

# Perbandingan Metode Tuning PID pada Pengaturan Kecepatan Parallel Hybrid Electric Vehicle

*by* Yoga Utama

---

**Submission date:** 22-Jun-2022 04:52PM (UTC-0700)

**Submission ID:** 1854709559

**File name:** pada\_Pengaturan\_Kecepatan\_Parallel\_Hybrid\_Electric\_Vehicle.docx (346.31K)

**Word count:** 3577

**Character count:** 20773

## Perbandingan Metode Tuning PID pada Pengaturan Kecepatan *Parallel Hybrid Electric Vehicle*

### *Comparison of PID Tuning Methods for Parallel Hybrid Electric Vehicle Speed Controller*

<sup>1</sup>Yoga Alif Kurnia Utama, <sup>2</sup>Tamaji

<sup>1,2</sup>Universitas Widyakartika, Jl. Sutorejo Prima Utara II/1, Surabaya  
<sup>1</sup>yoga.alif@widyakartika.ac.id, <sup>2</sup>tamajikayadi@gmail.com

**Abstrak** – Parallel Hybrid Electric Vehicle (PHEV) merupakan salah satu jenis kendaraan hibrida dengan sumber tenaga penggerak berupa gabungan antara mesin pembakaran dan motor listrik dengan hubungan secara paralel. Kendaraan ini merupakan salah satu solusi untuk mengurangi pemakaian bahan bakar fosil. Hal ini karena bahan bakar fosil yang dipakai oleh kendaraan saat ini menjadi penyumbang terbesar dalam pencemaran udara di perkotaan. Bahkan, Eropa menargetkan sebanyak 30 juta mobil diganti menjadi kendaraan listrik atau hibrida pada tahun 2030. Oleh karena itu maka penelitian mengenai kendaraan hibrida ini penting dilakukan.

Pada penelitian kali ini, kontrol PID akan digunakan untuk mengatur kecepatan PHEV. PID ini akan dituning dengan menggunakan Ziegler Nichols (ZN), Cohen Coon (CC), dan algoritma kelelawar (BA). Hasil menunjukkan bahwa BA merupakan metode tuning yang terbaik dimana memiliki performansi yang lebih baik dibandingkan dengan metode yang lain.

**Kata kunci** : Algoritma Kelelawar, Tuning PID, Kontrol Kecepatan, PHEV

**Abstract** - Parallel Hybrid Electric Vehicle (PHEV) is a type of hybrid vehicle which have a movement power from combination of a combustion motor and an electric motor with a parallel connection. This vehicle is one solution to reduce the use of fossil fuels. This is because fossil fuels used by motorized vehicles are the biggest contributor to air pollution in urban areas. In fact, Europe is targeting as many as 30 million cars to be replaced by electric or hybrid vehicles by 2030. Therefore, research on hybrid vehicles is important.

In this research, PID control will be used to adjust the speed of PHEV. This PID will be tuned using Ziegler Nichols (ZN), Cohen Coon (CC), and the Bat Algorithm (BA). The results show that BA is the best tuning method which has better performance compared to other methods.

**Keyword** : Bat Algorithm, PID Tuning, Speed Controller, PHEV

## I. PENDAHULUAN

Pada dekade ini, kendaraan transportasi darat yang paling banyak dipakai oleh manusia adalah kendaraan berbahan bakar fosil, seperti bensin, solar, dan lain sebagainya [1]. Kendaraan yang bergerak dengan menggunakan bahan bakar fosil ini memiliki sumber penggerak berupa *internal combustion engine* atau yang biasa disebut mesin pembakaran. Kelemahan terbesar dari kendaraan yang menggunakan mesin pembakaran untuk bergerak adalah polusi udara [2]. Hasil dari mesin pembakaran akan mengeluarkan emisi polutan dimana menjadi salah satu zat yang sangat bertanggung jawab terhadap pemanasan global.

Pemanasan global atau global warming ini merupakan salah satu fenomena dimana suhu di

Bumi baik di daratan, laut, atau udara menjadi meningkat [3]. Hal ini dikarenakan salah satunya emisi gas polutan yang membuat sinar matahari terperangkap di dalam atmosfer bumi. Suhu yang naik akan berakibat fatal bagi kehidupan di bumi, yaitu hasil pertanian rusak karena cuaca yang tidak dapat diprediksi, daratan menjadi banyak yang hilang dikarenakan kenaikan suhu akan mencairkan gletser di kutub yang akan membuat kenaikan muka air laut, dan lain sebagainya.

Selain itu gas polutan akan menyebabkan masalah pernapasan, yaitu pernapasan menjadi terganggu, polusi akan membuat jalan oksigen di dalam terhambat, memicu keguguran, dan autisme, dan lain sebagainya. Bahayanya emisi polutan ini membuat para peneliti berusaha untuk

mencari solusi dalam permasalahan ini. Salas satunya adalah mengganti sumber polutan yaitu kendaraan berbahan bakar fosil menjadi kendaraan yang ramah lingkungan. Kendaraan ramah lingkungan ini disebut kendaraan *hybrid electric vehicle* (HEV) [4].

