

Pengaruh Sudut Camber Roda Depan pada Kemampuan Belok Mobil Model 4 dan 2 Roda Penggerak (4WD dan RWD)

Joni Dewanto^{1*} dan Dicky Efendi¹

¹ Fakultas Teknologi Industri, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Kristen Petra
Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236

*Korespondensi penulis, e-mail: jdwanto@peter.petra.ac.id

ABSTRAK

Beberapa ahli telah melakukan penelitian tentang dinamika dan stabilitas kendaraan melalui beragam pemodelan dan simulasi. Paper ini mengemukakan penelitian yang berbasis eksperimen mengenai pengaruh sudut camber roda depan pada kemampuan belok mobil 4 roda. Pengujian dilakukan pada mobil *remote control* sebagai model mobil 4 dan 2 roda belakang penggerak dengan variasi kecepatan mobil dan sudut camber roda depan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sudut camber roda depan negative dapat berdampak menurunkan kemampuan belok mobil baik jenis 4 roda penggerak maupun 2 roda penggerak belakang. Mobil dengan 4 roda penggerak menunjukkan kemampuan belok yang lebih baik dari pada mobil dengan 2 roda penggerak belakang. Kemampuan belok mobil terbaik dicapai jika sudut camber roda depan diset sebesar 0° .

Kata kunci: Sudut camber, roda penggerak, kemampuan belok.

ABSTRACT

Some experts had conducted research on vehicles dynamics and stability through the various modeling and simulation. This paper proposes an experimental base research about influence of front wheel camber angle on cornering ability of 4 wheel vehicle. The experiment performed on four and two rear wheel drive of a remote control vehicle model car with variables front wheel camber angle and speed of vehicle. The result showed that negative front wheel camber angle impact could reduce the turning ability of vehicle. Four wheel drive car has better turning ability than two rear wheel drive car. The best turning ability of car accomplished if the front wheel camber angle is set at 0° .

Keywords: Camber angle, drive wheel, turning ability.

PENDAHULUAN

Kendaraan merupakan alat transportasi yang sangat penting untuk mendukung kegiatan dan atau mobilitas manusia. Sejalan dengan meningkatnya aktifitas manusia, jumlah kendaraan bermotor roda empat atau lebih di dunia sejak 1986 terus bertumbuh. Hasil penelitian WardAuto 2011, hingga 2010 lalu jumlah kendaraan bermotor di seantero dunia telah mencapai 1,015 miliar unit [1]. Lebih dari itu makin beragamnya aktifitas manusia juga memerlukan kendaraan dengan bermacam spesifikasi menurut aktifitas dan kebutuhannya. Namun demikian, spesifikasi yang paling utama untuk sebuah kendaraan adalah hal yang berkaitan dengan keselamatan, kenyamanan dan kemudahan pengendalian kendaraan. Terutama pada saat kendaraan melaju dengan kecepatan tinggi, saat pengemudi melakukan pengereman atau pada saat

kendaraan melalui jalan yang berbelok atau menikung.

Beberapa ahli telah melakukan penelitian yang menyangkut keselarasan dan keseimbangan roda yang dapat berdampak pada stabilitas dan dinamika kendaraan [2, 3, 4]. Tateishi et al. dalam penelitian simulasinya tentang efek sudut camber pada kemampuan kendali dan stabilitas kendaraan menyimpulkan bahwa camber negatif akan meningkatkan respon dan kemampuan belok kendaraan [2]. Namun demikian pengaturan besarnya sudut caster baik roda depan maupun belakang juga harus memperhatikan letak roda penggerak kendaraan, karena secara teoritik hal ini akan berpengaruh pada kemampuan manuver kendaraan [3]. Sementara itu, Reza N. Jazaret *al.*, [4] telah menguji persamaan matematika dari gerakan mekanisme *variable caster* yang smart untuk menghitung sudut camber sebagai fungsi parameter mekanisme sus-

pensi dan parameter lain yang relevan, pada kondisi ideal. Hasil simulasi menggunakan ADAMS/Car dan MATLAB/Simulink menunjukkan bahwa pada mekanisme suspensi depan dengan sudut camber yang terkendali, dapat berkontribusi pada kemampuan belok dan bergerak lurus kendaraan [5].

