



*Traction Control pada
Parallel Hybrid Electric Vehicle dengan
Metode Generalized Predictive Control*

Ilmiyah Elrosa Citra R. (2210100125)

Dosen Pembimbing :
Ir. Rusdhianto Effendi A.K,M.T.
Eka Iskandar S.T.,M.T.

Pembahasan

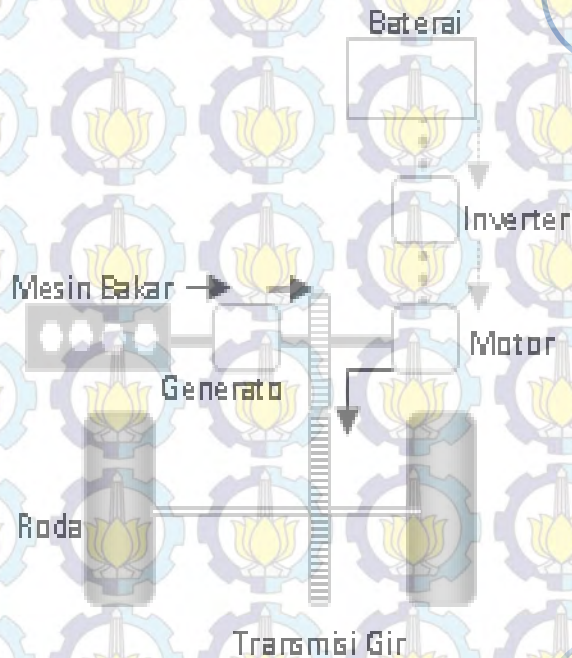
Pendahuluan

Pengenalan Plant dan Metode

Perancangan

simulasi, implementasi, dan analisa

Penutup



Latar
Belakang

Rumusan
Masalah

Tujuan

Pendahuluan

Pengenalan
Plant dan
Metode

Perancangan

simulasi,
implementasi,
dan analisa

Penutup

- Terdapat masalah dalam transportasi
- Peningkatan penggunaan BBM dan emisi gas
- Kendaraan listrik muncul, terdapat kekurangan yaitu waktu berkendara rendah
- Hybrid Electric Vehicle

Latar
Belakang

Rumusan
Masalah

Tujuan

Pendahuluan

Pengenalan
Plant dan
Metode

Perancangan

simulasi,
implementasi,
dan analisa

Penutup

Saat kondisi transien ICE lambat, sehingga dibutuhkan *traction control*, peningkatan akselerasi dengan bantuan motor DC

Latar
Belakang

Rumusan
Masalah

Tujuan

Pendahuluan

Pengenalan
Plant dan
Metode

- Meningkatkan performansi HEV saat keadaan akselerasi.
- Dapat dicapai karena kontroler GPC memiliki kemampuan untuk memprediksi nilai output masa depan, sehingga dapat menghasilkan sinyal kontrol yang sesuai.

