

*Traction Control pada Parallel
Hybrid Electric Vehicle (HEV)
dengan Menggunakan
Metode Kontrol Neuro-Fuzzy
Prediktif*

Bayu Prasetyo Wibowo

2210100139

Bidang Studi Teknik Sistem Pengaturan

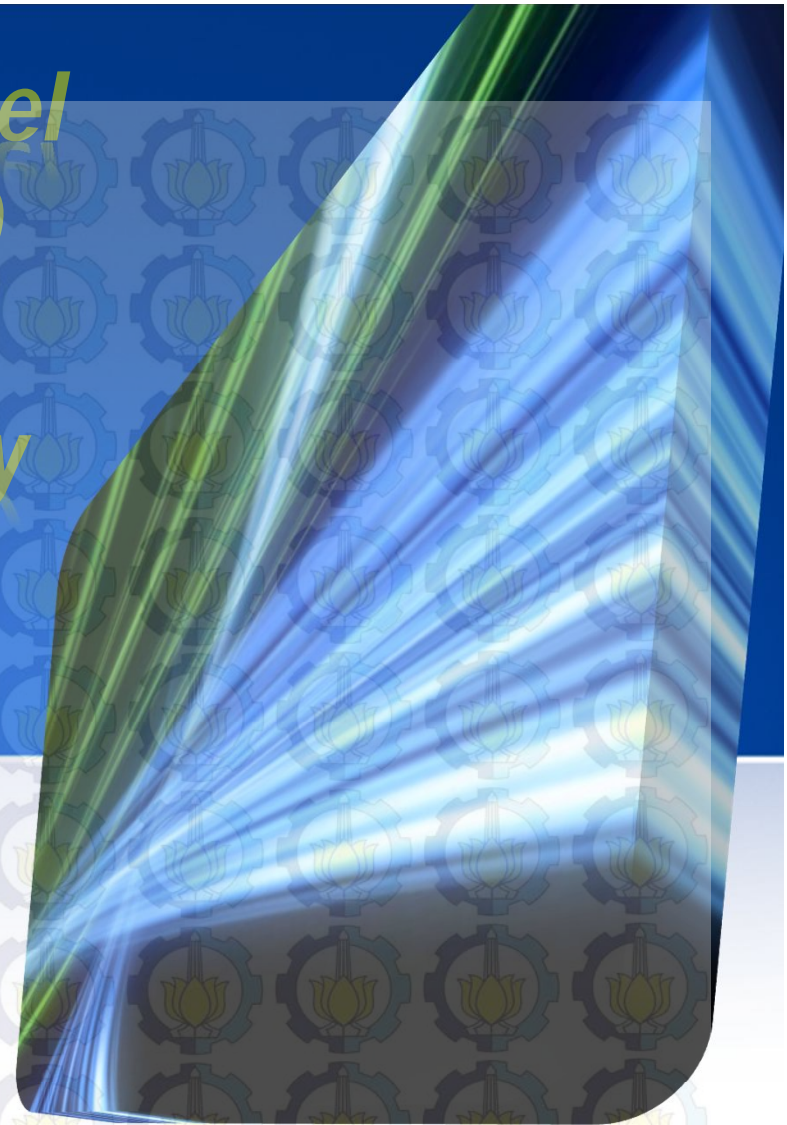
Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2014



Outline



1 Pendahuluan

2 Deskripsi Sistem

3 Perancangan Sistem

4 Pengujian dan Analisis Sistem

5 Kesimpulan

Latar Belakang



- Penggunaan bahan bakar minyak yang meningkat menyebabkan krisis energi dan polusi udara
- *Hybrid Electric Vehicle (HEV)* lebih hemat energi dan ramah lingkungan



Rumusan Masalah



- Kemampuan akselerasi pada HEV masih perlu ditingkatkan



Tujuan

- Merancang suatu controller untuk mengatur kecepatan motor listrik untuk meningkatkan akselerasi dari simulator HEV



Batasan Masalah



- Mesin bakar dioperasikan secara manual
- Motor listrik diberikan tegangan dari jala-jala PLN, tidak menggunakan baterai
- Pengaturan traksi simulator HEV dilakukan oleh motor listrik saat keadaan akselerasi



