

OPTIMISASI STEERING CONTROL MOBIL LISTRIK AUTO-PILOT MENGGUNAKAN METODE FIREFLY ALGORITHM (FA)

Machrus Ali¹, Akemad Suhadak²

^{1,2}Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Darul Ulum Jombang
E-mail: machrus@ft-undar.ac.id, hadakteknikelektro@gmail.com

Abstrak - *Steering Control* adalah sistem kemudi yang dirancang untuk akurasi pergerakan steer terhadap lintasan kendaraan dan memperingan sistem kemudi. Akurasi pergerakan steer mobil sangat diperlukan dalam keselamatan berkendara, baik keselamatan yang ada didalamnya ataupun orang yang ada di dekatnya. Kesalahan pergerakan steer mobil akan mengakibatkan kesalahan posisi mobil pada jalur kendaraan. Untuk mencegah terjadinya yang demikian diperlukan kontrol pengemudian yang dirancang untuk akurasi pergerakan steer terhadap kendaraan dan memperingan sistem kemudi. Beberapa riset telah dikembangkan pada fully automatic steer by wire system antara lain riset yang dikhususkan pada input trajectory (lintasan) yang menggunakan teknologi Global Positioning System (GPS) dan trajectory yang menggunakan line guidance. Pada penelitian ini sistem kemudi menggunakan PID kontroler. Penggunaan Artificial Intelligence (AI) sangat membantu dalam mempercepat proses pengontrolan PID. Metode pada penelitian ini menggunakan PID kontroler yang dituning dengan metode Firefly Algorithm. Pada penelitian ini akan dikembangkan model Fully Automatic Steer By Wire System menggunakan 10 Degree Of Freedom (DOF) terdiri dari 7-DOF Vehicle Ride Model dan 3-DOF Vehicle Handling Model. Hasil PID-FA akan dibandingkan dengan metode PID konvensional. Kontrol PID-FA didapatkan hasil yang lebih baik, dengan dibuktikan dengan kemampuan mengontrol mobil dengan kecepatan mencapai 69,0 km/h dengan overshoot terkecil, yaitu 0,005071 pada C-RMS Error.

Kata Kunci: Firefly, Lateral Motion, Vehicle

Abstract - *Steering Control* is a steering system that is designed to steer the accuracy

of the movement trajectory of the vehicle and lighten the steering system. Accuracy steer the movement of a car is indispensable in driving safety, safety good in it or the person who is nearby. Error steer the movement of the car will result in an error position of the car on the vehicle lane. To prevent the occurrence of such control is required steering accuracy of the movement is designed to steer the vehicle and lighten the steering system. Some research has developed the fully automatic steer-by-wire system, among others, research devoted to the input trajectory (trajectory) which using the technology of Global Positioning System (GPS) and the trajectory using a line guidance. In this study, the steering system using the PID controller. Use of Artificial Intelligence (AI) is very helpful in accelerating the process PID control. Methods in this study using PID controller tuned by the method of Firefly Algorithm. This research will develop a model Fully Automatic Steer By Wire System uses 10 Degree Of Freedom (DOF) consists of a 7-DOF Vehicle Ride and 3-DOF Model Vehicle Handling Model. PID-FA results will be compared with conventional PID methods. PID control-FA obtained better results, with a proven ability to control the car at speeds up to 69.0 km / h with the smallest overshoot, ie 0.005071 on C-RMS Error

Keywords: Firefly, Lateral Motion, Vehicle

1. PENDAHULUAN

Sistem Steer by Wire adalah salah satu bagian dari sistem besar dari perkembangan teknologi pada *electric cars* dan diharapkan menjadi kendaraan masa depan dengan kontrol kinerja yang tinggi [1]. Terdapat dua jenis karakteristik *steer by wire system* yang digunakan yaitu *semi-automatic* dan *fully*

automatic steer by wire system. *Semi-automatic* adalah *steer by wire system* yang menggunakan *steer wheel* untuk menentukan arah roda depan kendaraan sedangkan *fully automatic steer by wire system* tanpa menggunakan *steer wheel*, untuk menentukan arah roda depan kendaraan digunakan *trajectory* yang telah diprogram.

