

Analisa *dynamics of handling* kendaraan *reverse trike* ditinjau dari pergeseran *centre of gravity* (cg)

Bhanu Putra Bumi¹, Wibowo², R. Lulus Lambang G Hidayat²

¹Program Sarjana Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta tlp. 0271632163

²Staff Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta tlp. 0271632163
Email korespondensi: wibowo_uns@yahoo.com

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan perilaku dinamika handling kendaraan Reverse Trike berdasarkan pengujian dan analisa perhitungan menggunakan prinsip hukum pertama Newton. Reverse Trike memiliki panjang Wheelbase (L) 1,14 m, lebar Trackwidth (t_f) 0,81 m, jarak suspensi roda depan (b_f), dan Ground Clearance 0,11 m. Pengujian dimulai dari penimbangan kendaraan untuk mendapatkan berat rata-rata roda depan (W_f), berat roda belakang (W_r), dan berat total kendaraan (W_t). Kemudian dilakukan pengujian manuever U-Turn dengan variasi kecepatan dari 20 km/jam sampai 50 km/jam. Analisis perhitungan dilakukan dengan mempertimbangkan Transfer Load yang terjadi pada kendaraan yang sedang melakukan manuever. Pengereman mengakibatkan adanya momen rolling, gaya sentrifugal karena manuever kendaraan mengakibatkan adanya momen pitching, dan percepatan kendaraan mengakibatkan adanya gaya hambat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain kendaraan Reverse Trike mengalami perilaku Oversteer pada saat melakukan gerak manuever. Hal ini ditunjukkan dengan nilai Index Understeer (K_{us}). Rata-rata nilai K_{us} pada kecepatan 20 km/jam sebesar -4,33. Pada kecepatan 30 km/jam sebesar -2,68. Pada kecepatan 40 km/jam sebesar -2,04. Dan pada kecepatan 50 km/jam sebesar -1,58.

Kata kunci: reverse trike, model handling, sudut slip, beban transfer, center of gravity dinamis.

Abstract

The purpose of this research is to get the dynamics behavior of the Reverse Trike vehicle handling based on testing and calculation analysis using Newton's first law principle. Reverse Trike has a length of Wheelbase (L) 1.14 m, Trackwidth width (t_f) 0.81 m, front wheel suspension (b_f), and Ground Clearance 0.11 m. Testing starts from vehicle weighing to get the average weight of the front wheel (W_f), rear wheel weight (W_r), and total vehicle weight (W_t). Then do U-Turn manuever testing with variations in speed from 20 km / h to 50 km / hour. Calculation analysis is done by considering the Load Transfer that occurs on the vehicle that is doing the manuever. Braking results in rolling moments, centrifugal force due to vehicle manuever resulting in pitching moments, and vehicle acceleration results in a drag force. The results showed that Reverse Trike vehicle design experienced Oversteer behavior when performing manuever motion. This is indicated by the value of Index Understeer (K_{us}). The average value of K_{us} at 20 km/h speed is -4.33. At 30 km/h speed is -2.68. At 40 km/h speed is -2.04. And at 50 km/h speed is -1.58.

Keywords: reverse trike, handling model, slip angle, transfer load, dynamic center of gravity.

1. Pendahuluan

Kendaraan transportasi saat ini telah banyak dikembangkan menurut jenis dan fungsinya. Beberapa perusahaan ternama seperti BMW, Volkswagen, Peugeot, maupun Mazda Automobile telah mengembangkan dan memasarkan banyak varian kendaraan roda tiga. [5]

Kelebihan Reverse Trike dibandingkan dengan Delta Configuration adalah:

- (a) Desain Reverse Trike menyerupai tetesan air (Teardrop), lebar dan distribusi beban menumpu pada bodi depan kendaraan. Kondisi ini memudahkan aliran aerodinamik mengalir melewati bodi kendaraan

- (b) Posisi CG pada Reverse Trike terletak lebih depan daripada Delta, sehingga Reverse Trike memiliki traction, turning, dan braking yang lebih stabil. [5] [14]

