

**PERANCANGAN SISTEM KONTROL *PITCH ANGLE* TURBIN
ANGIN SKALA KECIL BERBASIS *IMPERIALIST COMPETITIVE
ALGORITHM (ICA)***

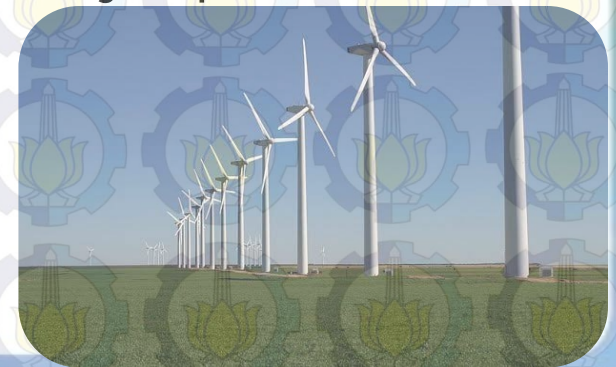
**Akhmad Bakhrul Fauzi
NRP. 2410 100 055**

**Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Ali Musyafa', M.sc.**



LATAR BELAKANG

- ❑ Krisis energi dan upaya untuk melakukan usaha pengembangan energi alternatif (EBTKE),
- ❑ Sistem Konversi Energi Angin (SKEA). Turbin Angin Skala kecil.
- ❑ Energi listrik yang dihasilkan oleh turbin angin bergantung pada daya mekanik yang bersumber dari masukan energi kinetik angin.
- ❑ Terdapat beberapa variabel yang mempengaruhi besaran daya mekanik turbin diantaranya adalah koefisien daya (C_p). Nilai dari koefisien daya dipengaruhi oleh kecepatan angin, sudut *pitch*, dan kecepatan rotor dari turbin.
- ❑ Diperlukan sistem kontrol turbin angin. salah satunya sistem kontrol sudut *pitch* turbin angin yang diharapkan dapat mengendalikan kecepatan sudut rotor tetap stabil dan berada pada kerja optimal.



RUMUSAN MASALAH

- Bagaimana merancang sistem kontrol *pitch angle* turbin angin skala kecil berbasis *Imperialist Competitive Algorithm* (ICA)?
- Bagaimana performansi sistem kontrol ICA terhadap sistem kontrol *pitch angle* turbin angin skala kecil yang dirancang?

TUJUAN PENELITIAN

- Merancang sistem kontrol pada *pitch angle* turbin angin skala kecil berbasis *Imperialist Competitive Algorithm* (ICA).
- Menganalisa performansi sistem kontrol pada *pitch angle* turbin angin skala kecil berbasis *Imperialist Competitive Algorithm* (ICA) yang telah dirancang.

BATASAN MASALAH

- Turbin yang digunakan bahan studi adalah prototipe turbin skala kecil yang dibuat oleh peneliti sebelumnya Farid R.M, pada tahun 2011, yaitu turbin dengan tipe bilah NREL S38n.
- Sistem kontrol *pitch angle* turbin angin dirancang berdasarkan kontrol kecepatan putar rotor turbin angin. Kecepatan rotor yang maksimal diperoleh dengan sudut optimal pada kecepatan angin tertentu. Kecepatan angin yang digunakan adalah kecepatan angin pada rentang 2.8 m/s - 7.5 m/s.
- Objek yang dijadikan studi hanya pada bagian mekanik turbin angin
- Penelitian dilakukan dengan simulasi menggunakan Matlab 7.12.0 (R2011a)
- Batas parameter kontrol PID yang digunakan untuk implementasi optimasi ICA adalah nilai K_p (0.50 sampai 1.50), nilai K_i (1.00 sampai 5.00), dan nilai K_d (0.01 sampai 0.10).

