

PEMODELAN DAN SIMULASI STABILITAS SISTEM KEMUDI SEPEDA MOTOR RODA TIGA UNTUK PENYANDANG DISABILITAS

Adi Nurrahman ^{*)}, Yohanes Dewanto ^{**)}, Eka Maulana ^{***)}

Program Studi Magister Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta ^{*)***)****)}

Email: adinurrahman1982@gmail.com, dewantoyohanes@gmail.com, ekamaulana1212@gmail.com

ABSTRAK

Pada penelitian ini diuraikan tahapan pembuatan model matematis pada sistem kemudi sepeda motor roda tiga, ditentukan rumus rumus yang berlaku dan diterapkan dalam simulasi untuk mengetahui unjuk kerja dari sistem kemudi kendaraan sepeda motor roda tiga.

Tujuan pembuatan model matematis ini untuk mengemudikan kendaraan roda tiga dengan lebih stabil sehingga nyaman dan aman. Metode ini mengubah bentuk nyata ke dalam pemodelan matematis yang terdiri dari massa benda, gerak rotasi dan gerak translasi. dilanjutkan dengan membuat rumus rumus yang akan digunakan dalam simulasinya.

Pembuatan simulasi dari model kendaraan roda tiga tersebut, menggunakan perangkat lunak *matlab* dalam bentuk GUI. Simulasi ini, akan dianalisis untuk mendapatkan unjuk kerja yang lebih baik sehingga dapat digunakan sebagai salah satu alat bantu penyandang disabilitas.

Kata kunci: pemodelan, roda tiga, analisis, simulasi

ABSTRACT

This research describes the stages of making a mathematical model of the three-wheeled-motorcycle steering system, specifies the applicable formula, and applies the formula in a simulation to know the performance of the three-wheeled-motorcycle's steering vehicle system.

The purpose of making this mathematical model is to drive a three-wheeled vehicle stablier, so it will be more comfortable and safer. This method of changing the real shape into the mathematical modeling, which consists of the object's mass, rotational motion and translation motion, is continued by making a formula to be used in the simulation.

The simulation model was made using matlab software in a GUI form. This simulation will be analyzed to get a better performance, so that it can be used as one of the tools for disabled people.

Keywords : modelling , tricycle , analysis, simulation

I. PENDAHULUAN

Alat transportasi untuk penyandang disabilitas pada umumnya berbeda dengan pengguna normal. Kendaraan untuk penyandang disabilitas, biasanya kendaraan yang didesain khusus agar mudah dioperasikan oleh penyandang disabilitas, namun harga kendaraan yang didesain khusus ini cukup mahal. Untuk mengatasi hal ini, biasanya penyandang disabilitas mendesain ulang kendaraan yang sudah ada di pasaran agar sesuai dengan kebutuhan penyandang disabilitas. Salah satu kendaraan yang biasa dirancang ulang adalah kendaraan sepeda motor roda dua menjadi sepeda motor roda tiga.

Desain terbaru untuk sepeda motor roda tiga saat ini adalah dengan menggunakan dua roda di depan dan satu roda dibelakang. Sistem ini

dikenal dengan nama model *reverse trike* atau *tadpole design*. Dalam proses pengerjaan untuk merancang desain ini lebih mudah dan murah sehingga lebih disukai, disamping kestabilan arah dan keamanan berkendara yang lebih baik. Kenyamanan dan kestabilan arah kendaraan pada waktu belok adalah salah satu aspek penting dalam menentukan daya saing suatu produk otomotif [1].

Ada dua macam konfigurasi roda pada kendaraan roda tiga yaitu konfigurasi delta dan *tadpole* dan yang akan dijadikan aplikasi adalah konfigurasi *tadpole* atau dikenal juga dengan *reverse trike*. Adapun kelebihan *tadpole* adalah sebagai berikut:[2]

- Konfigurasi *tadpole* lebih aerodinamis

- Bobot lebih ringan karena tiadanya komponen diferensial, *side shaft* dan *drive shaft*
- Meminimalkan beban puntir yang menyebabkan guling, struktur lebih ringan dan kuat