Perancangan

simulasi,
implementasi,
dan analisa

Penutup

Simulator HEV

Generalized Predictive Control

Pendahuluan

Pengenalan Plant dan Metode

Perancangan

simulasi, implementasi, dan analisa

Penutup

Motor dc

tachogenerat

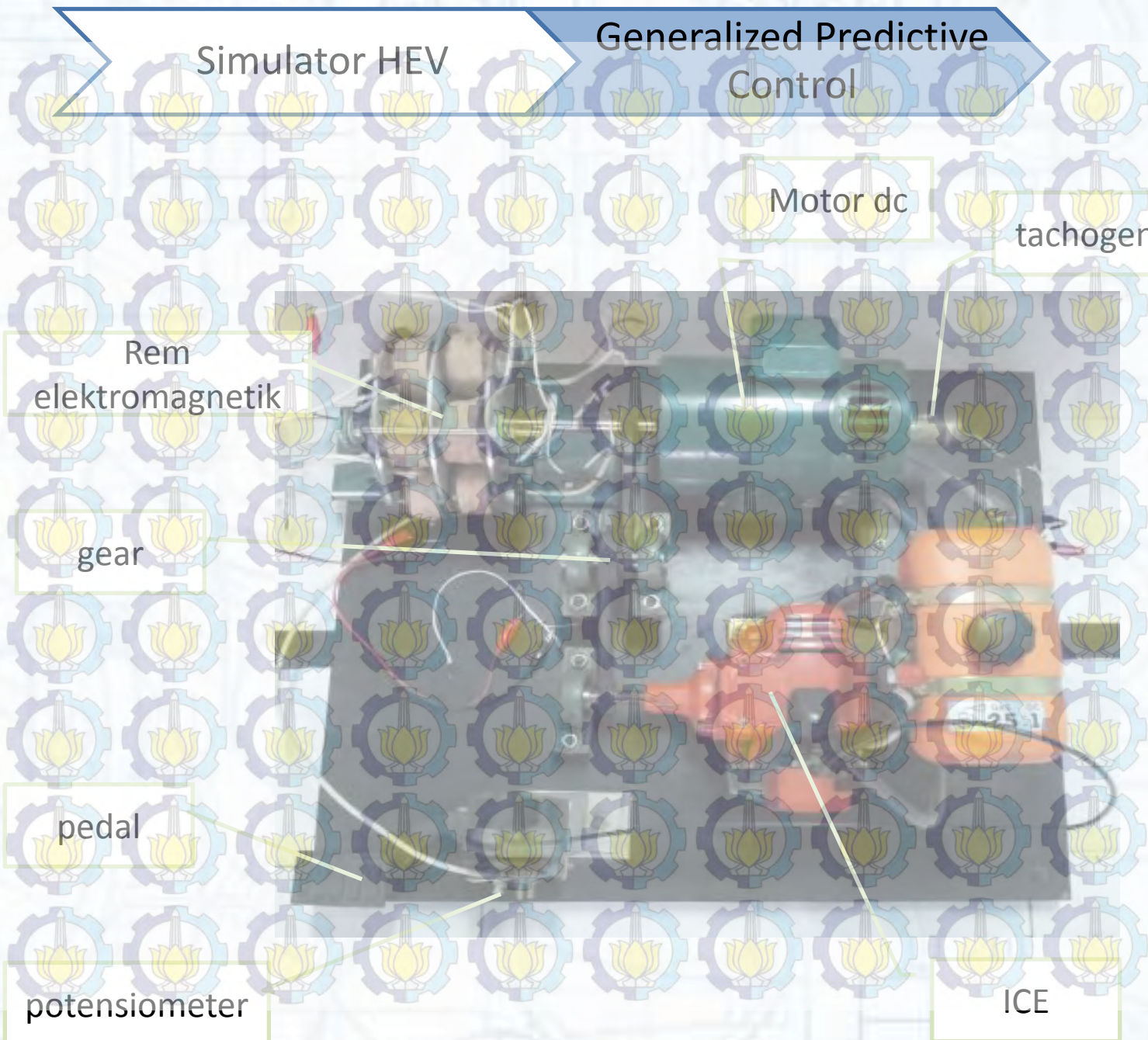
Rem elektromagnetik

gear

pedal

potensiometer

ICE



Simulator HEV

Generalized Predictive Control

Pendahuluan

Pengenalan
Plant dan
Metode

- GPC yang telah diperkenalkan oleh Clarke *et al* [7] banyak digunakan pada proses dalam industri.
- Disebabkan kerana kemampuan pengaturan yang stabil untuk sistem dengan parameter, *dead time*, dan orde model yang berubah ubah.

Perancangan

simulasi,
implementasi,
dan analisa

Penutup

Simulator HEV

Generalized Predictive Control

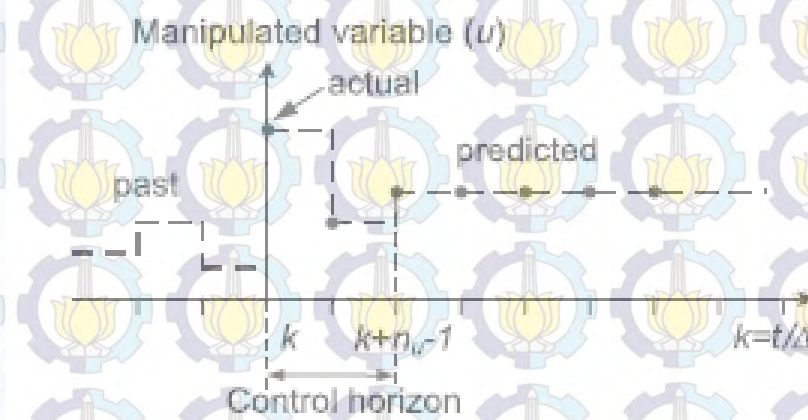
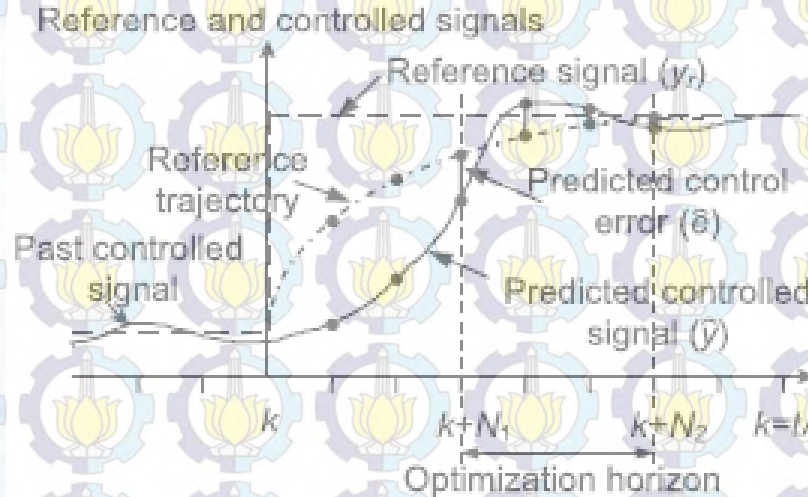
Pendahuluan