Salah satu faktor yang diperhitungkan oleh insinyur otomotif dalam mendesain sebuah kendaraan adalah handling. Handling merupakan respon kendaraan yang terjadi akibat adanya variabel masukan dari pengemudi seperti pengereman, percepatan, dan steering. Handling merupakan komponen utama dari keamanan sebuah kendaraan. Handling kendaraan meliputi keseimbangan kendaraan ketika melakukan manuever serta pada waktu bergerak pada jalan yang lurus. Terdapat hal-hal dasar dalam handling

kendaraan salah satunya adalah faktor stabilitas kendaraan. [13]

Pada saat kendaraan berbelok, umumnya akan terjadi sudut slip pada masing-masing roda sehingga arah gerakan roda tersebut berubah. Makin besar sudut slip yang terjadi makin besar pula pengaruhnya terhadap arah gerak kendaraan. Jika arah gerak kendaraan lebih banyak dipengaruhi oleh sudut slip pada roda dibanding oleh arah kemudi maka dikatakan kendaraan tidak stabil atau kendaraan sulit dikendalikan. Adanya gaya sentrifugal yang terjadi pada kendaraan saat belok mengakibatkan terbentuknya sudut slip *Angle Body* sebesar β . Jadi pada permasalahan kinematika kendaraan berbelok terdapat parameter yang harus ditentukan berdasarkan letak *Centre of Gravity* (CG) dan panjang *Wheelbase* yang berbeda. [8]

Perilaku gerakan belok kendaraan akan dilihat pada kondisi dimana sudut slip pada ban dianggap tidak ada dan juga pada kondisi dimana pengaruh sudut slip pada ban cukup dominan. Dengan melihat kondisi tersebut maka jenis perilaku gerakan belok kendaraan meliputi perilaku ideal, *Neutralsteer*, *Understeer*, dan *Oversteer*. [12] [13]

Pada *Ackerman's Rule*, disebutkan bahwa besarnya sudut belok roda depan ideal dipengaruhi oleh dimensi panjang *Wheelbase*, radius belok, dan sudut slip rata-rata yang dikenakan padanya menurut formulasi yang telah dirumuskan. Besarnya sudut slip rata-rata roda yang terjadi pada kendaraan tersebut merupakan dominasi fungsi dari kecepatan kendaraan, kontak ban (tekanan ban), serta kondisi permukaan jalan. [12]

Gerakan belok adalah gerakan kritis yang terjadi pada sebuah kendaraan. Dan persoalan untuk memecahkan kasus dinamika kendaraan menggunakan **Metode Kalkulasi Quasi Dinamik**. Analisa dimulai dengan asumsi posisi *Centre of Gravity* (CG) dianggap diam. Gaya-gaya yang mempengaruhi pergeseran letak *Centre of Gravity* (CG) seperti gaya *Aerodynamic*, gaya sentrifugal, gaya dorong, serta gaya hambat digunakan sebagai acuan dalam perhitungan. Metode ini membuat kendaraan bergerak dinamis dianalisa dalam kondisi statis. [13]

Pengujian pada kendaraan roda tiga tipe poros penggerak kendaraan jenis *Rear Wheeldrive*. Kendaraan berbelok diuji pada kecepatan (V) yang berbeda dengan variasi sudut belok rata-rata (δ_f) yang berbeda. Hasil Pengujian ditampilkan sebagai 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, $\delta_f = 0.05 \times V^2 - 4.5 \times V + 115$. Ini mengandung arti bahwa sudut belok kendaraan tergantung dengan input kecepatan yang diberikan.