Hybrid Electric Vehicle (HEV)



- Kendaraan yang mengombinasikan *internal combustion engine (ICE)* dan motor listrik

Konfigurasi
HEV

Konfigurasi
Seri

Konfigurasi
Paralel

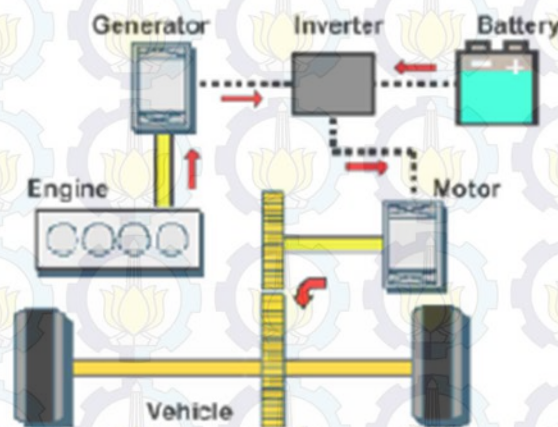


Deskripsi Sistem

Konfigurasi Seri



- Motor listrik berfungsi penuh sebagai penggerak HEV
- Energi yang dihasilkan oleh mesin bakar dikonversikan menjadi energi listrik



Konfigurasi Paralel



- Motor listrik dan motor bakar bisa bekerja secara bergantian maupun bersamaan untuk menggerakkan HEV