Pengenalan Plant dan Metode

Perancangan

simulasi, implementasi, dan analisa

Penutup



Permodelan ICE

Permodelan Motor DC

Model Referensi

Generalized Predictive Control

Pendahuluan

Pengenalan Plant dan Metode

Perancangan

simulasi, implementasi, dan analisa

Penutup



Power Supply

Rem Elektromagnetik

Beban

tachogenerator

Gear 4:1

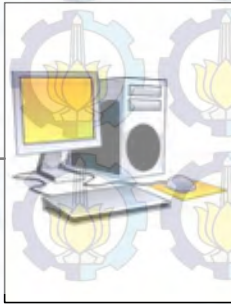
Motor DC

ICE

Arduino R3

Driver Motor

Power Supply



Permodelan
ICE

Permodelan
Motor DC

Model
Referensi

Generalized
Predictive
Control

Pendahuluan

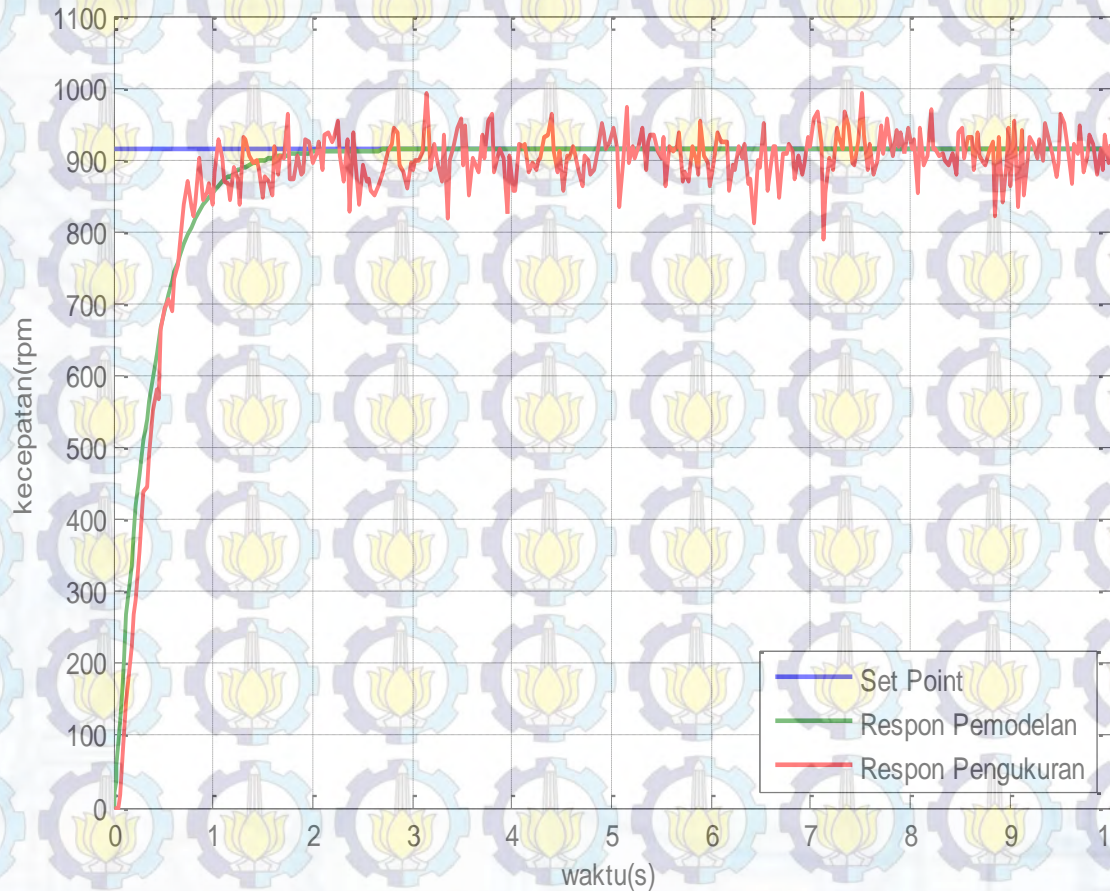
Respon ICE dengan Beban Nominal

Pengenalan
Plant dan
Metode

Perancangan

simulasi,
implementasi,
dan analisa

Penutup



Permodelan
ICE

Permodelan
Motor DC

Model
Referensi

Generalized
Predictive
Control

Pendahuluan

Permodelan beban Nominal ICE

Pengenalan
Plant dan
Metode

Perancangan

simulasi,
implementasi,
dan analisa

Penutup

No	Fungsi Alih <i>Plant</i>	RRMSE(%)
1	$G(s) = \frac{0.946}{(0.17s + 1)^2}$	5.397
2	$G(s) = \frac{0.974}{(0.18s + 1)^2}$	3.852
3	$G(s) = \frac{0.996}{(0.1843s + 1)^2}$	3.576
4	$G(s) = \frac{1}{(0.1848s + 1)^2}$	3.208
5	$G(s) = \frac{1.01}{(0.1858s + 1)^2}$	3.717