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*. [11]

Penelitian selanjutnya mengetahui pengaruh panjang *wheelbase* terhadap stabilitas gerakan belok pada beberapa jenis kendaraan. Penelitian ini menunjukkan semakin meningkat sudut slip rata-rata roda depan semakin kecil sudut *side* slip, artinya model kendaraan justru dapat mengurangi kejadian terjadinya kondisi *oversteering* pada kendaraan. Sebaliknya peningkatan sudut slip rata-rata roda belakang menyebabkan sudut *side* slip menurun artinya cenderung *smooth* ketika membelok. [7]

Persamaan gerak *Three-Wheeled Tilting Vehicle* merupakan gabungan dari mobil dan sepeda motor. Perbedaan dinamika yang pokok antara *Three-Wheeled Tilting Vehicle* dan sepeda motor atau mobil terdapat pada komponen kemudi *Non-Tilting*. Ini ditunjukkan oleh roda belakang yang harus bergerak lebih dulu (pada sudut tertentu) untuk mencapai dinamika kemudi netral. [1]

Metode uji *U-Turn* dilakukan pada kendaraan sepeda motor untuk mengkonfirmasi keselamatan pada saat kendaraan berbelok dengan membentuk huruf U dijalan datar dengan lebar jari-jari lintasan 2 kali panjang kendaraan motor uji, tanpa menginjakkan kaki ke lapangan dan pandangan tertuju kearah yang dituju. [10] [3]

Penelitian dilakukan dengan pengujian *U-Turn* serta perhitungan slip pada roda akibat pengaruh variabel masukan sudut *Steer* (δ_f) pada kecepatan tertentu untuk mengetahui karakteristik slip kendaraan. Perilaku dinamika *handling* kendaraan roda tiga ini dapat digunakan sebagai referensi untuk mendesain sebuah rangka. Hasil analisa tersebut dapat dijadikan parameter untuk analisa lanjutan *handling* kendaraan roda tiga pada penelitian selanjutnya.

2. Metode

Pada penelitian ini dilakukan dalam 2 tahap. Tahap awal dari analisa ini dilakukan penentuan tipe *handling* kendaraan dengan menggunakan persamaan *Index Understeer*.

Dengan mempertimbangkan *Transfer Load* yang terjadi pada masing-masing roda serta gaya yang mempengaruhi pergeseran *Centre of Gravity* seperti gaya aerodinamik, gaya sentrifugal, gaya dorong, serta gaya hambat *rolling*. Kemudian dilakukan pengujian menggunakan metode uji *U-Turn* sebagai pembahasan lebih lanjut.

3. Hasil dan Pembahasan

Analisa belok kendaraan dilakukan untuk mengetahui perilaku belok dari kendaraan. Sebelum dilakukan analisa belok, kendaraan ditimbang untuk mendapatkan berat total kendaraan.



Gambar 1. Penimbangan kendaraan

Dengan menggunakan persamaan kesetimbangan [15]. Dari hasil penimbangan kendaraan, didapatkan berat rata-rata pada poros roda depan (W_f) sebesar 90 kg dan berat pada poros roda belakang (W_r) sebesar 80 kg. Sehingga berat total kendaraan adalah 170 kg. jarak dari CG ke sumbu roda depan.

$$a = \frac{(1.14) \times 83}{83+90} = 0.54 \text{ m} \quad (1)$$

$$\text{Jarak dari CG ke sumbu roda belakang} \\ b = L - a = 1.14 - 0.54 = 0.6 \text{ m} \quad (2)$$

$$\text{Jarak dari CG ke permukaan tanah} \\ h_{r1} = \frac{83(1.14) - 173 \times (1.14 - 0.6)}{170 \tan 0.27} = -0.17 \text{ m} \quad (3)$$

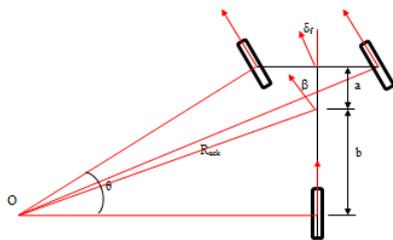
$$h_{r2} = \frac{93(1.14) - 173 \times (1.14 - 0.6)}{170 \tan 0.45} = 0.04 \text{ m} \quad (4)$$

$$h_r = \frac{-0.17 + 0.04}{2} = -0.13 \text{ m} \quad (5)$$

$$h = -0.13 \text{ m} + 0.44 \text{ m} = 0.37 \text{ m} \quad (6)$$

Perhitungan radius ackerman (R_{ACK})