Saat ini kendaraan HEV menjadi salah satu solusi dalam mengatasi kenaikan gas polutan yang terjadi. Kendaraan HEV ini merupakan kendaraan yang memiliki 2 tenaga penggerak sekaligus yaitu motor listrik dan mesin pembakaran [5]. Jadi sumber energinya berasal dari bensin dan listrik. Dari sini dapat dilihat bahwa penggunaan kendaraan HEV ini akan mengurangi tingkat polusi gas yang terjadi. Hal ini dikarenakan jumlah konsumsi bensin akan berkurang sehingga jumlah polusi akan berkurang pula.

Karena HEV ini memiliki 2 penggerak utama maka terdapat 3 kemungkinan konfigurasi dimana kedua penggerak tersebut dapat berkoordinasi sehingga menghasilkan performa yang bagus. Konfigurasi tersebut adalah konfigurasi *parallel hybrid system*, *series and parallel hybrid system*, dan *series hybrid system*. Masing-masing dari konfigurasi tersebut memiliki kelebihan dan kelemahan masing-masing.

Salah satu performa yang harus dipunyai oleh HEV adalah tahan pada gangguan jalan dan dapat mempertahankan kecepatan yang diinginkan. Gangguan ini bisa bermacam-macam hal mulai dari jalan yang berlubang, gangguan angin, dan lain-lain. Oleh karena itu dibutuhkan sebuah kontrol yang baik untuk membuat HEV dalam mempertahankan kecepatan yang diinginkan.

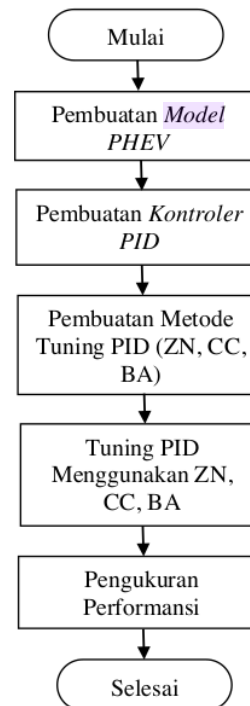
Salah satu solusi hal tersebut adalah penggunaan kontrol PID dalam pengaturan kecepatannya. Hal ini mengingat kontrol PID dapat dengan baik dalam mengontrol sistem, contohnya pengaturan suhu, kelembaban, pergerakan robot, dan lain sebagainya. Salah satu hal yang harus diperhatikan dalam penggunaan kontrol PID adalah penyetelan konstantanya yaitu konstanta P, I, dan D.

Banyak penelitian yang mencari teknik dalam penyetelan (tuning) konstanta P, I, D ini. Salah satunya adalah penggunaan algoritma metaheuristik dimana algoritma ini dapat digunakan untuk mengoptimalkan sebuah parameter di dalam suatu sistem. Penelitian ini akan mencoba untuk membandingkan berbagai metode tuning PID yaitu Metode Ziegler Nichols, Cohen Coon dan Algoritma Metaheuristik yaitu

algoritma kelelawar. Ketiga metode tersebut akan diuji coba pada *Parallel Hybric Electric Vehicle* (PHEV) dengan kriteria perfomansi berupa *Integral of Squared Error* (ISE) [6], *Integral of Absolute Error* (IAE) [7], *Integral of Time Squared Error* (ITSE) [8], dan *Integral of Time Absolute Error* (ITAE) [9].

## II. METODOLOGI

Penelitian ini memiliki beberapa tahapan. Secara lengkap tahapan ini dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini.



31  
Gambar 1. Tahapan Penelitian.

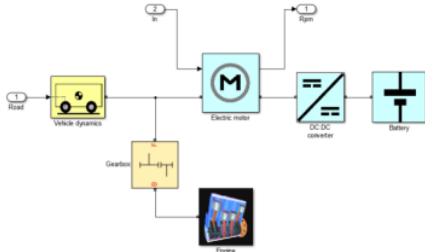
Seperti yang dilihat pada Gambar 1 di atas, maka secara ringkas tahapan penelitian ini meliputi pembuatan model matematika PHEV, lalu dilanjutkan dengan pembuatan simulasi secara utuh dengan ditambah dengan kontrol PID. Kemudian melakukan tuning PID pada simulasi yang telah dibuat menggunakan ZN, CC, dan BA.

Untuk menentukan performa metode tuning PID yang terbaik, maka digunakan kriteria indeks performansi. Dengan melakukan perhitungan indeks performansi maka dapat ditentukan metode tuning PID mana yang terbaik dalam kontrol kecepatan pada PHEV. Seluruh

tahapan ini secara lengkap dijabarkan sebagai berikut:

### 1. Pembuatan Model PHEV

Pertama kali yang dikerjakan pada penelitian ini yakni membuat model matematika PHEV. Model matematika PHEV ini diperlukan sebagai plant dalam kontroler PID yang akan dibuat. Model plant yang digunakan pada penelitian ini sesuai yang ditunjukkan pada Gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Blok Diagram Plant PHEV

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 dibawah atas ini, terlihat bahwa kendaraan dianggap sebagai kendaraan *hybrid* bertipe paralel jika di dalam kendaraan tersebut minimal terdapat 6 hal yaitu *engine*, *gearbox*, *electric motor*, *DC-DC converter*, *battery* dan *vehicle dynamic* [10].

