TUGAS AKHIR

SISTEM PENGATURAN POSISI *SPINDLE* PADA MESIN CNC *MILLING* MENGGUNAKAN KONTROLER *FUZZY*-PD

AHDIYAT DARDA'

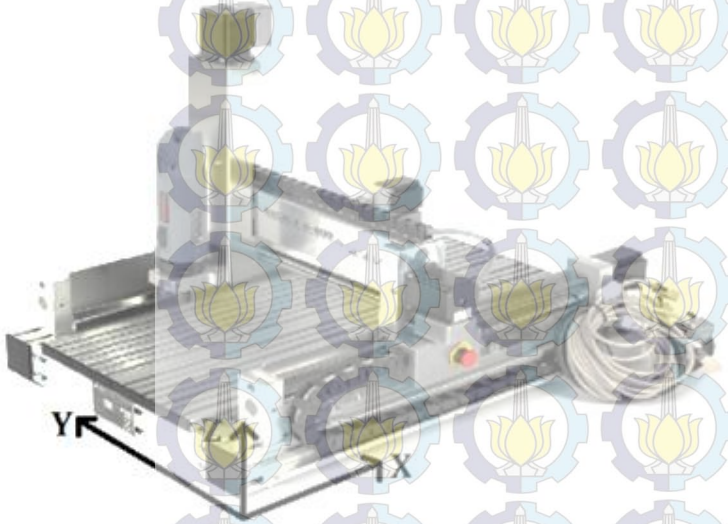
2210 100 124

OUTLINE

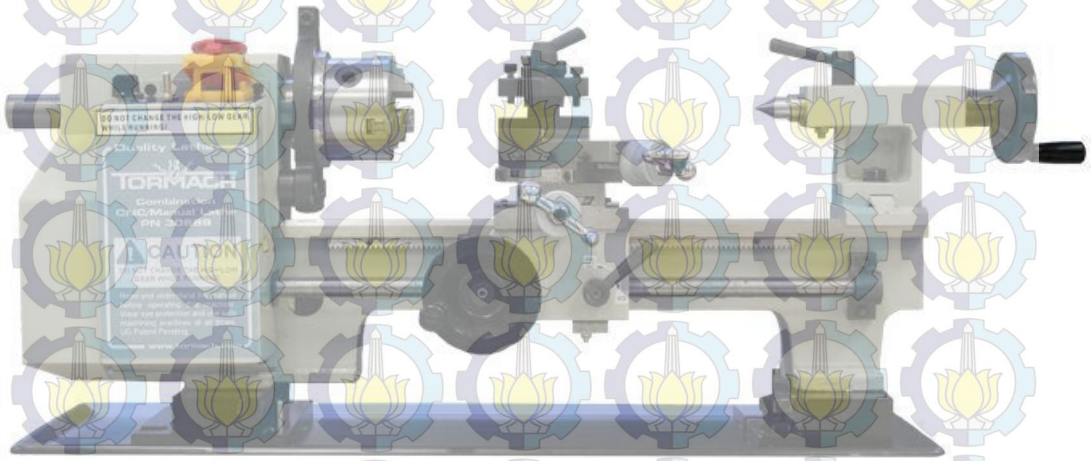
- MESIN CNC
- KONTROLER *FUZZY*-PD PADA MOTOR SERVO AC
- PENGUJIAN PENGATURAN POSISI SPINDLE MENGGUNAKAN KONTROLER *FUZZY*-PD
- KESIMPULAN