Dalam menghindari kompleksitas, maka kendaraan dianggap *Rigid Body*. [2]



Gambar 2. Kinematika kendaraan

Radius ackerman merupakan *free body* ideal kendaraan yang digunakan sebagai acuan dalam analisa.

$$R_{ack} = \frac{0.54 + 0.6}{10} \times 57,29 = 6.53 \text{ m} \quad (7)$$

$$\beta = \sin^{-1} \left(\frac{0.6}{6.53} \right) = 0.092 \text{ rad} = 5.272^\circ \quad (8)$$

Perhitungan gaya dan momen

Pada saat berbelok akibat gaya kesamping pada kendaraan, maka akan terjadi kemungkinan kendaraan mengalami slip pada masing-masing roda. Gaya kesamping ini disebut gaya sentrifugal.

$$F_c = 173 \text{ kg} \frac{11.111 \text{ m}^2}{6.53 \text{ m}} = 3270.69 \text{ N} \quad (9)$$

Gaya yang melawan gaya dorong akibat percepatan adalah gaya hambat angin

$$F_d = \frac{1}{2} \times 0.4 \times 1.293 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 11.111^2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 1.4 \text{ m}^2 = 44.69 \text{ N} \quad (10)$$

Momen yang diakibatkan oleh gaya sentrifugal adalah momen *rolling*, serta momen yang diakibatkan oleh gaya hambat angin adalah momen *pitching* [9]

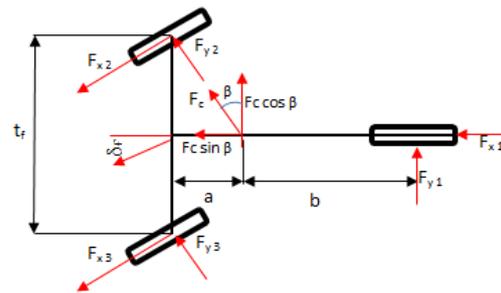
$$M_r = F_c \cos \beta \times r_c + W \times r_c \times \gamma \quad (11)$$

$$M_p = (F_c \cos \beta - F_d) \times r_c + W \times r_c \times \psi \quad (12)$$

Sudut *rolling* maupun *pitching* memiliki nilai yang sangat kecil, dikarenakan pergeseran CG yang kecil. Tahap selanjutnya menentukan gaya-gaya yang terdistribusi pada masing-masing roda.

Perhitungan gaya pada roda

Untuk menentukan gaya pada masing-masing roda, meliputi gaya normal (F_z), gaya lateral (F_y) dan gaya longitudinal (F_x). Perhitungan dilakukan menggunakan prinsip momen dengan mengacu pada gambar *free body* dibawah ini.



Gambar 3. *Free body* pandangan atas

Perhitungan sudut slip pada roda

Sudut slip pada roda dapat diketahui dengan persamaan berikut [6] [13] [4]

$$\alpha_{bb} = \frac{C_{bp}}{C_{bs}} \times \frac{C_{bx}}{C_{bo}} \times [0.052817(F_y)^{0.90635} - 0.004633(F_z)] \quad (13)$$

Dimana

α_{bb} = sudut slip ban bias baru

$$C_{bb} = 0.003650(F_y)^{1.194080} \quad (14)$$

$$C_{bg} = 0.003085(F_y)^{1.199158} \quad (15)$$

$$C_{bp} = 24.6 + 4.32(P) - 0.0674(P)^2 \quad (16)$$

$$C_{bs} = 24.6 + 4.32(Ps) - 0.0674(Ps)^2 \quad (17)$$

P = Tekanan ban (Psi)