Pada PHEV, *electric motor* dan *engine* merupakan sumber tenaga penggerak pada PHEV. Disini *engine* menjadi penggerak primer dan *electric motor* sebagai penggerak sekunder. Pada kendaraan *hybrid* bertipe paralel maka dua penggerak tersebut harus dihubungkan secara paralel dimana membutuhkan *gearbox* untuk menghubungkannya. Hal ini dikarenakan kedua tenaga penggerak tersebut memiliki 2 poros yang berbeda.

*Engine* mendapatkan sumber energi dari bahan bakar sedangkan *electric motor* mendapatkan energi dari baterai dimana tegangannya akan dinaikkan oleh DC-DC Converter. Kedua tenaga penggerak ini akan saling bekerjasama untuk mendorong PHEV dimana model kendaraan ini terwakili oleh blok *vehicle dynamic*.

### 2. Pembuatan Kontrol PID

Setelah membuat model PHEV maka selanjutnya adalah membuat kontrol PID untuk *plant* PHEV yang telah dibuat.

Persamaan kontrol PID dalam bentuk laplace dijabarkan pada persamaan di bawah ini [11].

$$U(s) = K_p(E(s) + \frac{1}{T_i}E(s) + T_d s E(s))$$

dimana:

$K_p$  = konstanta proporsional

$T_i$  = waktu integral

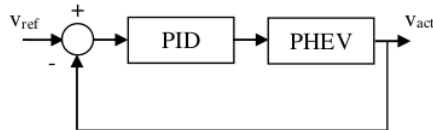
$T_d$  = waktu diferensial

$U(s)$  = sinyal kontrol

$E(s)$  = sinyal error

Fungsi PID disini adalah untuk mengontrol kecepatan PHEV agar sesuai dengan *set point* yang diinginkan. Pada penelitian ini, kecepatan referensi akan dibatasi hanya satu nilai saja yaitu 50 km/jam. Jadi kecepatan referensi tidak berubah-ubah.

Pemilihan konstanta PID penting sekali dalam proses ini karena akan menentukan bentuk respon sistem [12]. Penelitian ini terdapat beberapa batasan masalah, diantaranya adalah PHEV ini dianggap tidak mengalami gangguan jalan apapun, baik dalam bentuk jalan berlubang, hambatan angin, gundukan, dan lain sebagainya. Selain itu penelitian ini menganggap bahwa PHEV hanya berjalan di jalan atau jalur yang lurus saja. Jadi dalam hal ini PHEV tidak akan sama sekali mengalami gangguan di jalan raya. Blok diagram kontrol PID yang digunakan untuk mengatur kecepatan PHEV dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Kontrol PID

### 3. Pembuatan Metode Tuning PID

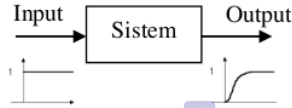
Setelah membuat kontrol PID maka selanjutnya adalah melakukan *tuning* atau pemilihan konstanta PID yang tepat. Penelitian ini akan membandingkan 3 metode dalam melakukan *tuning* PID. Ketiga metode itu adalah sebagai berikut:

#### a. Metode Ziegler Nichols (ZN)

Metode ini merupakan metode tuning PID yang ditemukan oleh Ziegler dan Nichols tahun 1942 [13]. Metode ini memiliki 2 cara dalam melakukan *tuning* PID yaitu metode osilasi dan kurva reaksi.

Perbedaan kedua metode tersebut terletak pada blok diagram sistem apakah loop terbuka atau loop tertutup.

Pada metode kurva reaksi, sistem akan diletakkan pada loop terbuka. Kemudian sistem akan diberikan input fungsi tangga satuan. Karena input ini, sistem akan mengeluarkan respon tertentu. Ini seperti pada Gambar 4 di bawah ini.



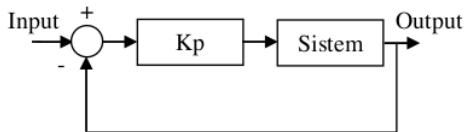
Gambar 4. Metode Kurva Reaksi

Dari respon ini akan dilihat berapa nilai L (dead time) dan T (waktu tunda) kemudian akan dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai konstanta P, I, D. sesuai dengan Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Metode ZN Kurva Reaksi

Tipe	Kp	Ti	Td
P	T/L	~	0
PI	0.9T/L	L/0.3	0
PID	1.2T/L	2L	0.5L

Berbeda dengan metode kurva reaksi, metode isolasi, sistem akan diletakkan pada loop tertutup seperti pada Gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5. Metode Osilasi

Pada metode ini, parameter integrator dibuat menjadi tak terhingga dan parameter diferensial dibuat menjadi 0. Parameter proporsional dinaikkan sedikit demi sedikit sampai respon sistem menjadi berosilasi. Nilai Kp saat ini disebut dengan Ku. Kemudian dari respon ini akan dihitung nilai periode osilasi (Pu) lalu dihitung konstanta P, I, D sesuai dengan Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Metode CC Osilasi

Tipe	Kp	Ti	Td
P	0.5 Ku	~	0
PI	0.45Ku	0.5Pu	0
PID	0.6Ku	0.5Pu	0.125Pu

b. Metode Cohen Coon (CC)