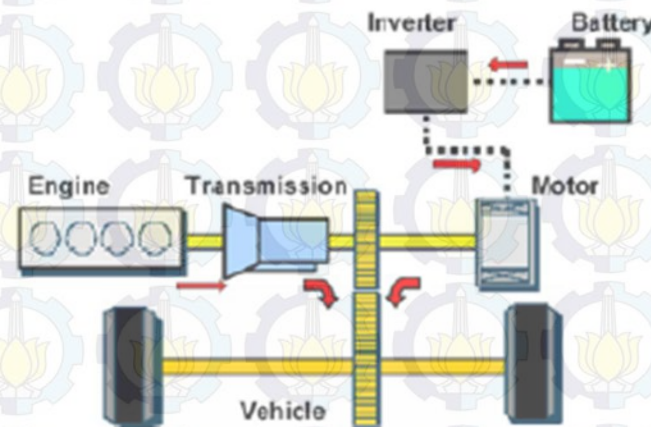
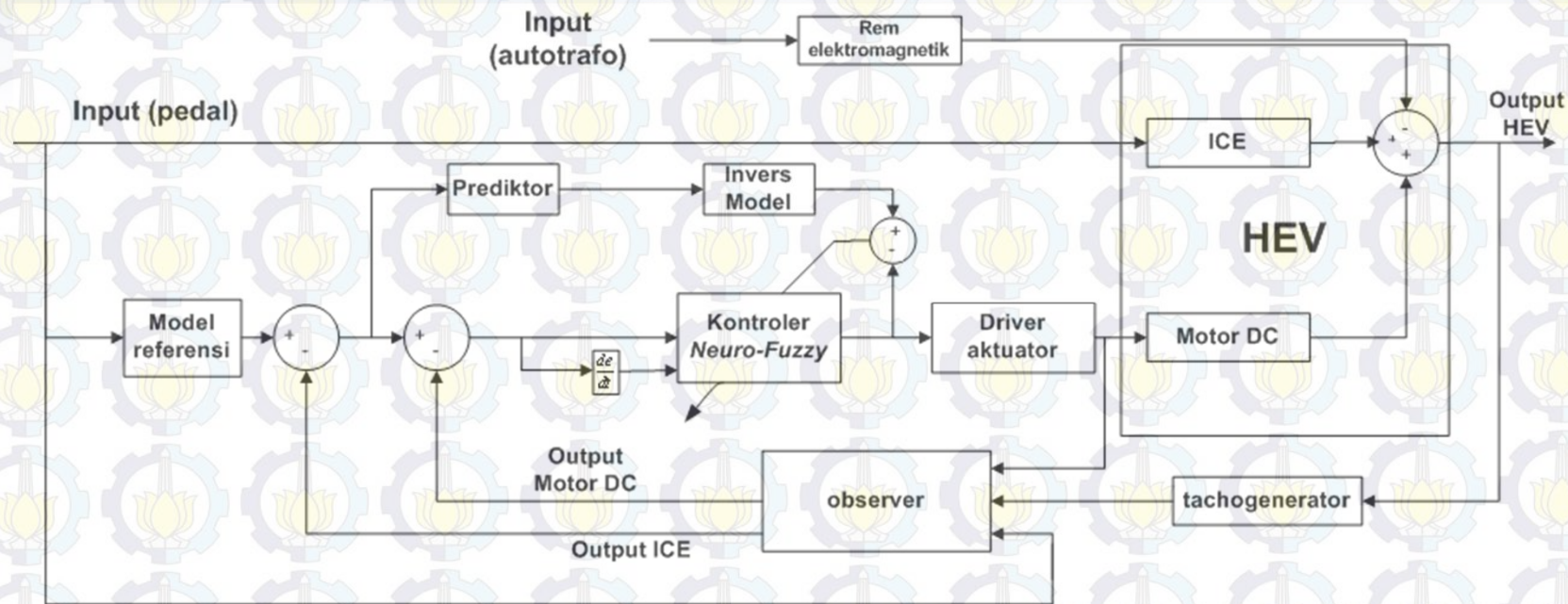
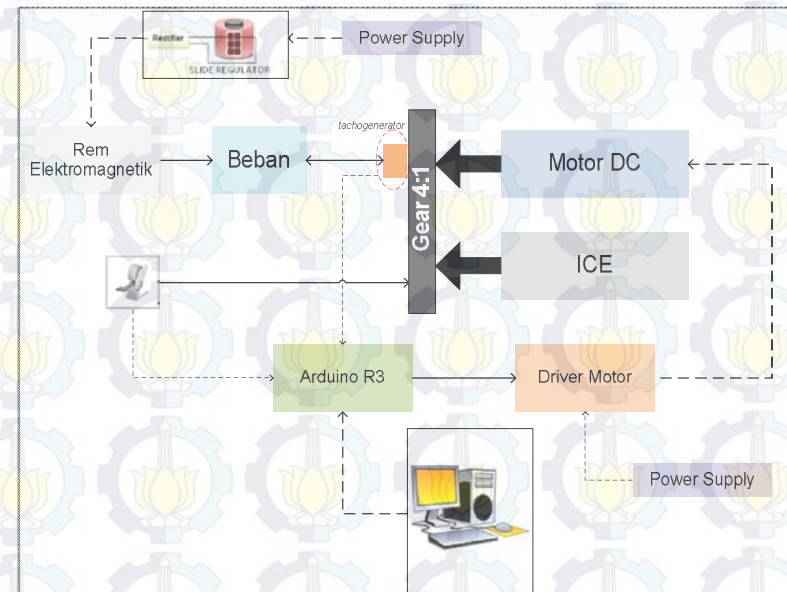


Diagram Blok Sistem



Perancangan Perangkat Keras



Perancangan Sistem

Internal Combustion Engine (ICE)



Spesifikasi

- Jenis : 2 tak
- Bahan bakar : Bensin dan Oli (25:1)
- Kapasitas Silinder : 33,8 cc
- Pemasukan Bahan Bakar : Karburator
- Sistem Starter : Recoil Starter
- Sistem Kopling : Kering, Sentrifugal
- Kecepatan Putar Maksimal : 8000 rpm
- Daya Keluaran : 1,8 HP

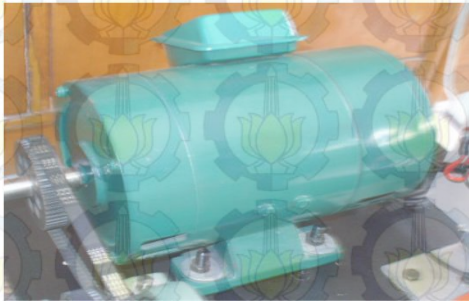


Motor DC



Spesifikasi

- Tegangan Maksimal : 190 V
- Kecepatan Putar Maksimal : 1750 rpm
- Tipe : Seri/Parallel
- Daya Keluaran : 0,5 HP