Ps = Tekanan standar 25 Psi

$$C_{bx} = \left[\frac{F_y + 0.125403(F_x)}{109.5567} \right]^{0.58677} \quad (18)$$

$$C_{bo} = \left[\frac{F_y}{109.5567} \right]^{0.58677} \quad (19)$$

Perhitungan index understeer (k_{us})

Sebelum menentukan *Index Understeer* perlu ditentukan radius belok nyata berikut:

$$R_n = \frac{0.54 m + 0.6 m}{10^\circ + 10.51^\circ - 4.51^\circ} \times 57.29 \quad (20)$$

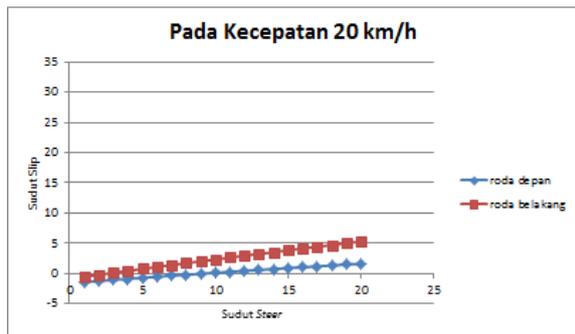
$$= 4.08 m$$

Index Understeer dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

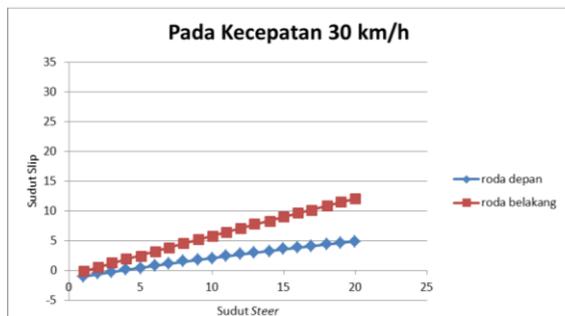
$$K_{us} = (4.51 - 10.51) \frac{9.81 m/s^2 \times 4.08 m}{11.111^2} \quad (21)$$

$$= -1.95$$

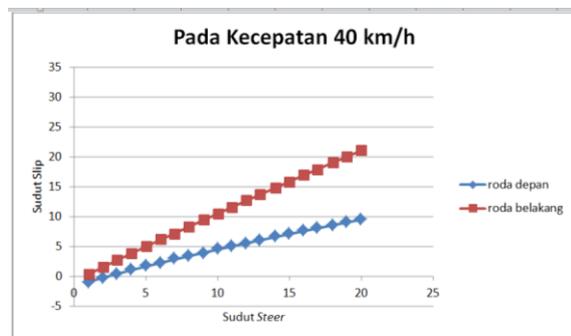
Dari hasil perhitungan nilai K_{us} bernilai negatif (-), maka kendaraan berada dalam kondisi *Oversteer*. Dari urutan analisa dengan menggunakan persamaan matematis diatas maka didapatkan grafik yang dapat menunjukkan kecenderungan perilaku *handling* kendaraan *Reverse Trike*.



Gambar 4. Grafik sudut belok terhadap sudut slip pada kecepatan 20 km/jam



Gambar 5. Grafik sudut belok terhadap sudut slip pada kecepatan 30 km/jam



Gambar 6. Grafik sudut belok terhadap sudut slip pada kecepatan 40 km/jam



Gambar 7. Grafik sudut belok terhadap sudut slip pada kecepatan 50 km/jam

Grafik diatas memberikan gambaran bahwa semakin besar sudut *steer* (δf) yang diberikan oleh pengemudi berpengaruh terhadap semakin besar pula sudut slip (α) yang dialami oleh setiap roda. Hal ini disebabkan karena radius belok (R_n) yang semakin kecil, sesuai dengan rumus

$$R_n = \frac{a+b}{\delta_f + a_r - a_f} \quad (22)$$

Bahwa hubungan antara radius belok nyata (R_n) dengan sudut *Steer* (δf) berbanding terbalik. Semakin kecil radius belok nyata (R_n), maka semakin besar sudut slip (α) yang terjadi. Serta semakin kecil radius belok kendaraan (R_n) maka gaya sentrifugal (F_c) yang dialami oleh kendaraan akan semakin besar. Gaya sentrifugal (F_c) mengakibatkan momen *Pitching* yang menyebabkan perpindahan beban terhadap gaya normal pada ban.

