

TESIS

PERANCANGAN SISTEM PENGATURAN KECEPATAN MOTOR INDUKSI 3 PHASA DENGAN *DIRECT TORQUE CONTROL (DTC)* MENGUNAKAN *SLIDING MODE CONTROL* (SMC) BERBASIS ALGORITMA GENETIKA

M. Nur Faizi
2213202002

Dosen Pembimbing:

Dr. Ir. Mochammad Rameli
Eka Iskandar, ST., MT.



PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TEKNIK SISTEM PENGATURAN
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO-ITS
2016



PENDAHULUAN

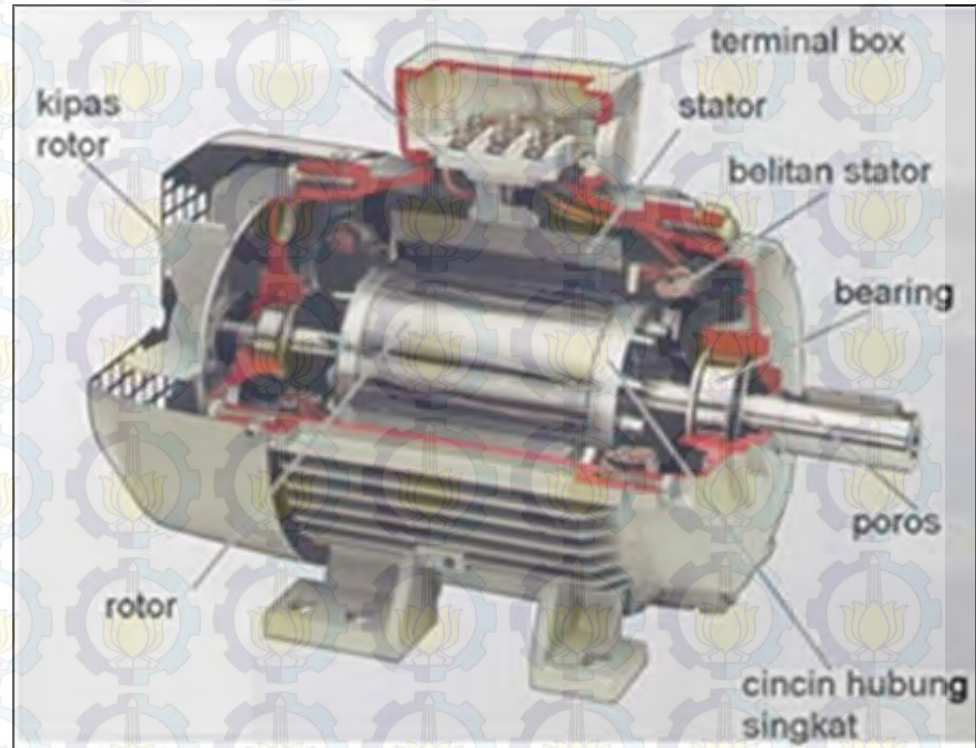
Latar Belakang

Kelebihan Motor Induksi

- Mempunyai Kontruksi Yang Kokoh dan Sederhana
- Harganya Relatif Lebih Murah Bila Dibandingkan Dengan Jenis Motor Lainnya.
- Mudah Perawatannya

Kekurangan Motor Induksi

- Pengontrolannya Lebih Kompleks Bila Dibandingkan Dengan Motor DC
- Non Linier





PENDAHULUAN

Latar Belakang

Penelitian Terkait

Oleh

Ramesh, T., Kumar, A[3]

Metode

Direct Torque Control (DTC), Proportional Integral (PI) dan Fuzzy Logic Controller (FLC).

Permasalahan

Kecepatan motor induksi

Hasil

Dapat menghasilkan respon kecepatan cepat mencapai *steady state* akan tetapi menimbulkan fluktuasi *ripple* fluks dan torsi yang tinggi[3].



PENDAHULUAN

Latar Belakang

Penelitian Terkait

Oleh

Ahammad, T., Beig, R. A [5]

Metode

Sliding Mode Control (SMC), Direct Torque Control (DTC)

Permasalahan

Kecepatan, fluktuasi *ripple* fluk dan torsi

Hasil

Dapat meminimalkan *ripple* dan fluktuasi torsi dibandingkan dengan DTC konvensional, namun belum bisa sepenuhnya mengatasi permasalahan fenomena *chattering* yang dapat memberikan pengaruh pada akurasi pengaturan[5].



PENDAHULUAN

Latar Belakang

Metode Kontrol Yang Digunakan

Sliding Mode Control Berbasis Algoritma Genetika



PENDAHULUAN

Latar Belakang

Rumusan Masalah

Kemampuan sistem dalam meminimalkan fluktuasi *ripple* fluks dan torsi

Berpengaruh terhadap stabilitas sistem pengaturan kecepatan motor induksi



PENDAHULUAN

Latar Belakang

Batasan Masalah

- *Plant* yang dikontrol merupakan motor induksi 3 phasa dalam bentuk model d-q
- Ruang lingkup yang dibahas yaitu permasalahan respon kecepatan pada saat *steady state*, kemampuan sistem dalam mengatasi perubahan beban dan meminimalkan fluktuasi *ripple* fluk dan torsi
- Parameter *plant* tetap
- Optimasi parameter *Sliding Mode Control* (SMC) dilakukan secara *off-line* menggunakan Algoritma Genetika



PENDAHULUAN

Latar Belakang

Tujuan

Sistem pengaturan yang dirancang diharapkan mampu menghasilkan kecepatan putaran motor yang diinginkan sesuai dengan referensi. Algoritma Genetika bisa menghasilkan (*gain K*) yang optimal untuk parameter *Sliding Mode Control* (SMC). Dengan demikian diharapkan dapat memberikan hasil yang baik dalam usaha mengatur kecepatan motor induksi 3 fasa dalam hal meminimalkan fluktuasi *ripple* fluks dan torsi terutama pada saat *steady state*.



PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kontribusi

- Menerapkan metode SMC berbasis *Algoritma Genetika* untuk meningkatkan stabilitas pada sistem pengaturan motor induksi 3 fasa serta meminimalkan fluktuasi *ripple* fluk dan torsi.
- Memberikan sumbangan pemikiran dan referensi akan sebuah metode kontrol yang mana dalam penelitian ini digunakan *Sliding Mode Control (SMC)* berbasis *Algoritma Genetika* yang diharapkan mampu *Tuning* parameter SMC yaitu *gain K*.



PENDAHULUAN

Latar Belakang

Metodologi

- Studi Literatur
- Pemodelan Sistem
- Perancangan Kontroler
- Penerapan Kontroler Pada Sistem
- Pengujian dan Analisa



DASAR TEORI

Model d-q Motor Induksi 3 Phasa

Konsep pengontrolan motor induksi

- pengontrolan motor induksi 3 fasa dapat di lakukan seperti pada pengontrolan motor DC yaitu dengan metode pengontrolan vektor ruang (*space vector*).
- Pengontrolan vektor ruang (*space vector*) adalah mentransformasikan elemen tiga fasa kerangka referensi tetap (a,b,c) menjadi elemen dua fasa kerangka referensi tetap (α,β) kemudian menjadi elemen dua fasa kerangka referensi berputar (d,q).



DASAR TEORI

Model d-q Motor Induksi 3 Phasa

Pemodelan Motor Induksi

Sistem Koordinat

Perubahan sistem koordinat stasioner tiga fasa (a,b,c) menjadi sistem koordinat dua fasa yang berputar (d,q) dipisahkan menjadi dua langkah yaitu:

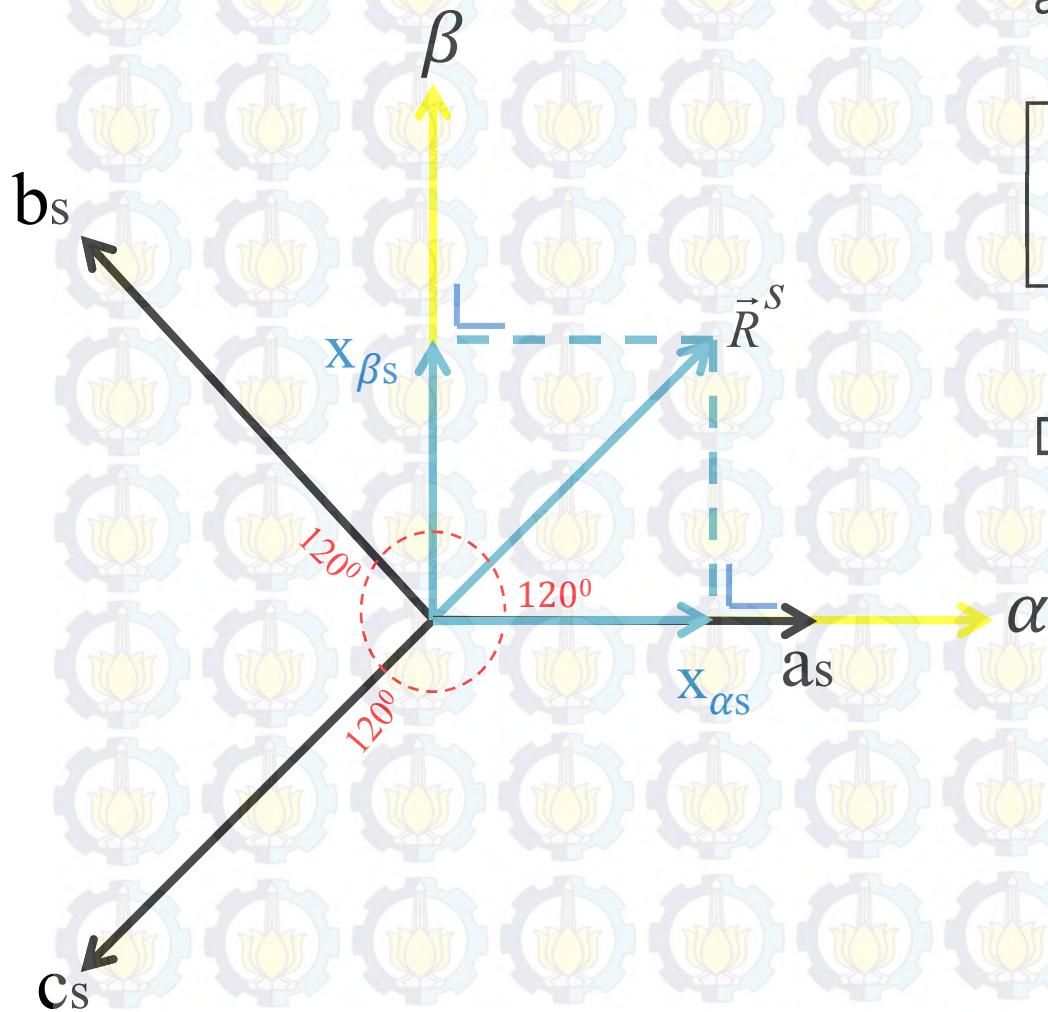
Transformasi Clarke dan Transformasi Park.



DASAR TEORI

Model d-q Motor Induksi 3 Phase

Transformasi Clarke



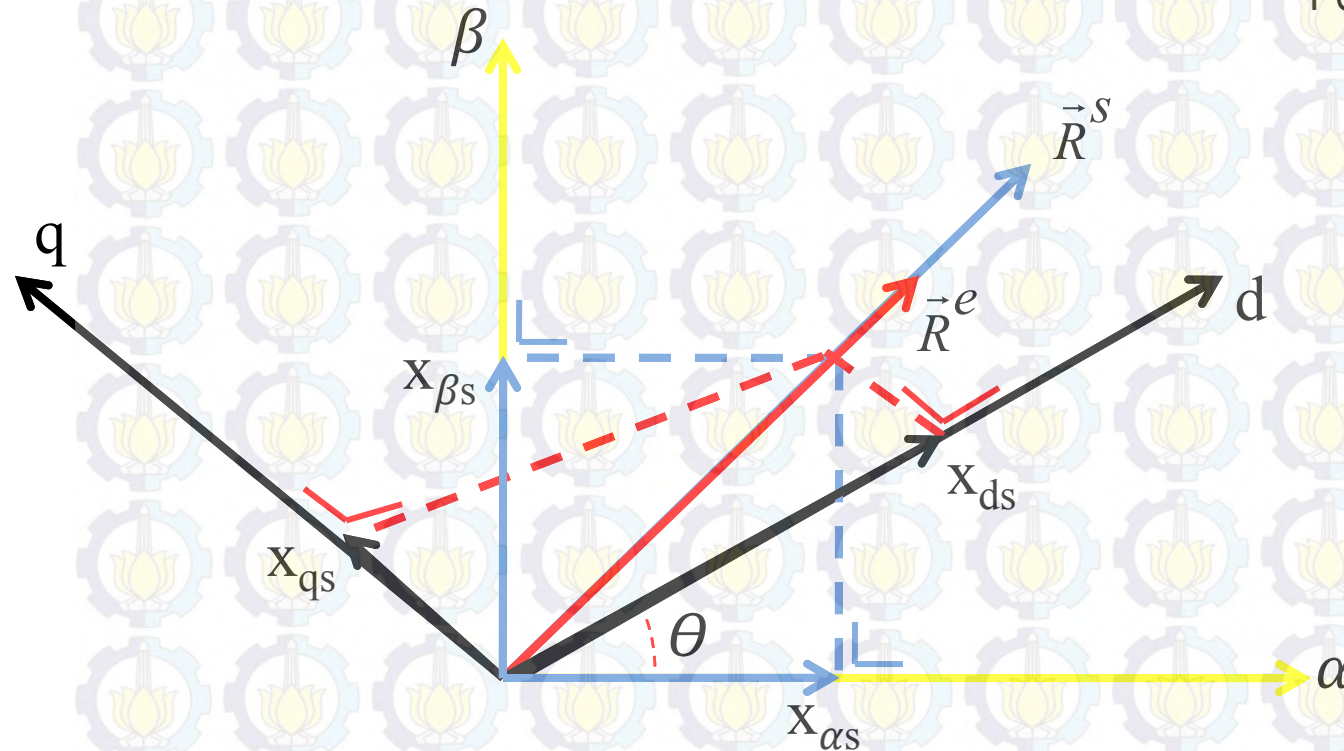
Gambar Transformasi Clarke



DASAR TEORI

Model d-q Motor Induksi 3 Phasa

Transformasi Clarke



Persamaan fluks stator dan rotor:

$$\lambda_{ds} = L_s \cdot i_{ds} + L_m \cdot i_{dr}$$

$$\lambda_{qs} = L_s \cdot i_{qs} + L_m \cdot i_{qr}$$

$$\lambda_{dr} = L_r \cdot i_{dr} + L_m \cdot i_{ds}$$

$$\lambda_{qr} = L_r \cdot i_{qr} + L_m \cdot i_{qs}$$

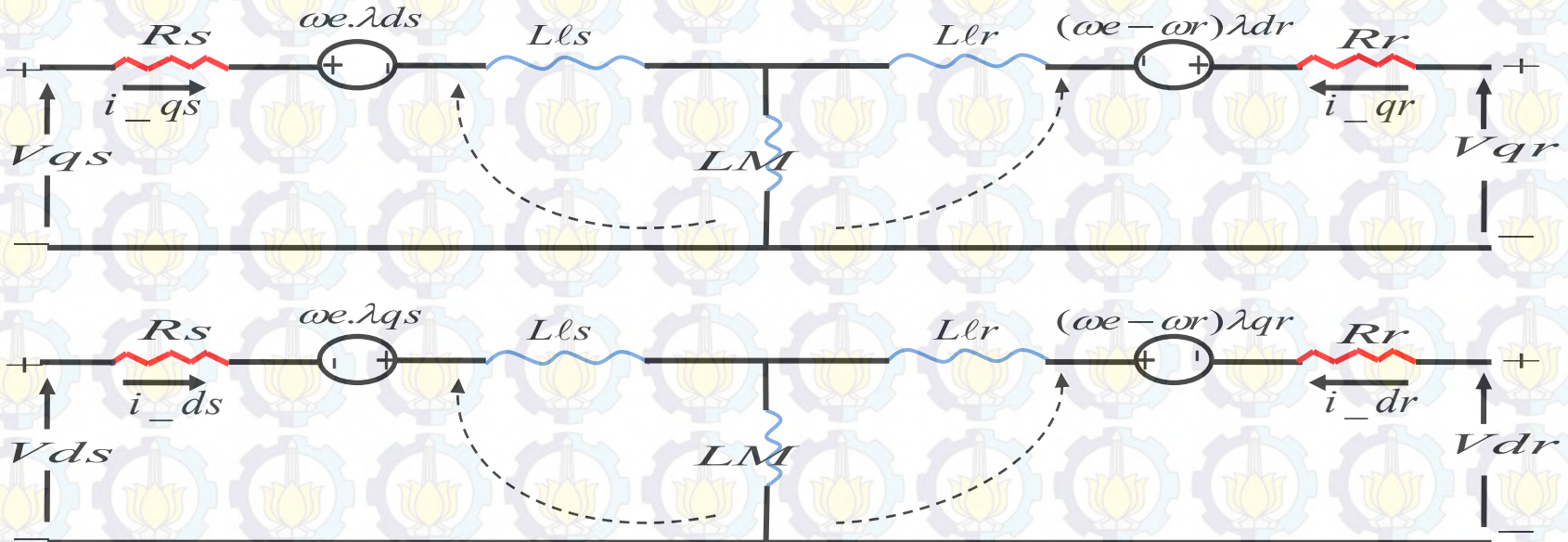
Gambar Transformasi Park



DASAR TEORI

Model d-q Motor Induksi 3 Phasa

Rangkaian ekivalen ds-qs dari motor Induksi



Gambar Rangkaian Ekivalen Motor Induksi Tiga Fasa Sumbu d-q

Persamaan tegangan pada stator dan rotor

$$\begin{array}{l}
 V_{qs} = R_s i_{qs} + \omega_e \lambda_{ds} + p \lambda_{qs} \\
 V_{ds} = R_s i_{ds} + \omega_e \lambda_{qs} + p \lambda_{ds}
 \end{array}
 \left|
 \begin{array}{l}
 V_{qr} = R_r i_{qr} + (\omega_e - \omega_r) \lambda_{dr} + p \lambda_{qr} \\
 V_{dr} = R_r i_{dr} + (\omega_e - \omega_r) \lambda_{qr} + p \lambda_{dr}
 \end{array}
 \right.
 \quad
 \left.
 \begin{array}{l}
 p = \frac{d}{dt}
 \end{array}
 \right.$$



DASAR TEORI

Model d-q Motor Induksi 3 Phasa

Persamaan Torsi:

$$T_{em} = \frac{3}{2} \frac{P}{2} (\lambda_{ds} i_{ds} - \lambda_{qs} i_{qs})$$

Sedangkan untuk kecepatan:

▪ Kecepatan mekanik rotor:

$$\omega_m = \int \frac{T_{em} - T_L}{J}$$

▪ Kecepatan medan putar:

$$\omega_e = \frac{L_m \cdot i_{qs}}{R_r \cdot \lambda_{qr}}$$

▪ Kecepatan elektris rotor:

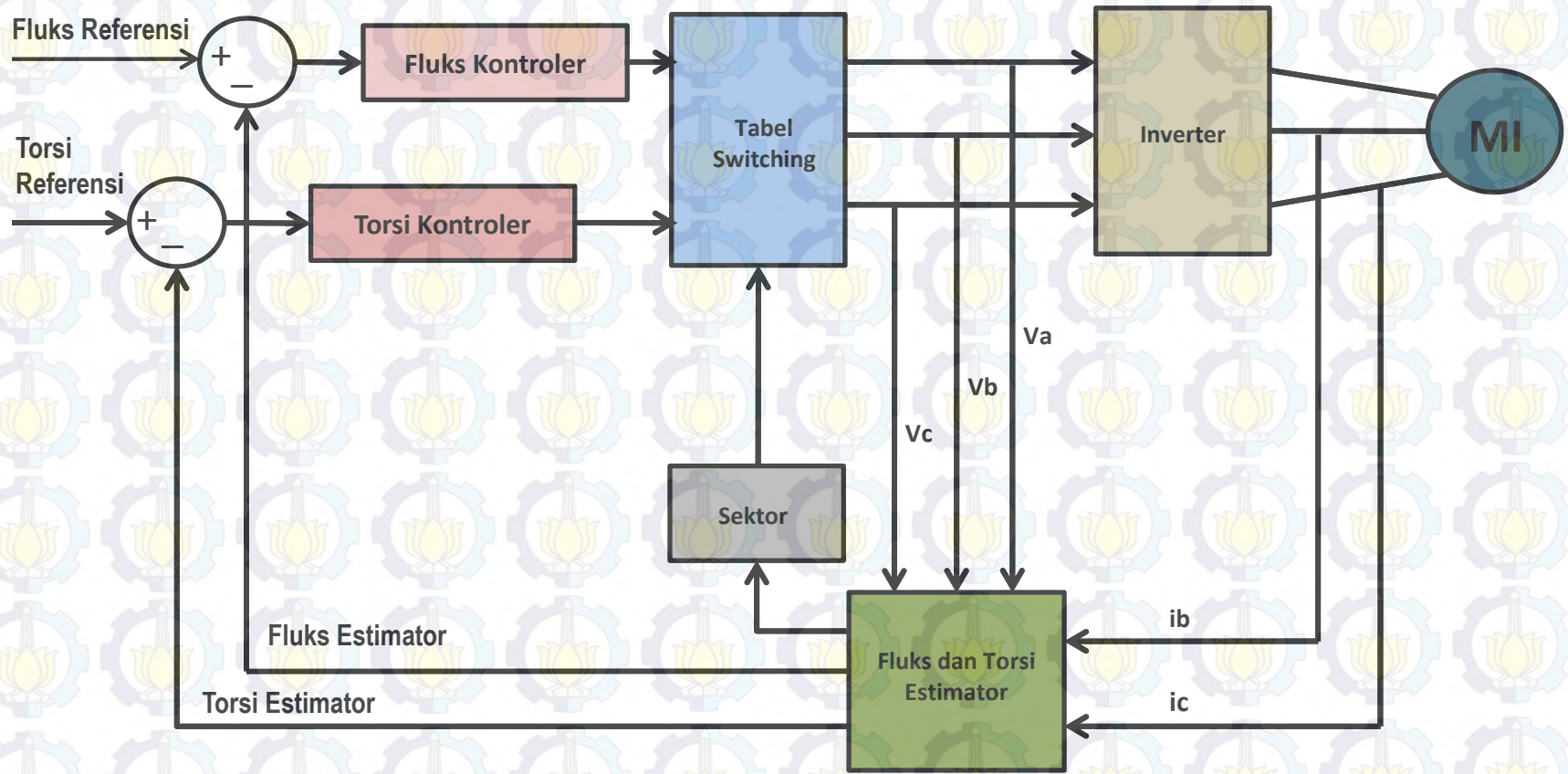
$$\omega_r = \int \frac{T_{em} - T_L}{J} \frac{P}{2}$$



DASAR TEORI

Direct Torque Control (DTC)

Diagram Blok *Direct Torque Control (DTC)*



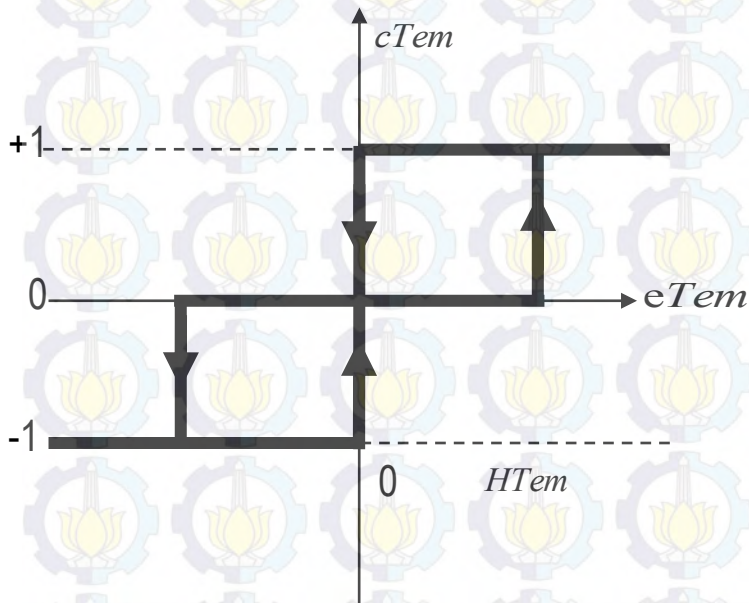
Gambar Diagram Blok Sistem *Direct Torque Control (DTC)* Motor Induksi Tiga Fasa



DASAR TEORI

Direct Torque Control (DTC)

Kontroler Histerisis Torsi



Output kontroler histerisis torsi:

$$cT_{em} = 1 \quad \text{jika} \quad eT_{em} > HT_{em}$$

$$cT_{em} = 0 \quad \text{jika} \quad eT_{em} = 0$$

$$cT_{em} = -1 \quad \text{jika} \quad eT_{em} < -HT_{em}$$

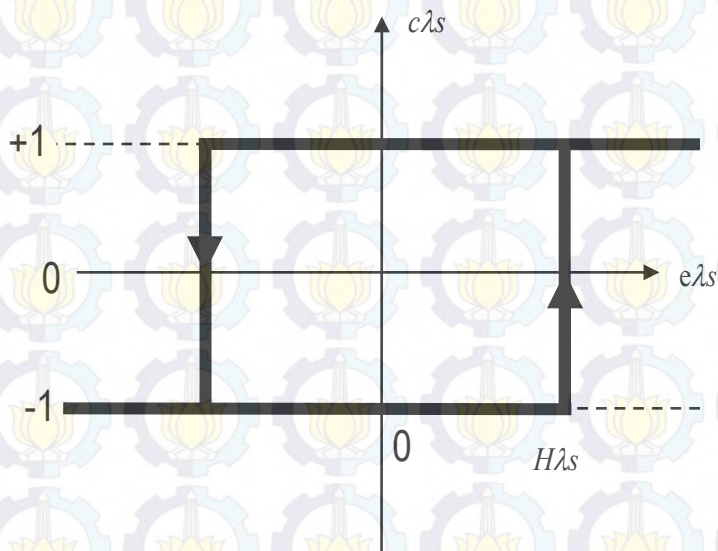
Gambar Kontroler Histerisis Torsi Tiga Level



DASAR TEORI

Direct Torque Control (DTC)