Imperialist Competitive Algorithm (ICA)

1. Inisialisasi empire (kerajaan)

$$country = [p_1, p_2, p_3, \dots, p_{N_{var}}] \quad cost = f(country) = f(p_1, p_2, p_3, \dots, p_{N_{var}})$$

$$C_n = c_n - \min_i \{c_i\} \quad N.C_n = \text{round}\{p_n N_{col}\} \quad p_n = \left| \frac{c_n}{\sum_{i=1}^{N_{imp}} c_i} \right|$$

2. Pergerakan Koloni sebuah kerajaan menuju Imperialist

3. Pertukaran posisi antara Imperialist dengan Koloni

4. Kekuatan total dari sebuah empire

$$T.C_n = \text{Cost}(\text{Imperialist}_n) + \xi \text{mean}\{\text{cost}(\text{colonies of empire}_n)\}$$

5. Kompetisi imperialist (Imperialist Competition)

6. Eliminasi empire terlemah

7. konvergensi

PEMODELAN MATEMATIKA PLANT TURBIN ANGIN

Linearisasi Dinamika Turbin Angin

$$J_t \Delta \dot{\omega} = \frac{\partial \dot{\omega}}{\partial u} \Delta v + \frac{\partial \dot{\omega}}{\partial \omega} \Delta \omega + \frac{\partial \dot{\omega}}{\partial \beta} \Delta \beta$$

$$J_t \Delta \dot{\omega} = \alpha \Delta v + \gamma \Delta \omega + \delta \Delta \beta$$

$$\Delta \beta(t) = K_p \Delta \omega(t) + K_I \int \Delta \omega(t) dt + K_D \Delta \dot{\omega}(t)$$

Transformasi Laplace

$$J_t s \Delta \omega(s) = \alpha \Delta v(s) + \gamma \Delta \omega(s) + \delta \Delta \beta(s)$$

$$\Delta \omega(s) = \left[\frac{\alpha}{J_t} \Delta v(s) + \frac{\delta}{J_t} \Delta \beta(s) \right] \frac{1}{s - \frac{\gamma}{J_t}}$$

$$\Delta \beta(s) = K_p \Delta \omega(s) + K_I \frac{1}{s} \Delta \omega(s) + K_D s \Delta \omega(s)$$

$$F_t(s) = \frac{\Delta \omega(s)}{\Delta v(s)} = \frac{B \delta s}{(1 - B K_D) s^2 + (-A - B K_p) s + (-B K_I)}$$

Parameter Turbin Angin Skala Kecil

Kecepatan angin (m/s)	Sudut pitch Optimal	RPM Maksimum
2.80	10.35	39.58
3.80	10.37	54.28
4.10	13.10	64.38
4.80	10.15	68.96
6.50	13.16	112.83
7.00	16.19	99.02
7.50	10.87	168.09

Parameter	Nilai
Kecepatan angin	4.8 m/s
Beta (pitch angle)	10.15 deg
Kecepatan rotor	68.96 RPM
Panjang Blade	1 m
Momen Inersia rotor	1.297 kgm ²
Densitas Udara	1.25 kg/m ³

Sudut *pitch* optimal untuk kecepatan angin yang berbeda (Farid R.M, 2011)

- Fungsi Transfer Turbin Angin

$$F_t(s) = \frac{\Delta\omega(s)}{\Delta v(s)} = \frac{1.2103s}{s^2 + 0.1816s}$$

- Fungsi Transfer Opto Interrupter (ITR8105)