MESIN CNC

MESIN CNC



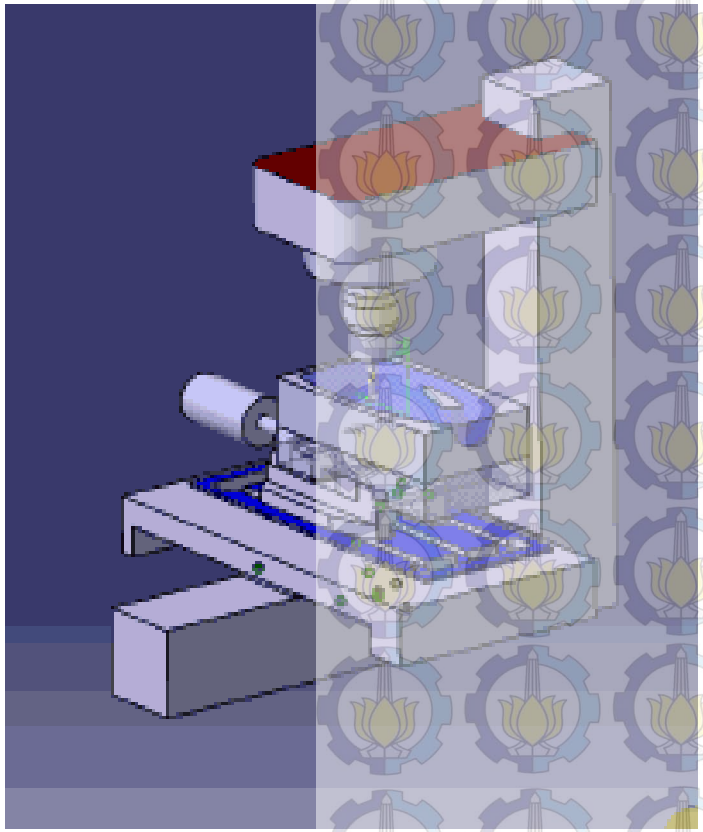
Mesin CNC *Milling*



Mesin CNC *Lathe*

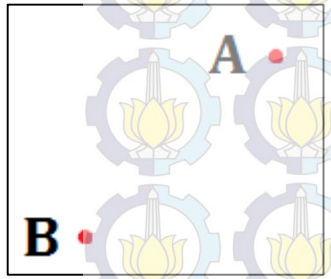
- Mesin perkakas yang diatur oleh komputer dengan menggunakan bahasa numerik (data perintah dengan kode angka, huruf dan simbol)
- Merupakan mesin yang sering digunakan pada industri
- Pada penggunaannya membutuhkan kecepatan dan ketepatan tinggi

MESIN CNC *MILLING*



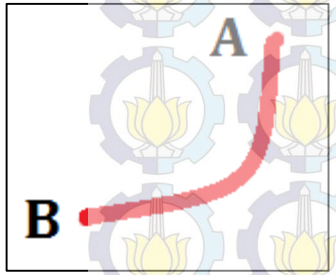
- Digunakan untuk membentuk, memotong, atau melubangi benda kerja
- Memiliki tiga sumbu gerak X, Y, dan Z

Pengaturan Posisi Mesin CNC



Titik ke Titik

Mata bor ditaruh pada posisi tertentu, melakukan pengeboran, kemudian berpindah ke posisi selanjutnya, untuk melakukan pengeboran kembali



Continous path (Interpolasi)

Pisau pemotong terus bersentuhan dengan preparat ketika bergerak dari satu titik ke titik lainnya.

Pengaturan Posisi Mesin CNC (2)