Kontroler Histerisis Fluks



Output kontroler histerisis fluks:

$$c\lambda_s = 1 \text{ jika } e\lambda_s > H\lambda_s$$

$$c\lambda_s = -1 \text{ jika } e\lambda_s < -H\lambda_s$$

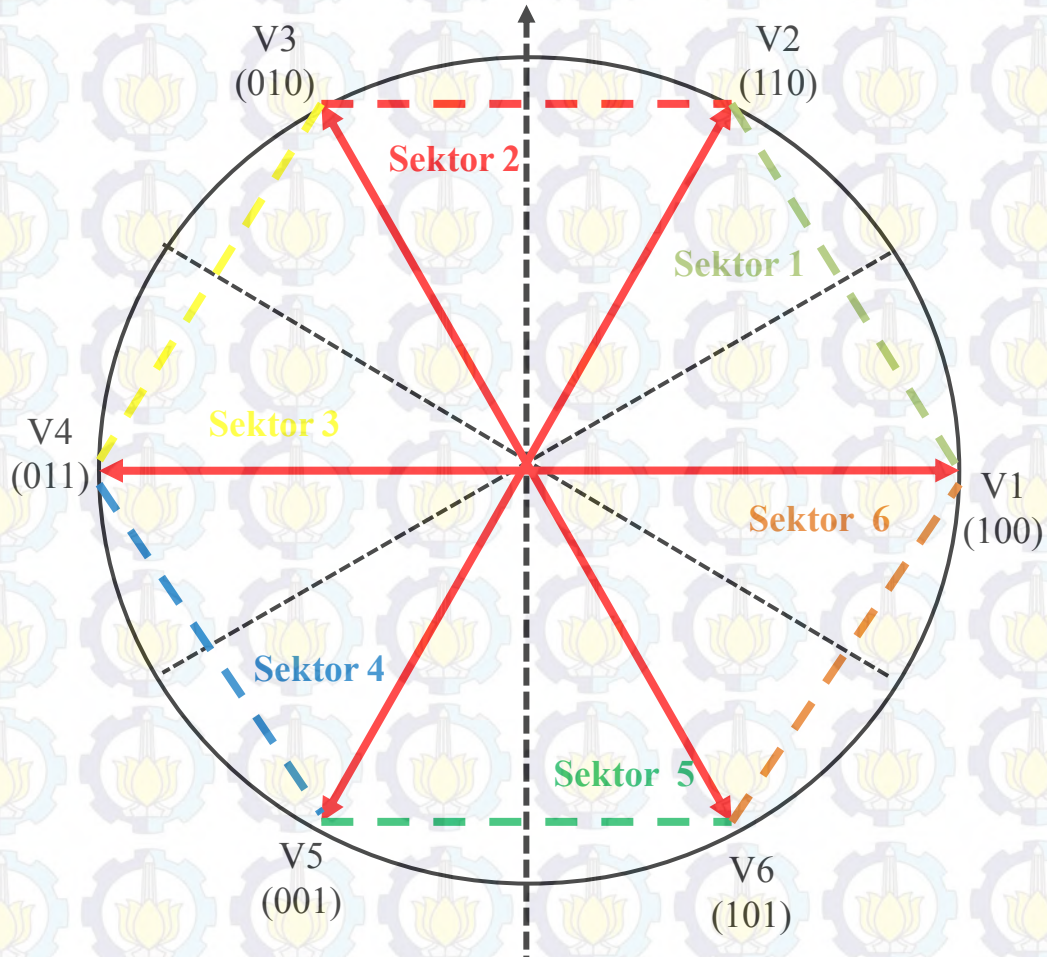
Gambar Kontroler Histerisis Fluks Dua Level



DASAR TEORI

Direct Torque Control (DTC)

Sektor Fluks Stator

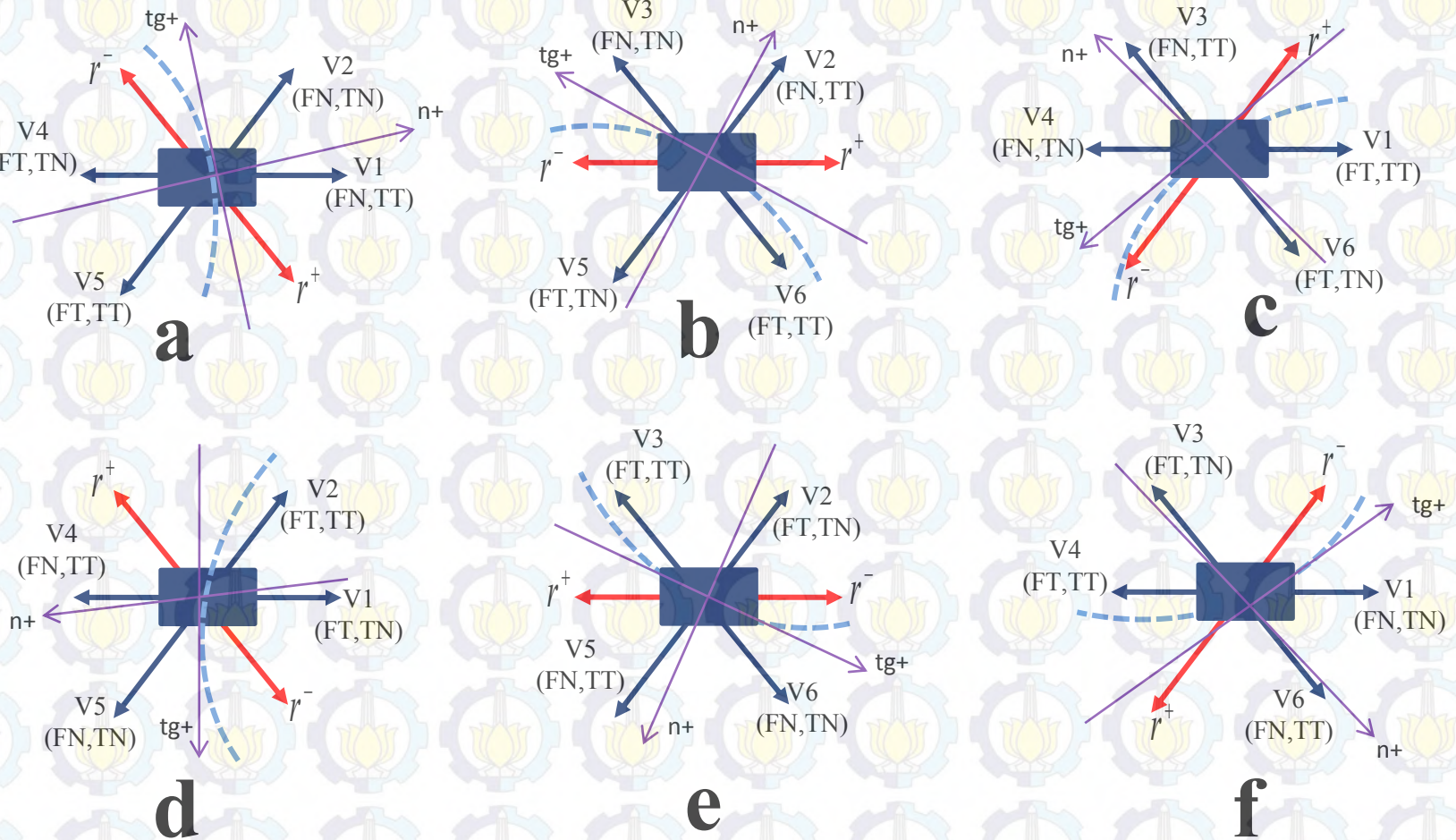


Gambar Vektor Tegangan Inverter Dan Switching Fluks Stator Pada DTC



DASAR TEORI

Direct Torque Control (DTC)



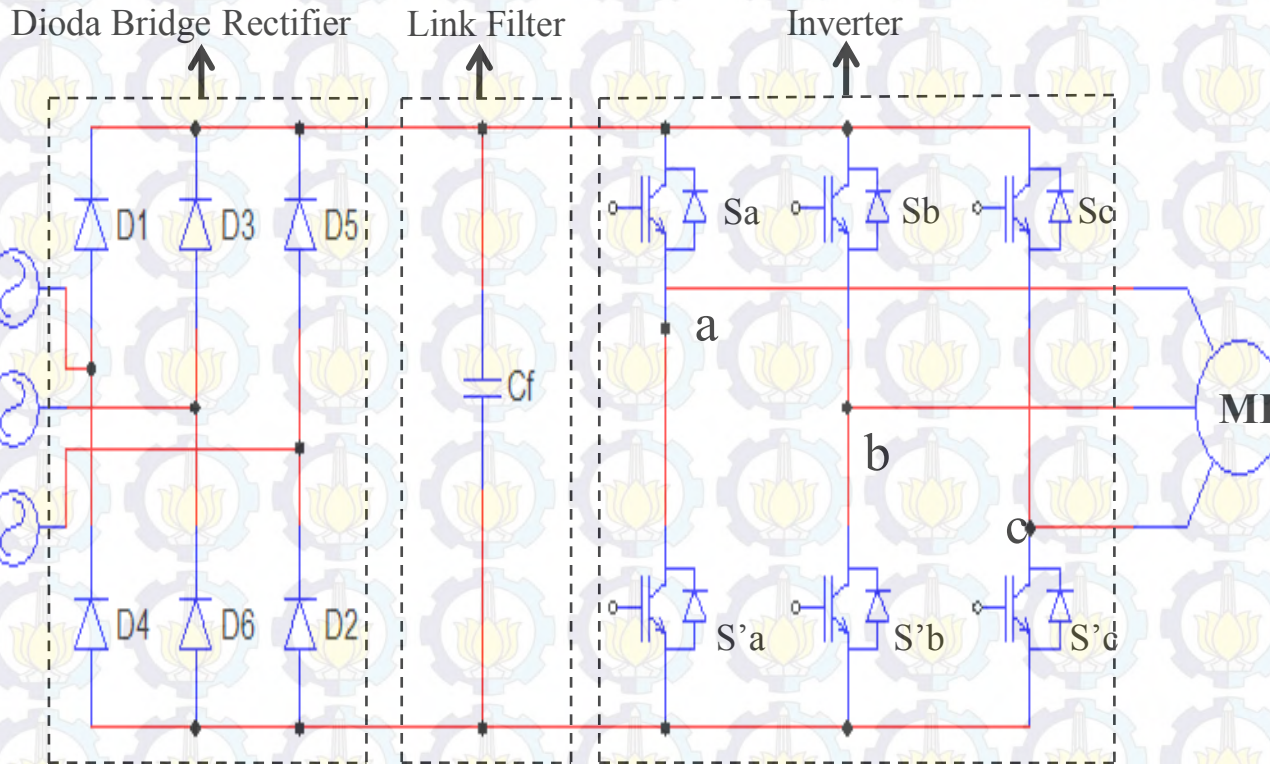
Gambar Vektor Tegangan Saat Fluks Stator Dalam a) sektor 1, b) sektor 2, c) sektor 3, d) sektor 4, e) sektor 5, f) sektor 6.



DASAR TEORI

Direct Torque Control (DTC)

Inverter Sumber Tegangan



Tegangan untuk *line to line*:

$$v_{ab} = v_{aN} - v_{bN}$$

$$v_{bc} = v_{bN} - v_{cN}$$

$$v_{ca} = v_{cN} - v_{aN}$$

Gambar Rangkaian Inverter Tiga Fasa

Tegangan fasa:

$$V_{an} = 2/3V_{aN} - 1/3V_{bN} - 1/3V_{cN}$$

$$V_{bn} = -1/3V_{aN} + 2/3V_{bN} - 1/3V_{cN}$$

$$V_{cn} = -1/3V_{aN} - 1/3V_{bN} + 2/3V_{cN}$$



DASAR TEORI

Direct Torque Control (DTC)

Tabel Kondisi *Switching* Inverter

Sektor	Switch (on)	V_a	V_b	V_c	Vektor Tegangan
0	$S'a, S'b, S'c$	0	0	0	$V_0(000)$
1	$S_a, S'b, S'c$	$2/3V_{dc}$	$-1/3V_{dc}$	$-1/3V_{dc}$	$V_1(100)$
2	$S_a, S_b, S'c$	$1/3V_{dc}$	$1/3V_{dc}$	$-2/3V_{dc}$	$V_2(110)$
3	$S'a, S_b, S'c$	$-1/3V_{dc}$	$2/3V_{dc}$	$-1/3V_{dc}$	$V_3(010)$
4	$S'a, S_b, S_c$	$-2/3V_{dc}$	$1/3V_{dc}$	$1/3V_{dc}$	$V_4(011)$
5	$S'a, S'b, S_c$	$-1/3V_{dc}$	$-1/3V_{dc}$	$2/3V_{dc}$	$V_5(001)$
6	$S_a, S'b, S_c$	$1/3V_{dc}$	$-2/3V_{dc}$	$1/3V_{dc}$	$V_6(101)$
7	S_a, S_b, S_c	0	0	0	$V_7(111)$



DASAR TEORI

Direct Torque Control (DTC)

Tabel Switching

Sinyal masukan untuk tabel *switching* diperoleh dari nilai output fluks dan torsi histerisis serta nilai dari sektor fluks stator (α).

Tabel Switching

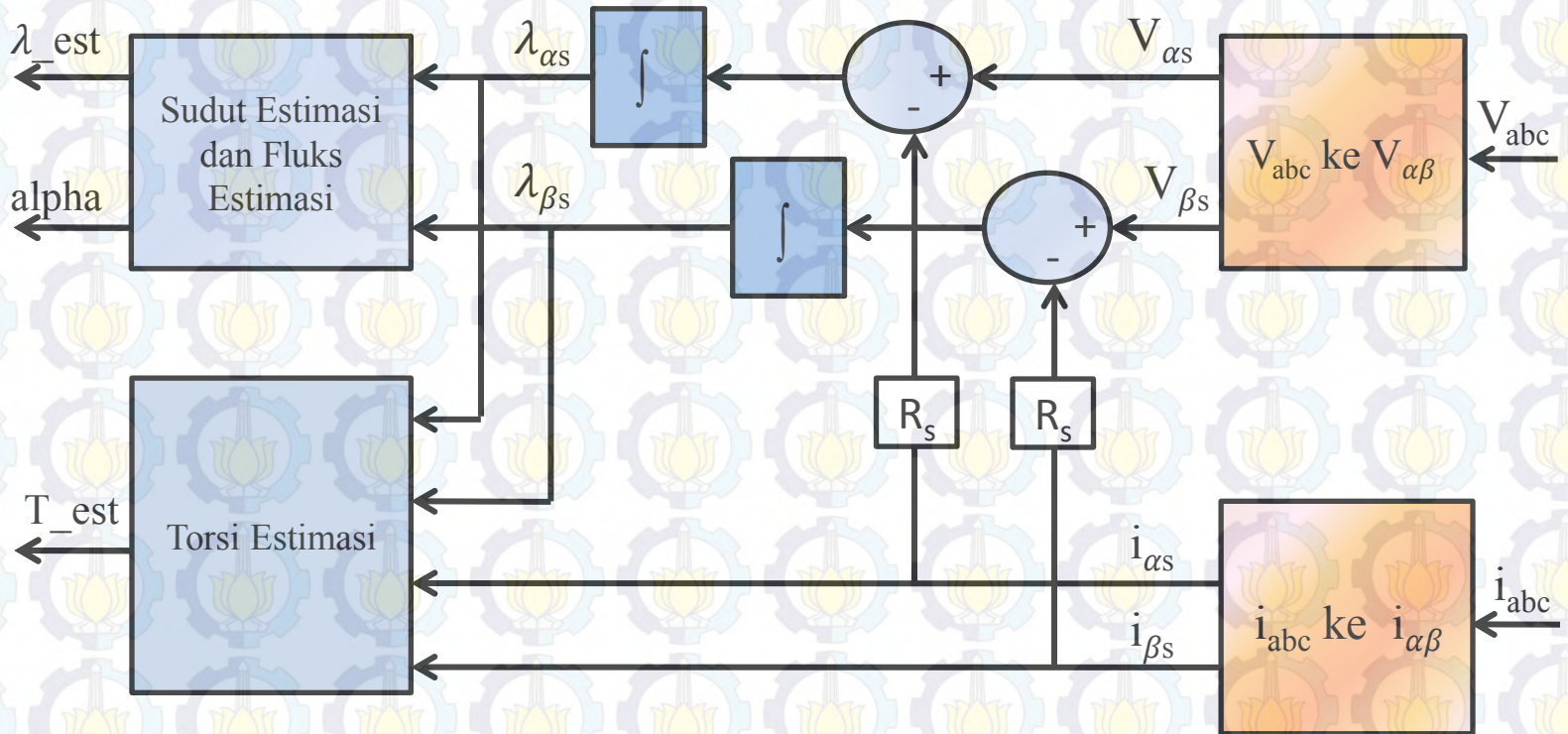
$H\lambda$	HT_e	Sektor 1 $\alpha(1)$	Sektor 2 $\alpha(2)$	Sektor 3 $\alpha(3)$	Sektor 4 $\alpha(4)$	Sektor 5 $\alpha(5)$	Sektor 6 $\alpha(6)$
1	1	V2	V3	V4	V5	V6	V1
	0	V0	V7	V0	V7	V0	V7
-1	-1	V6	V1	V2	V3	V4	V5
	1	V3	V4	V5	V6	V1	V2
-1	0	V7	V0	V7	V0	V7	V0
	-1	V5	V6	V1	V2	V3	V4