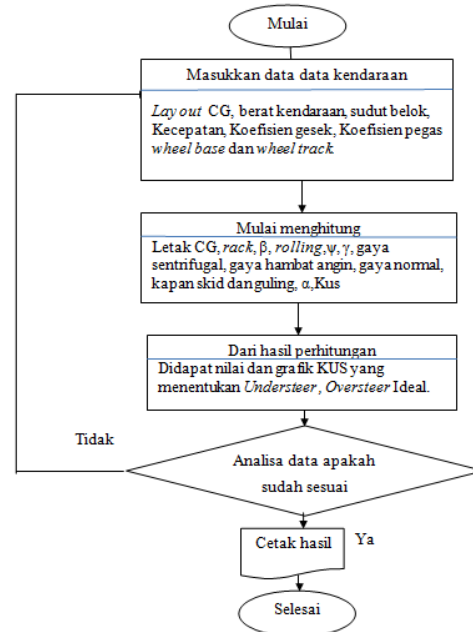
Untuk mempermudah dalam merancang sepeda motor tipe *reverse trike* atau *tatpole design* ini, maka dibuat pemodelan di *MATLAB* untuk memodelkan dan mensimulasikan sepeda motor jenis ini berbasis program *MATLAB*. Sebagai Pembanding keakuratan dan ide pengembangan di ambil data dari penelitian sebelumnya. Setelah hasil ujicoba yang dilakukan sesuai atau mendekati hasil penelitian sebelumnya maka aplikasi dapat segera digunakan.

II. METODE PENELITIAN

Perancangan Model dan Aplikasinya Pada *Matlab*

Aplikasi *form* model roda tiga dapat menghitung data sepeda motor roda tiga yang diinginkan kemudian didapat hasilnya dan disimulasikan dalam bentuk grafik , sehingga diperoleh nilai-nilai hasil ujinya. Hasil uji ini, diperoleh berdasarkan rumus-rumus seperti penentuan letak *Center of Gravity* (Cg), koefisien *understeer* dan lain sebagainya. Dengan demikian hasil uji ini, dapat dijadikan pedoman bagi perancang sepeda motor roda tiga dalam memodifikasi kendaraannya, seperti bagian mana yang harus disesuaikan atau ditingkatkan dan dikurangi.

Alur kerja *form* model roda tiga dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini, sehingga dapat ditentukan apa yang dihitung dan perubahan apa yang harus dilakukan. Gambar 1. tersebut, menunjukkan bahwa *form* model roda tiga, dihitung dari data sepeda motor , dimodelkan dan disimulasikan sehingga didapat hasil uji terkait, sehingga dapat dilakukan perbaikan perbaikan pada model tersebut. Sebagai panduan, dilampirkan data contoh hasil penelitian terdahulu yang terkait dengan *form* model roda tiga ini yang digunakan sebagai data acuan, sehingga *form* ini dapat digunakan dengan mudah.



Gambar 1. Alur Penelitian

Rumus yang Digunakan untuk Menghitung Model

Model roda tiga yang dapat dilakukan perhitungannya dengan model roda dua didepan dan satu roda di belakang. Berbagai perhitungan dapat dilakukan dengan *form model* roda tiga, karena hal ini berkaitan dengan stabilitas kendaraan sepeda motor roda tiga.

Rumus rumus yang digunakan pada aplikasi ini adalah:

1. Mencari titik berat kendaraan

Dengan menggunakan persamaan (1), maka didapatkan posisi titik berat dari kendaraan. Besarnya W_f dan W_r dicari dengan menggunakan timbangan. Dari hasil penimbangan kendaraan dalam keadaan penuh (dua penumpang) didapatkan:

$$a = \frac{P \cdot W_r}{W_r + W_f}$$

$P = (a+b)$ =panjang total antara sumbu roda (M)

$A =$ panjang dari sumbu roda depan ke titik Cg (M)

$B =$ panjang sumbu roda belakang ke titik Cg (M)

$W_f =$ berat pengukuran bagian depan (N)

$W_r =$ berat pengukuran bagian belakang(N)