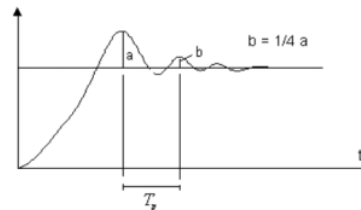
Metode CC ini merupakan metode tuning PID yang hampir mirip dengan metode ZN. Metode ini juga terbagi menjadi 2 yaitu metode kurva reaksi dan metode osilasi. Metode kurva reaksi hampir sama dengan metode ZN, tetapi perhitungan tuning-nya berbeda. Perhitungan CC untuk metode kurva reaksi sesuai dengan Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Tuning PID Metode Kurva Reaksi

Tipe	Kp	Ti	Td
P	$\frac{1}{K} \left( \frac{T}{L} \right) \left[ 1 + \frac{1}{3} \left( \frac{L}{T} \right) \right]$	-	-
PI	$\frac{1}{K} \left( \frac{T}{L} \right) \left[ 0.9 + \frac{1}{12} \left( \frac{L}{T} \right) \right]$	$L \left[ \frac{30 + 3 \left( \frac{L}{T} \right)}{9 + 20 \left( \frac{L}{T} \right)} \right]$	-
PID	$\frac{1}{K} \left( \frac{T}{L} \right) \left[ \frac{4}{3} + \frac{1}{4} \left( \frac{L}{T} \right) \right]$	$L \left[ \frac{32 + 6 \left( \frac{L}{T} \right)}{13 + 8 \left( \frac{L}{T} \right)} \right]$	$\frac{4}{11 + 2 \left( \frac{L}{T} \right)}$

Kemudian untuk metode osilasi, metode CC memiliki kelebihan dibandingkan metode ZN, yakni dapat digunakan untuk plant atau sistem yang tidak diperbolehkan untuk osilasi [14]. Metode CC ini juga dinamakan sebagai metode *quarter amplitude decay*. Sistem tetap akan diletakkan pada loop tertutup dengan blok diagram seperti pada Gambar 5.

Nilai parameter proporsional akan dinaikkan sampai respon sistem berbentuk *quarter amplitude decay*. Respon ini merupakan respon transien dimana amplitudo pertamanya memiliki perbandingan 0.25 dimana waktu yang dibutuhkan antara amplitudo pertama dan kedua adalah sebesar Tp. Bentuk kurva *quarter amplitude decay* seperti pada Gambar 6 dibawah ini.



Gambar 6. Kurva Quarter Amplitude Decay

Setelah nilai-nilai yang dibutuhkan diketahui maka nilai konstanta P, I, D dapat dihitung berdasarkan Tabel 2 sebelumnya, dimana  $T_p$  sama dengan  $P_u$  di Tabel 2.

c. Metode *Bat Algorithm* (BA)

Metode BA ini merupakan salah satu algoritma metaheuristik terbaru yang ditemukan oleh Xin She pada tahun 2012 [15]. Algoritma ini ditemukan dengan melihat kelelawar dalam mencari mangsa. Dalam mencari mangsa, kelelawar harus dapat membedakan makanan dan rintangan.

Selain itu kelewar juga harus dapat memperkirakan jarak terhadap mangsa. Kemampuan kelewar yang kompleks ini disebut *echolocation*. Kemampuan inilah yang diterjemahkan menjadi sebuah algoritma.

BA ini memiliki beberapa persamaan dasar, antara lain sebagai berikut:

$$f_i = f_{min} + (f_{max} - f_{min})\beta_i \quad (1)$$

$$v_i(t) = v_i(t-1) + (x_i(t-1) - x^*)f_i \quad (2)$$

$$x_i(t) = x_i(t-1) + v_i(t) \quad (3)$$

$$x_i(t) = p_i(t-1) + \varepsilon A_i(t-1) \quad (4)$$

$$A_i(t) = \alpha A_i(t-1) \quad (5)$$

$$r_i(t) = r_i(0)[1 - \exp(-\gamma(t-1))] \quad (6)$$

Dimana:

$f_i$  = frekuensi yang dicari

$f_{min}$  = frekuensi yang dicari

$f_{max}$  = frekuensi yang dicari

$\beta$  = vektor acak

$v_i$  = kecepatan yang dicari

$x_i$  = posisi yang dicari

$r_i$  = *pulse rate*

$p_i$  = solusi optimal global

$A_i$  = *loudness*

$\alpha$  = konstanta

$\varepsilon$  = konstanta

$\gamma$  = konstanta

Berikut ini menjelaskan langkah-langkah eksekusi dari algoritma kelelawar standar.

**Langkah 1:**

inisialisasi kecepatan, posisi, serta parameter acak untuk semua kelelawar

untuk menghasilkan frekuensi dengan Persamaan (1).

**Langkah 2:**

*Update* kecepatan dan posisi semua kelelawar dengan Persamaan (2) dan (3).

**Langkah 3:**

Untuk setiap kelelawar, buat angka acak ( $0 < \text{rand1} < 1$ ). Perbarui posisi dan hitung nilai fitness untuk kelelawar yang sesuai dengan Persamaan (4) jika  $\text{rand1} < r_i(t)$ .

**Langkah 4:**

Untuk setiap kelelawar, buat angka acak ( $0 < \text{rand2} < 1$ ). Perbarui  $A_i(t)$  dan  $r_i(t)$  masing-masing dengan Persamaan (5) dan (6), jika  $\text{rand2} < A_i(t)$  dan  $f(x_i(t)) < f(p(t))$ .