DASAR TEORI

Direct Torque Control (DTC)

Estimator



Gambar Diagram Blok Estimator *Direct Torque Control* (DTC)



DASAR TEORI

Direct Torque Control (DTC)

- Blok V_{abc} ke $V_{\alpha\beta}$

$$\begin{bmatrix} V_{\alpha s} \\ V_{\beta s} \end{bmatrix} = k \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{1}{2}\sqrt{3} & -\frac{1}{2}\sqrt{3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{as} \\ V_{bs} \\ V_{cs} \end{bmatrix}$$

- Blok i_{abc} ke $i_{\alpha\beta}$

$$\begin{bmatrix} i_{\alpha s} \\ i_{\beta s} \end{bmatrix} = k \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{1}{2}\sqrt{3} & -\frac{1}{2}\sqrt{3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{as} \\ i_{bs} \\ i_{cs} \end{bmatrix}$$

Dengan k Pada Transformasi Clarke:

$$k = \frac{2}{3}$$

- Blok Fluks stator estimasi dan Sudut fluks stator

Fluks stator estimasi:

$$|\lambda_s| = \sqrt{\lambda_{\alpha s}^2 + \lambda_{\beta s}^2}$$

Sudut fluks stator:

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{\lambda_{\beta s}}{\lambda_{\alpha s}}$$

- Blok $T_{estimasi}$

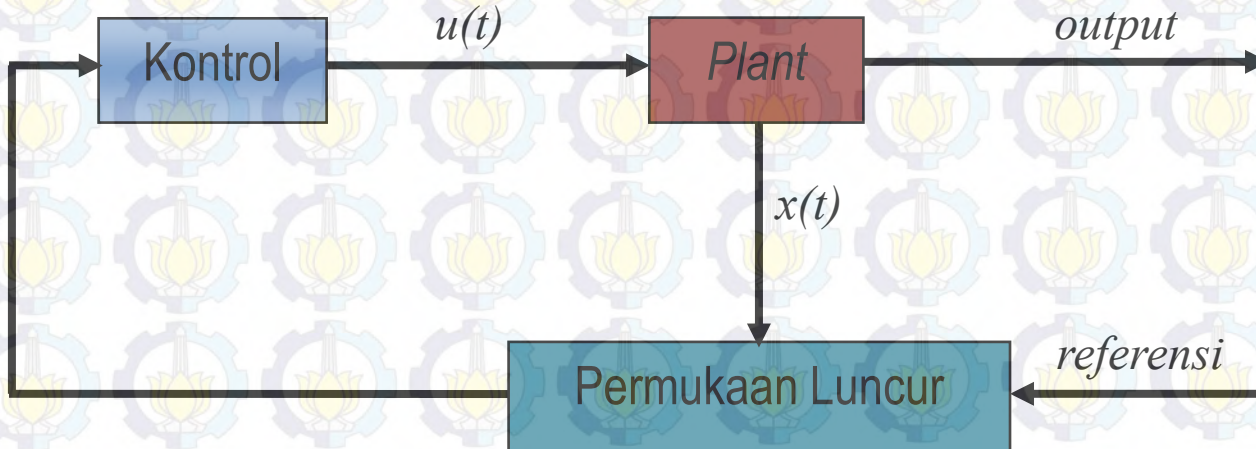
$$T_{em} = \frac{3}{2} \frac{P}{2} (\lambda_{\alpha s} \cdot i_{\beta s} - \lambda_{\beta s} \cdot i_{\alpha s})$$



DASAR TEORI

Sliding Mode Control (SMC)

Sliding Mode Control pada intinya memilih suatu masukan sinyal kontrol $u(t)$ untuk sistem. Terutama sistem non linier, yang akan membawa dinamika sistem masuk kedalam suatu permukaan luncur (*sliding surface*), dan selanjutnya akan menyebabkan status sistem meluncur (*sliding*) ke titik seimbang.



Gambar Diagram Blok Kontrol *Sliding Mode*



DASAR TEORI

Sliding Mode Control (SMC)

Ada 2 tahap dalam perancangan metode SMC:

1. Perancangan *sliding surface*

Sliding Surface dirancang dengan membuat tanggapan sistem dengan persamaan:

$$\tau(x) = Sx = 0$$

Dimana

$$S = [s_1 \quad \dots \quad s_n] \implies \text{Vektor koefisien } \textit{sliding surface}.$$

Dengan substitusi persamaan diatas, didapatkan persamaan *sliding*:

$$\tau(x) = s_1 x_1(t) + s_2 x_2(t) + \dots + s_n x_n(t) = 0$$



DASAR TEORI

Sliding Mode Control (SMC)

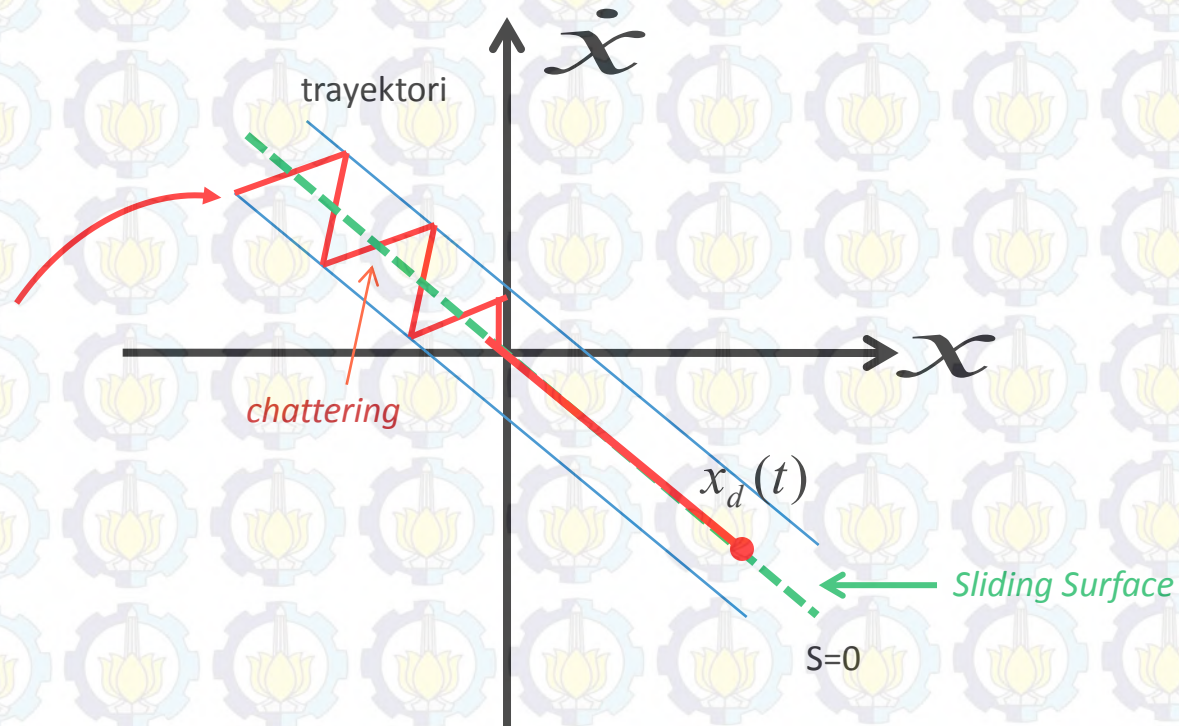
2. Perancangan *Sliding mode*

Pada perancangan ini sinyal kontrol $u(t)$ dibuat dengan menggunakan syarat

kestabilan Lyapunov, yaitu: $\tau^T \tau < 0$

Sinyal kontrol dipisah menjadi dua bagian, sinyal kontrol u_{eq} dan u_n

$$u(t) = u_{eq} + u_n$$



Gambar Diagram fasa trayektori status



DASAR TEORI

Algoritma Genetika

Algoritma Genetika (AG) adalah algoritma pencarian yang berdasarkan pada mekanisme sistem natural yaitu genetika dan seleksi alam. Dalam aplikasi algoritma genetika, variable solusi dikodekan dalam struktur *string* yang merepresentasikan barisan gen yang merupakan karakteristik dari solusi permasalahan.

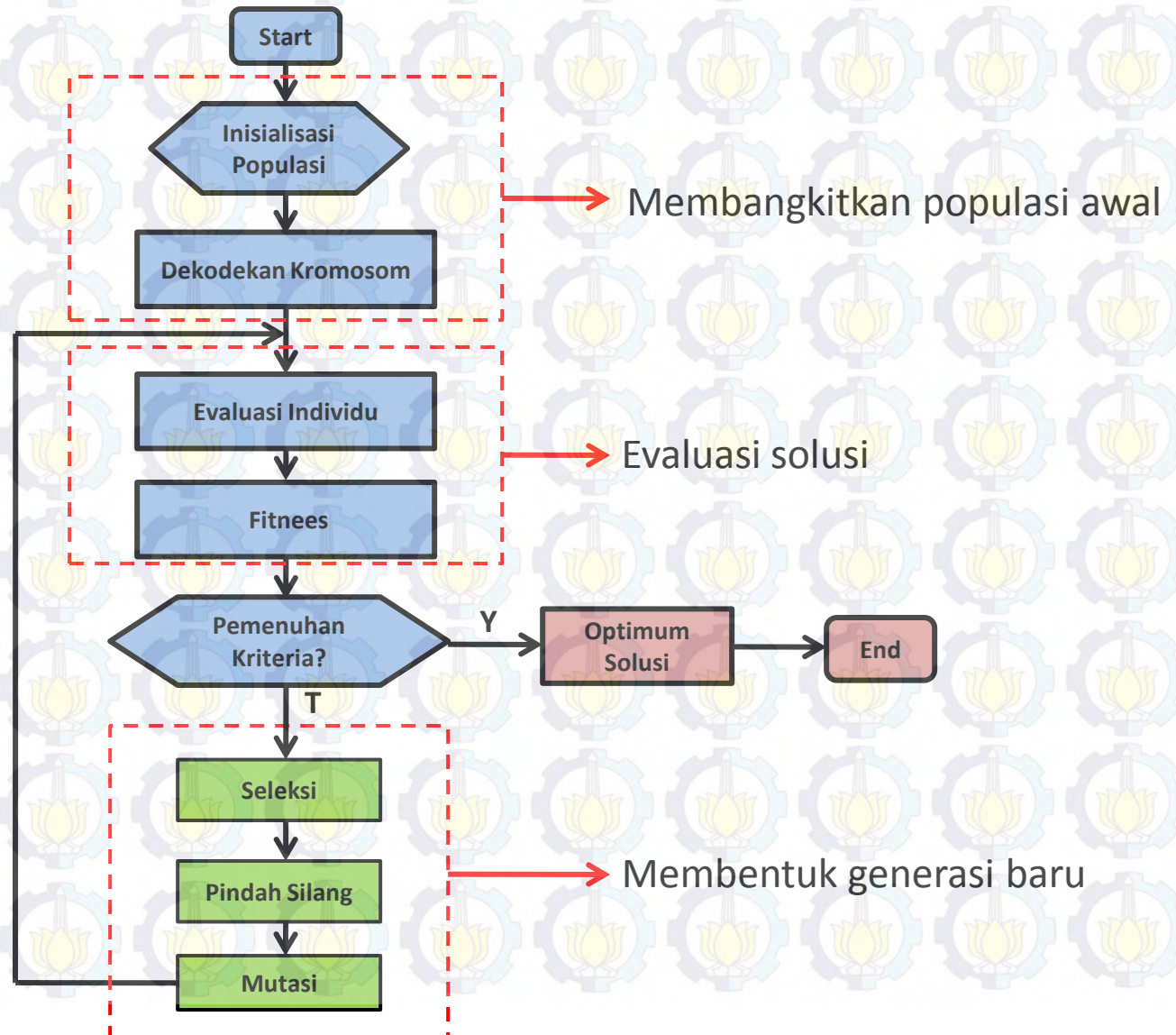
Komponen-Komponen Algoritma Genetika:

1. Skema Pengkodean
2. Nilai Fitness (mengevaluasi kromosom)
3. Seleksi Orang Tua (*Roulette wheel*)
4. Pindah Silang (*One-cut point*)
5. Mutasi
6. Elitisme
7. Penggantian Populasi