Jika roda belakang kendaraan diangkat dengan sudut tertentu, maka reaksi pada berat roda depan akan berbeda begitu pula

sebaliknya. Dari persamaan 2, akan didapatkan nilai tinggi untuk masing masing sudut untuk setiap sudut (6)

$$h_{r1} = \frac{W_f \cdot (a+b) \cdot W \cdot b}{W \tan \theta}$$

h_{r1} = tinggi roda dari permukaan ke CG (M)

W = berat total kendaraan (N)

θ = sudut yang terbentuk ketika kendaraan diangkat⁽⁰⁾

2. Mencari radius sudut belok ideal

Untuk mendapatkan radius sudut belok digunakan persamaan Ackerman yang berlaku pada kendaraan, digunakan rumus seperti berikut [6]:

$$R_{ack} = \frac{a+b}{\delta_f} 57,29$$

R_{ack} = sudut Ackerman⁽⁰⁾

δ_f = sudut belok pada roda depan dari jumlah sudut belok ban kiri dan sudut belok ban kanan dibagi 2⁽⁰⁾ 57,29 satuan radian dijadikan dalam derajat.

3. Mencari gaya sentrifugal

Untuk menghindari gaya sentrifugal, dapat dilakukan *tilting body* kendaraan sampai batas tertentu biasanya 40 °. Lebih dari itu kendaraan akan jatuh ke tanah karena gaya normal. Untuk itu maka gaya sentrifugal harus dicari dengan persamaan berikut. Gaya sentrifugal yang dicari ada dua yaitu bagian depan dan belakang

$$F_c = M \frac{v^2}{R_{ack}}$$

F_c = gaya sentrifugal (N)

M = massa (kg)

v = kecepatan (MS⁻¹)

4. Menghitung gaya hambat angin pada kendaraan.

Persamaan untuk menentukan tahanan angin pada kendaraan, adalah:

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot C_d \cdot \rho \cdot V_a^2 \cdot A_f$$

F_d = gaya hambat angin (N)

C_d = koefisien drag adalah konstanta

ρ = massa jenis udara (kgm⁻³)

V_a = kecepatan angin (MS⁻¹)

A_f = luas bagian depan kendaraan yang menghadapi angin (M²)

5. Mengukur *moment rolling* dan *pitching* pada kendaraan, selanjutnya dilakukan perhitungan untuk menentukan *momen troling* dan *pitching* sebagai berikut [6]:

Rolling

$$\frac{b}{a+b} F_c \cdot \cos \beta \cdot r_c + W \cdot r_c \cdot \gamma = K_{sf} \cdot \frac{b_f^2}{2} \cdot \gamma \quad (3.6)$$

$$\gamma = \frac{\frac{b}{a+b} \cdot F_c \cdot \cos \beta \cdot r_c}{K_{sf} \cdot \frac{b_f^2}{2} - W \cdot r_c}$$

Pitching

$$\varphi = \frac{(F_c \cdot \sin \beta \cdot F_d) r_c}{(2 \cdot K_{sf} \cdot b^2 + K_{sf} \cdot a^2)}$$

6. Menentukan reaksi pada tiap roda, meliputi gaya normal

(F_z), *lateral* (F_y) dan *longitudinal* (F_x) dapat dilakukan dengan

menggunakan prinsip momen.

7. Mencari gaya *lateral*

8. Mencari gaya *longitudinal*

9. Menghitung sudut slip pada ban kendaraan

Pada rancangan ini digunakan ban radial baru dengan konstanta [8]

$$a_{bb} = \frac{c_{bb}}{c_{bs}} \cdot \frac{c_{bx}}{c_{bo}} \cdot [0.087935 (F_y a)^{0.79008} - 0.005277 (F_z)]$$

$$c_{bb} = 33.5 + 5.30 (P) - 0.0916 (P)^2$$

$$c_{bs} = 33.5 + 5.30 (Ps) - 0.0916 (Ps)^2$$

Ps = tekanan ban standar (25 psi)