Transmisi Gear



Perhitungan Perbandingan Gear

$$\omega_A R_A = \omega_B R_B$$

$$\frac{\omega_A}{\omega_B} = \frac{R_B}{R_A}$$

$$\frac{2000}{8000} = \frac{R_B}{R_A}$$

$$\frac{R_A}{R_B} = \frac{4}{1}$$



dimana:

ω_A : kecepatan putar motor DC

ω_B : kecepatan putar ICE

R_A : jari-jari pada poros motor DC

R_B : jari-jari pada poros ICE

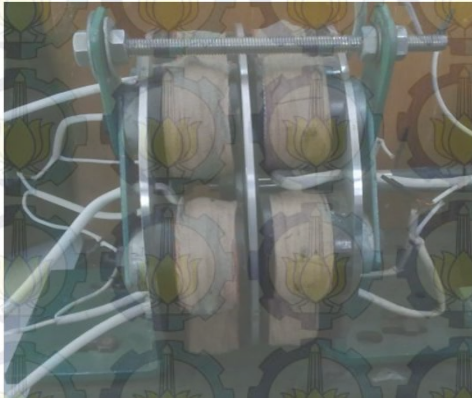


Rem Elektromagnetik



Spesifikasi

- Tegangan Input : 60 – 110 V
- Jumlah Kumputan : 12
- Hub. Antar Kumputan : Seri

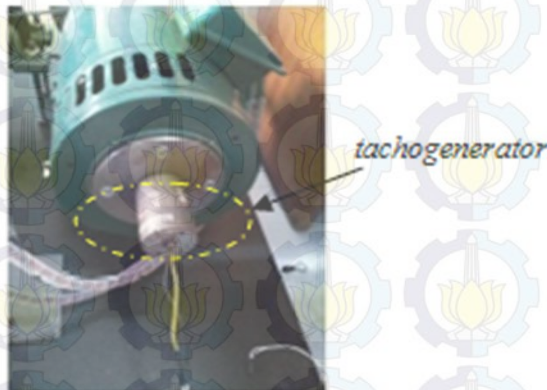


Tachogenerator



Spesifikasi

- Tipe : Brush
- Torsi : 29,9 Nm
- Konstruksi : Magnet Permanen
- Kecepatan Maksimal : 13570 rpm
- Tegangan Kerja : 6 – 24 V
- Daya Keluaran : 7 – 35 W



Sistem Minimum Arduino



Spesifikasi

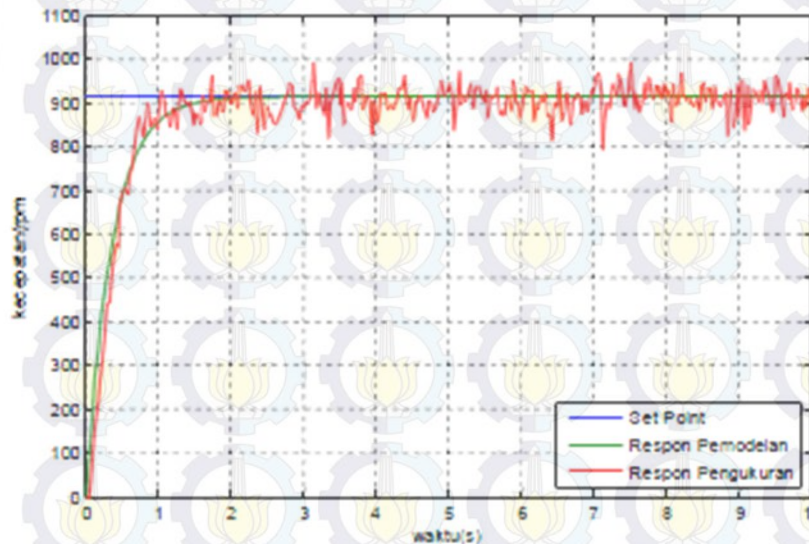
- Mikrokontroler : Atmega 328
- Tegangan Operasi : 5 V
- Pin I/O Digital : 14
- Pin Analog : 6
- Kecepatan Clock : 16 MHz