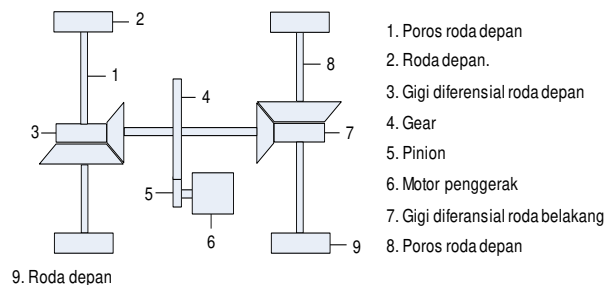
Melengkapi hasil-2 penelitian yang telah dilakukan tersebut, tulisan ini akan menyampaikan hasil penelitian yang berbasis eksperimen mengenai pengaruh sudut caster roda pada kemampuan belok mobil 4 roda. Pengujian dilakukan pada mobil *remote control* (RC) sebagai model mobil 4 roda penggerak (4WD) dan mobil 2 roda penggerak belakang (RWD). Kecepatan dan arah gerak mobil dapat di *throttle* dan di kemudikan dari jarak jauh menggunakan gelombang radio 2.4 Ghz. Pengujian dilakukan di atas lantai berubin keramik rata dan kering dengan variasi kecepatan mobil dan sudut camber roda depan yang berbeda dan sudut camber roda belakang yang tetap. Penelitian dengan perubahan sudut camber roda belakang tidak dilakukan karena roda belakang mobil pada umumnya tidak mengalami perubahan gerak. Sudut camber roda belakang biasanya dibuat tetap sebesar 0° [3].

METODE PENELITIAN

Mobil Model dan Persiapan Pengujian

Mobil model yang digunakan memiliki berat total 1 kg dengan *chassis tipe touring* seri TT 01 D, dan jarak antara sumbu roda depan dan belakang sebesar 257 mm. Keempat roda digerakkan oleh 1 motor servo dengan sistem transmisi daya seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Hubungan dari poros ke roda depan dapat dilepas, sehingga penggerak mobil hanya di roda belakang (RWD).

Keempat roda mobil menggunakan ban dari bahan karet beralur tanpa *inner* dengan bentuk penampang dan elastisitas yang menyerupai ban radial. Dari uji emperik didapat bahwa koefisien gesek statik dan kinetik antara ban dan jalan/lintasan masing-masing adalah: 0,6 dan 0,8. Titik berat mobil tepat ditengah diantara jarak sumbu kedua roda. Untuk mengatur besarnya sudut camber roda depan dapat dilakukan dengan memutar baut pengatur yang terdapat pada mekanisme *turn buckle* seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



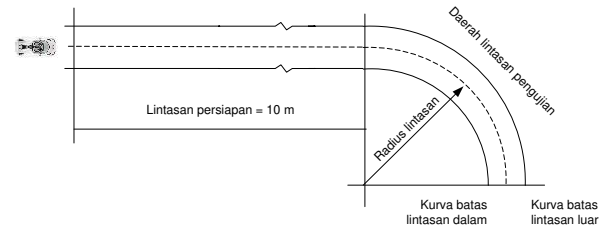
Gambar 1. Sistem Penggerak Mobil Uji



Gambar 2. Mekanisme Turn Buckle

Uji kemampuan belok mobil dilakukan pada lintasan berbelok seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Untuk memberi kesempatan pengemudi mobil agar dapat menstabilkan arah dan kecepatannya, maka sebelum memasuki daerah pengujian atau lintasan yang berbelok disediakan lintasan lurus sejauh 10 m.

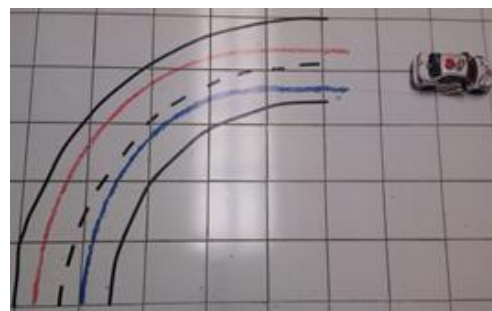
Pada bagian kanan dan kiri mobil dilengkapi spidol yang dapat meninggalkan jejak garis dilantai untuk memonitor pergerakan mobil. Pemasangan spidol di bodi mobil dan contoh garis lintasan mobil dilantai ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 3. Lintasan uji



a) Pemasangan spidol di bodi mobil



b) Jejak mobil berhasil melalui lintasan uji

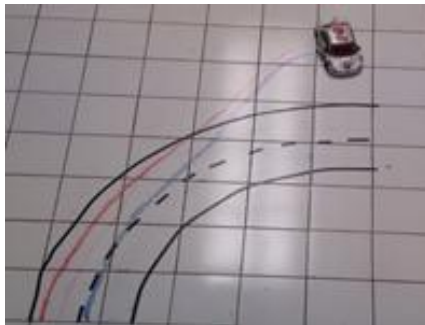
Gambar 4. Pemasangan Spidol dan Jejak Lintasan Mobil