P = tekanan ban ketika operasi (psi)

$$C_{bx} = \left(F_{yi} + 0.107927 (F_{xi}) \right)^{\frac{1}{161.1398}}$$

$$C_{bo} = \left[\frac{F_{yi}}{161.1398} \right]^{\frac{1}{0.474998}}$$

$i = 1, 2$ dan 3 , roda belakang dan 2 roda

10. Menghitung Radius belok nyata [8]

$$R_n = \frac{a+b}{\delta_f + a_r - a_f} 57,29$$

R_n = Radius belok nyata

a_r = sudut slip roda belakang

a_f = sudut slip roda depan

11. Menghitung Koefisien *under steer* [8]

$$K_{us} = (a_f - a_r) \cdot \frac{9.81 R_n}{v^2}$$

Understeer index dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut. Apabila nilai KUS bernilai negatif (-), maka kendaraan berada dalam kondisi *oversteer*. Sebaliknya, apabila nilai KUS bernilai positif (+), maka kendaraan berada dalam kondisi *understeer*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari Perhitungan *Matlab* dengan Data Sampel

Berikut ini adalah tampilan gambar setelah data dimasukkan, dihitung dan dilakukan simulasi oleh komputer, sehingga dapat dilihat langkah-langkah perhitungan / prosesnya dan hasil akhir yang berupa grafik, Proses *lay out* untuk mencari letak CG dengan rumus, menghasilkan data sebagai berikut :

Menentukan Letak Titik Berat	
Berat R Depan	2807
Panj Total	2.3
Berat R Belakang	1944.5
Panj A ke Cg	0.94125
Panj B ke Cg	1.3587
Sudut Roda	60
Berat Total	4751.5
tinggi titik berat	0.56706

Gambar 2. Menentukan Letak Titik Berat

Hal ini sesuai dengan penelitian terdahulu data terdahulu, yang datanya menunjukkan hasil letak CG sebagai berikut:

a = 0.9 m b = 1.3 m tinggi 0.55 m
dilanjutkan dengan mencari radius Ackerman dengan rumus

$$R_{ack} = \frac{0.9m + 1.3m}{20} 57,29$$

Maka didapat hasil Rack sebagai berikut 42 atau 1.1 , bila tidak *diconvert* ke radian.

Kemudian dari perhitungan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Rizky Aditia Pratama [7], didapat data sebagai berikut :

$$R_{ack} = \frac{1.8m}{320} 57,29$$

Maka didapat hasil radius belok ideal yaitu sebesar 3.22m dan dibuktikan oleh program seperti gambar dibawah ini.

Pada program yang dibuat, maka didapat hasil berikut:

Menentukan Letak Titik Berat		Mencari Rack	
Berat R Depan	2807	RACK	42.0127
Panj Total	2.2	Sudut Belok	3
Berat R Belakang	1944.5	Panj Total	2.2
Panj A ke Cg	0.90033	Panj A ke Cg	0.90033
Panj B ke Cg	1.2997	Panj B ke Cg	1.2997
Sudut Roda	60	Beta	1.77278
Berat Total	4751.5		
tinggi titik berat	0.54247		

Gambar 3: Hasil Penelitian Penentuan Letak Titik Berat Bagus K. R. [6]

Menentukan Letak Titik Berat		Mencari Rack	
Berat R Depan	223	RACK	3.2226
Panj Total	1.8	Sudut Belok	32
Berat R Belakang	107	Panj Total	1.8
Panj A ke Cg	0.58364	Panj A ke Cg	0.58364
Panj B ke Cg	1.2164	Panj B ke Cg	1.2164
Sudut Roda	60	Beta	22.1764
Berat Total	330		
tinggi titik berat	0.56751		

Gambar 4. Hasil Penelitian Penentuan Letak Titik Berat Rizky A. P. [7]

Panjang *wheelbase* dan letak titik CG dari perhitungan sebelumnya dan untuk sudut belok dimasukan data antara 1-20 derajat sudut belok roda, maka didapat Radius Ackerman sebagai berikut Rack = 42.0127m dan Beta = 1.77278°.