**Langkah 5:**

Urutkan setiap individu berdasarkan nilai fitness dan simpan posisi terbaik.

**Langkah 6:**

Kalau kondisi terpenuhi maka algoritma telah selesai, kalau tidak, lanjutkan ke Langkah 2.

4. Pengukuran Performansi

Setelah melakukan pemilihan konstanta PID secara tepat maka diperlukan suatu ukuran yang menentukan bahwa mana metode *tuning* PID yang terbaik. Ada 4 ukuran performansi yang digunakan pada penelitian ini. Keempat ukuran performansi tersebut adalah sebagai berikut:

a. *Integral of Squared Error* (ISE)

Pada kriteria ISE, nilai performansi dihitung dengan mengintegrasikan kuadrat error. Hal ini akan membuat error kecil akan menghasilkan nilai ISE yang besar. Besarnya ISE ini dirumuskan pada persamaan berikut ini.

$$ISE = \int_0^{\infty} \{e(t)\}^2 dt$$

dimana:

ISE = *integral of squared error*

$e(t)$  = nilai error

b. *Integral of Absolute Error* (IAE)

Kriteria IAE adalah hasil integrasi error mutlak yang terjadi. Kriteria ini memiliki respon yang lebih lama dibandingkan dengan ISE. Besarnya IAE ini dirumuskan pada persamaan berikut ini.

$$IAE = \int_0^{\infty} |e(t)| dt$$

dimana:  
 IAE = *integral of absolute error*  
 e(t) = nilai eror

- c. *Integral of Time Squared Error (ITSE)*  
 Kriteria ITSE menambah pengali waktu pada rumus ISE. Semakin lama sistem berjalan diharapkan nilai ITSE semakin kecil. Besarnya ITSE ini dirumuskan pada persamaan berikut ini.

$$ITSE = \int_0^{\infty} t\{e(t)\}^2 dt$$

dimana:  
 ITSE = *integral of time squared error*  
 t = waktu (s)  
 e(t) = nilai eror

- d. *Integral of Time Absolute Error (ITAE)*  
 Kriteria ITAE menambah pengali waktu pada rumus IAE. Disamping itu, kesalahan mutlak juga ikut berpengaruh terhadap kriteria ini. Besarnya ITAE ini dirumuskan pada persamaan berikut ini.

$$ITAE = \int_0^{\infty} t|e(t)| dt$$

dimana:  
 ITAE = *integral of time absolute error*  
 t = waktu (s)  
 e(t) = nilai eror

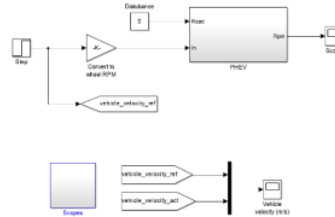
40

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Seperti yang telah dijabarkan sebelumnya, penelitian ini akan membandingkan 3 metode tuning PID untuk pengaturan kecepatan pada PHEV. Pemilihan metode PID yang terbaik akan dilakukan dengan menghitung nilai performansi pada respon sistem yang terbentuk. Kriteria itu meliputi ISE, IAE, ITSE, dan ITAE. Semua metode ini akan dilakukan secara simulasi menggunakan simulink MATLAB R2015A. Hasil dari masing-masing metode yang telah diciptakan adalah sebagai berikut:

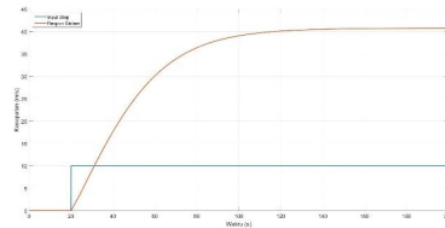
- a. Metode Ziegler Nichols (ZN)

Metode Ziegler Nichols yang dipakai pada penelitian ini menggunakan metode ZN dengan metode kurva reaksi. Pada metode ini, PHEV akan dimasukkan ke dalam blok diagram loop terbuka dengan input berupa input step dengan nilai akhir 10 m/s dengan step time 20 s. Simulasi yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 7 di bawah ini.



Gambar 7. Simulasi Metode Kurva Reaksi

Hasil respon sistem ketika diberi input step dengan parameter seperti diatas dapat dilihat pada Gambar 8 dibawah ini.



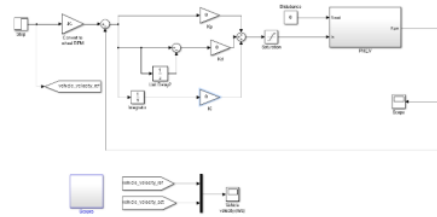
Gambar 8. Respon Sistem Metode Kurva Reaksi

Dari Gambar 8 diatas maka dapat ditentukan dead time L sebesar 0.46 s dan waktu tunda T sebesar 41.47s. Jika kontrol yang digunakan adalah kontrol PID, maka nilai konstanta P, I, dan D menurut rumus di Tabel 1 adalah sebagai berikut:

$$K_p = 1.2T/L = 108.2$$

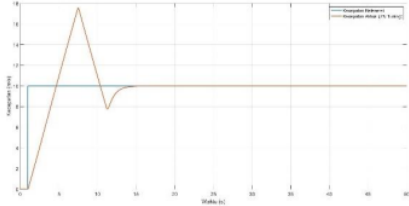
$$K_i = K_p/2L = 117.6$$

$$K_d = K_p \times 0.5L = 24.9$$



Gambar 9. Simulasi Kontrol PID

Dengan memasukkan nilai P, I, dan D pada simulasi kontrol PID seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9 maka sistem akan menghasilkan respon seperti pada Gambar 10 dibawah ini.