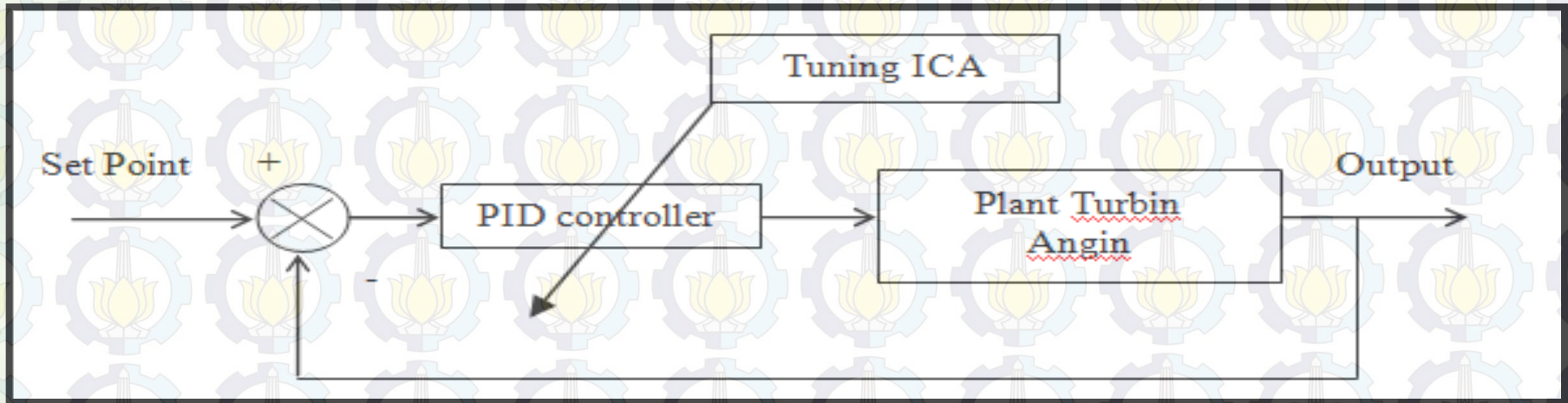
$$\frac{\text{Output}}{\text{Input}} = \frac{K}{\tau s + 1} \quad K = \frac{\text{Span Output}}{\text{Span Input}} = \frac{5-0}{1-0} = 5 \quad F_{\text{opto}} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} = \frac{5}{0.01s + 1}$$

- Fungsi Transfer Keseluruhan Plant Turbin Angin

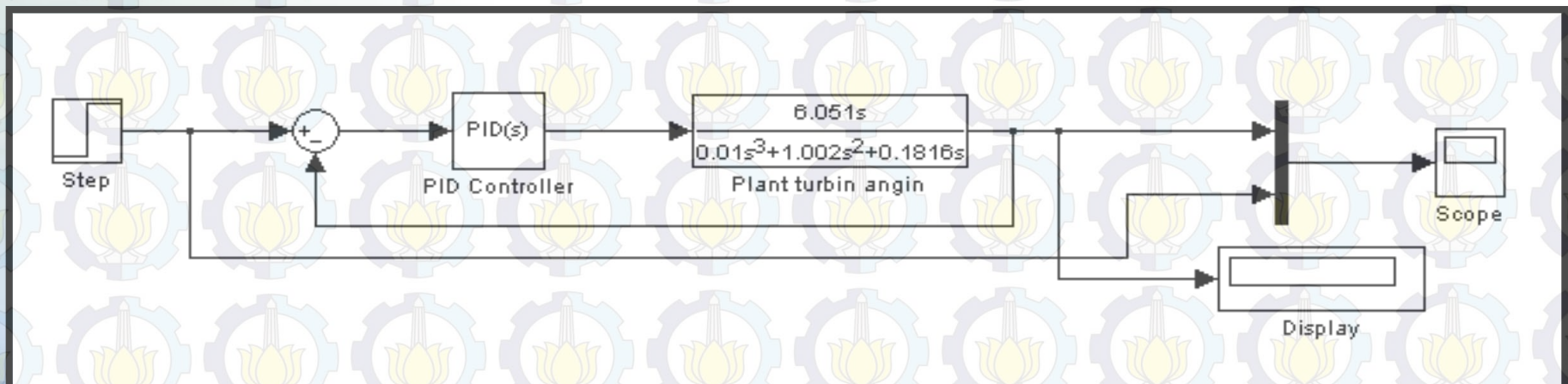
$$F_T(s) = \frac{\Delta\omega(s)}{\Delta v(s)} = \frac{6.051s}{0.01s^2 + 1.002s^2 + 0.1816s}$$

Perancangan Sistem Kontrol *Pitch Angle* Turbin Angin Skala Kecil Berbasis *Imperialist Competitive Algorithm* (ICA)

Diagram blok sistem kontrol berbasis ICA



Desain simulasi sistem kontrol pada Simulink Matlab 7.12.0 (R2011a).