Banyak riset telah dikembangkan pada *fully automatic steer by wire system* antara lain riset yang dikhususkan pada input *trajectory* yang menggunakan *look-ahead and look-down systems* [1], menggunakan *technology GPS*[2] dan *trajectory* yang menggunakan *lane guidance* [3]. Demikian juga telah banyak dikembangkan riset tentang *control active steering* antara lain, *an adaptive nonlinear control scheme aimed at the improvement of the handling properties of vehicles* [4], *Fuzzy Controller for Vehicle Automatic Steering Control* [5].

Permasalahan yang muncul saat ini adalah diperlukan suatu usaha untuk meningkatkan Performance *fully automatic steer by wire system*, salah satu usaha yang masih sangat mungkin untuk dikembangkan adalah metode kontrol yang digunakan, karena hal ini akan berlaku pada apapun bentuk input *trajectory* yang digunakan. Penggunaan AI sangat membantu dalam mempercepat proses pengontrolan dalam hal ini PID adalah kontrol yang cukup handal untuk digunakan namun perlu didukung suatu metode untuk tuning parameter-parameter agar dapat dicapai hasil kontrol yang tepat, *Firefly Algorithm (FA)* adalah suatu metode optimisasi yang menawarkan proses optimisasi dengan cepat dan akurat untuk tuning parameter-parameter PID [1].

Pada paper ini akan dikembangkan model *fully automatic steer by wire system* yang direpresentasikan pada *a simulation of active steering control using vehicle model with 10 degree of freedom (DOF) consisting of 7-DOF vehicle ride model and 3-DOF vehicle handling model* [6]. Structure sistem kontrol yang dikembangkan terdiri dari dua tahap pengontrolan secara *cascade* yaitu kontrol *lateral motion* untuk menghilangkan pergerakan lateral yang tidak diinginkan, Output kontrol ini digunakan sebagai *setting point* pada kontrol berikutnya yaitu kontrol *yaw motion* sebagai penyempurna sistem kontrol *steering input*. Sistem Kontrol menggunakan AI yaitu FA untuk tuning

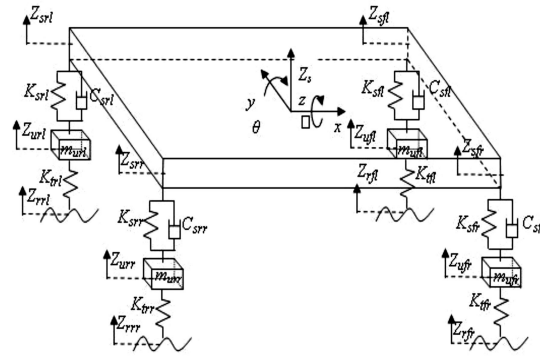
parameter-parameter FLC pada pengontrolan *lateral motion*. Hasil yang diharapkan dari simulasi *active steering control* ini yaitu dengan penggunaan FLC kontrol yang dituning dengan ICA dapat meningkatkan *vehicle dynamic performance*.

Vehicle model untuk *control design*

Berdasarkan konsep *vehicle dynamics*, *vehicle model* yang dibangun sebagai *plant* pada *active steering control system* menggunakan 10 *degree of freedom (DOF)* yang terdiri dari 7-DOF dari *vehicle ride model* and 3-DOF dari *vehicle handling model*.

A. Vehicle Ride Model

Vehicle Ride Model dipresentasikan sebagai 7-DOF system yang dinyatakan dalam 7 persamaan matematis terdiri dari persamaan matematis pada kebebasan dan pergerakan untuk mrndapatkan *rombakan, anggukan* dan pergerakan vertikal [1,6,7,8].