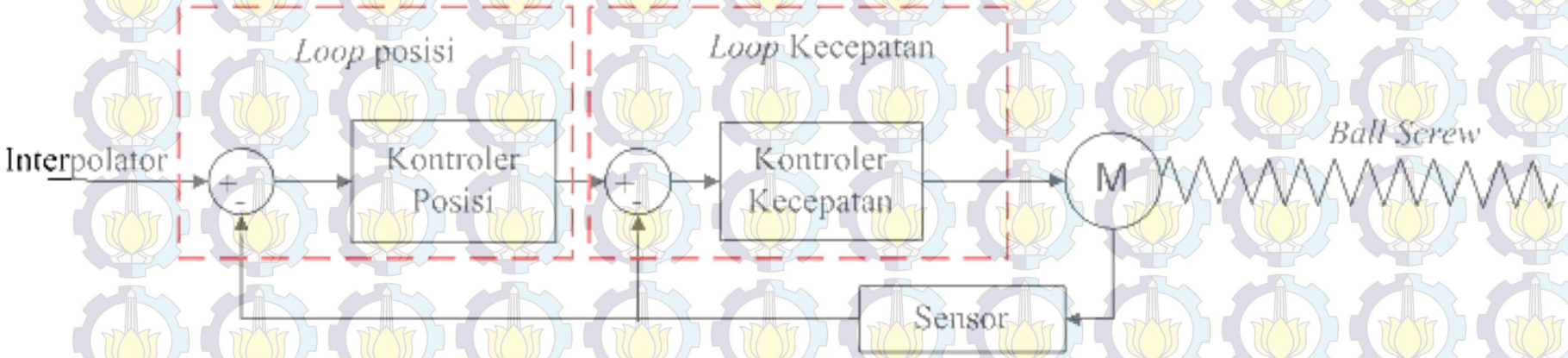


Diagram blok pengaturan motor Servo AC pada mesin CNC

- Pengaturan posisi mesin CNC dipengaruhi oleh gangguan akibat beban, keausan mata bor, mekanis mesin
- Metode yang pernah diterapkan antara lain *Artificial Intelligence* dan PID[1]

[1]Guoyong Zhao, et.al, *Research on Nonlinear PID Position Controller of CNC System*, Proceedings of the IEEE International Conference on Automation and Logistics, pp. 2446-2450, 2007

Pengaturan Posisi Mesin CNC (3)

Metode	Kelebihan	Kekurangan
PID	Mampu mengatur mesin CNC sesuai dengan karakteristik yang diinginkan	Kesulitan untuk beradaptasi dengan dinamisasi mesin CNC
Kecerdasan buatan	Mampu untuk beradaptasi dengan dinamisasi mesin CNC	Membutuhkan perhitungan yang komplek sehingga sulit untuk mendapatkan akurasi yang *Real time*

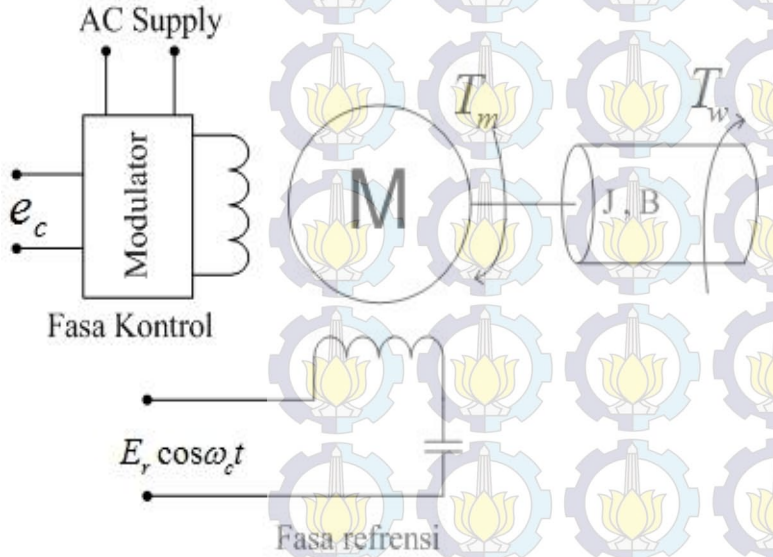
Oleh karena itu digunakan gabungan kontroler *Fuzzy* dan PID untuk mengatur mesin CNC

TUJUAN

Meningkatkan kualitas pengaturan posisi pada mesin CNC dengan cara merancang kontroler *Fuzzy*-PD yang dapat diterapkan pada servo motor sebagai penggerak *spindle* pada CNC

KONTROLER *FUZZY*-PD PADA MOTOR SERVO AC

MOTOR SERVO AC



persamaan torsi Motor AC Servo :

$$k_1 e_c(t) = J\ddot{\theta}(t) + B\dot{\theta}(t) + T_w + k_2\dot{\theta}(t)$$

Dalam bentuk Laplace :

$$\frac{\theta(s)}{e_c(s)} = \frac{k_1}{J.s^2 + k_2.s + B.s} = \frac{K_m}{s(\tau_m s + 1)}$$

$$= \frac{0{,}4}{s(2{,}7763s + 1)}$$ [2]

e_c	= tegangan control	$E_r \cos \omega_c t$	= tegangan masukan pada fasa refrensi
ω_c	= frekuensi carier	E_r	= tegangan refrensi.
T_m	= torsi motor	T_w	= torsi gangguan
B	= gaya gesek	J	= momen inersia