Kemudian dicari data besarnya gaya sentrifugal dan koefisien *rolling*, *pitching* dan *yawing* yang dilakukan dengan rumus berikut.

$$F_c = 484Kg \cdot \frac{(5.6m/s)^2}{42}$$

Kemudian dari data penelitian Rizky Aditia Pratama [7] dengan rumus, dicari gaya hambat udara yaitu:

$$F_d = \frac{1}{2} * C_d * A * V^2 * \rho$$

$$F_d = \frac{1}{2} * 1,2kg/m^3 * 1,625m * (16,7m/s)^2 * 0,18$$

Maka didapat hasil sebesar 48.8N

Hasil yang, didapat sebagai berikut: 356N

Mencari Besar Gaya Sentrifugal			
Fc	2902.5592	Fd	48.7502
Massa	33.6735	Cd	0.18
Kecepatan	16.6667	Phro U	1.2
bf	1.06	Kec Angin	16.6667
Ksf	50722.16	Luas Depan	1.625
ksr	58525.57		
Rolling C	0.261		
Yawing	0.016687		
Pitching	0.0013486		

Gambar 5. Hasil Penelitian Mencari Besar Gaya Sentrifugal Rizky A. P. [7]

Mencari Besar Gaya Sentrifugal			
Fc	356.1935	Fd	9.8361
Massa	484.8469	Cd	0.3
Kecepatan	5.5556	Phro U	1.23
bf	1.06	Kec Angin	5.6
Ksf	50722.16	Luas Depan	1.7
ksr	58525.57		
Rolling C	0.261		
Yawing	0.045447		
Pitching	1.103e-06		

Gambar 6. Hasil Penelitian Mencari Besar Gaya Sentrifugal Bagus K. R. [6]

Setelah gaya sentrifugal didapat maka, dihitung besarnya hambatan udara dengan rumus berikut

$F_d = \frac{1}{2} 0.3 \cdot 1.23 \text{ kg m}^{-3} \cdot 5.6 (\text{ms}^{-1})^2 \cdot 1.7 \text{ m}^2$ maka hasilnya adalah 356.2 N

Dengan demikian penelitian Rizky Aditia [7] telah dibuktikan sesuai dengan program, namun penelitian Bagus Kusuma [6] belum berakhir.

Dengan rumus Yawing

$$\gamma = \frac{\frac{1.3m}{0.9m + 1.3m} * 2137N \cdot \cos 1.18 * 0.261m}{50722.16 * \frac{1.06m}{2} - 4751N * 0.261m}$$

$$\gamma = \frac{1260.83 \text{ kg m s}^{-2} * 0.260m}{50722.16 * 0.561 - 1240.1}$$

$$\gamma = \frac{54.641 \text{ kg s}^{-2}}{28455.131 - 1240.1}$$

$$\gamma = \frac{11521.702 \text{ kg s}^{-2}}{27215.031}$$

$$\gamma = 0.0012$$

Dengan rumus Pitching

$$\varphi = \frac{2137 * \sin 1.18 - 9.3881 * 0.261}{(117050 * 1.1236 + 82169.64 - 33.3519 * 0.261)}$$

$$\varphi = \frac{8.704}{(131517.38 + 82169.64)}$$

$$\varphi = \frac{8.704}{213686.64}$$

$$\varphi = 0.000004$$

Kecepatan angin didapat dari asumsi dan yang lainnya diambil dari data penelitian sebelumnya, maka besarnya gaya hambatan angin didapat seperti diatas.

Kemudian didapat data data kondisi skid bila menerima gaya melebihi gaya pada kolom biru bagian *front* dan *rear* sebagai berikut.

Dengan rumus sebagai berikut

$$F_{cf} = \frac{1.3m}{0.9m + 1.3m} * 356.2N * \cos 2^\circ$$

$$F_{cf} = 1.45$$

$$F_{gf} = \frac{0.9m}{0.9m + 1.3m} * (0.9m * 4751.5N + 356.2N * 0.54m * \sin 2^\circ - 9.831N * 0.54m)$$

$$F_{gf} = 1359.6N$$

$$F_{cf} = \frac{1.3m}{0.9m + 1.3m} * 356.2N * \cos 2$$

$$F_{cr} = 1967$$

$$F_{gr} = \frac{1.3m}{0.9m + 1.3m} * (0.9m * 4751.5N + 356.2N * 0.54m * \sin 2^\circ - 9.831N * 0.54m)$$

$$F_{gr} = 210.4$$

Hal ini terjadi bila gaya gesek sebesar 0.75N.