Gambar 1. *Vehicle Ride Model*

Bouncing of the car body (Z_s)

$$m_s \ddot{Z}_s = -2(K_{s,f} + K_{s,r})Z_s - 2(C_{s,f} + C_{s,r})\dot{Z}_s + (aK_{s,f} - bC_{s,r})\theta + 2(aC_{s,f} - bC_{s,r})\dot{\theta} + K_{s,f}Z_{u,fl} + C_{s,f}\dot{Z}_{u,fl} + K_{s,f}Z_{u,fr} + C_{s,f}\dot{Z}_{u,fr} + K_{s,r}Z_{u,rl} + C_{s,r}\dot{Z}_{u,rl} + K_{s,r}Z_{u,rr} + F_{prl} + F_{prr} \quad (1)$$

Pitching of the car body (θ)

$$I_{yy} \ddot{\theta} = 2(aK_{s,f} - bK_{s,r})Z_s + 2(aC_{s,f} + bC_{s,r})\dot{Z}_s - 2(a^2K_{s,f} - b^2K_{s,r})\theta - 2(a^2C_{s,f} - b^2C_{s,r})\dot{\theta} - aK_{s,f}Z_{u,fl} - aC_{s,f}\dot{Z}_{u,fl} - aK_{s,f}Z_{u,fr} - aC_{s,f}\dot{Z}_{u,fr} + bK_{s,r}Z_{u,rl} + bC_{s,r}\dot{Z}_{u,rl} + bK_{s,r}Z_{u,rr} +$$

$$bC_{s,r}\dot{Z}_{u,fr} - (F_{pfl} + F_{pfr})l_f + (F_{prl} + F_{pr})l_r$$

Rolling of the car body (φ)

$$I_{xx}\ddot{\varphi} = -0.5w^2(K_{s,f} + K_{s,r})\varphi + 0.5w^2(C_{s,f} + C_{s,r})\dot{\varphi} + 0.5wK_{s,f}Z_{u,fl} + 0.5wC_{s,f}\dot{Z}_{u,fl} - 0.5wK_{s,r}Z_{u,fr} - 0.5wC_{s,r}\dot{Z}_{u,fr} + 0.5wK_{s,r}Z_{u,rl} + 0.5wC_{s,r}\dot{Z}_{u,rl} - 0.5wK_{s,r}Z_{u,rr} - 0.5wC_{s,r}\dot{Z}_{u,rr} + (F_{pfl} + F_{prl})\frac{w}{2} - (F_{pfr} + F_{pr})\frac{w}{2}$$

Vertical Direction for each wheel

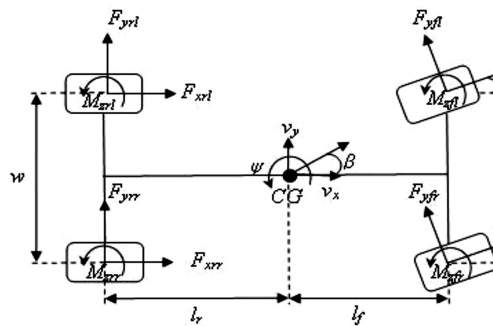
$$m_u\ddot{Z}_{u,fl} = K_{s,f}Z_s + C_{s,f}\dot{Z}_s - aK_{s,f}\theta - aC_{s,f}\dot{\theta} + 0.5wK_{s,f}\varphi + 0.5wC_{s,f}\dot{\varphi} - (K_{s,f} + K_t)Z_{u,fl} - C_{s,f}\dot{Z}_{u,fl} + K_tZ_{r,fl} - F_{pfl}$$

$$m_u\ddot{Z}_{u,fr} = K_{s,f}Z_s + C_{s,f}\dot{Z}_s - aK_{s,f}\theta - aC_{s,f}\dot{\theta} - 0.5wK_{s,f}\varphi - 0.5wC_{s,f}\dot{\varphi} - (K_{s,f} + K_t)Z_{u,fr} - C_{s,f}\dot{Z}_{u,fr} + K_tZ_{r,fr} - F_{pfr}$$