Permodelan ICE

Permodelan Motor DC

Model Referensi

Generalized Predictive Control

Pendahuluan

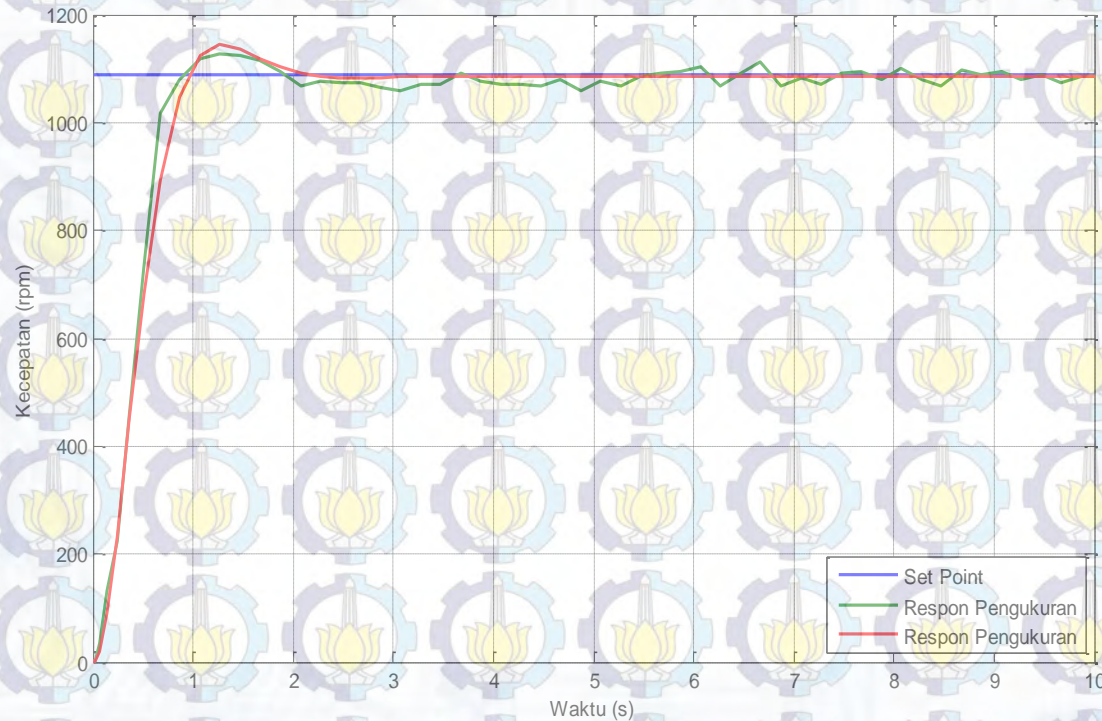
Respon Motor DC

Pengenalan Plant dan Metode

Perancangan

simulasi, implementasi, dan analisa

Penutup



Permodelan
ICE

Permodelan
Motor DC

Model
Referensi

Generalized
Predictive
Control

Pendahuluan

Pengenalan
Plant dan
Metode

Perancangan

simulasi,
implementasi,
dan analisa

Penutup

No	Fungsi Alih Plant	RRMSE(%)
1	$G(s) = \frac{10,98}{(s^2 + 4,8s + 10,975)}$	0,7355
2	$G(s) = \frac{11,09}{(s^2 + 4,52s + 11,087)}$	0,6129
3	$G(s) = \frac{11,2}{(s^2 + 4,49s + 11,17)}$	0,6248
4	$G(s) = \frac{11,01}{(s^2 + 4,5s + 11,056)}$	0,6104
5	$G(s) = \frac{11,35}{(s^2 + 4,54s + 11,29)}$	0,6589

Identifikasi
ICE

Identifikasi
Motor DC

Model
Referensi

Generalized
Predictive
Control

Pendahuluan

Pengenalan
Plant dan
Metode

Perancangan

simulasi,
implementasi,
dan analisa

Penutup

- Didesain tidak memiliki *error steady state* dan memiliki *settling time* yang lebih cepat dibanding ICE.
- Fungsi alih ICE yang memiliki *settling time* ($\pm 5\%$) sebesar 1,2. *settling time* model referensi lebih cepat yaitu 0,6s.

$$T_s(\pm 5\%) = 3\tau$$

$$\tau = 0.2$$

$$G(s) = \frac{1}{0.2s + 1}$$

Identifikasi
ICE

Identifikasi
Motor DC

Model
Referensi

Generalized
Predictive
Control

Pendahuluan

Permodelan Diskrit motor DC

Pengenalan
Plant dan
Metode

ARMA (*AutoRegressive Moving Average*) dengan nilai orde sistem 2, orde input 2 dan *time sampling* sebesar 0.1,

Perancangan

$$y(k) = 1,548y(k-1) - 0,63763y(k-2) + 0,047215u(k-1) - 0,0406226u(k-2)$$

simulasi,
implementasi,
dan analisa

$$A(q^{-1}) = a_1q^{-1} + a_2q^{-2}$$
$$A(q^{-1}) = 0,047215q^{-1} + 0,0406226q^{-2}$$
$$B(q^{-1}) = 1 - b_1q^{-1} + b_2q^{-2}$$
$$B(q^{-1}) = 1 - 1,548q^{-1} + 0,63763q^{-2}$$

Penutup

Identifikasi
ICE

Identifikasi
Motor DC

Model
Referensi

Generalized
Predictive
Control

Pendahuluan

Penentuan Panjang Prediction Horizon

Pengenalan
Plant dan
Metode

- Apabila panjang horizon terlalu pendek, respon akan mendahului model referensi, sedangkan apabila terlalu panjang respon sistem akan lambat.

Perancangan

- Dari model referensi diharapkan respon lebih cepat dari pada sebelumnya, sehingga ditentukan panjang *prediction horizon* sebesar 3.

simulasi,
implementasi,
dan analisa

Penutup

Identifikasi
ICE

Identifikasi
Motor DC

Model
Referensi

Generalized
Predictive
Control

Pendahuluan

Model Output Plant 3 langkah kedepan

Pengenalan
Plant dan
Metode

Perancangan

$$y(k) = b_1 y(k-1) + b_2 y(k-2) + a_1 u(k-1) + a_2 u(k-2)$$

$$y(k+1) = b_1 y(k) + b_2 y(k-1) + a_1 u(k) + a_2 u(k-1)$$

$$y(k+2) = (b_1^2 + b_2) y(k) + b_1 b_2 y(k-1) + a_1 u(k+1) + (b_1 a_1 + a_2) u(k) + b_1 a_2 u(k-1)$$

$$y(k+3) = (b_1^3 + 2b_1 b_2) y(k) + (b_1^2 b_2 + b_2^2) y(k-1) + a_1 u(k+2) + (b_1 a_1 + a_2) u(k+1)$$

$$+ (b_1^2 a_1 + b_2 a_1 + b_1 a_2) u(k) + (b_1^2 b_2 + b_2^2) u(k-1)$$

simulasi,
implementasi,
dan analisa

Penutup

Identifikasi
ICE

Identifikasi
Motor DC

Model
Referensi

Generalized
Predictive
Control

Pendahuluan

$$\hat{\mathbf{y}} = \hat{\mathbf{y}}_{force} + \hat{\mathbf{y}}_{free}$$

$$\begin{bmatrix} \hat{y}(k+1) \\ \hat{y}(k+2) \\ \hat{y}(k+3) \end{bmatrix} = \mathbf{G} \begin{bmatrix} u(k) \\ u(k+1) \\ u(k+2) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \hat{y}_{free}(k+1) \\ \hat{y}_{free}(k+2) \\ \hat{y}_{free}(k+3) \end{bmatrix}$$