Identifikasi dan Permodelan Sistem



ICE



Jenis
Beban

Fungsi Alih Plant

Minimal

$$G(s) = \frac{1,302}{(0,312s + 1)^2}$$

Nominal

$$G(s) = \frac{1}{(0,184s + 1)^2}$$

Maksimal

$$G(s) = \frac{0,6}{(0,28s + 1)^2}$$

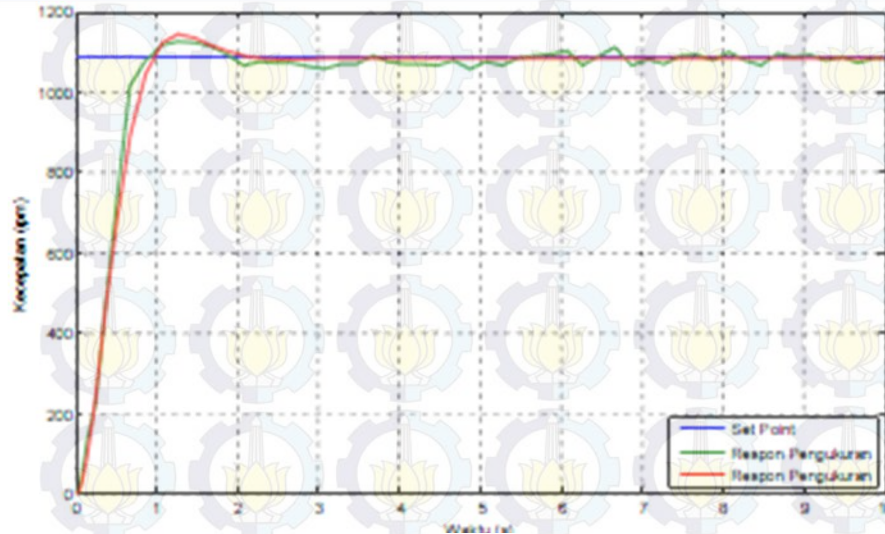


Perancangan Sistem

Identifikasi dan Permodelan Sistem



Motor DC



$$G(s) = \frac{11,01}{(s^2 + 4, \quad + 11,056)}$$



Identifikasi dan Permodelan Sistem



Model Referensi

- ICE memiliki *rise time* ± 1 s dengan *time constant* 0,3726 s
- Model referensi harus memiliki *rise time* dan *time constant* lebih cepat

$$G(s) = \frac{1}{0,2s + 1}$$



Perancangan Kontroler Neuro-Fuzzy



- **Lapisan A**

$$O_{1,1} = 1; O_{2,1} = X_1; O_{3,1} = 1; O_{4,1} = X_2$$

- **Lapisan B**

$$O_{i,2} = 1(w_c) + X_1$$

$$O_{j,2} = 1(w_c) + X_2$$

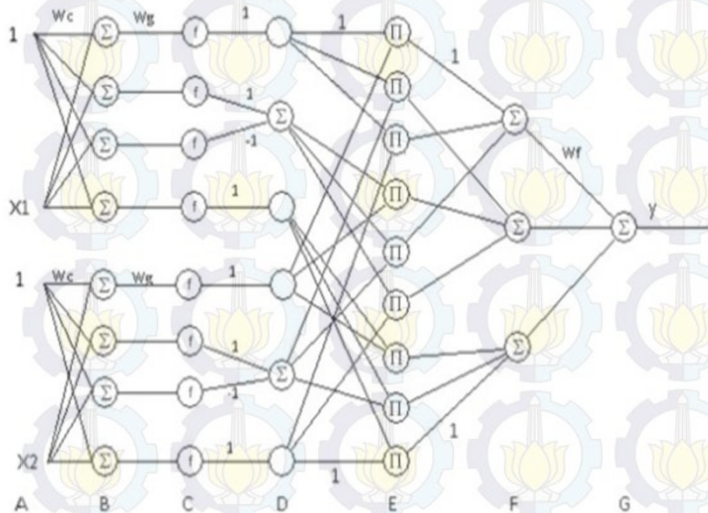
dimana $i = 1, 2, 3, 4$ dan $j = 5, 6, 7, 8$