Mengetahui Terjadinya Skid	
Fgf	1359.6358
Fgr	1966.4595
Myu	0.7
Fcr	210.1382
Fcf	145.5672
Sudut Belok	3
Rad rr	0.56
Rad rf	0.56

Gambar 7. Mengetahui Terjadinya Skid

Setelah mengetahui kapan kondisi skid dilanjutkan dengan mencari kapan terjadinya guling dan sudut slip ban. Dimulai dengan menghitung gaya yang diterima oleh masing masing ban sebagai berikut, dengan besarnya *wheeltrack* sebesar 1.5 m dengan rumus

$$fx1 = \frac{0.9m}{0.9m + 1.3m} (356.2N * \sin 1.18^\circ - 9.836N) - 0.56m$$

$$F_{x1} = -0.10427$$

$$F_{x2} = F_{x3} = \frac{1.3m}{0.9m + 1.3m} (356.2N * \sin 1.18^\circ - 9.836N) \cos(2^\circ) - 2 * \frac{1.3m}{0.9m + 1.3m} 356.2N * \cos 1.18^\circ * \sin 2^\circ - 0.56m$$

$$F_{x2} F_{x3} = -5.2911$$

$$fy1 = \frac{0.9m}{2 * (0.9m * 1.3m)} * 356.2N * \cos 1.18^\circ$$

$$F_{y1} = 69.6835$$

$$fy2 = \frac{0.9m}{2 * (0.9m * 1.3m)} * 356.2N * \cos 1.18^\circ \sin 2^\circ + \frac{0.9m}{2 * (0.9m * 1.3m)} * (356.2N * \sin 1.18^\circ - 9.836N) \sin 2^\circ$$

$$F_{y2} F_{y3} = 100.4586$$

$$F_{z1}$$

$$= 2807 - \frac{(356.2N * \sin 1.18^\circ - 9.836N) * 0.54m}{1.3m + 0.9m} + \frac{(356.2N * \sin 1.18^\circ - 9.836N) - 0.216m + 4751N * 0.261m * 0.045447}{1.3m + 0.9m}$$

$$F_{z1} = 1944.3101$$

$$f_{z2}$$

$$= \frac{1944N}{2} - \frac{1.3m}{1.3m + 0.9m} * 351.2N * \cos 1.18^\circ * 0.54m$$

$$- \frac{1.3m}{1.3m + 0.9m} * 351.2N * \cos 1.18^\circ * 0.261m + 4751N * 0.261m * 1.1x 10^{-6}$$

$$- \frac{1}{2} * \frac{(356.2N * \sin 1.18^\circ - 9.836N) * 0.54m}{1.3m + 0.9m}$$

$$+ \frac{356.2N * \sin 1.18^\circ - 9.836N * 0.216m + 4751N * 0.261m * 0.045447}{1.3m + 0.9m}$$

$$F_{z2} = 1402.2892$$

Gaya yang diterima setiap Ban	
Fx1	-0.10427
Fy1	69.6835
Fx2, Fx3	-5.2911
Fy2, Fy3	100.4586
Fz1	1944.3101
Fz2	1402.2892
Fz3	
Wheel Track	1.5

Gambar 8. Gaya yang Diterima Setiap Ban
Ban yang digunakan adalah ban radial gundul dengan tekanan udara ban 30psi (normalnya 25psi).

P	30	Ps	25
sudut slip			

Gambar 9 Sudut Slip
maka didapat sudut slip sebesar , af , ar sebesar , KUS sebesar *moment guling* dengan rumus

$$\propto rbb = \frac{Crp}{Crs} * \frac{Crx}{Cro} [0,087935(fya) - [0,0055277 * fyz]$$

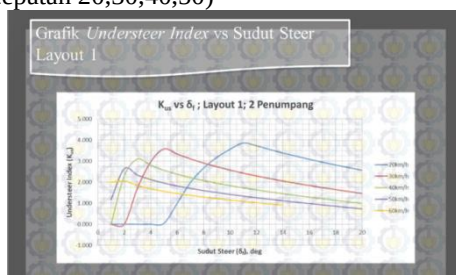
$$Kus = (0,0000-0,00000)5,334/10*5 = 0$$