Pengenalan
Plant dan
Metode

Dengan

$$\mathbf{G} = \begin{bmatrix} a_1 & 0 & 0 \\ b_1 a_1 + a_2 & a_1 & 0 \\ b_1^2 a_1 + b_2 a_1 + b_1 a_2 & b_1 a_1 + a_2 & a_1 \end{bmatrix};$$

Perancangan

$$\begin{bmatrix} \hat{y}_{free}(k+1) \\ \hat{y}_{free}(k+2) \\ \hat{y}_{free}(k+3) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 & b_2 & a_2 \\ b_1^2 + b_2 & b_1 b_2 & b_1 a_2 \\ b_1^3 + 2b_1 b_2 & b_1^2 b_2 + b_2^2 & b_1^2 b_2 + b_2^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y(k) \\ y(k-1) \\ u(k-1) \end{bmatrix}$$

simulasi,
implementasi,
dan analisa

Sinyal kontrol didapatkan dengan

$$u(k) = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} [\mathbf{G}^T \mathbf{G} + \lambda_u \mathbf{I}]^{-1} \mathbf{G}^T (\mathbf{y}_r - \hat{\mathbf{y}}_{free}); \mathbf{y}_r = \begin{bmatrix} y_{r+1} \\ y_{r+2} \\ y_{r+3} \end{bmatrix}$$