DASAR TEORI

Algoritma Genetika

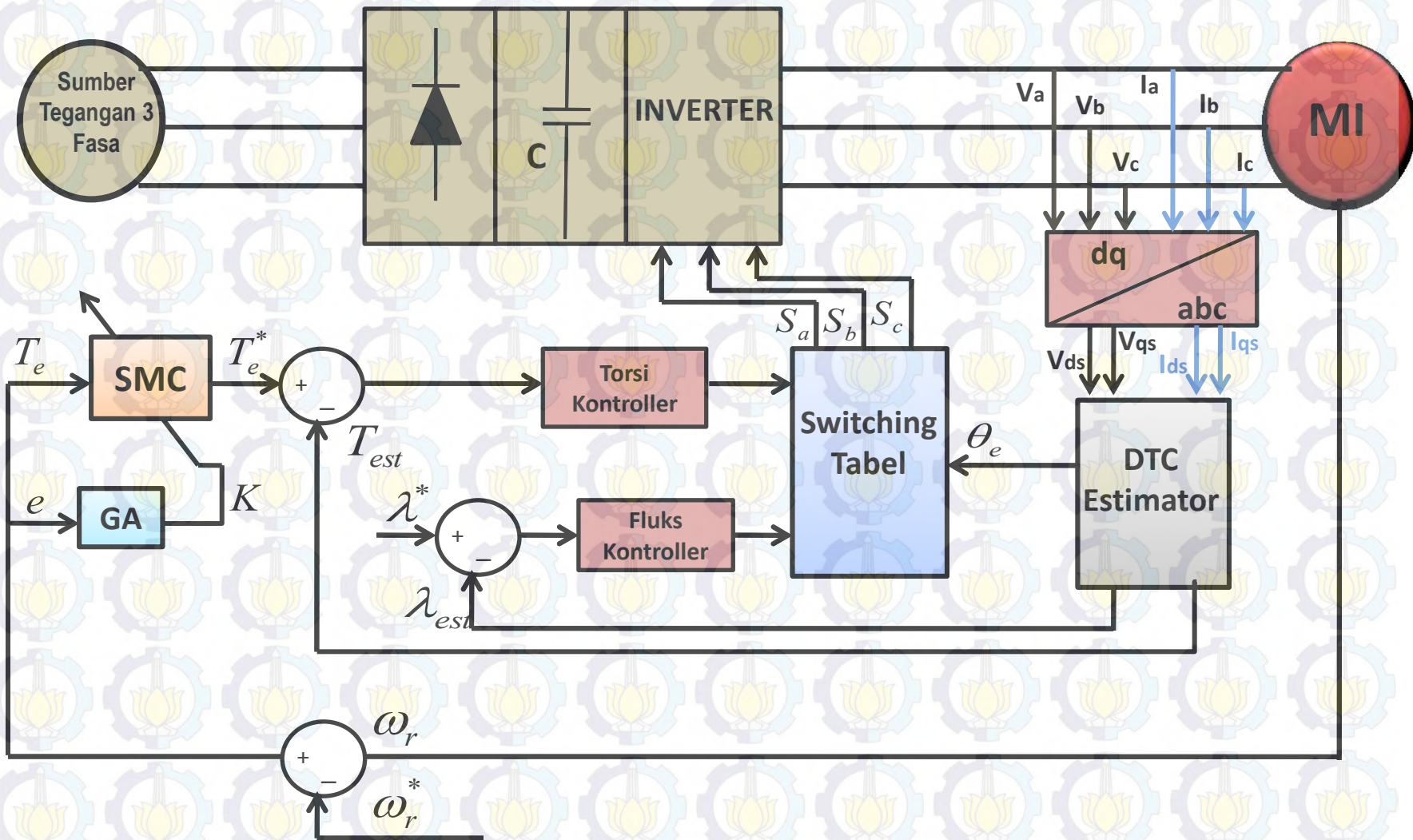


Gambar Proses Algoritma Genetika



PERANCANGAN SISTEM

Gambaran Umum Sistem



Gambar Diagram Blok Sistem



PERANCANGAN SISTEM

Perancangan SMC

Kontroler dirancang untuk mengatasi masalah pengaturan kecepatan motor induksi 3 phasa.

Untuk mendapatkan sinyal kontrol ekuivalen, definisikan *error putaran rotor*

$$e = \omega - \omega_{ref}$$

Langkah berikutnya adalah menentukan fungsi permukaan luncur (*Sliding Surface*)

$$s = \dot{e} + \lambda e$$

Untuk membuat permukaan luncur menuju 0 pada waktu tak hingga, maka diturunkan s terhadap waktu, didapatkan :

$$\dot{s} = \ddot{e} + \lambda \dot{e} = 0$$

Dengan mensubstitusikan e kedalam persamaan $e = \omega - \omega_{ref}$ maka:

$$\dot{s} = \ddot{\omega} - \ddot{\omega}_{ref} + \lambda \dot{e} = 0$$



PERANCANGAN SISTEM

Perancangan SMC

Turunan pertama didapatkan $\dot{\omega}_r$

$$\omega_r \frac{du}{dt} = \dot{\omega}_r$$

Turunan kedua didapatkan $\ddot{\omega}_r$

$$\dot{\omega}_r \frac{du}{dt} = \ddot{\omega}_r$$

Turunan ketiga didapatkan \dot{e}

$$e \frac{du}{dt} = \dot{e}$$

Sinyal kontrol ekuivalen dapat ditulis:

$$U_{eq} = \left(\ddot{\omega}_r - \dot{e} \lambda \left(\frac{1}{100s + 1} \right) \right) J_{eq}$$

Dan sinyal kontrol natural dapat ditulis:

$$U_n = (K \cdot \text{sign} \left(\lambda e + \dot{e} \left(\frac{1}{100s + 1} \right) \right) - \lambda)$$

Kedua sinyal kontrol dijumlahkan

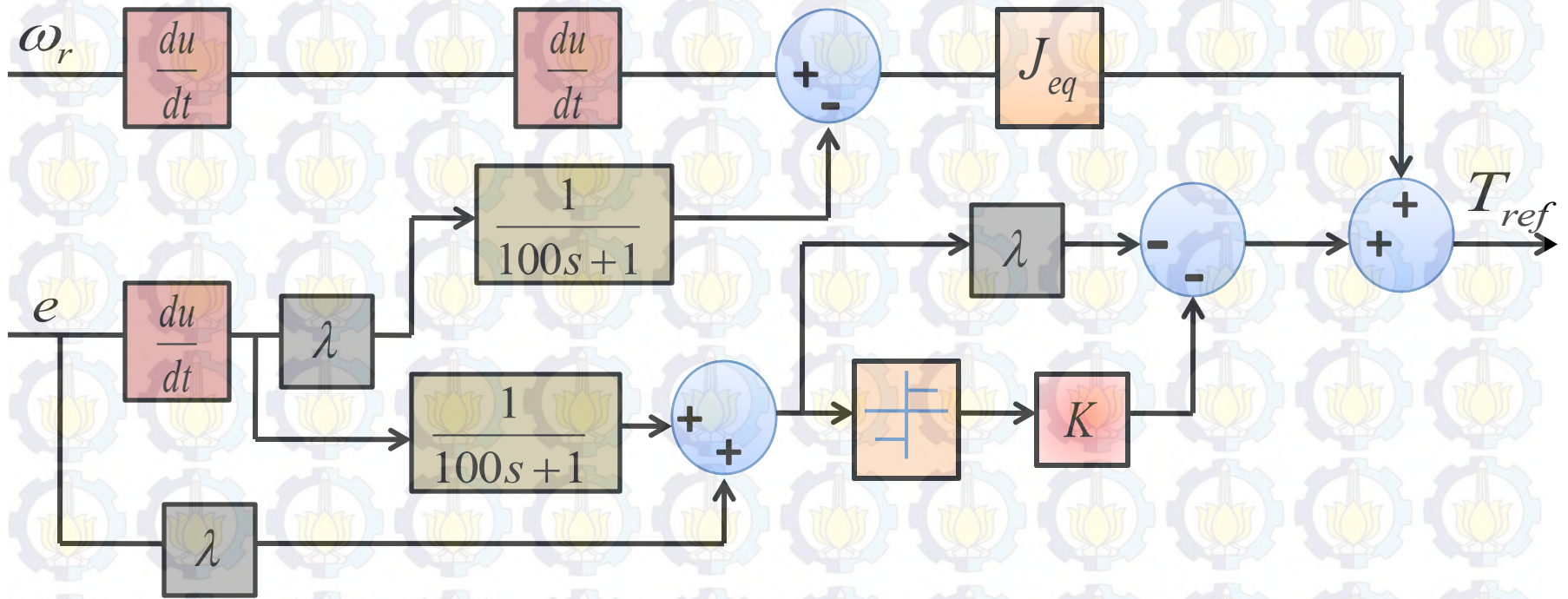
$$T_{ref} = U_{eq} + U_n$$



PERANCANGAN SISTEM

Perancangan SMC

$$T_{ref} = \left(\ddot{\omega}_r - \dot{e} \lambda \left(\frac{1}{100s+1} \right) \right) J_{eq} + \left(K \cdot \text{sign} \left(\lambda e + \dot{e} \left(\frac{1}{100s+1} \right) \right) - \lambda \right)$$



Gambar Diagram Blok Perancangan SMC



PERANCANGAN SISTEM

Perancangan SMC

$$T_{ref} = U_{eq} + (GA.K.sign\left(\lambda e + \dot{e}\left(\frac{1}{100s+1}\right)\right) - \lambda)$$