Menghitung Sudut Slip Ban	
Crb	1.011
Crg	10.2603
Crs	2.6039
P	30
Ps	25
sudut slip	7.5578

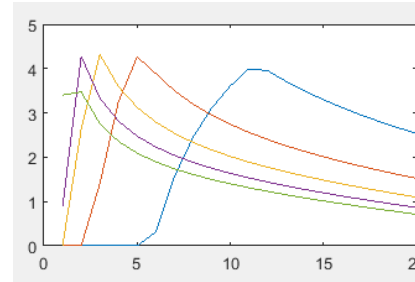
Koefisien Understeer	
Kus	-0.0024629
af	0.045544
ar	0.056655
Radius	40
Mr	337.9124
Mp	263.1946
Rn	41.8576

Gambar 10. Menghitung Sudut Slip Ban dan Koefisien Understeer

Setelah itu dilanjutkan dengan memasukkan sudut *steer* secara kumulatif dari sudut 1- 22 derajat maka didapat grafik sebagai berikut:
(perbandingan KUS dan sudut steer dalam kecepatan 20,30,40,50)

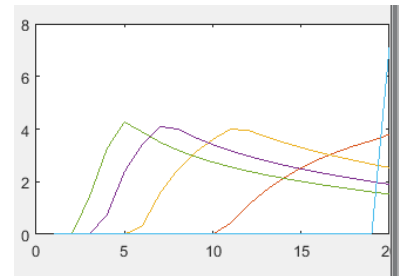


Gambar 11. Hasil Penelitian Uji Coba Bagus K. R. [6]



Gambar 4.19. Hasil Uji Coba Program X Axis Sudut Belok Y Axis Nilai KUS

Setelah dibuktikan hasil aplikasi sesuai dengan penelitian sebelumnya, maka dimasukkan penyesuaian untuk Penyandang disabilitas. Perubahannya adalah kecepatannya dibatasi hingga 30km/jam dengan rincian 10,15,20,25,30 km/jam, maka didapat hasil grafik sebagai berikut:



Gambar 12. Grafik Perhitungan Nilai KUS Terhadap Sudut Belok dengan Kecepatan 10, 15, 20, 25, 30 km/jam

Analisa yang didapat pada kecepatan 10,15,20,25, 30km terjadi sudut slip pada sudut *steer* 18 ,10,5, 3 dan 2 derajat namun belum menimbulkan *skidding* pada kecepatan dibawah 25km perjam. Namun ketika melewati 25 mulai terjadi *skidding* yang dibuktikan dengan 5 gambar berikut, dimana bila $F_g > F_c$ untuk 25 km perjam kebawah dan $F_g < F_c$ untuk 25 km keatas dengan sudut belok 18 derajat atau lebih. Derajat kenaikan sudut belok sebesar 1 derajat.

Mengetahui Terjadinya Skid	
Fgf	1429.6201
Fgr	2133.9275
Myu	0.75
Fcr	287.1331
Fcf	198.9137
Sudut Belok	18
Rad rr	0.56
Rad rf	0.56

Mengetahui Terjadinya Skid	
Fgf	1393.6766
Fgr	2169.8709
Myu	0.75
Fcr	646.0495
Fcf	447.5558
Sudut Belok	18
Rad rr	0.56
Rad rf	0.56

a

b

Mengetahui Terjadinya Skid	
Fgf	1343.3558
Fgr	2220.1917
Myu	0.75
Fcr	1148.5324
Fcf	795.6548
Sudut Belok	18
Rad rr	0.56
Rad rf	0.56

c

Mengetahui Terjadinya Skid	
Fgf	1278.6628
Fgr	2284.8847
Myu	0.75
Fcr	1794.5302
Fcf	1243.1748
Sudut Belok	18
Rad rr	0.56
Rad rf	0.56

e

d

Mengetahui Terjadinya Skid	
Fgf	1344.5186
Fgr	2219.0289
Myu	0.75
Fcr	1771.8305
Fcf	1227.4493
Sudut Belok	12
Rad rr	0.56
Rad rf	0.56

f

Gambar 13 Hasil Analisa terjadinya *Skidding* dengan Program *Math Lab*

- a. 10 km /jam; b.15 km /jam; c.20 km /jam; d. 25 km /jam
 e. 30 km /jam dengan sudut belok 18 derajat
 f. Batas sudut belok tidak terjadi skidding pada 30km sudut belok 12 derajat