- **Lapisan C**

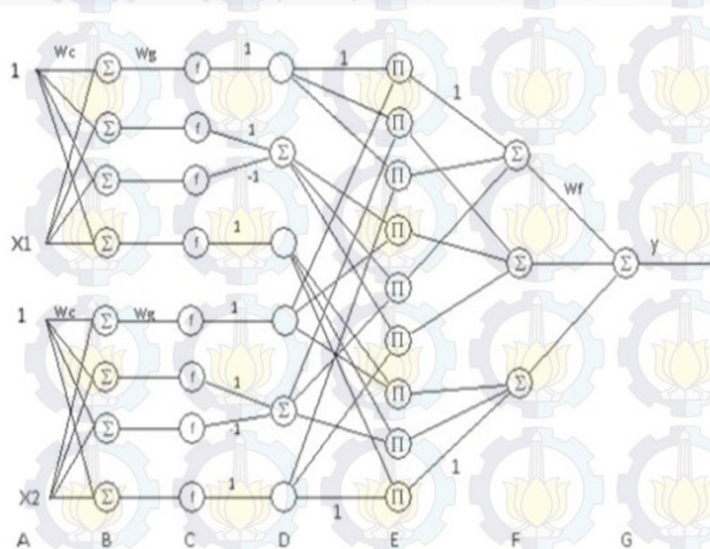
$$O_{i,3} = \frac{1}{1 + e^{-w_g(o_{i,2})}}$$

$$O_{j,3} = \frac{1}{1 + e^{-w_g(o_{j,2})}}$$

dimana $i = 1, 2, 3, 4$ dan $j = 5, 6, 7, 8$



Perancangan Kontroler Neuro-Fuzzy (2)



- **Lapisan D**

$$O_{1,4} = O_{1,3}$$

$$O_{2,4} = O_{2,3} + (-1)O_{3,3}$$

$$O_{3,4} = O_{4,3}$$

- **Lapisan E**

$$O_{i,5} = O_{m,4} \times O_{n,4}$$

dimana $i = 1, 2, 3, \dots, 9$; $m = 1, 2, 3$; $n = 1, 2, 3$

- **Lapisan F**

$$O_{i,6} = \sum_{m=1}^9 O_{m,5}$$

dimana $i = 1, 2, 3$

- **Lapisan G**

$$O_{i,7} = \sum_{i=1}^3 O_{i,6} \times w_f$$



Perancangan *Model Reference Based Invers Model*



$$G(s) = \frac{11,01}{s^2 + 4, + 11,056}$$

Diubah menjadi fungsi alih diskrit dengan *time sampling* = 0,02 s

$$G(z) = \frac{0,00213 + 0,002073}{z^2 - 1,9 + 0,9139}$$

$$y(k) = a_1 y(k-1) - a_2 y(k-2) + b_0 u(k-1) + b_1 u(k-2)$$

$$y(k) = 1,91 y(k-1) - 0,9139 y(k-2) + 0,002137 u(k-1) + 0,002073 u(k-2)$$



Perancangan *Model Reference Based Invers Model* (2)



Persamaan Umum *Invers Model*

$$u(k) = -\frac{1}{b_0} (-y(k+1) + a_1 y(k) - a_2 y(k-1) + b_1 u(k-1))$$

Berlaku untuk *plant* ideal



Perancangan *Model Reference Based Invers Model* (3)