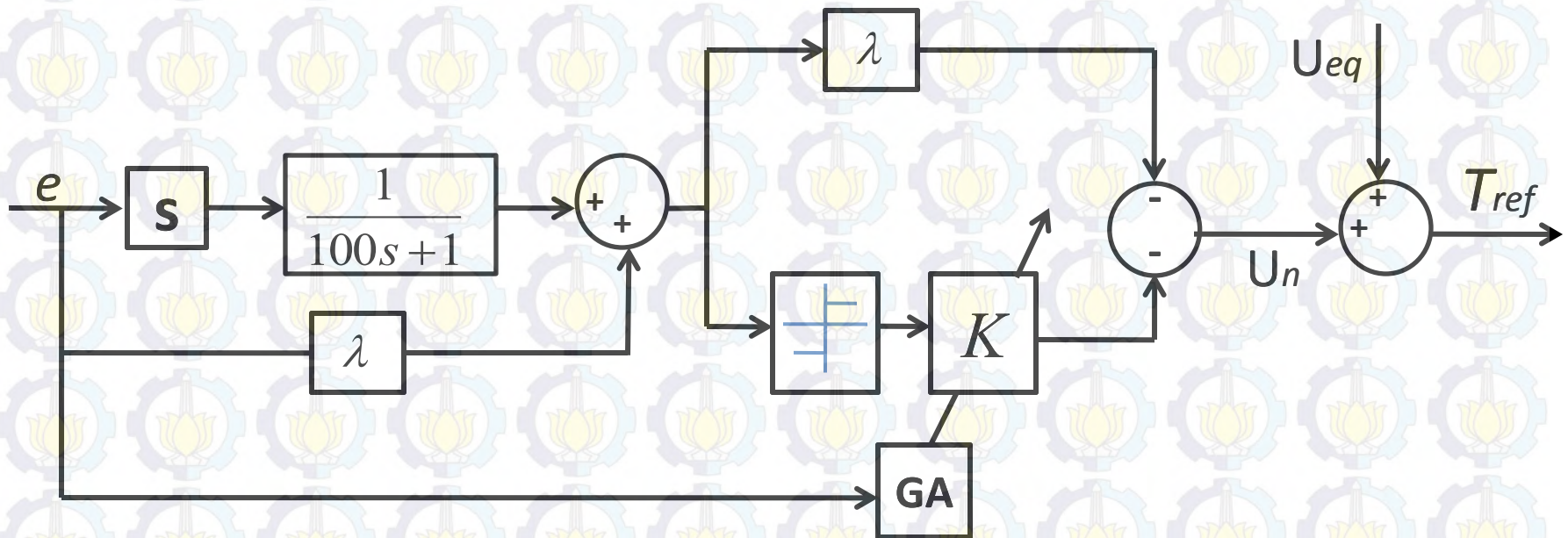


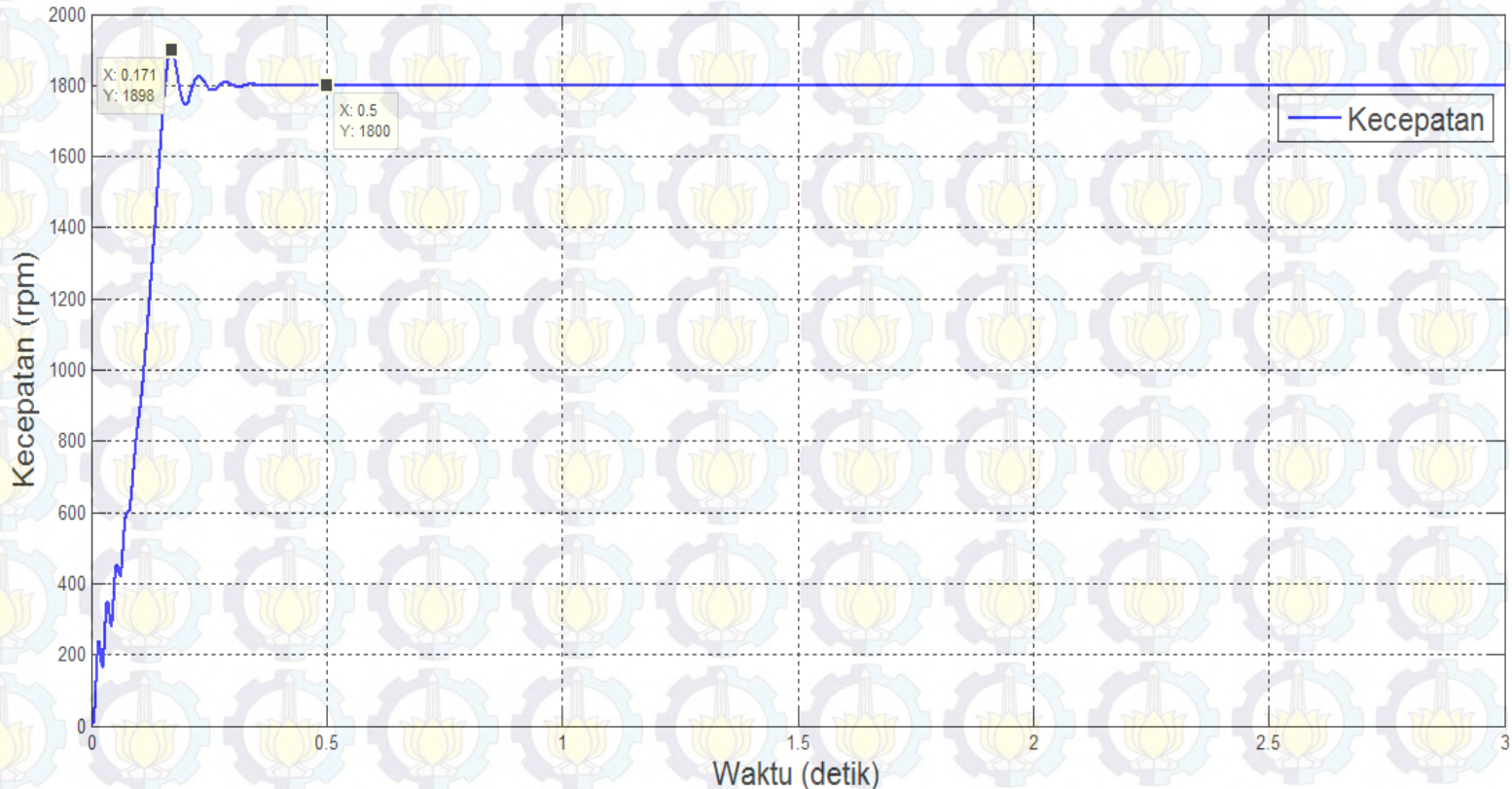
Diagram Blok *Sliding Mode Control – Algoritma Genetika*



HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi Model Motor Induksi

- Respon kecepatan rotor



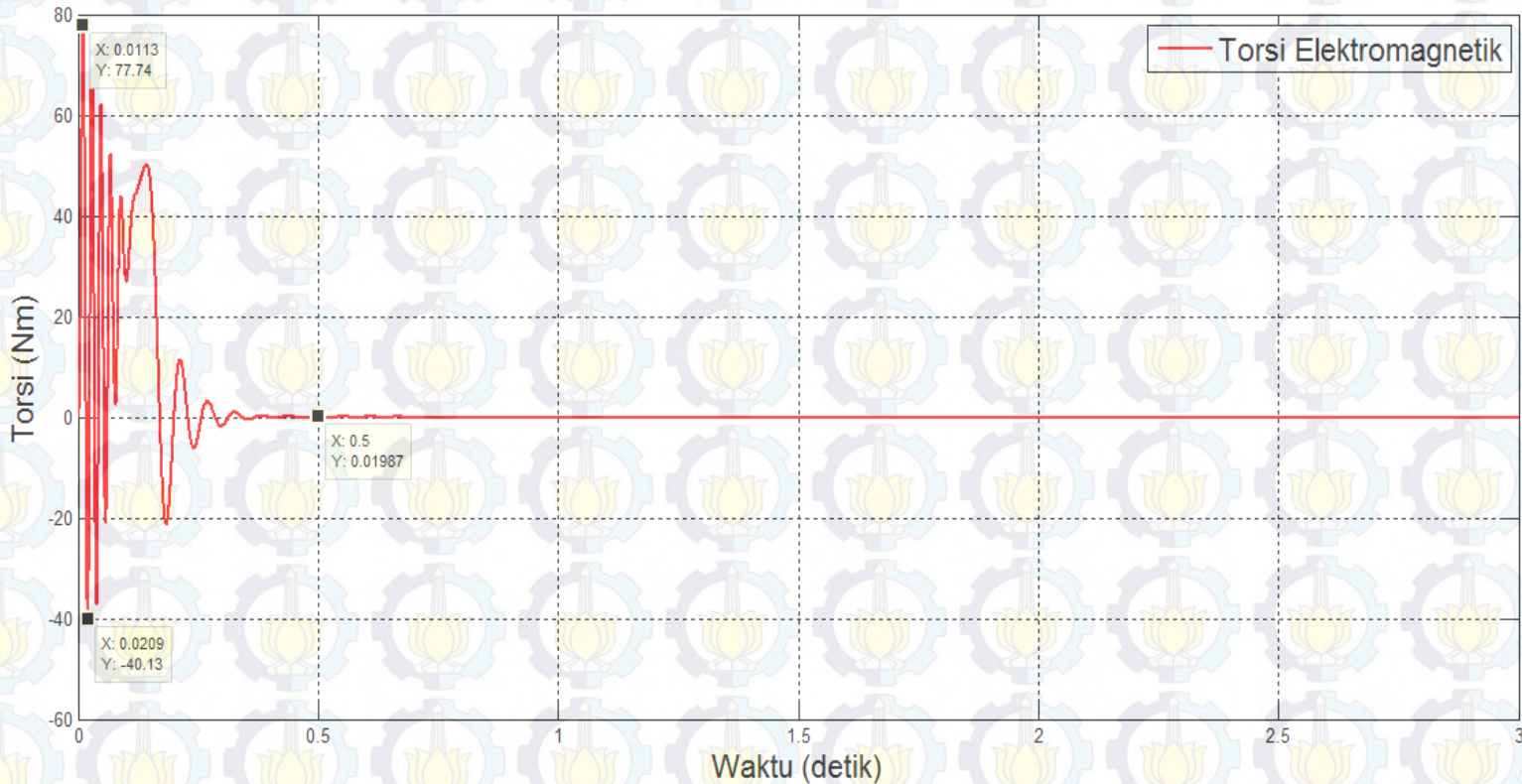
Pada grafik respon kecepatan rotor motor induksi terdapat **overshoot**. Kecepatan mencapai **steady state** sekitar 1800rpm pada saat 0.5 detik.



HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi Model Motor Induksi

- Respon torsi elektromagnetik



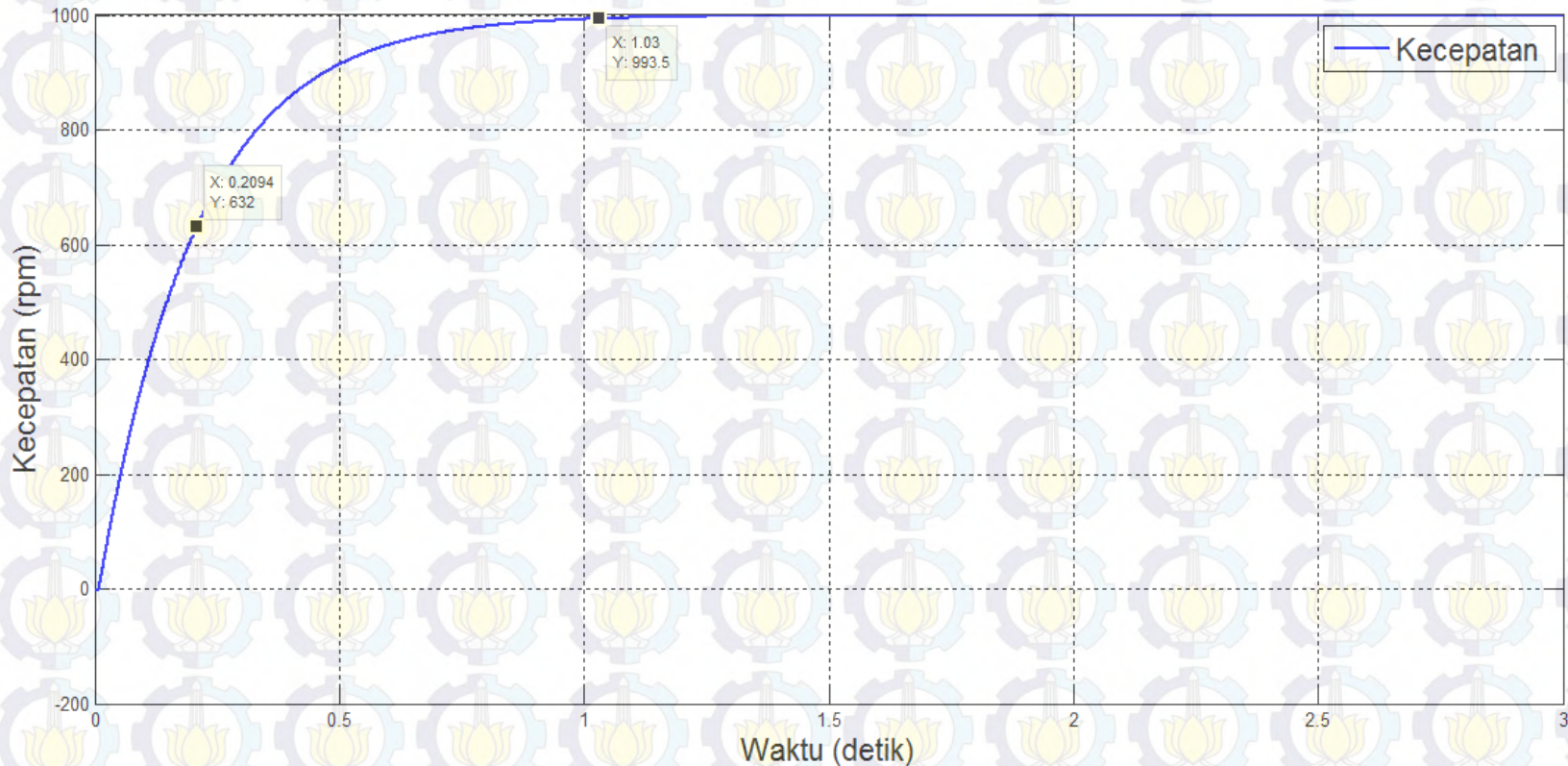
Respon awal torsi elektromagnetik dengan *overshoot* maksimal mencapai -40.13 Nm sampai 77.74 Nm



HASIL DAN PEMBAHASAN

Motor induksi Dengan Kontroler DTC-SMC-GA

- Respon kecepatan rotor



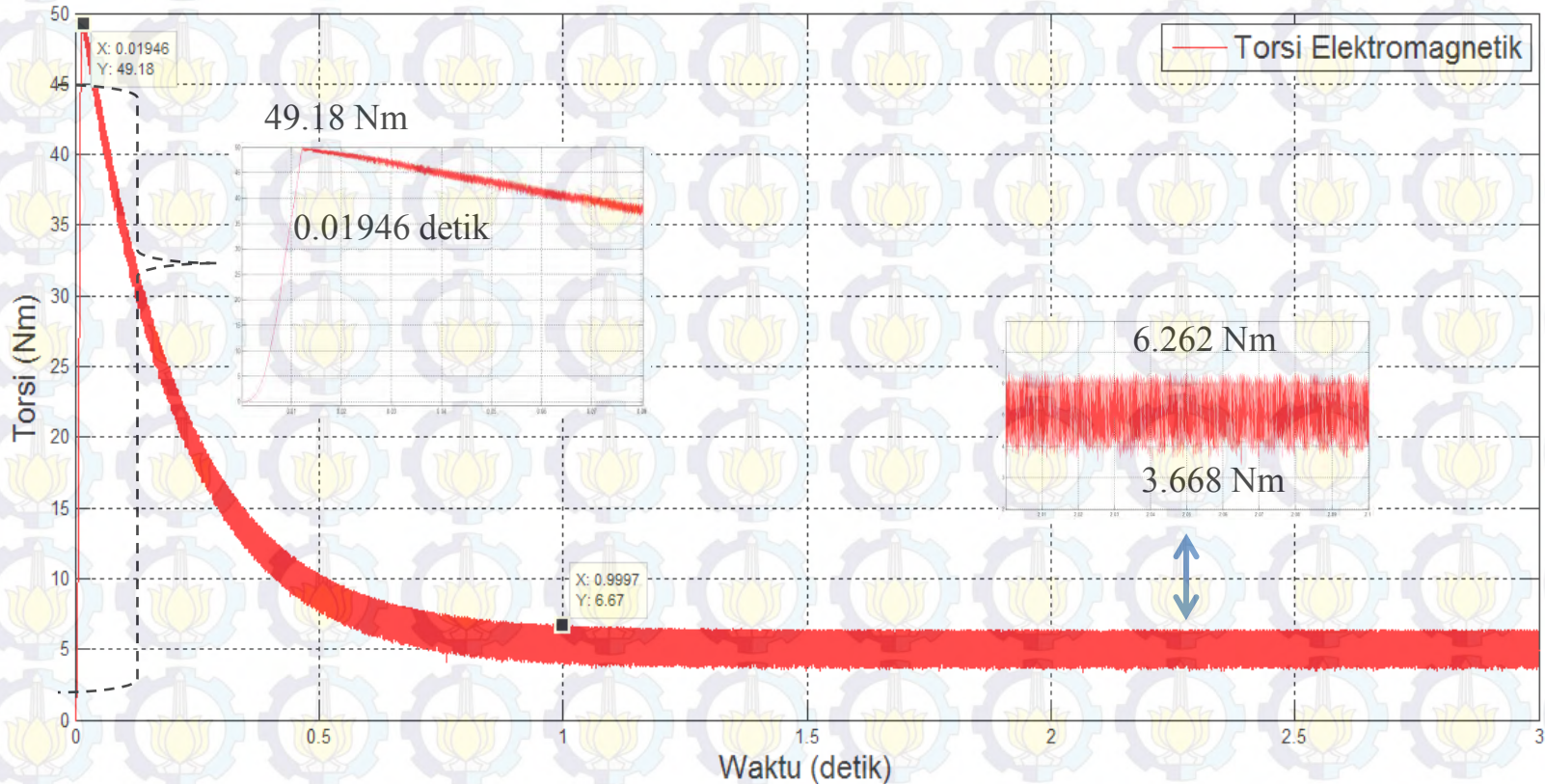
Respon kecepatan mencapai nilai referensi yang ditentukan yaitu 1000rpm. Nilai konstanta waktu (τ) 0.2094 detik dan nilai **Settling time** sebesar 0.6282 detik.