Gambar 10. Respon Sistem Kontrol PID Metode ZN

b. Metode Cohen Coon (CC)

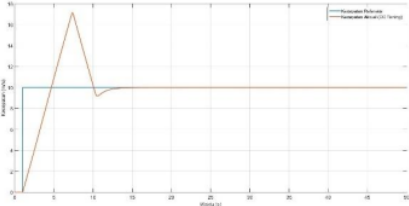
Pada penelitian ini, *tuning* CC yang dipakai adalah metode kurva reaksi. Metode ini sama persis dengan metode kurva reaksi pada metode ZN, tetapi rumus yang dipakai berbeda. Rumus yang dipakai pada metode CC ini sesuai dengan Tabel 3 dengan parameter L dan T sama seperti Metode ZN serta K=1 karena tidak memakai penguatan. Jika pada penelitian ini kita memakai kontrol PID maka perhitungan konstanta PIDnya adalah sebagai berikut.

$$K_p = \frac{1}{K} \left( \frac{T}{L} \right) \left[ \frac{4}{3} + \frac{1}{4} \left( \frac{L}{T} \right) \right] = 120.15$$

$$K_i = K_p / L \left[ \frac{32 + 6 \left( \frac{L}{T} \right)}{13 + 8 \left( \frac{L}{T} \right)} \right] = 106.61$$

$$K_d = K_p \times \frac{4}{11 + 2 \left( \frac{L}{T} \right)} = 43.6$$

Dengan memasukkan nilai P, I, dan D yang telah kita hitung tadi pada simulasi kontrol PID seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9 maka sistem akan menghasilkan respon seperti pada Gambar 11 dibawah ini.



Gambar 11. Respon Sistem Kontrol PID Metode CC

c. Metode Bat Algorithm (BA)

Metode BA ini akan mencari nilai konstanta P, I dan D dengan fungsi objektif berupa nilai ITAE. Nilai eror dihasilkan oleh

kontrol PID diharapkan terjadi seminimal mungkin. Jadi BA akan mencari nilai konstanta P, I, dan D yang akan menghasilkan nilai ITAE yang minimum. Karena metode BA merupakan salah satu algoritma metaheuristik merupakan metode yang khusus dipakai untuk mencari nilai optimal baik maksimum ataupun minimum maka metode BA ini dapat digunakan untuk mencari nilai konstanta PID.

Penelitian ini akan menggunakan BA dengan beberapa parameter sebagai berikut:

1. Jumlah Kelelawar = 25
2.  $f_{min} =$
3.  $f_{maks} =$
4. Iterasi= 5
5.  $\alpha = 0.9$
6.  $\gamma = 0.9$
7.  $\epsilon = 0.5$
8.  $r_1(0) = 0.6$

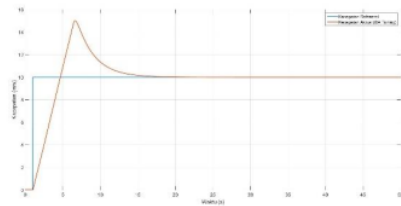
Simulasi yang digunakan pada metode BA ini sama seperti Gambar 9. Ketika dijalankan, maka BA akan melakukan iterasi atau pengulangan, sampai nilai eror mencapai nilai seperti di atas. Hasil dari iterasi ini menghasilkan nilai P, I, dan D sebagai berikut:

$$K_p = 75.13$$

$$K_i = 29.3$$

$$K_d = 52.4$$

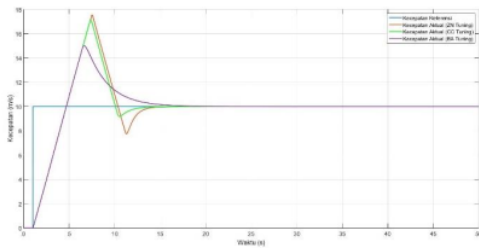
Dengan memasukkan nilai P, I, dan D pada simulasi kontrol PID seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9 maka respon sistem yang dihasilkan seperti pada Gambar 12 dibawah ini.



Gambar 12. Respon Sistem Kontrol PID Metode BA

Jika dari semua metode tersebut, respon sistem dijadikan 1 maka akan menampilkan gambar seperti pada Gambar 13 di bawah ini.





Gambar 13. Respon Sistem Kontrol PID Metode ZN, CC, & BA

Dari 3 metode tersebut, nilai performansi akan dihitung untuk masing-masing metode. Nilai performansi masing-masing metode dapat dilihat pada Tabel 4 dibawah ini:

Tabel 4. Hasil Pengujian

Tipe	IAE	ISE	ITSE	ITAE	Total
ZN	43.7	241.2	1125.7	246.9	1657.5
CC	39.6	221.8	950.7	204.1	1416.2
BA	37.1	180	636.4	193.8	1047.3

Dari Tabel 4 dapat kita lihat bahwa BA memiliki total indeks performansi paling kecil sehingga BA dapat dikatakan merupakan metode tuning PID yang terbaik dalam pengaturan kecepatan PHEV.