Langkah Pengujian

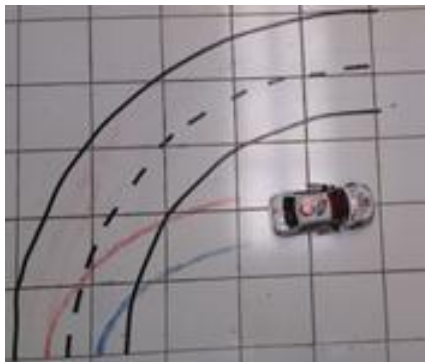
Dalam penelitian ini kemampuan belok mobil dinyatakan dengan radius lintasan terkecil yang dapat dilalui mobil pada kecepatan tetap dimana mobil tidak mengalami *over/under steer* atau mobil keluar dari lintasannya. Dalam hal ini standar lebar lintasan yang digunakan adalah 40 cm atau sekitar 3 x lebar mobil. Pada setiap kecepatan yang ditentukan, pengujian dilakukan secara bertahap dimulai dari pengujian pada lintasan dengan radius yang besar. Bila mobil dapat dikendalikan dengan baik melalui radius tersebut, maka pengujian dilakukan kembali dengan radius lintasan yang lebih kecil, dan diulangi lagi hingga pada radius minimum dimana mobil mulai gagal (*under/over* atau keluar lintasan) melalui lintasan tersebut. Beberapa contoh jejak lintasan mobil yang dianggap tidak berhasil ditunjukkan pada Gambar 5.



a) Kondisi under steering



b) Kondisi over grip



c) Kondisi over steering

Gambar 5. Jejak Mobil Gagal Melalui Lintasan Uji

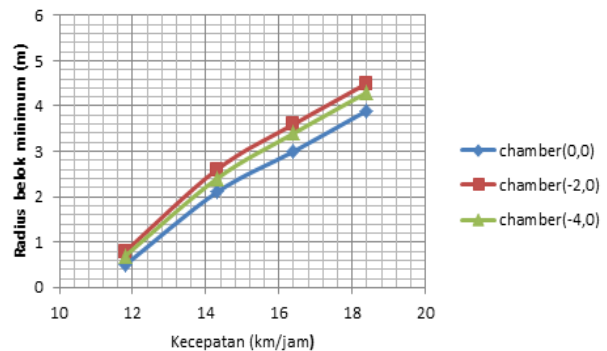
Sebelum pengujian, dilakukan kalibrasi skala *throttle* kecepatan pada *remote* pengontrol kendali mobil untuk menentukan hubungan antara besarnya persen *throttle* dan kecepatan mobil pada lintasan lurus. Dengan keterbatasan ruang lintasan yang ada, maka pengujian dilakukan dengan 4 variasi kecepatan, yaitu 11,8; 14,3; 16,4; dan 18,4 km/jam. Serta variasi sudut camber roda depan sebesar 0° , -2° , dan -4° .

Pengujian dilakukan oleh 1 orang operator atau pengemudi mobil RC yang sudah terampil, sehingga penyimpangan data yang disebabkan oleh faktor manusia diharapkan dapat dieliminir dan seragam. Sebelum melakukan pengujian, pengemudi juga diberi kesempatan selama 1 jam untuk mencoba dan berlatih mengendalikan mobil pada lintasan yang sudah disiapkan. Pada Setiap variasi pengujian akan diulang sebanyak 10 kali. Mobil dinyatakan berhasil atau mempunyai kemampuan belok pada lintasan dengan radius tertentu bila dari 10 pengujian tersebut hanya terjadi kegagalan tidak lebih dari atau sama dengan 3 kali. Pengujian yang sama juga dilakukan untuk mobil RWD