[2]M. Vijayakarthick and P.K. Bhaba, *Position Tracking Performance Of Ac Servomotor Based*, Ijrras 10(1),pp. 119-128, 2012

DIAGRAM BLOK SISTEM

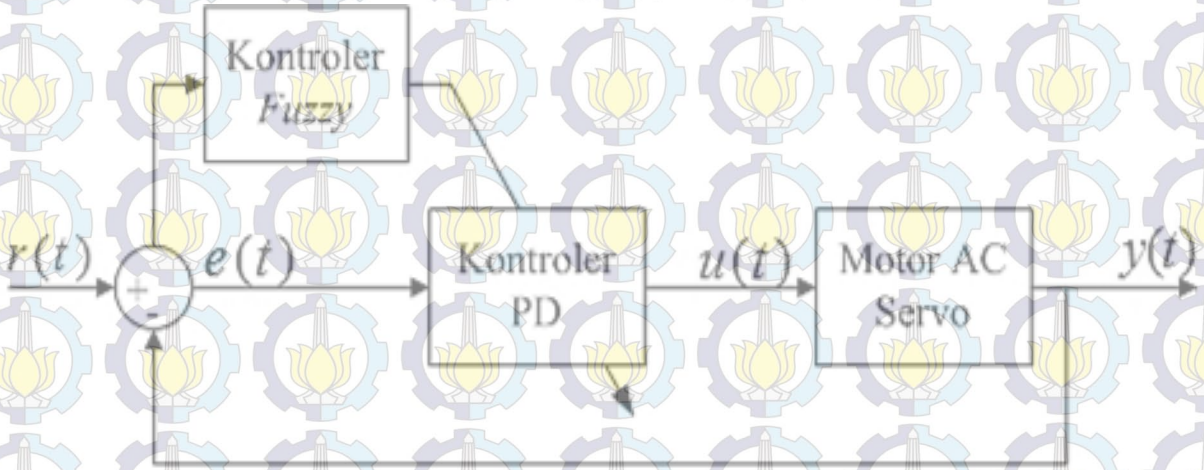


Diagram blok pengaturan posisi motor AC Servo menggunakan kontroler *Fuzzy*-PD

PERANCANGAN KONTROLER *FUZZY*-PD

Perancangan Kp dan Kd

Jika diinginkan $\tau_s{}^*(\pm 2\%) \approx 4\tau^*$ tercapai saat 0,5 detik, maka $\tau^* = 0.125$

$$K_p = \frac{1}{\tau^* K} = \frac{1}{0{,}125(0.4)} = 20$$

Besarnya waktu differensial:

$$\tau_d = T = 2{,}7763$$

Besarnya K_d:

$$K_d = K_p \tau_d = 20(2{,}7763) = 55.526$$

PERANCANGAN KONTROLER *FUZZY*-PD (2)

Prinsip pembuatan aturan dasar

Nmr	Kesalahan	Perubahan Kesalahan	Kp	Kd	Keterangan
1	Positif	Positif	Positif	Positif	Meningkatkan kestabilan, mengurangi kesalahan waktu tunak
2	Positif	Negatif	Positif	Negatif	Mempercepat respon
3	Negatif	Positif	Negatif	Positif	Mengurangi *overshoot*
4	Negatif	Negatif	Negatif	Positif	Mengurangi *overshoot*

PERANCANGAN KONTROLER *FUZZY*-PD (3)