#### IV. KESIMPULAN

Pada penelitian ini, kontrol PID digunakan untuk mengatur kecepatan PHEV. Konstanta PID ini akan dituning dengan menggunakan metode Ziegler Nichols (ZN), Cohen Coon (CC), dan algoritma kelelawar (BA). Hasil menunjukkan bahwa BA merupakan metode tuning yang terbaik dimana memiliki indeks performansi yang lebih kecil dibandingkan dengan metode lainnya. Dari sini dapat disimpulkan bahwa algoritma kelelawar merupakan metode tuning PID terbaik diantara metode lainnya dalam pengaturan kecepatan pada PHEV.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama penulis mengucapkan syukur kehadirat Allah SWT, karena berkat dan rahmat-Nya, penelitian yang berjudul "Desain Algoritma Kelelawar sebagai Tuning PID pada Pengaturan Kecepatan Parallel Hybrid Electric Vehicle" dapat terselesaikan dengan baik. Selanjutnya tidak lupa

penulis juga memberikan terima kasih pada Universitas Widya Kartika yang sudah mendukung dalam terselesainya penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rahman. M. Abdul, "Pembuatan Mobil Listrik Untuk Solusi Transportasi Ramah Lingkungan (Mobil Baskara)" *Jurnal Riset Daerah*, vol. 12, no. 2, pp. 1819-1837, 2013.
- [2] Bagas. Ria, and Syaiful, "Efek Pemakaian Low Purity Methanol Terhadap Kepekatan Asap (Smoke Opacity) Pada Mesin Diesel Dengan Sistem EGR" in *Proceedings Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, pp. 7-12, 2013
- [3] Pratama. Riza, and Parinduri. Luthfi, "Penanggulangan Pemanasan Global" *Buletin Utama Teknik*, vol. 15, no. 1, pp. 91-95, 2019.
- [4] Gusnita. Dessy, "Green Transport: Transportasi Ramah Lingkungan Dan Kontribusinya Dalam Mengurangi Polusi Udara" *Berita Dirgantara*, vol. 11, no. 2, pp. 66-71, 2010.
- [5] Enderwati. Anisa, K. Rusdhianto Effendie A., and Fatoni. Ali, "Perancangan Pengaturan Kecepatan pada Simulator Parallel Hybrid Electric Vehicle (PHEV) Menggunakan Metode State Dependent-Linear Quadratic Regulator" *Jurnal Teknik Pomits*, vol. 3, no. 1, pp. 7-12, 2014.
- [6] Sayed. Khairy, Ali. Hossam Hassan, and El-Zohri. Emad H., "An Integral Square Error-Based Model Predictive Controller For Two Area Load Frequency Control" *Advances in Energy Research*, vol. 5, no. 1, pp. 79-90, 2017.
- [7] Purba. Mesrika, Handoko. Susatyo, and Facta. Mochammad, "Aplikasi Optimisasi Koloni Semut Pada Domain Kontinu Untuk Penentuan Parameter PID dalam Kontrol Kecepatan Motor Arus Searah" *Transient*, vol. 5, no. 3, pp. 373-380, 2016.
- [8] Kurniawan. Itmi Hidayat, and Hayat. Latiful, "Perbandingan Metode Tuning PID pada Pengaturan Kecepatan Motor DC Berbasis Programmable Logic Controller" *Techno*, vol. 17, no. 1, pp. 33-42, 2016.
- [9] Gulfar. Muhammad M., et al, "Adaptive Fuzzy Based Optimized Proportional-Integral Controller to Mitigate The Frequency Oscillation of Multi-Area Photovoltaic Thermal System" *International Transactions on Electrical Energy Systems*, vol. 31, no. 1, pp. 1-20, 2020.
- [10] Mathworks Corporate Headquarters, "Parallel Hybrid Transmission" [Online]. Available: <http://www.mathworks.com/help/physmod/sdl/examples/parallel-hybrid-transmission.html>. [Accessed: 19-Mar-2022].
- [11] Wisnu. Danu, Wahjudi. Arif, and Nurhadi. Hendro, "Perancangan Sistem Kontrol PID Untuk Pengendali Sumbu Azimuth Turret Pada Turret-gun Kaliber 20mm" *Jurnal Teknik ITS*, vol. 5, no. 2, pp. 512-516, 2016.
- [12] Athoillah. Muhammad Nasir, et al, "Rancang Bangun Pid Controller Dengan Tuning Ziegler Nichols untuk Pengendalian Posisi Sudut Motor DC" *Jurnal Teknik Elektro*, vol.10, no. 2, pp. 537-545, 2021.
- [13] Gilapasa. Panji Saka, Priyambodo. Sigit, and Subandi. Subandi, "Sistem Pembelajaran Kontrol PID (Proporsional Integral Derivatif) Pada Pengatur Kecepatan Motor DC" *Jurnal Elektrikal*, vol. 3, no. 1, pp. 72-77, 2016.
- [14] Suharti. Profiyanti H., et al, "Aplikasi Tuning Metode Cohen-Coon pada Pengendali pH di Tangki Netralisasi, Unit Pengolahan Limbah" *Eksergi*, vol.16, no. 2, pp. 35-41, 2019.
- [15] Julianto. Veri, "Penerapan Hybrid Bat Algorithm (BA) dengan Differential Evolution (DE) untuk Mengoptimasi Model Multiobjektif" *Jurnal Sains & Informatika*, vol. 2, no. 2, pp. 130-135, 2016.