Arah gaya sentrifugal ini searah dengan sumbu x dan kemudian disebut gaya longitudinal. Gaya longitudinal mempengaruhi defleksi pada ban, dan defleksi ini merupakan hambatan *Rolling* dari ban. Sehingga, gaya sentrifugal (F_c) yang besar dapat mengakibatkan *Transfer Load* arah lateral maupun longitudinal.

Pada kecepatan 20 km/jam, pada grafik antara sudut slip dan sudut *Steer* menunjukkan kenaikan gradien garis yang perlahan-lahan naik. Hal ini menunjukkan bahwa walaupun kendaraan mendapatkan reaksi slip pada roda, tetapi kendaraan tersebut masih dapat dikendalikan oleh pengemudi. Pada kecepatan 30 km/jam, sesuai dengan praktiknya. Kendaraan mulai susah untuk dibelokkan. Terdapat gaya kesamping yang besar melawan beloknya kendaraan.

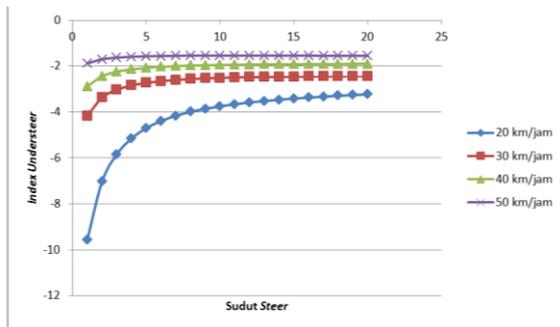
Pada saat kendaraan melaju dengan kecepatan tertentu, terdapat gaya lateral berupa gaya sentrifugal yang dialami oleh ban. Sehingga, nilai negatif pada sudut slip dapat dikatakan bahwa kendaraan mudah dikendalikan. Seperti pada rumus dibawah ini

$$F_c = m \frac{v^2}{R_{ack}} \quad (23)$$

Sebagaimana sesuai dengan rumus diatas bahwa kecepatan berbanding lurus dengan gaya sentrifugal

(F_c). Semakin besar kecepatan (V), maka *Transfer Load* yang terjadi semakin besar.

Pada kecepatan 40 km/jam maupun 50 km/jam, perilaku kendaraan sudah mengalami slip yang besar pada masing-masing roda. Hal ini menunjukkan sebuah kondisi yang harus dihindari, karena *Transfer Load* yang dibebankan pada setiap roda dari arah lateral maupun longitudinal terlalu besar. Bila kondisi ini tetap dipertahankan maka akan timbul perilaku *Confusing Phenomena*.