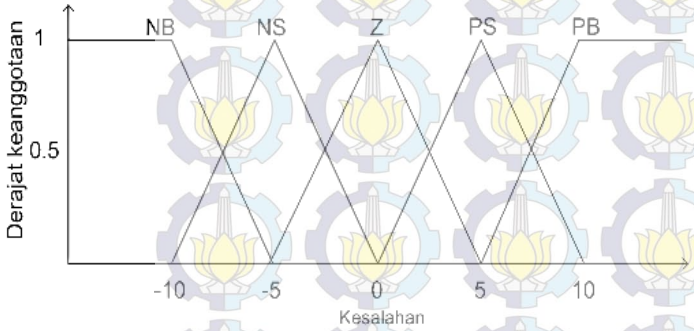
Aturan dasar kontroler *Fuzzy*

Kp dan Kd		Kesalahan				
		NB	NS	Z	PS	PB
Perubahan kesalahan	N	NB,NB	NS,NS	PS,Z	PS,PS	PB,PB
	Z	NS,PS	NS,PS	Z,Z	PS,NS	PB,NB
	P	NB,PB	NS,PS	NS,Z	PS,NS	PB,NB

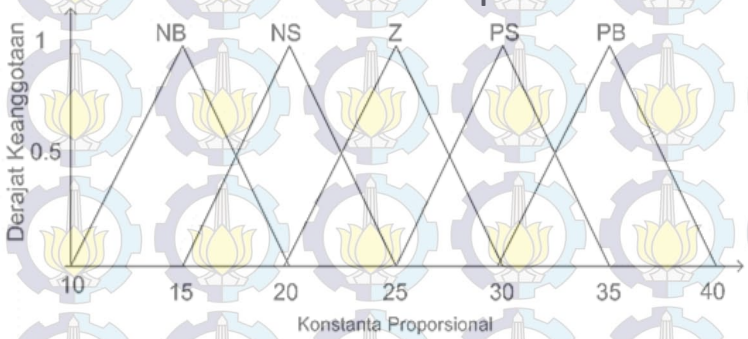
PERANCANGAN KONTROLER *FUZZY*-PD (4)