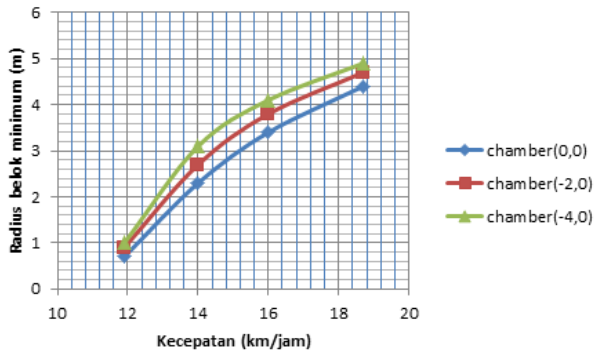
HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengujian untuk mobil dengan 4 roda penggerak ditunjukkan pada Gambar 6. Pada setiap pengaturan sudut camber (0 , -2 dan -4), antara kecepatan dan radius belok minimum yang dapat dilalui mobil dengan baik menunjukkan hubungan yang tidak linear. Awal pengujian, menunjukkan bahwa pada umumnya dinamika mobil dapat dikendalikan dengan baik pada radius lintasan yang besar. Pada pengujian selanjutnya mobil mulai gagal dikendalikan pada radius lintasan tertentu, yaitu radius minimum yang dapat dilalui mobil dengan baik. Batas radius minimum dari lintasan yang dapat dilalui ini dinyatakan sebagai kemampuan belok mobil tersebut.

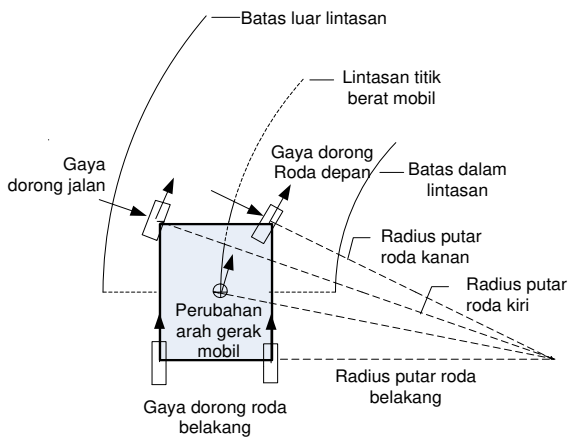
Kurva pada Gambar 6, menunjukan bahwa kemampuan belok mobil dipengaruhi oleh kecepatan dan pengaturan sudut camber.



Gambar 6. Kurva Hubungan antara Kecepatan dan Kemampuan Belok Mobil 4WD



Gambar 7. Kurva Hubungan antara Kecepatan dan Kemampuan Belok Mobil RWD



Gambar 8. Diagram Gaya pada Mobil

Namun demikian, besarnya perubahan kecepatan tidak sebanding dengan perubahan kemampuan beloknya. Karakter yang sama juga terjadi pada mobil jenis RWD. Kurva hubungan antara kecepatan dan radius belok minimum dari data hasil pengujian untuk mobil RWD ditunjukkan pada Gambar 7.

Ketika memasuki lintasan yang melengkung (roda dibelokkan) maka mobil mendapat gaya kesamping dari jalan sehingga mobil mengalami perubahan arah gerak. Perubahan ini akan mendapat gaya lawan dari inersia mobil yang searah dengan arah gerak mobil semula. Gaya-gaya yang terjadi ketika mobil memasuki lintasan yang melengkung ditunjukkan pada Gambar 8. Gaya kesamping bekerja pada roda yang dibelokkan ke arah pusat lintasan sedang gaya inersia bekerja di titik berat mobil dan berpotensi mendorong mobil keluar dari lintasannya.

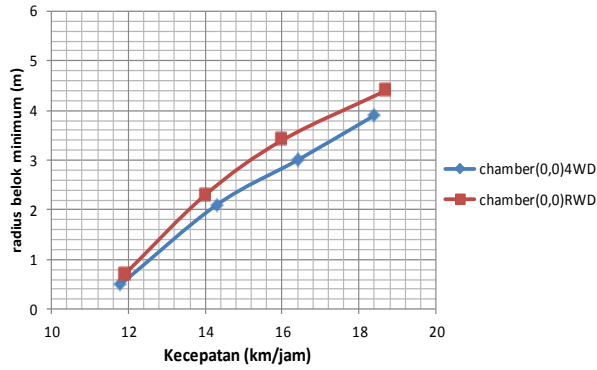
Selain gaya kesamping di roda juga bekerja gaya dorong yang searah dengan gerak roda. Untuk mobil 4WD, gaya ini bekerja di keempat roda seperti nampak pada Gambar 8. Untuk mobil RWD, maka gaya dorong tersebut hanya bekerja di roda belakang.

