapkan meteran, kapur stopwatch, kertas, spidol, busur, serta handycam di lokasi pengujian.
- c. Mengukur dan memberi tanda jarak pada lintasan
- d. Menentukan daerah radius kelengkungan jalan untuk 5 m dan 10 m

2. Pengujian

- a. Setelah melewati garis pertama mobil diharuskan kecepatannya stabil, kemudian pada garis kedua kondisi mobil mulai berbelok sesuai dengan sudut belok yang sudah ditentukan, tanpa mengurangi kecepatan. Pencatatan waktu dilakukan pada saat mobil menginjak pembatas garis kedua sampai melewati garis ketiga. Pencatatan pada kecepatan masing-masing roda dimulai pada saat mobil menginjak pembatas garis kedua yaitu kondisi mobil sudah mulai berbelok sesuai sudut belok yang sudah ditentukan sampai melewati garis ketiga.
- b. Pengujian dilakukan samapai tiga kali percobaan setiap kecepatan dan setiap sudut belok yang sudah ditentukan.
- c. Kemudian menaikkan kecepatan belok kendaraan sampai kecepatan tertentu (V), begitu juga dengan sudut belok roda (δ_f) serta kelengkungan belok yang ditentukan.
- d. Apabila kendaraan mengalami skid pada kecepatan tertentu, pengujian dhentikan.
- e. Setelah itu dilakukan kembali dengan penambahan sudut belok dengan interval 5° hingga 25° , tetapi kecepatan dimulai lagi dengan kecepatan 10 km/jam.
- f. Pengujian dilakukan untuk masing-masing radius kelengkungan jalan 5 m dan 10 m dengan langkah-langkah di atas.

3. Alat Pengujian

- a. Meteran, digunakan untuk mengukur jarak lintasan pada saat kendaraan berbelok dan radius kelengkungannya.
- b. Speedometer digital, digunakan untuk membaca kecepatan roda ataupun kecepatan bodi kendaraan.
- c. Kapur, membuat tanda berupa garis pertama, garis kedua, garis ketiga dan jarak lebar lintasan.
- d. Stopwatch, mencatat waktu selang berbelok kendaraan tersebut.
- e. Worksheet data dan spidol, proses pengambilan data
- f. Busur derajat, menetapkan sudut steer dan sudut belok roda depan pengujian.
- g. Handycam, merekam proses pengujian selama berlangsung

4. Type Model Uji Kendaraan RWD

Dalam pengujian ini mobil dipasang speedometer digital pada keempat rodanya, untuk mengetahui besarnya kecepatan pada masing-masing roda. Cara pemasangannya yaitu sensor yang dihubungkan ke kabel diletakkan dekat roda sehingga dapat dibaca hasilnya pada keempat speedometer yang diletakkan di dalam mobil.



Gambar 3. Type Model Uji kendaraan RWD

Spesifikasi Kendaraan Uji:

Panjang	: 4435 mm
Lebar	: 1680 mm
Tinggi	: 1765 mm
Jarak Poros roda	: 2680 mm
Berat	: 1990 kg
Rem	: disk (depan), tromol (belakang)
Power	: 78 PS@3900 rpm
Torsi Maks	: 18,5 kg.m@2000 rpm
Tekanan Ban	: 2,2 Psi (depan); 4,25 Psi (belakang)
Ukuran Ban	: 165R14-6PR (depan); 165R14-8PR (belakang)
Mesin	: diesel 4 langkah, 2238 CC
Sistem Kemudi	: Power steering