# Perbandingan Metode Tuning PID pada Pengaturan Kecepatan Parallel Hybrid Electric Vehicle

## ORIGINALITY REPORT

18%

SIMILARITY INDEX

17%

INTERNET SOURCES

5%

PUBLICATIONS

4%

STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES

1	<a href="http://ejournal.unesa.ac.id">ejournal.unesa.ac.id</a> Internet Source	1%
2	<a href="http://repository.its.ac.id">repository.its.ac.id</a> Internet Source	1%
3	<a href="http://jurnal.upi.edu">jurnal.upi.edu</a> Internet Source	1%
4	<a href="http://docplayer.info">docplayer.info</a> Internet Source	1%
5	<a href="http://www.neliti.com">www.neliti.com</a> Internet Source	1%
6	<a href="http://es.scribd.com">es.scribd.com</a> Internet Source	1%
7	Submitted to Higher Education Commission Pakistan Student Paper	1%
8	<a href="http://ejournal3.undip.ac.id">ejournal3.undip.ac.id</a> Internet Source	1%

[jurnalmahasiswa.unesa.ac.id](http://jurnalmahasiswa.unesa.ac.id)

9	Internet Source	1 %
10	<a href="https://repository.uin-suska.ac.id">repository.uin-suska.ac.id</a> Internet Source	1 %
11	<a href="https://journal.akprind.ac.id">journal.akprind.ac.id</a> Internet Source	1 %
12	<a href="https://staffsites.sohag-univ.edu.eg">staffsites.sohag-univ.edu.eg</a> Internet Source	1 %
13	Submitted to Victoria University Student Paper	1 %
14	<a href="https://anstone.wordpress.com">anstone.wordpress.com</a> Internet Source	1 %
15	<a href="https://publikasi.mercubuana.ac.id">publikasi.mercubuana.ac.id</a> Internet Source	1 %
16	<a href="https://publikasiilmiah.unwahas.ac.id">publikasiilmiah.unwahas.ac.id</a> Internet Source	1 %
17	<a href="https://jurnal.uisu.ac.id">jurnal.uisu.ac.id</a> Internet Source	<1 %
18	<a href="https://ejournal.its.ac.id">ejournal.its.ac.id</a> Internet Source	<1 %
19	Submitted to Bolton Institute of Higher Education Student Paper	<1 %
20	<a href="https://jurnal.upnyk.ac.id">jurnal.upnyk.ac.id</a> Internet Source	

<1 %

21

Submitted to Universitas Islam Lamongan

Student Paper

<1 %

22

[jurnalteknik.unisla.ac.id](http://jurnalteknik.unisla.ac.id)

Internet Source

<1 %

23

[core.ac.uk](http://core.ac.uk)

Internet Source

<1 %

24

[www.hindawi.com](http://www.hindawi.com)

Internet Source

<1 %

25

[id.123dok.com](http://id.123dok.com)

Internet Source

<1 %

26

[repo.unand.ac.id](http://repo.unand.ac.id)

Internet Source

<1 %

27

[journal.unismuh.ac.id](http://journal.unismuh.ac.id)

Internet Source

<1 %

28

[rental-genset.com](http://rental-genset.com)

Internet Source

<1 %

29

[baixardoc.com](http://baixardoc.com)

Internet Source

<1 %

30

[docobook.com](http://docobook.com)

Internet Source

<1 %

31

[doku.pub](http://doku.pub)

Internet Source

<1 %

32	<a href="http://ilmugeografi.com">ilmugeografi.com</a> Internet Source	<1 %
33	<a href="http://journals.ukitoraja.ac.id">journals.ukitoraja.ac.id</a> Internet Source	<1 %
34	<a href="http://media.neliti.com">media.neliti.com</a> Internet Source	<1 %
35	<a href="http://repository.ub.ac.id">repository.ub.ac.id</a> Internet Source	<1 %
36	<a href="http://www.ijeei.org">www.ijeei.org</a> Internet Source	<1 %
37	<a href="http://www.ikoma.co.id">www.ikoma.co.id</a> Internet Source	<1 %
38	Bhakti Yudho Suprpto, Afnizar Azmi, Febby Nora, Suci Dwijayanti. "Penalaan Parameter Pengendali PID untuk Pengendalian Kecepatan Motor Arus Searah Menggunakan Metode Algoritma Genetika dan Jaringan Syaraf Tiruan", JRST (Jurnal Riset Sains dan Teknologi), 2020 Publication	<1 %
39	Siti Najwa Ramli, Nurul Nadia Mohammad, Najidah Hambali. "Modelling and Comparative Study of Ziegler Nichols and Takahashi PID Tuning for Time-Varying Water Temperature", 2021 IEEE 12th Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC), 2021	<1 %

40

id.scribd.com

Internet Source

<1 %

---

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off