Dalam pengujian ini, mobil masuk dilintasan yang melengkung dengan kecepatan tetap, sehingga selama pengujian tidak ada perubahan gaya dorong

pada roda mobil. Sedang gaya dorong jalan kesamping merupakan gaya reaksi yang besarnya tergantung dari kecepatan mobil dan arah atau sudut belok roda. Gaya dorong jalan kesamping makin besar bila sudut belok roda dan kecepatan mobil pada saat dibelokkan makin tinggi. Namun, besar gaya dorong kesamping maksimum yang dapat diberikan ditentukan oleh besarnya gaya normal yang bekerja di roda depan dan koefisien gesak antara ban dan permukaan jalan. Gaya dorong roda kesamping ini menyebabkan mobil berbelok atau berubah arah, tetapi gaya ini juga berpotensi membuat mobil mengalami over steering. Bila dalam pengujian ini dilakukan pada kecepatan tetap, maka gaya inersia yang timbul merupakan reaksi dari perubahan arah kendaraan saja. Gaya ini makin besar dengan tingkat perubahan arah gerak mobil yang makin besar. Gaya ini berpotensi membawa mobil keluar melampaui lintasan luar yang ditetapkan. Pada prinsipnya dinamika mobil dapat terkendali dan mobil akan tetap dapat berada dilintasannya bila ada keseimbangan gaya-gaya tersebut. Pada kecepatan yang makin tinggi maka perubahan arah gerak mobil di lintasan uji juga semakin tinggi. Hal ini mengakibatkan gaya inersia yang ditimbulkan karena perubahan tersebut juga semakin besar. Sementara, besarnya gaya dorong roda kesamping terbatas dengan koefisien gesak dan gaya normal yang bekerja di roda depan. Oleh karena itu pada Gambar 6 dan 7 menunjukkan bahwa untuk kecepatan mobil yang makin besar, maka mobil dapat dikendalikan dengan baik pada radius lintasan yang makin besar pula, atau dengan kata lain kemampuan belok mobil menurun dengan makin tingginya kecepatan mobil.

Gambar 6 dan 7 menunjukkan bahwa dengan camber negatif kemampuan belok mobil justru lebih rendah dari kondisi normal (camber 0°). Hal ini disebabkan karena dengan camber negatif maka konfigurasi roda terhadap mobil melebar, sehingga stabilitas mobil pada arah gerak lurus dan tahanan terhadap efek guling yang meningkat tetapi mobil menjadi lebih sulit dibelokkan. Untuk mobil 4WD, Gambar 6 perubahan camber dari -2° menjadi -4° tidak cukup signifikan karena roda depan (kemudi) juga berfungsi sebagai gaya dorong yang arahnya sesuai dengan arah gerak mobil.

Perbandingan kemampuan belok mobil RWD dan 4WD pada camber 0° ditunjukkan pada Gambar 8. Pada setiap tingkat kecepatan uji kemampuan belok mobil 4WD lebih baik dari mobil RWD. Untuk mobil RWD (Gambar 8), gaya dorong mobil bekerja terpusat hanya di roda belakang. Gaya ini cukup besar dan berpotensi mendorong mobil keluar dari lintasannya. Sedang pada mobil 4WD, dorong roda terdistribusi ke semua (4) rodanya. Gaya dorong roda belakang yang berpotensi mendorong mobil keluar dari lintasan tidak besar sementara gaya dorong yang bekerja di roda kemudi bahkan dapat menarik dan mengarahkan mobil pada lintasannya.



Gambar 9. Kurva Kemampuan Belok Mobil RWD & 4WD dengan Camber 0°

KESIMPULAN

Sudut camber roda depan yang negatif dapat berdampak menurunkan kemampuan belok mobil baik jenis 4WD maupun RWD. Namun demikian, mobil 4WD menunjukkan kemampuan belok yang lebih baik dari mobil RWD. Kemampuan belok mobil terbaik dicapai jika sudut camber roda depan diset sebesar 0°

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arif Arianto, Kendaraan Bermotor di Indonesia Terbanyak di ASEAN, *TEMPO.CO*, Jakarta Jum'at, 19 Agustus 2011 | 12:43 WIB.
- [2] Tateishi, Y., Yoshimori, K., Koide, M., and Yamada, K., *The Effects of the Tire Camber Angle on Vehicle Controllability and Stability*, SAE Technical Paper 860245, 1986.
- [3] Reza N. Nazar, *Vehicle Dynamics: Theory and Application*, Springer Link.
- [4] Seong-Jun Park and Jeong-Hyun Sohn, Effects of camber angle control of front suspension on vehicle dynamic behaviors, *Journal of Mechanical Science and Technology*, Vol. 26, Issue 2, pp, 307-313, 2012.
- [5] Reza N. Jazar, Aleksandar Subic, and Nong Zhang, Kinematics of a smart variable caster mechanism for a vehicle steerable wheel, *Vehicle System Dynamics: International Journal of Vehicle Mechanics and Mobility*, Vol. 50, Issue 12, pp. 1861-1875, 2012.