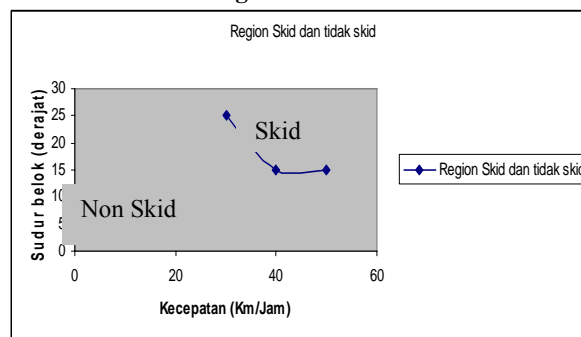
Hasil Pengujian Experimental

Dengan mengikuti prosedur langkah-langkah seperti pada pengujian di atas maka diperoleh hasil pengujian sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Experiment Rata-rata Hasil Pergujian

V (km/Jam)	T _b , time(Second) pada Radius Kelengkungan Jalan 5 m					T _b , Time (Second) pada Radius Kelengkungan Jalan 10 m				
	5°	10°	15°	20°	25°	5°	10°	15°	20°	25°
10	6.78	6.27	5.70	5.13	4.37	8.53	8.13	7.23	6.53	6.03
20	4.63	4.33	3.73	3.27	2.67	6.37	5.93	5.67	4.73	4.13
30	3.27	2.53	2.13	1.67	Skid	4.83	4.03	3.63	3.10	Skid
40	2.27	1.77	Skid	Skid	Skid	3.67	3.67	Skid	Skid	Skid
50	1.40	1.03	Skid	Skid	Skid	2.67	2.27	Skid	Skid	Skid

1. Hasil Uji Skid Kendaraan Menentukan Region Skid dan Non Skid



Gambar 4. Region Skid dan Non Skid pada batas kecepatan ≤ 50 Km/Jam dan batas sudut belok ($\delta_f \leq 25^\circ$) Kendaraan RWD

Formulasi empiris untuk menentukan batas tidak skid dapat didekati dengan persamaan polynomial berikut ini dengan input kecepatan kendaraan yang diberikan supaya tidak skid harus memenuhi sudut belok mengikuti formulasi berikut:

$$\delta_f = 0.05 \cdot V^2 - 4.5 \cdot V + 115 \quad (1)$$

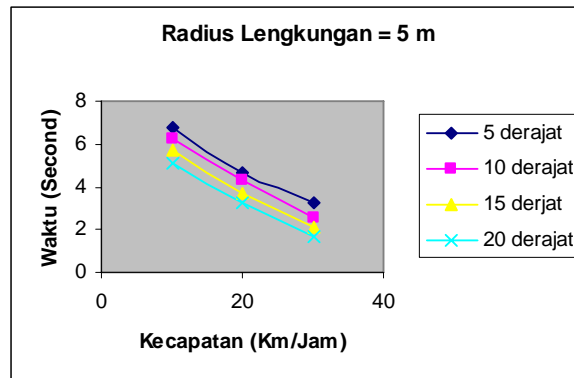
Jika tidak memenuhi persamaan di atas dengan input kecepatan kendaraan yang diberikan lebih besar dari target sudut beloknya maka akan mengalami skid atau tidak terkendali.

2. Hasil Uji Waktu Belok Kendaraan

Karena data yang dapat diperoleh dengan lengkap pada kisaran kecepatan 10-30 Km/jam dan pada sudut belok 5°-20°. Maka analisa data dilakukan pada daerah yang memenuhi kriteria tersebut.

a. Pada radius kelengkungan jalan = 5 m

1. Untuk sudut belok 5°, rumus empiris : $T_b = 30.972 \cdot V^{-0.6515}$
2. Untuk sudut belok 10°, rumus empiris : $T_b = -0.187 \cdot V + 8.1167$
3. Untuk sudut belok 15°, rumus empiris : $T_b = -0.1785 \cdot V + 7.4233$
4. Untuk sudut belok 20°, rumus empiris : $T_b = -0.173 \cdot V + 6.8167$