Persamaan *Model Reference Based Invers Model*

$$u(k) = \frac{1}{b_0} \left\{ \left(\frac{\tau}{\tau + T_s} - a_1 \right) y(k) + a_2 y(k-1) - b_1 u(k-1) + \frac{T_s}{\tau + T_s} y_r(k+1) \right\}$$

$$u(k) = -737,793 y(k) + 427,65 (k-1) - 0,9 (k-1) + 311,964(y_r(k+1))$$



Pengujian dan Analisis



- Pengujian ICE Berbeban Nominal Tanpa Bantuan Motor DC
- Pengujian Controller *Neuro-Fuzzy* Terhadap Sinyal Target
- Pengujian Menggunakan Controller *Neuro-Fuzzy* Tanpa Model Prediksi
- Pengujian Menggunakan Controller *Neuro-Fuzzy* Dengan Model Prediksi



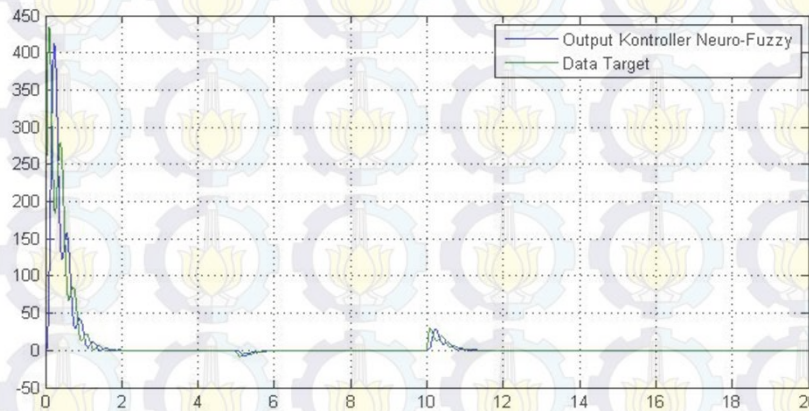
Pengujian ICE Berbeban Nominal Tanpa Bantuan Motor DC



rise time $t_r = 0,8155 s$



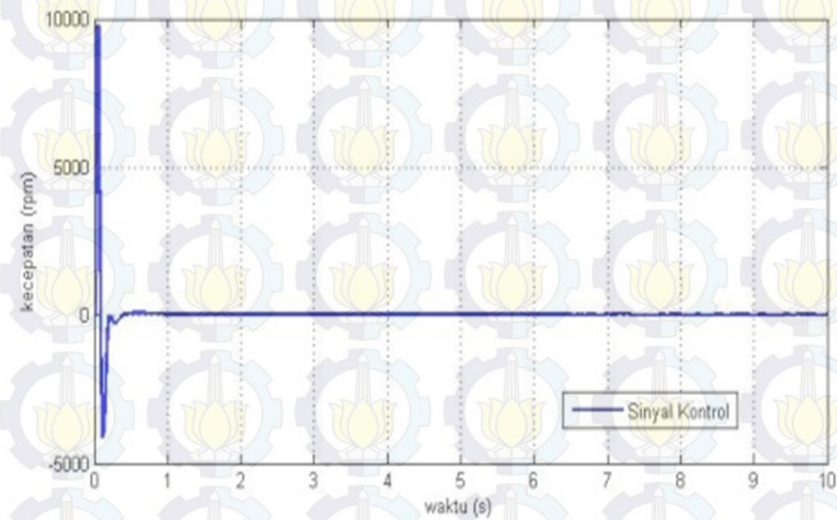
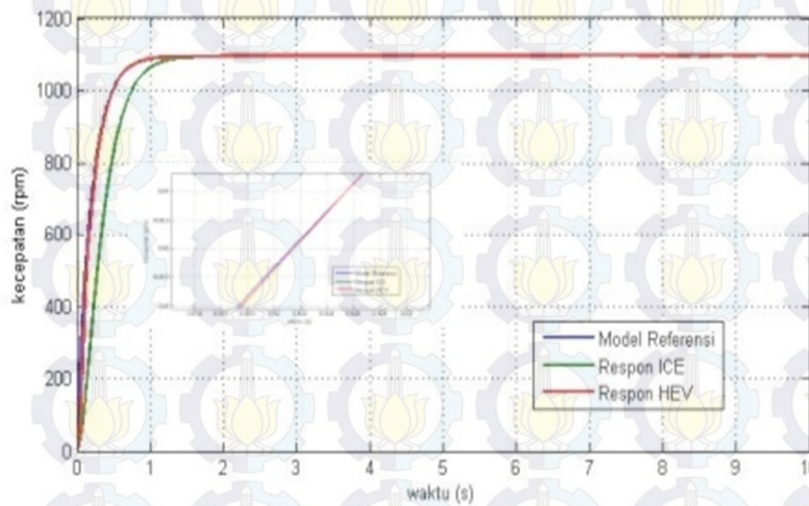
Pengujian Kontroler *Neuro-Fuzzy* Terhadap Sinyal Target