$$m_u\ddot{Z}_{u,rl} = K_{s,r}Z_s + C_{s,r}\dot{Z}_s + bK_{s,r}\theta + bC_{s,r}\dot{\theta} + 0.5wK_{s,r}\varphi + 0.5wC_{s,r}\dot{\varphi} - (K_{s,r} + K_t)Z_{u,rl} - C_{s,r}\dot{Z}_{u,rl} + K_tZ_{r,rl} - F_{prl}$$

$$m_u\ddot{Z}_{u,rr} = K_{s,r}Z_s + C_{s,r}\dot{Z}_s + bK_{s,r}\theta + bC_{s,r}\dot{\theta} - 0.5wK_{s,r}\varphi - 0.5wC_{s,r}\dot{\varphi} - (K_{s,r} + K_t)Z_{u,rr} - C_{s,r}\dot{Z}_{u,rr} + K_tZ_{r,rr} - F_{pr}$$

B. Vehicle Handling Model



Gambar 2. Vehicle Handling Model

Vehicle Handling Model direpresentasikan sebagai 3 DOF system yang berarti memiliki 3 persamaan matematis yang terdiri dari persamaan matematis pergerakan car body secara lateral dan longitudinal serta yaw motion [1,7,8]. Lateral motion dan

longitudinal motion merupakan pergerakan kendaraan sepanjang sumbu x dan sumbu y yang dinyatakan dalam percepatan lateral (a_y) dan percepatan longitudinal (a_x) sehingga lateral motion dan longitudinal motion dapat diperoleh dengan integrasi dua kali dari percepatan lateral dan longitudinal.

Dimana percepatan lateral dan longitudinal dinyatakan sebagai berikut:

$$a_y = \frac{F_{yfl}\cos\delta - F_{xfl}\sin\delta + F_{yfr}\cos\delta - F_{xfr}\sin\delta + F_{yrl} + F_{yrr}}{m_t}$$

(8)

$$a_x = \frac{F_{xfl}\cos\delta - F_{yfl}\sin\delta + F_{xfr}\cos\delta - F_{yfr}\sin\delta + F_{xrl} + F_{xrr}}{m_t}$$

(9)

Pergerakan kendaraan secara angular yang bersumbu vertikal z disebut sebagai yaw motion (r) [1,7,8] yang dapat diperoleh dengan integrasi \dot{r} dan \ddot{r}

$$\ddot{r} = \frac{1}{J_z} \left[\frac{w}{2} F_{xfl}\cos\delta - \frac{w}{2} F_{xfr}\cos\delta + \frac{w}{2} F_{xrl} - \frac{w}{2} F_{xrr} + \frac{w}{2} F_{yfl}\sin\delta - \frac{w}{2} F_{yfr}\sin\delta - l_r F_{yrl} - l_f F_{yrr} + l_f F_{yfl}\cos\delta + l_f F_{yfr}\cos\delta - l_f F_{xfl}\sin\delta - l_f F_{xfr}\sin\delta + M_{zfl} + M_{zfr} + M_{zrl} + M_{zrr} \right]$$

(10)

Berdasarkan persamaan matematis di atas kemudian dibangun full vehicle model sebagai plant dari active steering control system dengan menggunakan MATLAB-SIMULINK software.

2. METODE PENELITIAN

2.1 PID Controller

Kontrol PID adalah sistem kontrol gabungan antara kontrol proporsional, integral, dan turunan (derivative). Pada metode ini, penalaan dilakukan dalam kalang tertutup dimana masukan referensi yang digunakan adalah fungsi tangga (step). Pengendali pada metode ini hanya pengendali proporsional. Kp, dinaikkan dari 0 hingga nilai kritis Kp, sehingga diperoleh keluaran yang terus-menerus berosilasi dengan amplitudo yang sama. Nilai kritis Kp ini disebut sebagai ultimated gain. Nilai

ultimated period, Tu, diperoleh setelah keluaran sistem mencapai kondisi yang terus menerus beresilasi.