HASIL DAN PEMBAHASAN

Motor induksi Dengan Kontroler DTC-SMC-GA

- Respon torsi elektromagnetik

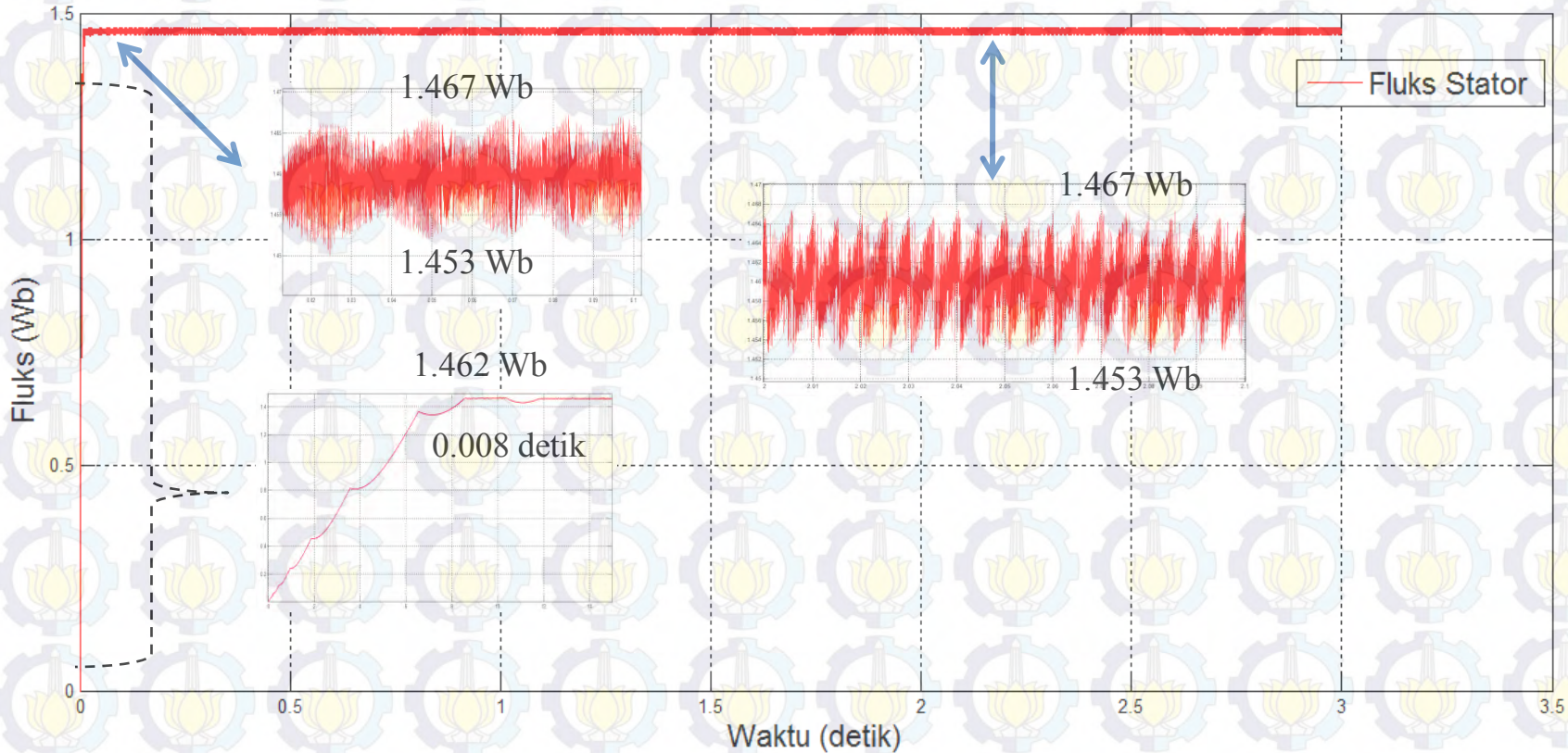




HASIL DAN PEMBAHASAN

Motor induksi Dengan Kontroler DTC-SMC-GA

• Respon Fluks

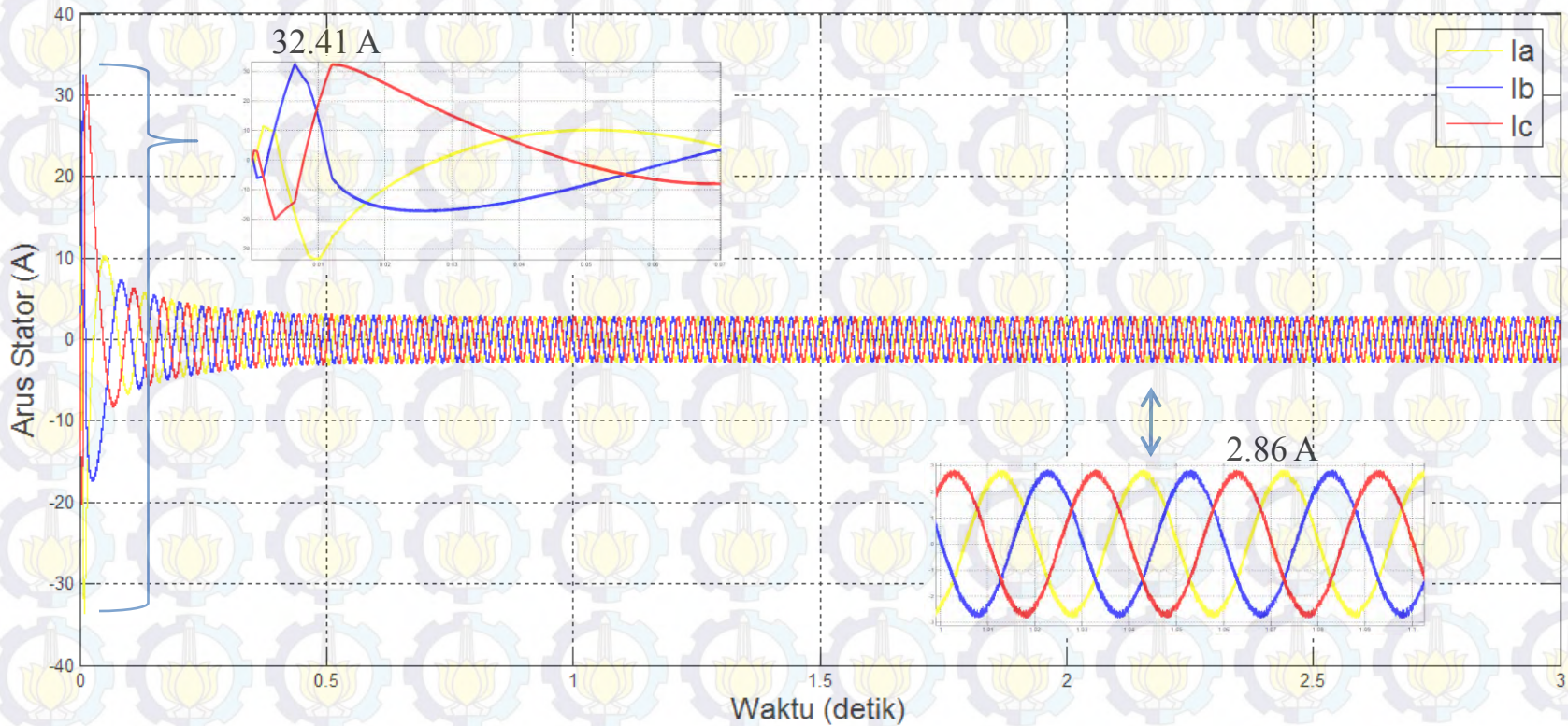




HASIL DAN PEMBAHASAN

Motor induksi Dengan Kontroler DTC-SMC-GA

• Respon Arus Stator Motor Induksi

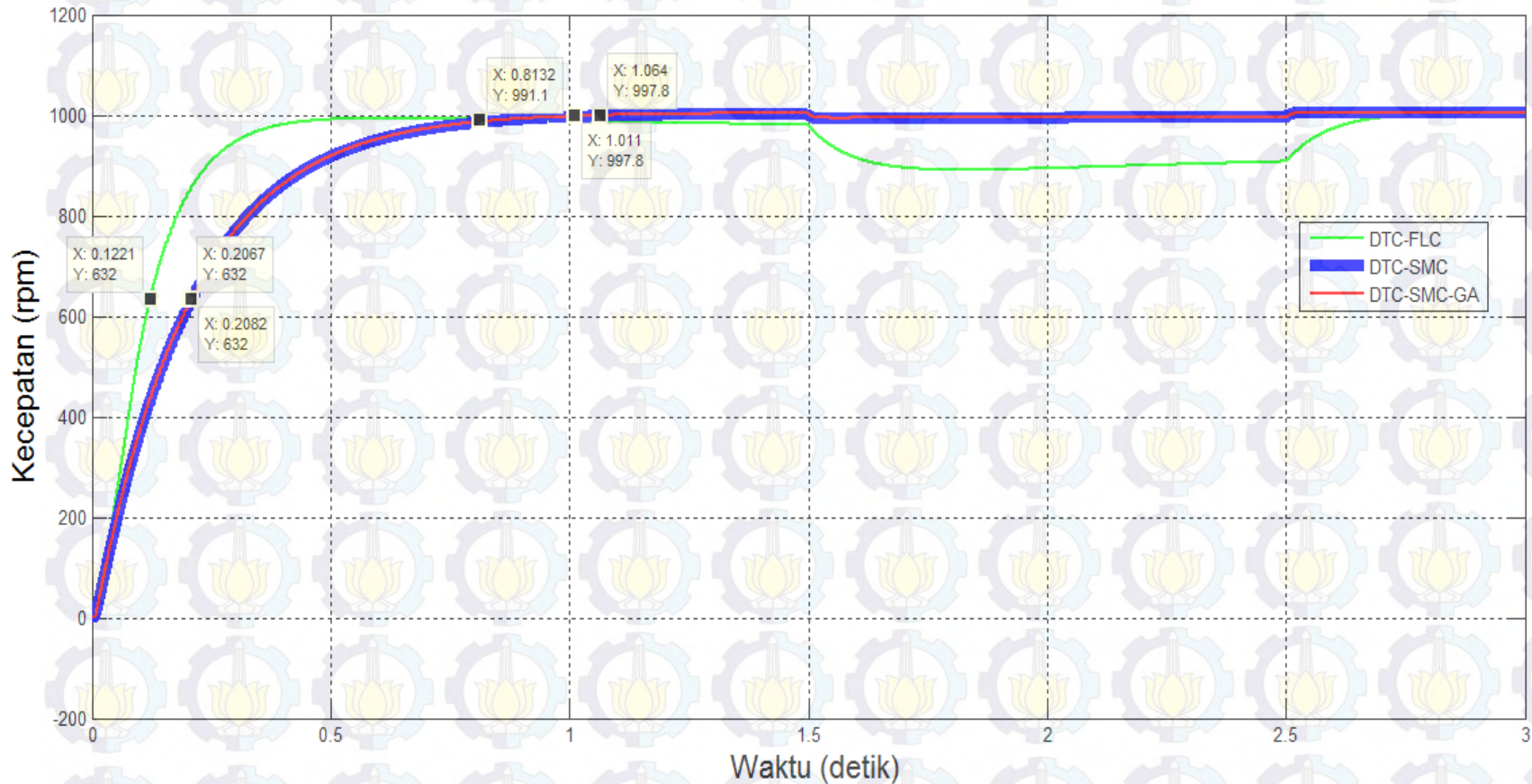




HASIL DAN PEMBAHASAN

perbandingan respon kecepatan motor induksi dengan kontroler berbeda

• Respon kecepatan rotor

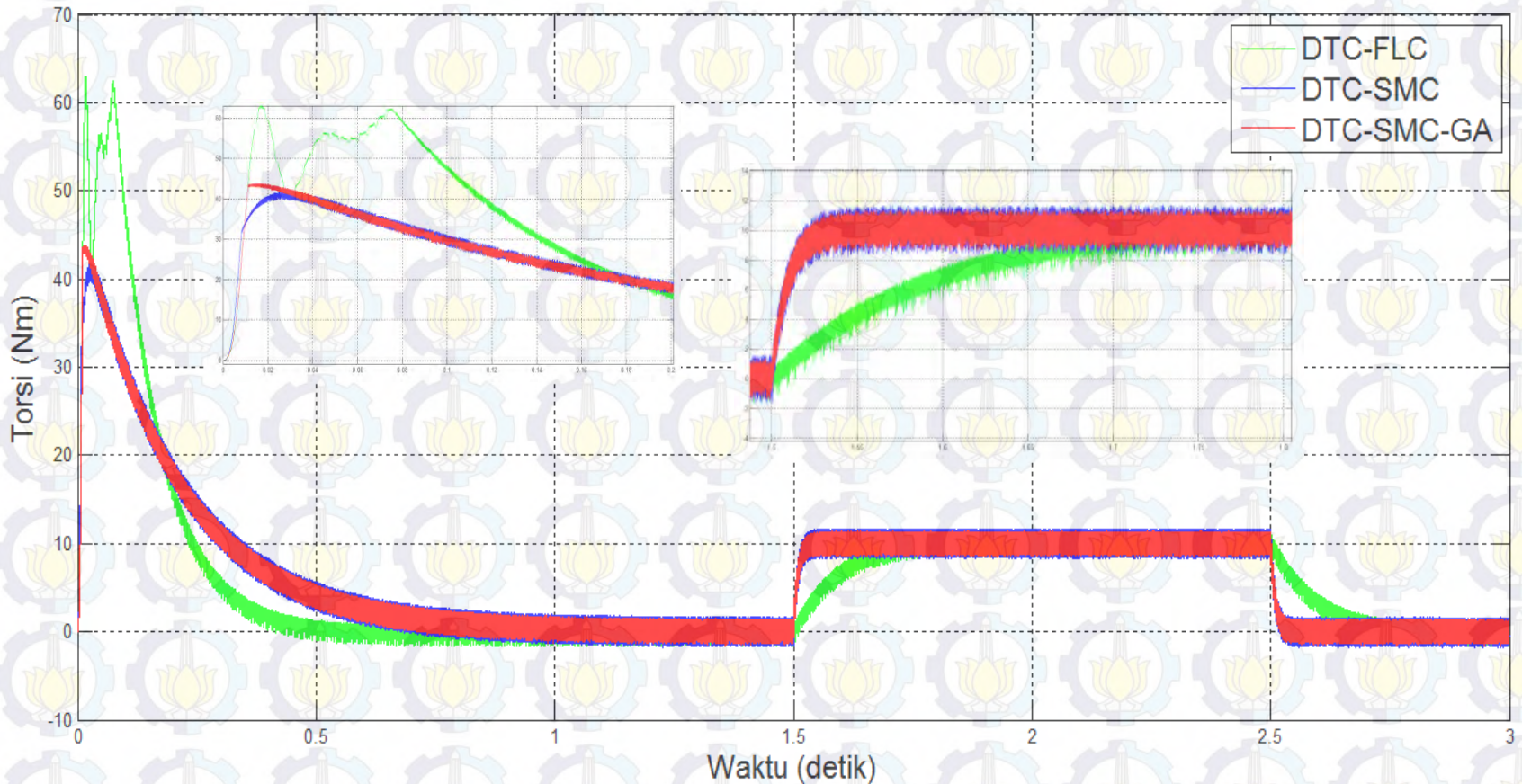




HASIL DAN PEMBAHASAN

perbandingan respon kecepatan motor induksi dengan kontroler berbeda

- Respon Torsi Elektromagnetik

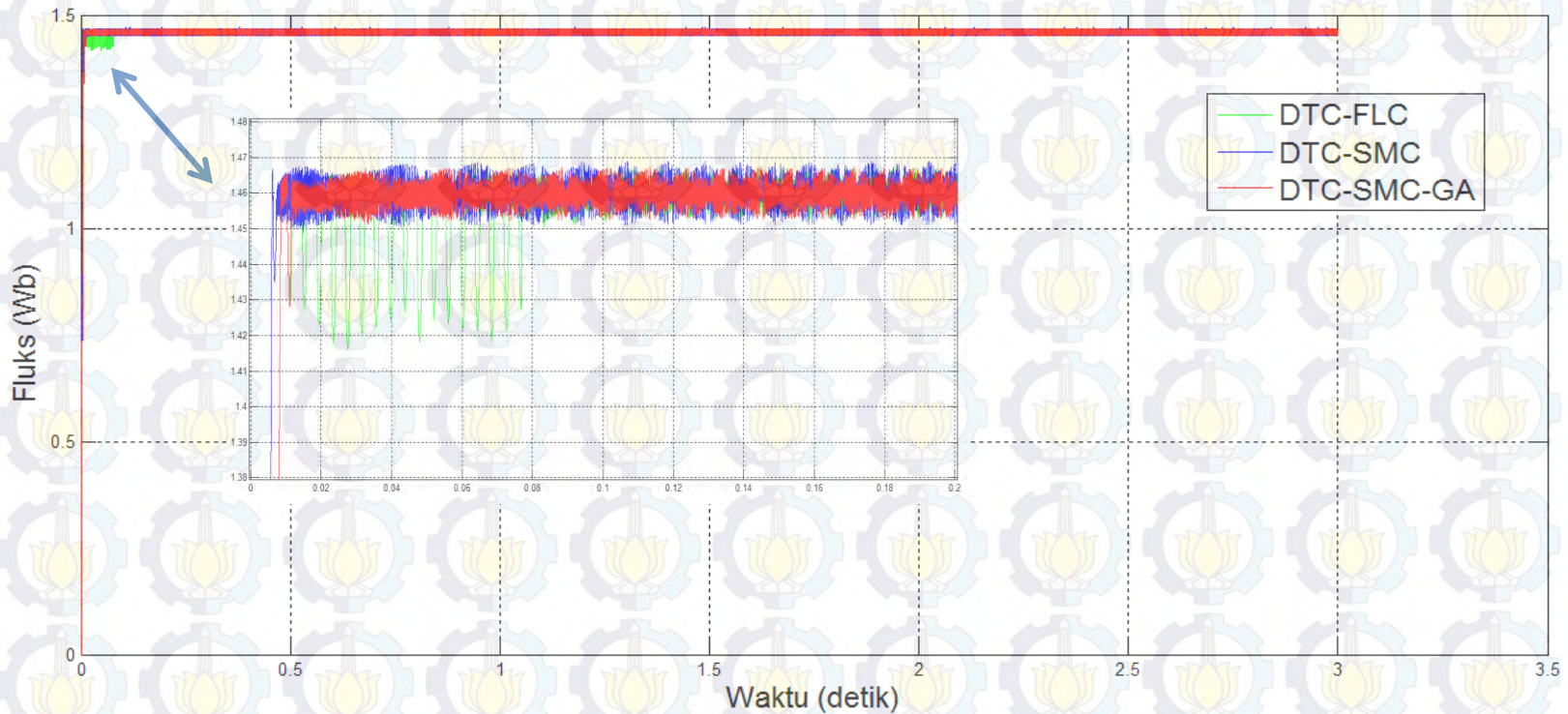




HASIL DAN PEMBAHASAN

perbandingan respon kecepatan motor induksi dengan kontroler berbeda

• Respon Fluks

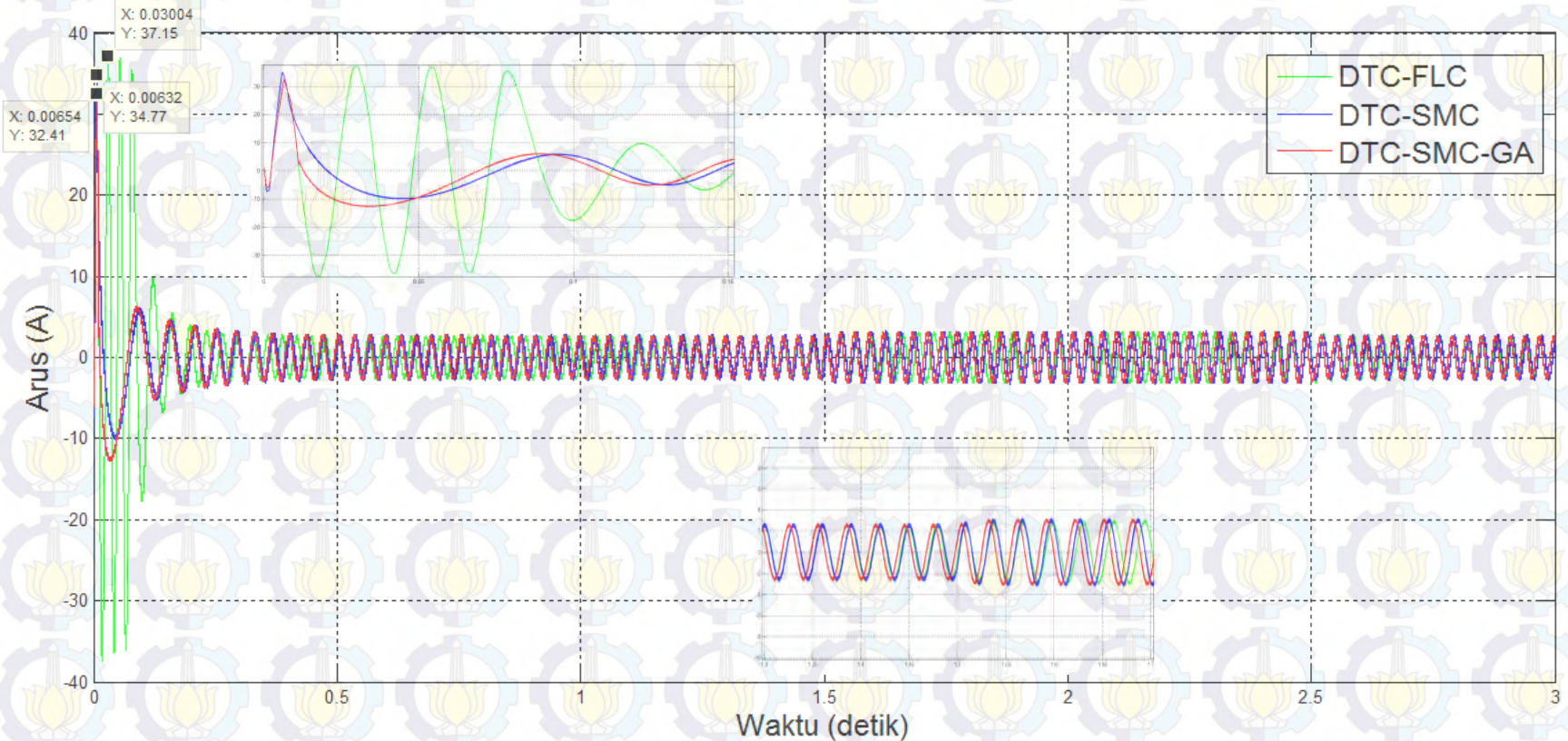




HASIL DAN PEMBAHASAN

perbandingan respon kecepatan motor induksi dengan kontroler berbeda

• Respon Arus





PENUTUP

Kesimpulan

1. Proses pengontrolan model motor induksi DTC dengan kontroler SMC berbasis **Algoritma Genetika** dapat memberikan respon kecepatan rotor yang membentuk grafik respon seperti karakteristik sistem orde pertama. Selain itu grafik respon mampu mencapai nilai kecepatan acuan yang diberikan yaitu 1000, 1100 dan 1200 rad/m dengan rata-rata **settling time** yaitu 0,5618 detik.
2. Desain DTC-SMC berbasis **Algoritma Genetika** dapat meminimalkan fluktuasi **ripple** torsi pada saat **steady state** yaitu sebesar 2.594 Nm jika dibandingkan dengan DTC-SMC tanpa **Algoritma Genetika** fluktuasi **ripple** torsi yang dibangkitkan sebesar 3.201 Nm.



PENUTUP

Kesimpulan

3. Penggunaan kontroler DTC-SMC berpengaruh terhadap respon fluks stator dimana pada saat **steady state** awal fluktuasi **ripple** yang dibangkitkan kecil yaitu 0.017 Wb dibandingkan dengan dengan DTC-FLC yaitu sebesar 0.04 Wb. Dan nilai 0.017 Wb tersebut masih bisa diminimalisasi dengan DTC-SMC berbasis **Algoritma Genetika** yaitu sebesar 0.014 Wb.
4. Dengan digunakan kontroler DTC-SMC dan DTC-SMC berbasis **Algoritma Genetika** respon kecepatan motor induksi hampir tidak mengalami perubahan kecepatan dari referensi yang diberikan pada saat terjadi perubahan beban jika dibandingkan dengan DTC-FLC. Waktu respon kecepatan dan torsi mencapai **steady state** lebih cepat. Saat diterapkan beban pada saat waktu 1.5 detik respon torsi mencapai **steady state** yaitu 1.55 detik. Sedangkan pada DTC-FLC respon torsi mencapai **steady state** yaitu 1.68 detik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Mochammad Rameli .(2014), “Bahan Kuliah Pegaturan Mesin Listrik: Motor Listrik”. Teknik Sistem Pengaturan, Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember,Surabaya.