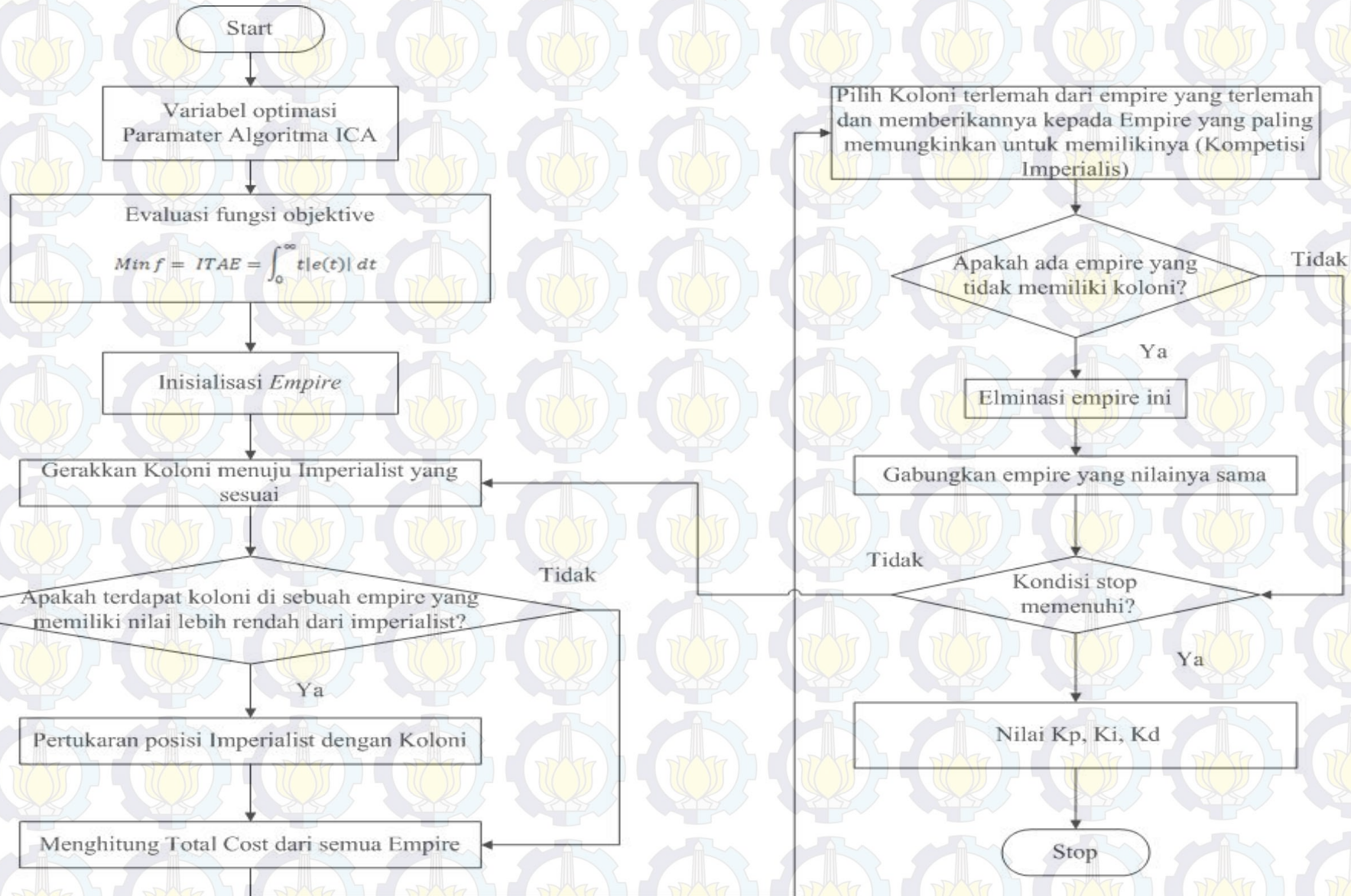


Tuning PID Menggunakan Optimasi Imperialist Competitive Algorithm (ICA)