Fungsi Keanggotaan untuk masing-masing parameter kontroler *Fuzzy*

Masukan kesalahan

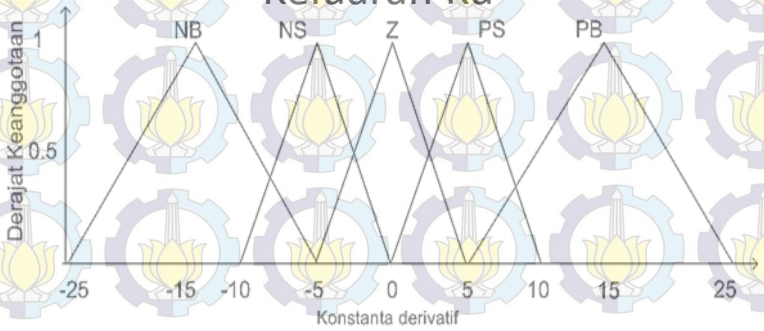


Keluaran Kp



Masukan perubahan kesalahan

Keluaran Kd



PENGUJIAN PENGATURAN POSISI *SPINDLE* MENGGUNAKAN KONTROLER *FUZZY*-PD

SIMULASI SISTEM

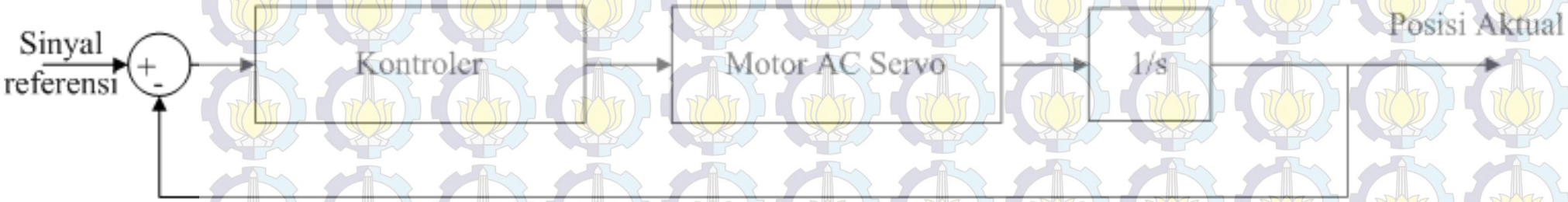
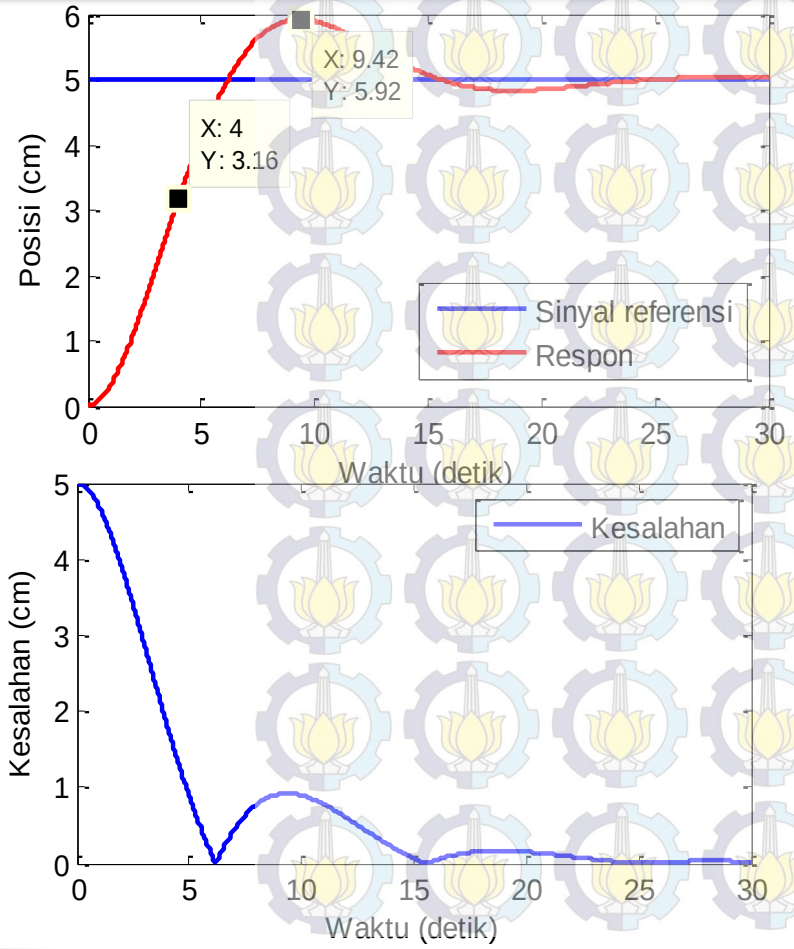


Diagram blok pengujian sistem

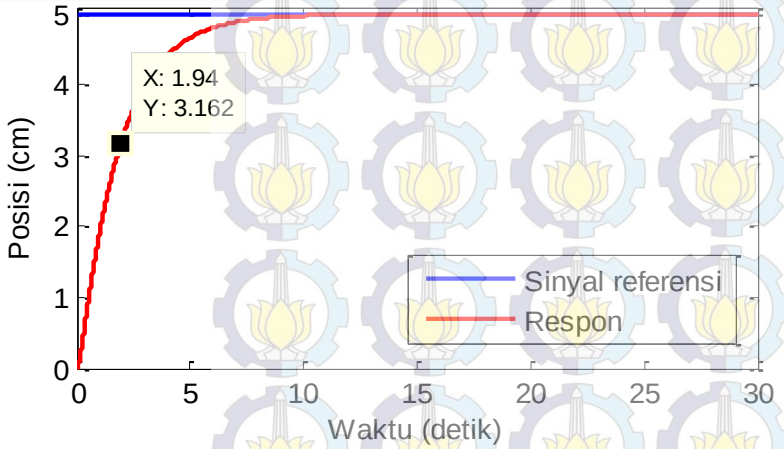
- Bertujuan untuk melihat karakteristik sistem
- Dilakukan dengan memberikan sinyal referensi berupa sinyal step dengan nilai 5
- Parameter kontroler yang digunakan Kp=30 dan Kd=55.526