2. Mochammad Rameli. (2014), “Bahan Kuliah Pegaturan Mesin Listrik: Pengaturan Vektor Motor Induksi”. TekniK Sistem Pengaturan, Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember,Surabaya.
3. Ramesh, T., Panda, K. A. (2012), “Direct Flux and Torque Control of There Phase Induction Motor Drive Using PI and Fuzzy Logic Controllers for Speed Controller for Regulator and Low Torque Ripple ”. Department of Electrical Engineering, National Institute of Tecnology, India.
4. Hu, F.C., Hong, B. R., Liu, H.C. (2014), “Stability analysis and PI controller tuning for a speed sensorless vector-controlled induction motor drive”, *30th Annual Conference of IEEE Inds. Elec., Society, IECON*, vol.1, 2-6 Nov, Korea.
5. Ahammad, T., Beig, A.R., Al-Hosani, K. (2013), “An Improved Direct Torque Control of Induction Motor with Modified Sliding Mode Control Approach”. *IEEE 2013*

DAFTAR PUSTAKA

6. Aguilar, G.M., Cortez, L. (2012), "Implementation of the Direct Torque Control (DTC) in current model, with current starting limiter". Faculty of Sciences of the Electronics, BUAP Puebla, Mexico.
7. Sun, D. (2010), "Sliding Mode Direct Torque Control for Induction Motor with Robust Stator Flux observer", *IEEE 2010 International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation*, China.
8. Trzynadlowski, M. A. (2001), "Control of Induction Motors", Academic Press, Nevada.
9. Robyns, B., Franscois, B., Degobert, B., Hautier, P. J. (2012), "Vector Control of Induction Machines Desentisitation and Optimisation through Fuzzy Logic", Springer, France.
10. Bose, K. B. (2002), "Modern Power Electronics and AC Drives", Prentice Hall, Knoxville.

DAFTAR PUSTAKA

11. Ned, M. (2001), "Advanced Electric Drives", MNPERE, United States of America.
12. Cao-Minh, T., Chakraborty, C., Hori, Y. (2009), "Efficiency Maximization of Induction Motor Drives for Electric Vehicles Based on Actual Measurement of Input Power". Department of Electrical Engineering, University of Tokyo, Japan.
13. Wong, C. C., Chang, Y. S. (1998), "Parameter Selection in the Sliding Mode Control Design Using Genetic Algorithms". Department of Electrical Engineering, Tamkang University, Taiwan.
14. Hermawanto, D. (2007), "Algoritma Genetika dan Contoh Aplikasinya". *Komunitas eLearning IlmuKomputer.com*
15. Goldberg, D. E. (1989), "Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning". Addison-Wesley.



TERIMA KASIH