2.2 Firefly Algorithm (FA)

Metode yang digunakan untuk mengoptimisasi parameter PID adalah metode *Firefly Algorithm* (FA). Algoritma ini pertama ditemukan oleh Dr.Xin-She Yang di Universitas Cambridge pada tahun 2007. Pada algoritma ini terdapat tiga perumusan dasar :

1. Semua kunang-kunang adalah unisex, jadi suatu kunang-kunang akan tertarik dengan kunang-kunang lain terlepas dari jenis kelamin mereka.
2. Daya tarik sebanding dengan kecerahan, maka kunang-kunang dengan kecerahan lebih redup akan bergerak kearah kunang-kunang dengan kecerahan lebih terang dan kecerahan berkurang seiring dengan bertambah jarak. Apabila tidak ada kunang-kunang yang memiliki kecerahan paling cerah maka kunang-kunang akan bergerak random.
3. Tingkat kecerahan kunang - kunang dideterminasikan oleh tempat dari fungsi objektif kunang-kunang.

Dalam proses permasalahan optimisasi, kecerahan cahaya kunang-kunang adalah sebanding untuk nilai dari fungsi tujuan. Bentuk lain dari kecerahan dapat didefinisikan pada cara yang sama untuk fungsi fitness pada algoritma genetika. Dalam proses permasalahan optimisasi, kecerahan cahaya kunang-kunang adalah sebanding untuk nilai dari fungsi tujuan. Bentuk lain dari kecerahan dapat didefinisikan pada cara yang sama untuk fungsi fitness pada algoritma genetika. Berdasarkan pada ketiga peraturan ini, langkah dasar dari algoritma kunang-kunang (FA) dapat diringkas sebagai *pseudo code* berikut:

```
%Batas Kontroler PID
Ub=[600 10 1];
Lb=[0 0 0];
etol=10e-5;
% start iterasi
% Menghitung nilai alpha yang baru
delta=1-(0.005/0.9)^(1/MaxGeneration);
alpha=(1-delta)*alpha;
% Evaluasi fungsi fitness (untuk semua kunang-kunang)
for ikj=1:xxx
    kp_ff = xn(ikj,1);
```

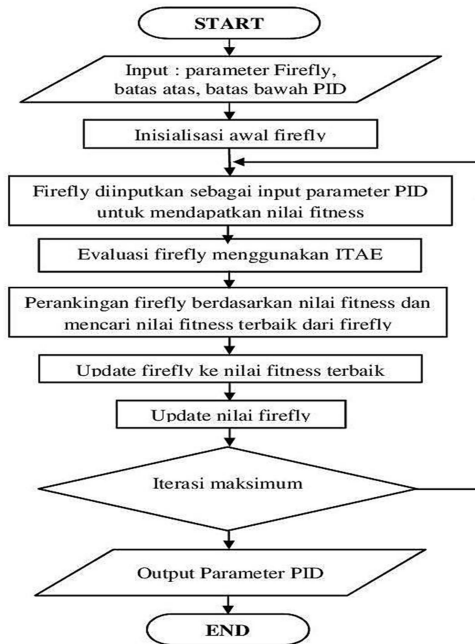
```
ki_ff = xn(ikj,2);
kd_ff = xn(ikj,3);
sim('Vehicleyaw_all')
t=ScopeDataica.time;
y=ScopeDataica.signals.values;
for i=1:101
    error(i)=abs(y(i)^2)*t(i);
end
ITAE=sum(error);
fitness_particle(ikj)=ITAE;
zn(ikj) = fitness_particle(ikj);
Lightn(ikj) = zn(ikj);
end
% Merangking kunang-kunang berdasarkan intensitas cahaya
% masing-masing
[Lightn,Index]=sort(zn);
ns_tmp=xn;
for ikj=1:xxx,
    xn(ikj,:)=ns_tmp(Index(ikj),:);
end
```