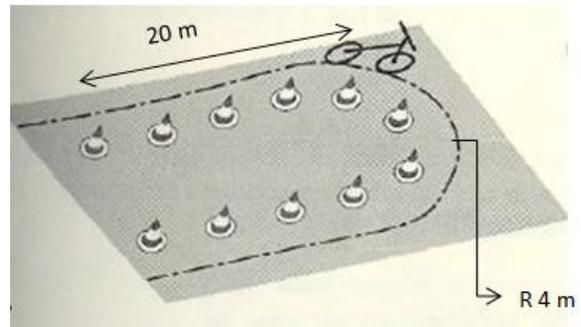


Gambar 8. Grafik hubungan antara sudut *steer* dengan *Index Understeer*

Pada grafik diatas menunjukkan hubungan antara sudut *Steer* dengan *Index Understeer*. *Index Understeer* (K_{us}) dapat diartikan sebagai besaran yang digunakan untuk mengidentifikasi perilaku arah gerak dari kendaraan yang mengalami gerakan belok dengan kecepatan tertentu. Pada grafik kecepatan 20 km/jam kendaraan cenderung mengalami *Oversteer* sampai pada sudut *Steer* 8°. Pada sudut *Steer* 9° sampai 20°, kendaraan cenderung mengalami *Constant Oversteer*. Namun nilai K_{us} pada kondisi *Oversteer* ini terlampau besar, tetapi pada kecepatan rendah kendaraan dapat dikendalikan oleh pengemudi, sehingga kendaraan masih dalam kendali pengemudi. Pada grafik kecepatan 40 km/jam dan 50 km/jam gradient garis berangsur-angsur mengalami kenaikan yang signifikan. Dibandingkan dengan kondisi pada kecepatan 50 km/jam, pada kecepatan 20 km/jam lebih *Oversteer*. hal ini menimbulkan perilaku kendaraan *Oversteer* yang berangsur-angsur berubah menjadi *Understeer*.

Pengujian

Setelah didapatkan hasil yang menunjukkan kendaraan cenderung berperilaku *Oversteer*, maka dapat dibandingkan dengan pengujian. Metode pengujian yang dilakukan menggunakan metode uji *U-Turn*. Berikut lintasan uji yang digunakan.



Gambar 9. Lintasan uji

Alat uji yang digunakan berupa model kendaraan uji, *GPS Speedometer*, *Video Recorder*, *Cone* pembatas jalan, perlengkapan *Safety Riding*, serta lintasan uji.

Pengujian dimulai dengan mempersiapkan lintasan uji seperti pada gambar diatas. Pengemudi menggunakan perlengkapan *Safety Riding* dan kemudian kendaraan diuji jalan melalui lintasan dengan variasi kecepatan dari 20 km/jam sampai 50 km/jam. Setiap uji direkam dengan *Video Recorder* yang digunakan sebagai pengambilan data. Posisi *maneuver* kendaraan dilakukan pada saat *Speedometer* menunjukkan angka kecepatan yang diinginkan. Ketika kendaraan menunjukkan slip, pengujian dihentikan.

Dari hasil pengujian dapat ditampilkan dalam tabel berikut:

Tabel 1. Data hasil pengujian

No.	Kecepatan	Sudut <i>Steer</i>	Keterangan
1	20 km/jam	0°	Good
		5°	Good
		10°	Slip
		15°	Slip
		20°	Slip
2	30 km/jam	0°	Good
		5°	Good
		7°	Slip
		15°	Slip
		20°	Slip
3	40 km/jam	0°	Good
		5°	Slip
		10°	Slip
		15°	Slip
		20°	Slip
4	50 km/jam	0°	Good
		4°	Slip
		10°	Slip
		15°	Slip
		20°	Slip

Pada tabel diatas menunjukkan fenomena pada kendaraan *Reverse Trike* melewati lintasan *U-Turn*. Keadaan dimana kendaraan menyelesaikan lintasan dengan kecepatan tertentu disebut “*Good*”. Sedangkan, keadaan dimana kendaraan mengalami perilaku *Oversteer* dikatakan “slip”.

4. Kesimpulan

Kendaraan *Reverse Trike* ini memiliki *Trackwidth* 0.81 m dan panjang *Wheelbase* 1.14 m.

Pengujian kendaraan *Reverse Trike* ini menggunakan metode uji *U-Turn*. Hasil perhitungan diperoleh pada kecepatan 20 km/jam kendaraan mengalami slip pada sudut *Steer* 10°, pada kecepatan 30 km/jam kendaraan mengalami slip pada sudut *Steer* 7°, pada kecepatan 40 km/jam maupun 50 km/jam kendaraan mengalami kondisi *Oversteer*

Dalam pengujian kendaraan *Reverse Trike* ini memiliki kesulitan dalam *handling*. Hal ini dikarenakan kendaraan tersebut cenderung bersifat *Oversteer*.