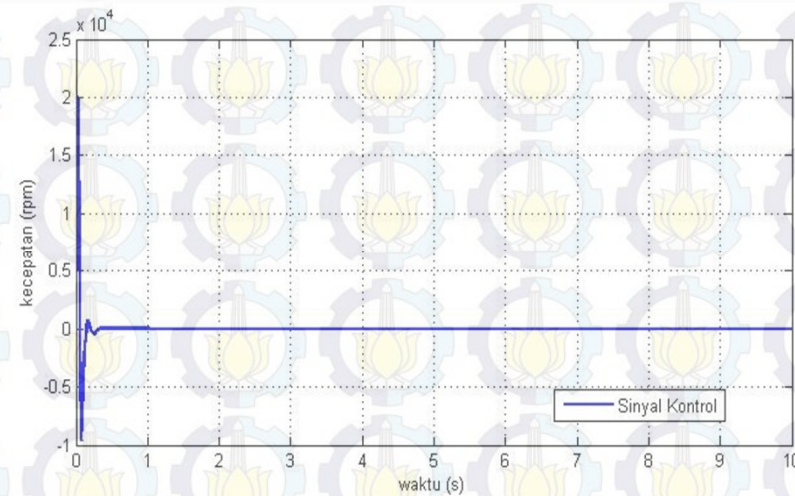
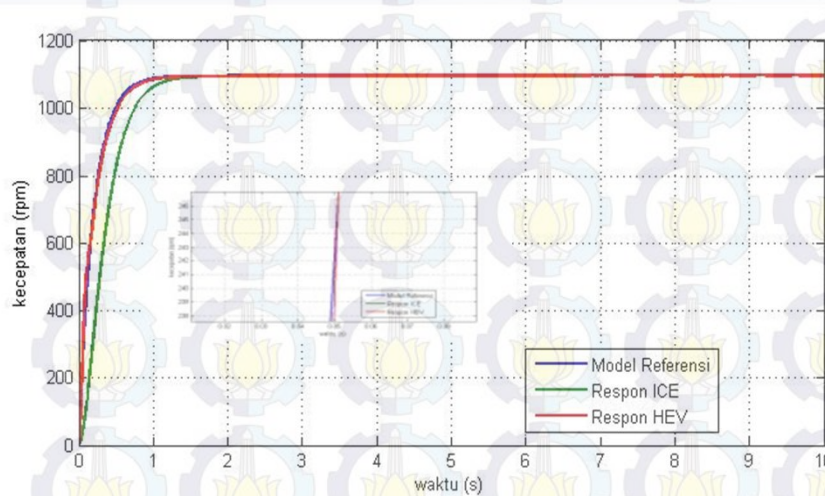
Learning Rate	RMSE
0,0001	19,0753
0,001	17,4782
0,01	15,1365



Pengujian Menggunakan Kontroler Neuro-Fuzzy Tanpa Model Prediksi



Pengujian Menggunakan Controller *Neuro-Fuzzy* Dengan Model Prediksi



Kesimpulan



- Kontroller *Neuro-Fuzzy* mampu mengikuti sinyal *input* dengan rata-rata *error* $\pm 17,42$ poin
- Kontroller *Neuro-Fuzzy* Prediktif mampu mereduksi *error* menjadi $\pm 1\%$ mulai $t=0,051$ s
- Kemampuan mencapai model referensi ditentukan oleh jumlah *prediction horizon* dan *time sampling*. Pada Tugas Akhir ini digunakan prediksi satu langkah ke depan dengan *time sampling* $T_s=0,05$ s