2.3 Penggunaan FA dalam penalaan PI

Gambar.3 menunjukkan diagram alur algoritma metode *Firefly Algorithm* (FA) yang digunakan pada penelitian penelitian ini. Fungsi objektif yang digunakan untuk menguji kestabilan sistem adalah dengan *Integral Time Absolut Error* (ITAE).

$$ITAE = \int_0^t |\Delta\omega(t)| dt$$

Parameter PID yang ditala oleh FA adalah Kd, Kp, Ki. Adapun untuk diagram alur proses penalaan parameter PID dengan menggunakan metode *firefly algorithm* ditunjukkan oleh *flowchart* pada Gambar3. Dengan melihat diagram alur, akan lebih memudahkan kita untuk mengetahui runtutan-runtutan proses yang perlu dilakukan untuk menyusun suatu sistem. [6].



Gambar 3. Diagram alur penalaan FA pada PID

Data parameter-parameter standar FA yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 1. Berikut:

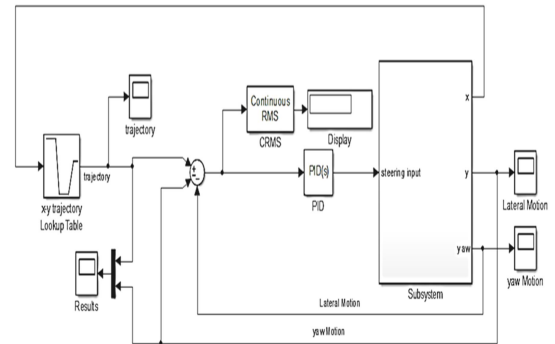
Tabel 1. Parameter FA[8]

Parameter	Nilai
<i>Alpha</i>	0.25
<i>Beta</i>	0.2
<i>Gamma</i>	1
Dimensi	3
Jumlah Kunang-Kunang	50
Iterasi maksimum	50

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

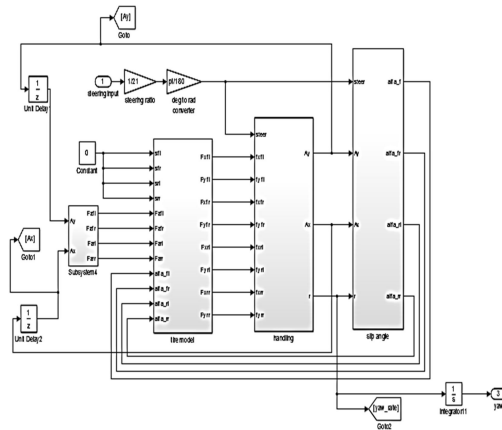
3.1 Simulasi Kontrol Sistem

Dari *transfer function vehicle steering control* dapat dimodelkan ke dalam bentuk diagram seperti pada gambar 4.



Gambar 4. *The Proposed Control Structure for active steering control* [1,8]

Pada *Sub System* dapat dilihat bentuk gambar seperti pada gambar 5. *Sub System* terdiri dari 3 buah blok besar, yaitu; *tire model*, *handling model* dan *slip angle*. Pada *sub system* ada sebuah input, yaitu: *steering input* dan ada 3 output, yaitu; *x (trajectory)*, *y (lateral motion)* dan *yaw (yaw motion)*.

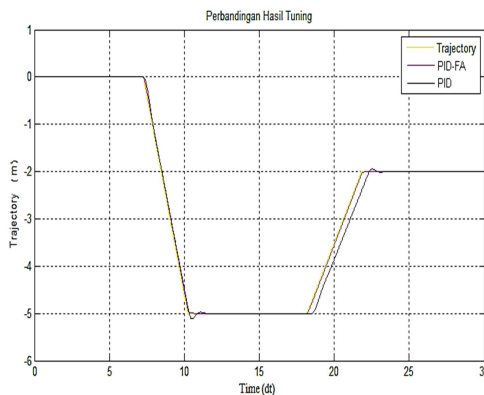


Gambar 5. *Sub System*[1,8]