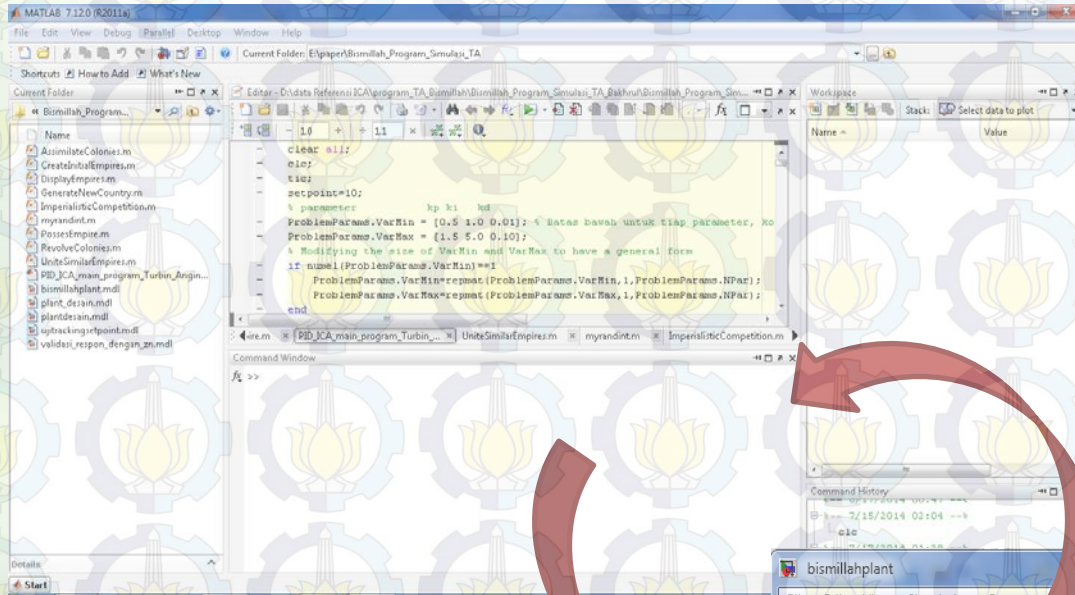
Parameter Optimasi Imperialist Competitive Algorithm

Parameter	Nilai
Jumlah Negara	50.00
Jumlah imperialis awal	5.00
Jumlah koloni	45.00
Dekade	50.00
Kecepatan Revolusi	0.30
Asimilasi (β)	2.00
Sudut Asimilasi (γ)	0.50
Zetta (ξ)	0.02
Kp	0.50 s/d 1.50
Ki	1.00 s/d 5.00
Kd	0.01 s/d 0.10