Penutup

Diagram Blok

Pengujian sinyal step

Pengujian sinyal step dengan perubahan amplitudo

implementasi

Pendahuluan

Pengenalan Plant dan Metode

Perancangan

simulasi, implementasi, dan analisa

Penutup

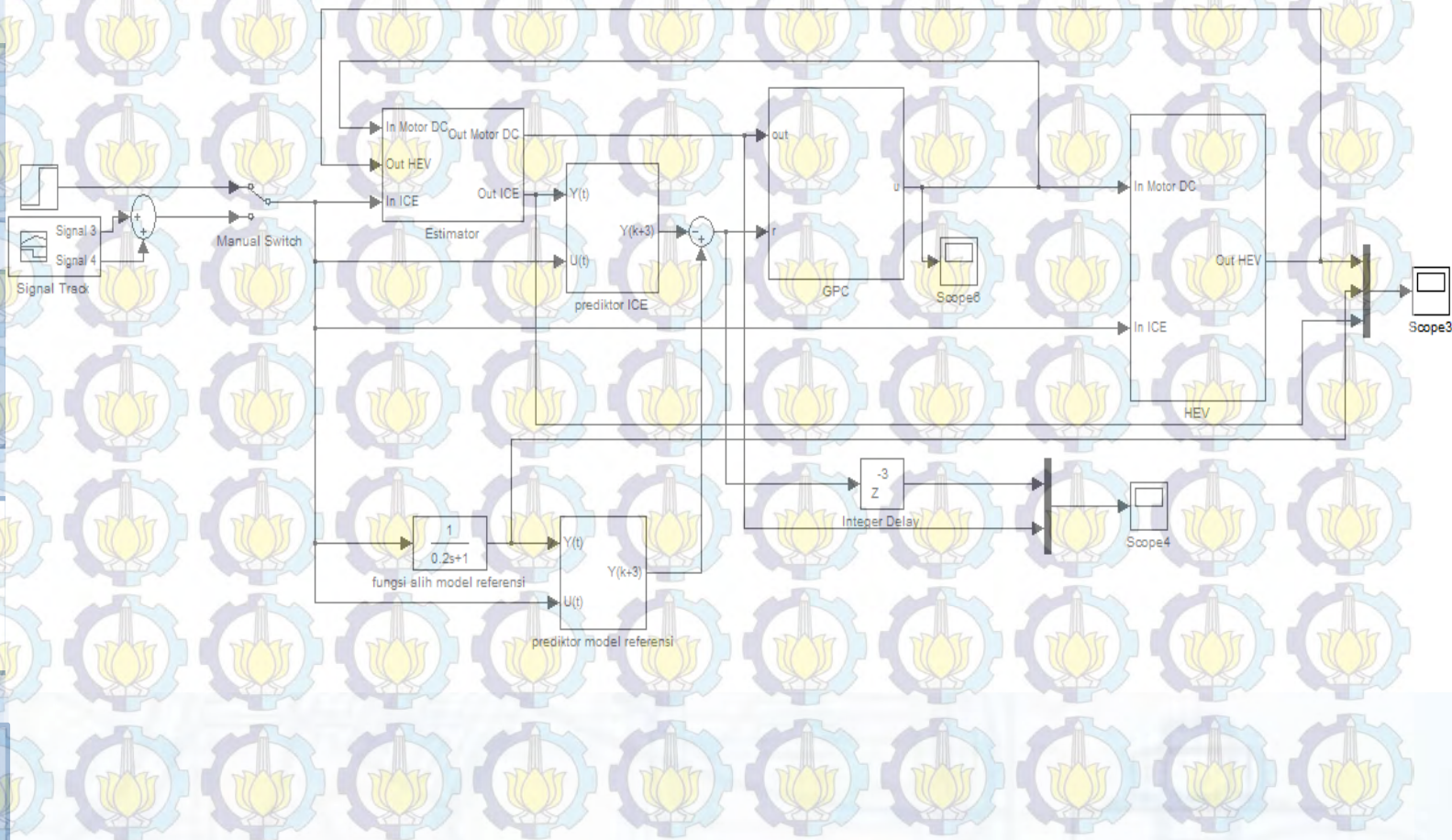


Diagram Blok

Pengujian sinyal step

Pengujian sinyal step dengan perubahan amplitudo

implementasi

Pendahuluan

Pengenalan Plant dan Metode

Perancangan

simulasi, implementasi, dan analisa

Penutup

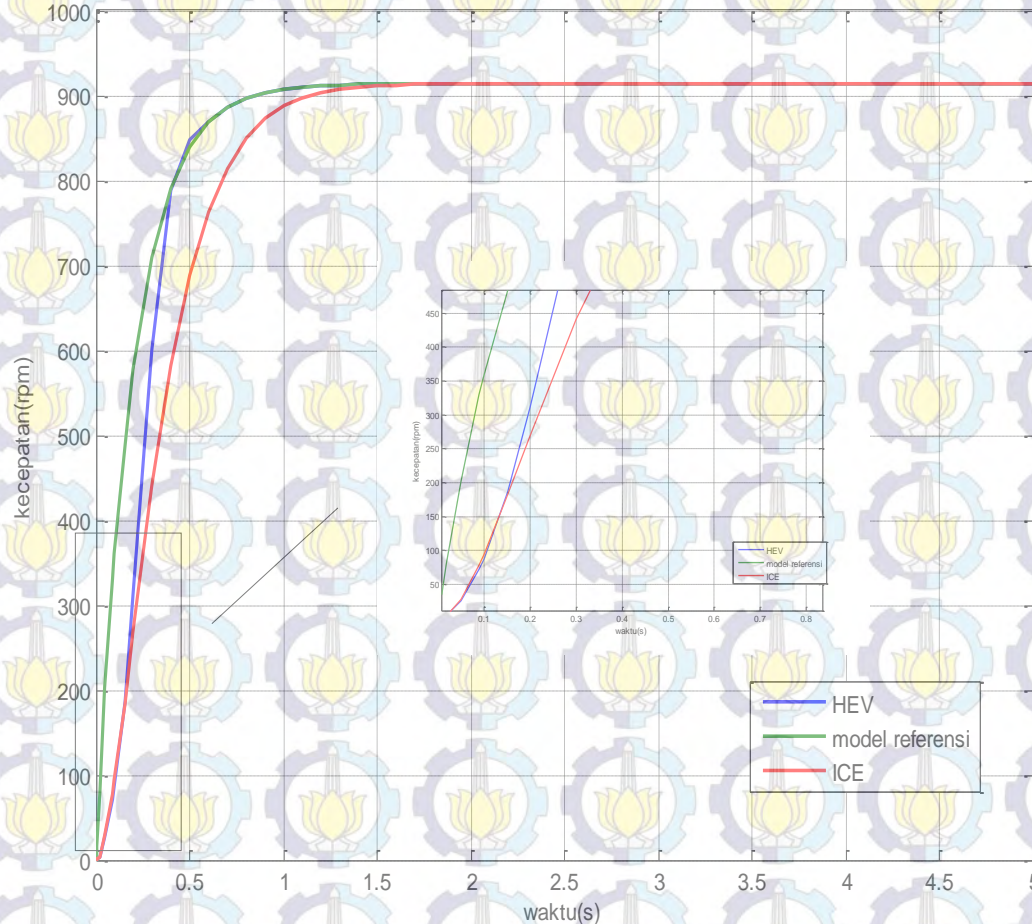


Diagram Blok

Pengujian sinyal step

Pengujian sinyal step dengan perubahan amplitudo

implementasi

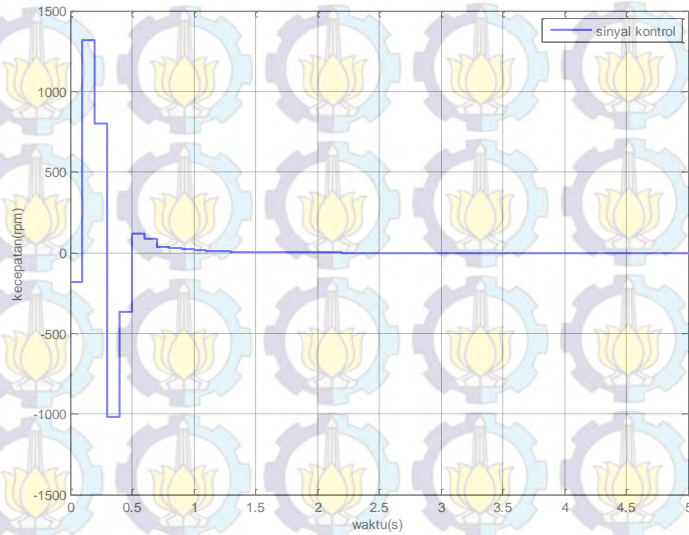
Pendahuluan

Pengenalan Plant dan Metode

Perancangan

simulasi, implementasi, dan analisa

Penutup



Sinyal kontrol GPC

Output motor DC dibanding input referensi kontroler

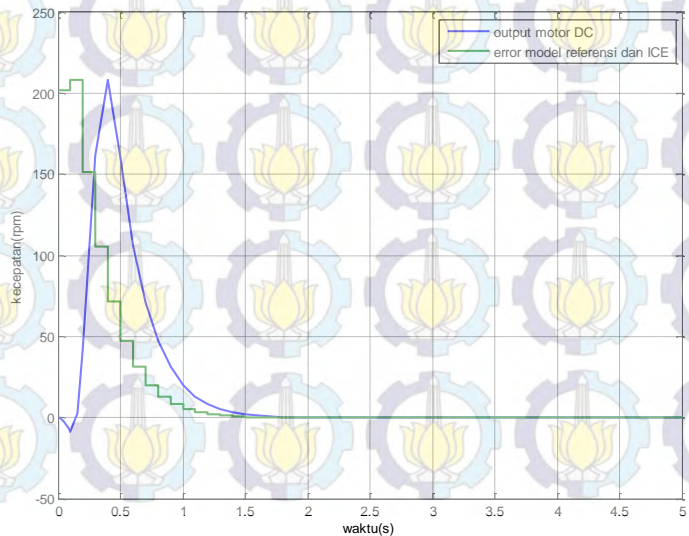


Diagram Blok

Pengujian sinyal step

Pengujian sinyal step dengan perubahan amplitudo