Pada grafik *Index Understeer* (K_{us}) menunjukkan semakin tinggi kecepatan kendaraan, maka K_{us} akan menunjukkan nilai *Index* yang semakin besar. Bila kecepatan mengakibatkan pergeseran posisi *Centre of Gravity* (CG) kebelakang, maka pergeseran posisi *Center Of Gravity* (CG) kearah belakang menyebabkan kendaraan cenderung berperilaku *Understeer*. Sebaliknya pergeseran posisi *Center Of Gravity* (CG) kearah depan menyebabkan kendaraan cenderung berperilaku *Oversteer*.

Kondisi *Oversteer* relatif susah untuk dikendalikan, karena radius belok nyata yang cukup pendek membuat kendaraan cenderung melakukan gerakan *yawing* dan kemudian *rolling*.

Besarnya Sudut slip pada ban dipengaruhi oleh banyak faktor, diantaranya: konstruksi ban (K), gaya lateral (F_y), gaya normal (F_z), tekanan ban (P), keausan ban (A), dan gaya longitudinal pada ban (F_x).

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai oleh skema Hibah Fundamental, Universitas Sebelas Maret.

Daftar Pustaka

- [1] Berote, Johan., 2010, *Dynamics and Control of a Tilting Three-Wheeled Vehicle*, Department of Mechanical Engineering, University of Bath. United Kingdom.
- [2] Cossalter, Vittore., 2006, *Motorcycle Dynamic 2nd Edition*, Lulu. Modena : University of Padua.
- [3] Cossalter, V., Doria, A., 2004, *Analysis Of Motorcycle Slalom Maneuvers Using The Mozzi Axis Concept*, Taylor & Francis. Modena: University of Padua.

- [4] Erbiansyah, A., Sutantra, I Nyoman., *Rancang Bangun Struktur Rangka Kendaraan Hybrid Roda Tiga*, Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- [5] George, Patrick E.. "How Three-wheel Cars Work" 04 March 2009. HowStuffWorks.com.
- [6] <http://auto.howstuffworks.com/three-wheel-car.htm> 13 January 2015.
- [7] Gillespie, D Thomas., *Fundamentals of Vehicle Dynamics*, Society of Automotive Engineers,inc.
- [8] Hardianto, Ian., 2009., Simulasi Panjang Wheelbase Berbagai Kendaraan 2ws Sebagai Pembanding Performa Stabilitas Gerakan Belok Dengan Metode Quasi Dinamik, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Kristen Petra. Surabaya.
- [9] Junoadji, Ninuk., Siahaan, Ian., 2008, Analisa Kinematika Gerakan Belok Akibat Pengaruh Dynamic Centre Of Gravity (Cog) Dan Panjang Wheelbase (L) Menentukan Sudut Side Slip (B) Dan Hubungannya Terhadap Stabilitas Kendaraan, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Kristen Petra. Surabaya.
- [10] Kurnanto, Hargo. 2014. *Laporan Proyek Akhir Sistem Suspensi Reverse Trike Kendaraan Roda Tiga*, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- [11] Pradopo, Timur. 2012. Peraturan Mengemudi Kepala Kepolisian Negara Republik Indonesia nomor 9 tahun 2012 Tentang Keselamatan Mengemudi. Kepala Kepolisian Negara Indonesia, Jakarta Pusat.
- [12] Siahaan, Ian., Anggono, Wilyanto., 2008, *Penentuan Region Skid-Non Skid (2ws) Type Model Kendaraan Rear Wheel Drive (Rwd)*, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Kristen Petra. Surabaya.
- [13] Sutantra, I Nyoman., 1996, *Analisa Desain dan Stabilitas Kendaraan*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- [14] Sutantra, I Nyoman., 2001, *Teknologi Otomotif, Teori dan Aplikasinya*, Guna Widya. Surabaya.
- [15] Thomas, Henry., 2007. *Tadpole or Delta*. <http://www.jetrike.com/tadpole-or-delta.html> diakses pada 19 Januari 2015
- [16] Wong J.Y., 1978, *Theory of Ground Vehicles*, John Wiley and Sons. New York.