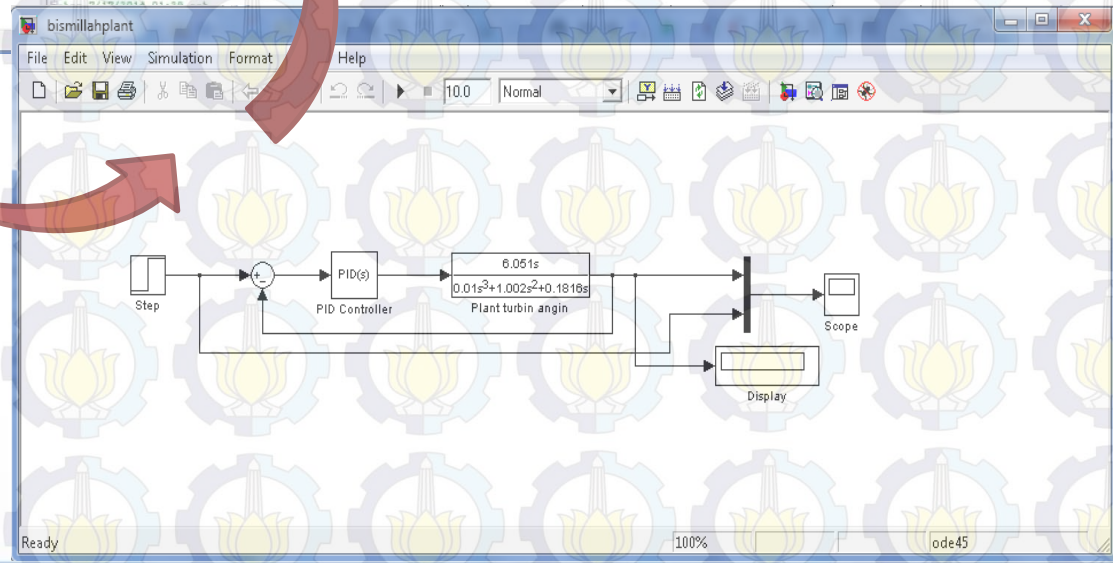
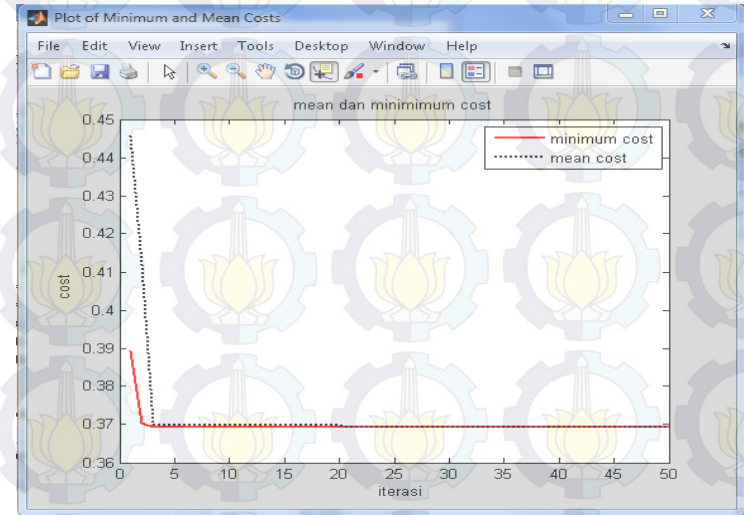
flowchart optimasi kontrol PID berbasis Imperialist Competitive Algorithm (ICA)



Tuning PID Menggunakan Optimasi Imperialist Competitive Algorithm (ICA)



```
clear all;
close;
tic;
setpoint=10;
% parameter
% ProblemParams.VarMin = (0.5 1.0 0.01); % Batas bawah untuk tiap parameter, Xo
% ProblemParams.VarMax = (1.5 5.0 0.10);
% Modifying the size of VarMin and VarMax to have a general form
if numel(ProblemParams.VarMin)==1
    ProblemParams.VarMin= repmat(ProblemParams.VarMin, 1, ProblemParams.NParam);
    ProblemParams.VarMax= repmat(ProblemParams.VarMax, 1, ProblemParams.NParam);
end
```