implementasi

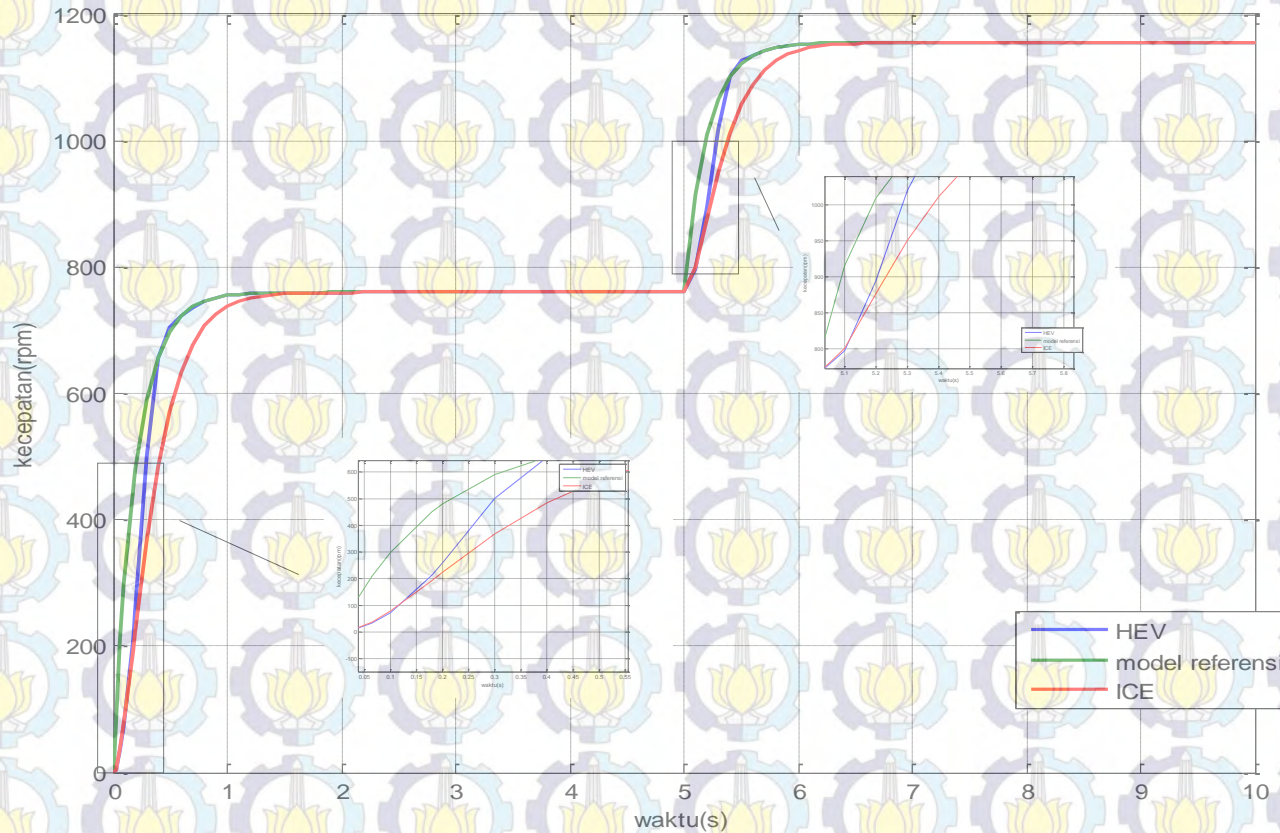
Pendahuluan

Pengenalan Plant dan Metode

Perancangan

simulasi, implementasi, dan analisa

Penutup



HEV
model referensi
ICE

Diagram Blok

Pengujian sinyal step

Pengujian sinyal step dengan perubahan amplitudo

implementasi

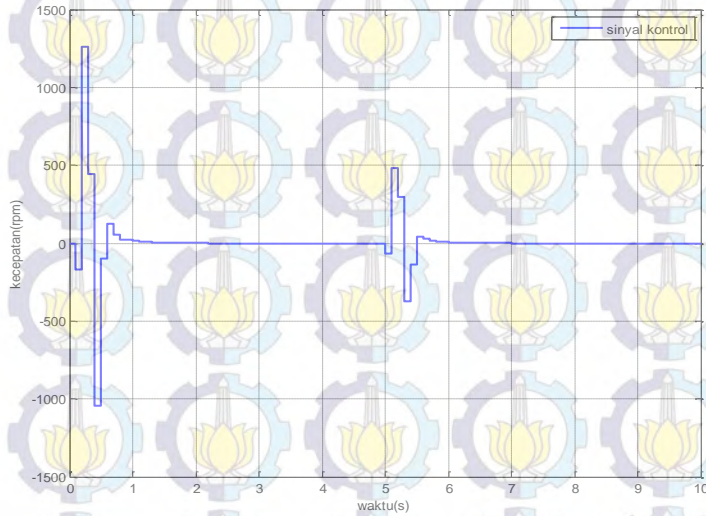
Pendahuluan

Pengenalan Plant dan Metode

Perancangan

simulasi, implementasi, dan analisa

Penutup



Sinyal kontrol GPC

Output motor DC dibanding input referensi kontroler

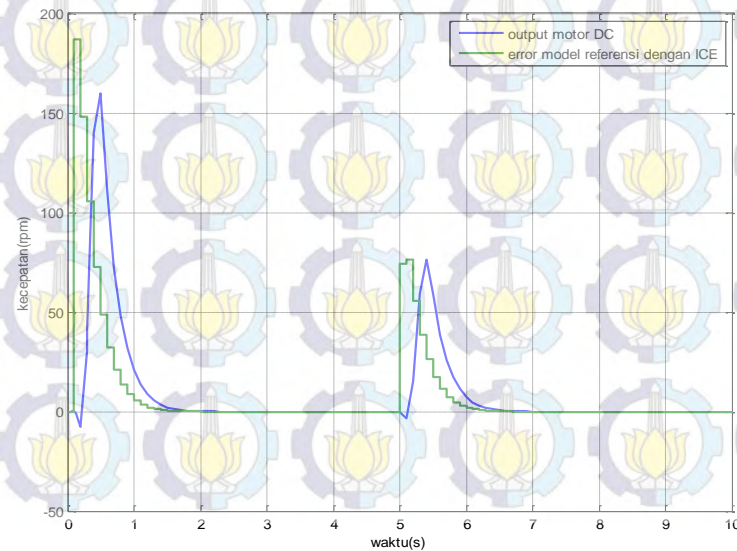


Diagram Blok

Pengujian sinyal step

Pengujian sinyal step dengan perubahan amplitudo

implementasi

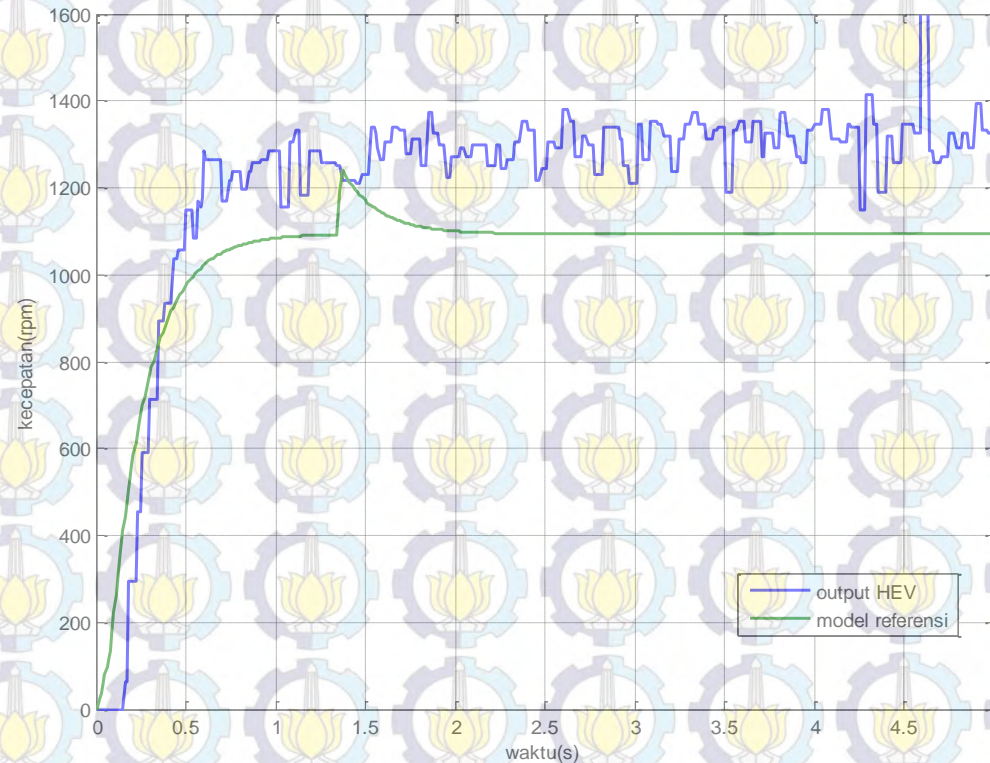
Pendahuluan

Pengenalan Plant dan Metode

Perancangan

simulasi, implementasi, dan analisa

Penutup



Kesimpulan

Saran

Pendahuluan

- Kontroler GPC dengan prediksi 3 langkah kedepan memiliki rise time yang lebih cepat. Sehingga kontroler ini cocok untuk akselerasi

Pengenalan
Plant dan
Metode

- Kontroler GPC tanpa informasi masa depan mulai mengikuti model referensi setelah mencapai 0,1s (satu time sampling) dan memiliki nilai yang sama dengan model referensi setelah 0,4s.

Perancangan

- Kontroler GPC dengan informasi masa depan mampu mengikuti model referensi dari awal hingga akhir dan memulai aksi kontrol beberapa saat sebelum plant bekerja.

simulasi,
implementasi,
dan analisa

- Dalam implementasi kontroler GPC dengan prediksi 3 langkah kedepan memiliki *rise time* sebesar 0.29s dan memiliki error sebesar 11.5%

Penutup

Kesimpulan

Saran

Pendahuluan

Pengenalan
Plant dan
Metode

Perancangan

simulasi,
implementasi,
dan analisa

Penutup

Kontroler GPC cocok digunakan untuk plant yang memiliki pengetahuan terhadap output yang akan datang, karena sinyal kontrol yang dihasilkan dapat langsung mengikuti model referensi saat mulai start.



Terima Kasih