Table 1. Vehicle model simulation parameters

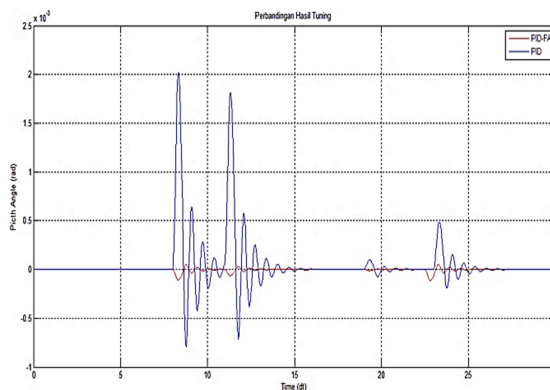
No	Parameter	Value
1	Vehicle mass	1700 kg
2	Vehicle sprung mass	1520 kg
3	Coefficient of friction	0.85
4	Front track width	1.5 m
5	Rear track width	1.5 m
6	Tire rolling radius	0.285 m
7	Wheelbase	2.7 m
8	Distance between front axle to COG	1.11 m
9	COG	1.59 m
10	Distance between rear axle to COG	4000 Nm ⁻¹
11	COG	2400 Nm ⁻¹
12	Pitch stiffness constant	0.55 m
13	Roll stiffness constant	425 kg m ²
14	Centre of gravity height	425 kg m ²
15	Pitch moment of inertia	3125 kg m ²
16	Roll moment of inertia	1.1 kg m ²
17	Yaw moment of inertia	170000 Nm ⁻¹ s ⁻¹
18	Wheel moment of inertia	90000 Nm ⁻¹ s ⁻¹
	Pitch damping constant	
	Roll damping constant	

Hasil simulasi dapat dilihat pada gambar 6.



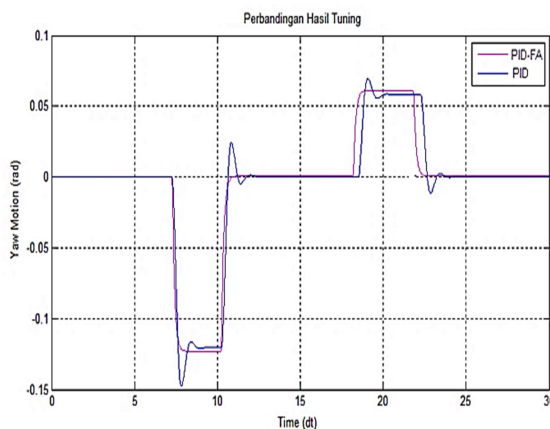
Gambar 6. Hasil perbandingan PID (biru) dan PID-FA (merah)

Hasil *output* diatas menunjukkan nilai *C-RMS Error* (m) pada *PID* dan *PID-FA* hampir sama yaitu *PID* sebesar 0,00621 dan *PID-FA* sebesar 0,00507. *Pitch Angel* dan *Yaw Angel* dapat dilihat pada gambar 6 dan gambar 7.



Gambar 7. *Pitch Angel* PID dan PID-FA

Pitch Angel pada kontrol *PID* = $2,016 \times 10^{-3}$ rad dan *PID-FA* = $5,142 \times 10^{-5}$ rad. *Yaw Angel* dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. *Yaw Angel* PID dan PID-FA

Sudut *Yaw* pada kontrol *PID* = 0,024 rad dan *PID-FA* = 0,005 rad. Untuk mengetahui kemampuan kontroler *PID-FA* maka diperlukan perubahan kecepatan secara bertahap sampai batas kemampuan kontroler. Kemampuan kontroler *PID-FA* dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Kemampuan masing-masing ontroler