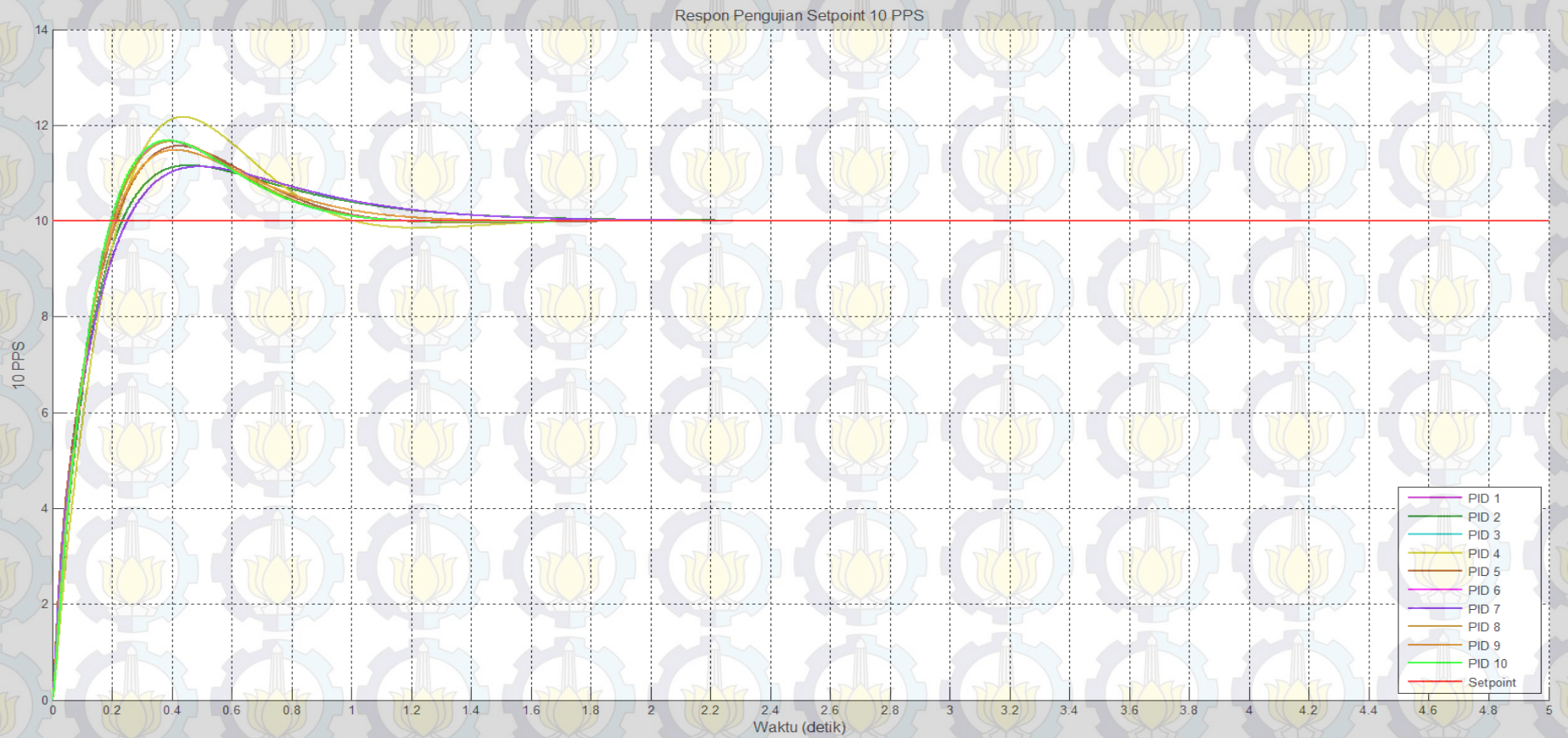


K_p, K_i, K_d

HASIL DAN PEMBAHASAN

- Pengujian *setpoint* ini dilakukan dengan tiga kondisi *setpoint* yang merepresentasikan variasi kecepatan putar rotor turbin angin, kecepatan putar rotor berupa nilai pulsa pps (*pulse per second*).
- Tiga nilai setpoint adalah 10 pps, 20 pps, dan 40 pps, yang masing-masing ketiganya mewakili untuk kecepatan rendah, sedang, dan tinggi.
- Setiap *setpoint* dilakukan pengambilan data sebanyak 10 kali pengambilan data menggunakan optimasi ICA
- Analisa dilakukan berdasarkan data kuantitatif berupa nilai minimum ITAE, dan data kualitatif yang berdasarkan *maximum overshoot*, dan *settling time* kriteria 2% dari respon.

Respon Hasil Uji *Setpoint* Sebesar 10 PPS



Respon hasil uji setpoint 10 pps pada pengambilan data sebanyak 10 kali pada sistem kontrol yang dirancang menggunakan ICA