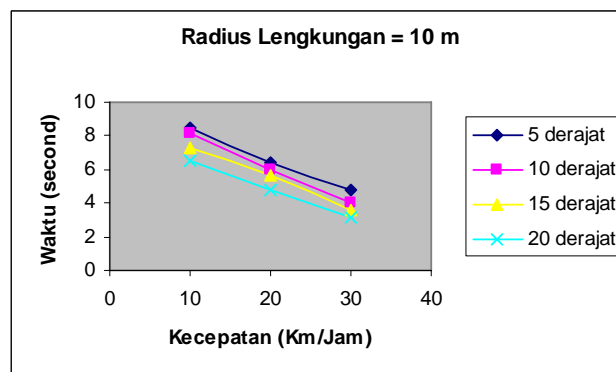


Gambar 5. Radius Lengkungan Jalan, 5 m

Dari hasil analisa dapat dilihat bahwa semakin besar sudut beloknya semakin sedikit waktu yang dibutuhkan untuk membelokkan kendaraan seiring dengan peningkatan kecepatan. Kecepatan yang besar waktu untuk membelok cukup singkat. Ini menunjukkan bahwa kendaraan pada kecepatan tinggi cukup sulit untuk membelokkan kendaraan tersebut karena waktu yang membelokkan hitungan detik. Artinya respon pengemudi yang terlambat mengakibatkan kendaraan menjadi tidak terkendali.

b. Pada radius kelengkungan jalan = 10 m

1. Untuk sudut belok 5°, rumus empiris : $T_b = -0.185 \cdot V + 10.277$
2. Untuk sudut belok 10°, rumus empiris : $T_b = -0.2045 \cdot V + 10.123$
3. Untuk sudut belok 15°, rumus empiris : $T_b = -0.18 \cdot V + 9.11$
4. Untuk sudut belok 20°, rumus empiris : $T_b = -0.1715 \cdot V + 8.2167$



Gambar 6. Radius Lengkungan Jalan, 10 m

Dari hasil analisa dapat dilihat bahwa semakin besar sudut beloknya semakin sedikit waktu yang dibutuhkan untuk membelokkan kendaraan seiring dengan peningkatan kecepatan. Kecepatan yang besar waktu untuk membelok cukup singkat. Ini menunjukkan bahwa kendaraan pada kecepatan tinggi cukup sulit untuk membelokkan kendaraan tersebut karena waktu yang membelokkan hitungan detik. Artinya respon pengemudi yang terlambat mengakibatkan kendaraan menjadi tidak terkendali.

Kesimpulan

Pada radius lengkung jalan yang semakin besar $R = 10$ m, waktu yang dibutuhkan untuk membelokkan kendaraan relatif lebih lama dibandingkan dengan $R = 5$ m. Ini menunjukkan bahwa kendaraan relatif lebih stabil pada saat berbelok pada radius lengkung yang semakin besar.

Semakin besar sudut beloknya roda depannya maka semakin cepat kendaraan tersebut berbelok, namun kestabilan cenderung terganggu akibat repon pengemudi lebih lambat dibandingkan waktu untuk membelokkan kendaraan.

Kendaraan mengalami skid pada kecepatan ≥ 30 km/jam pada sudut belok $\geq 15^\circ$. Artinya kendaraan supaya aman berbelok pada yaitu kecepatan kurang dari 30 km/jam atau pada sudut belok $\leq 15^\circ$.

Daerah batas skid maupun non skid kendaraan RWD pengujian dapat ditentukan dengan tampilan grafik untuk memudahkan prediksi pengujian. Grafiknya memiliki titik balik dengan kurva polynomial. Artinya semakin meningkat kecepatan kendaraan semakin cenderung mengalami skid dengan sudut belok yang semakin besar.

Dari formulasi empiris dapat diprediksi waktu berbelok kendaraan pada kecepatan 40 km/jam dan 50 km/jam untuk masing-masing kelengkungan jalan.

Referensi

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.isuzu.co.jp/world/product/suv/panther.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. Monty Sutio, (2007), *Study Analitik dan Eksperimen Terhadap Parameter Gerak Rear Wheel Drive pada Stabilitas Belok kendaraan*, Tugas Akhir S-1.