No	Velocity			
	m/s	Km/h	PID	PID-FA
1	25	6,9	0,0357	0,0265
2	50	13,8	0,0804	0,0577
3	75	20,7	0,1019	0,0861
4	10	27,6	0,1445	0,1058
	0			
5	12	34,5	0,2017	0,1384
	5			
6	15	41,4	0,2558	0,1794
	0			
7	17	48,3	<i>Under Steer</i>	0,2190
	5			
8	20	55,2	<i>Under SteerError! Bookmark no defined.</i>	0,2547
	0			
9	22	62,1	<i>Under Steer</i>	<i>Under Steer</i>
	5			
10	25	69,0	<i>Under Steer</i>	<i>Under Steer</i>
	0			
11	27	75,9	<i>Under Steer</i>	<i>Under Steer</i>
	5			
12	30	82,8	<i>Under Steer</i>	<i>Under Steer</i>
	0			

Dari tabel diatas menunjukkan bahwa PID-FA memiliki *overshoot* lebih kecil dibandingkan dengan kontrol PID yang dituning tanpa AI, PID-FA mampu mengendalikan kendaraan dibawah kecepatan 62,1 km/h. PID tanpa *tuning* hanya mampu mengendalikan kendaraan dibawah kecepatan 48,3 km/h

4. KESIMPULAN

Hasil PID-FA akan dibandingkan dengan metode PID konvensional dan sistem tanpa kontrol. Kontrol PID-FA didapatkan hasil yang lebih baik, dengan dibuktikan dengan kemampuan mengontrol mobil dengan kecepatan mencapai 69,0 km/h dengan overshoot terkecil, yaitu 0,005071 pada C-RMS Error.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Machrus Ali, Fachrudin, Robandi, I. Nyoman Sutantra, Optimization of Active Steering Control On Vehicle With Steer by Wire System Using Imperialist Competitive Algorithm (ICA), International Conference on Information and Communication Technology- ICoICT^{3rd}, IEEE International Conference, Bali, Mei, 2015, pp.500-503.
- [2] Hernandez J.I., Kuo C.Y., 2003, "Steering Control of Automated Vehicles Using Absolute Positioning GPS and Magnetic Markers" IEEE Transactions On Vehicular Technology, Vol. 52, No.1, January 2003,pp.150-161.
- [3] Hingwe P., Tan H.S., Packard AK., Tomizuka M., 2002, "Linear Parameter Varying Controller for Automated Lane Guidance: Experimental Study on Tractor-Trailers", IEEE Transactions On Control Systems Technology, Vol. 10, No. 6, November 2002, pp.793-806.
- [4] Ahmadi J., Sedigh A.K., Kabgarian M., 2009, Adaptive Vehicle Lateral-Plane Motion Control Using Optimal Tire Friction Forces With Saturation Limits Consideration, IEEE Transactions On Vehicular Technology, Vol. 58, No. 8, October 2009, pp. 4098 – 4107
- [5] Cai L., Rad A. B., Chan W.L., 2007, Genetic Fuzzy Controller for Vehicle Automatic Steering Control, IEEE Transactions On Vehicular Technology, Vol. 56, No. 2, March 2007, pp. 529 – 543
- [6] Yang, X. S. Firefly algorithms for multimodal optimization. Stochastic Algorithms: Foundation and Applications" SAGA 2009. Lecture Notes in Computer Sciences 5792
- [7] Fachrudin, Robandi, I. Sutantra, N, Vehicle Stability Control On Steer By Wire System Using Fuzzy Logic, The International Student Conference on Advanced Science and Technology (ICAST), Shandong University, Jinan, China, September, 2011, pp: 23 – 27.
- [8] Machrus Ali, Hendra Kusuma, I Nyoman Sutantra, The Comparison of Optimization for Active Steering Control on Vehicle Using PID Controller Based on Artificial

Seminar Nasional Inovasi Teknologi
UN PGRI Kediri, 22 Februari 2017

ISBN : 978-602-61393-0-6
e-ISSN : 2549-7952

Intelligence Techniques, International
Seminar on Application for Technology
of Information and Communication –
Isemantic, IEEE International
Conference, Semarang, August, 2016,
pp. 18-23