$$\begin{aligned}
 fz3 &= \frac{1944N}{2} + \frac{\frac{1,3m}{1,3m + 0,9m} * 351,2N * \cos 1,18^0 * 0,54m}{1,5m} \\
 &+ \frac{\frac{1,3m}{1,3m + 0,9m} * 351,2N * \cos 1,18^0 * 0,261m + 4751N * 0,261m * 1,1x 10^{-6}}{1,5m} \\
 &+ \frac{1}{2} * \frac{(356,2N * \sin 1,18^0 - 9,836N) * 0,54m}{1,3m + 0,9m} \\
 &+ \frac{356,2N * \sin 1,18^0 - 9,836N}{1,3 + 0,9} * 0,216m + 4751N * 0,261m * 0,045447
 \end{aligned}$$

IV. KESIMPULAN

1. Koefisien Understeer kendaraan roda tiga pada umumnya memiliki karakteristik yang sama, sehingga dapat dibuat aplikasi universal untuk menghitungnya. Semakin tinggi kecepatan belok dan sudut belok, akan membuat sudut slip juga meningkat. Ada titik puncak pertambahan koefisien understeer, maksudnya pada tingkat tertentu akan berhenti bertambah dan turun mendekati nol. Posisi center gravitasi, panjang dan lebar wheeltrack berpengaruh terhadap nilai Kus.
2. Kecepatan sepeda motor roda tiga untuk peyandang disabilitas, harus dibawah nilai

batas aman agar dapat dikendalikan dengan baik. Aplikasi ini dapat digunakan untuk menghitung rancangan sepeda motor roda tiga tipe tadpole atau reverse trike baik untuk umum maupun penyandang disabilitas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suryawan, I. & Atmika, I. K. A., Analisa dan Desain Sistem Pengereman pada Kendaraan dengan Simulink Matlab. *Jurnal Media Teknik*. Vol 8, No 2. 2008.
- [2] Ihsan, M.S., Pramono, A.S. Analisa Kekuatan Lengan Ayun pada Kendaraan Hybrid Roda Tiga Sapu Jagad ITS Terhadap Beban Kejut Akibat Step Disturbance. *Jurnal Sains dan Semi Pomits*. Vol 2, No 1, 2014. 2337-3520
- [3] Rizal, D. dan Sigit A., Analisa Kestabilan Arah pada Kendaraan Formula Sapu Angin Speed Berdasarkan Variasi Posisi Titik Berat, Kecepatan dan Tes Dinamik Student Formula Japan. *Jurnal ITS* Vol 1, No 2. 2013. 1-5.
- [4] Chandra, T., Yudiantyo, W., Gozali, J. Perancangan Sepeda Motor Jenis Bebek yang Ergonomis dengan Menggunakan Data Antropometri Orang Indonesia. Universitas Maranatha, 2005.
- [5] Ketut, A.A., Putu, L. Tinjauan Beban Aerodinamis Terhadap Kinerja Stabilitas Arah Kendaraan. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakra*, Vol 4, No 6. 2010. 173-179.
- [6] Bagus Kusuma Ruswandiri, B. K. & Sutantra, I. N., Perencanaan Layout dan Analisis Stabilitas pada Kendaraan Hybrid Roda Tiga Hyvi Sapujagad. *Jurnal ITS*. 1-6.
- [7] Rizky Aditia Pratama, Eka Maulana, Agri Suwandi. Konsep Kendaraan Listrik Roda Tiga Untuk Penumpang Dua Orang. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Pancasila*. 2005.
- [8] Nyoman Sutantra dan E Sampurno, B. *Teknologi Otomotif* Ed II. Penerbit Guna Widya, Surabaya. 2010.
- [9] Boyuan, L. Modelling, *Dynamic Stability Analysis and Control of an Omni – Directional Road Vehicle*. University of Wollongong. 2012.
- [10] Starr, Patrick J. Designing Stable Three Wheeled Vehicles, with Application to Solar Powered Racing Cars. Revision in University of Minnesota, USA. 2006.