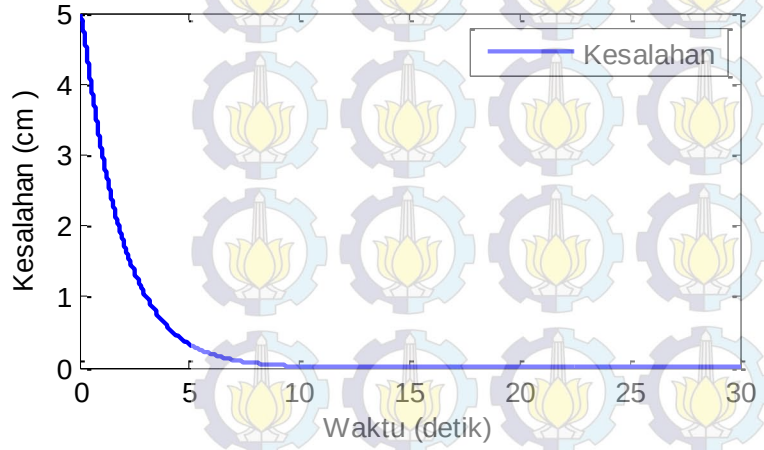
SIMULASI SISTEM TANPA KONTROLER



- konstanta waktu (τ) = 4 detik.
- *Overshoot* = 18,4%.
- Waktu tunak (ts) = 20 detik
- Waktu naik (tr) = 11,77 detik
- RMSE = 1,4844

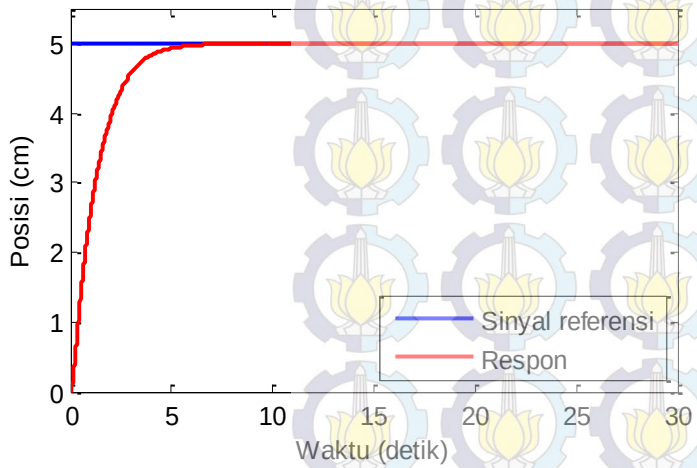
SIMULASI SISTEM DENGAN KONTROLER PD

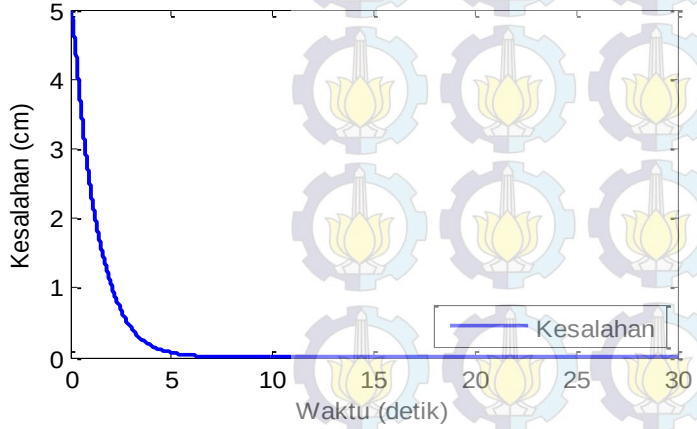




- Konstanta waktu (τ) = 1,94 detik.
- Waktu tunak (ts) = 9,7 detik
- Waktu naik (tr) = 5,7 detik
- RMSE = 0.9267

SIMULASI SISTEM DENGAN KONTROLER *FUZZY*-PD





- Konstanta waktu (τ) = 1.22 detik.
- Waktu tunak (ts) = 6,1 detik
- Waktu naik (tr) = 3,59 detik
- RMSE = 0,7531

SIMULASI SISTEM DENGAN PERUBAHAN SINYAL REFERENSI

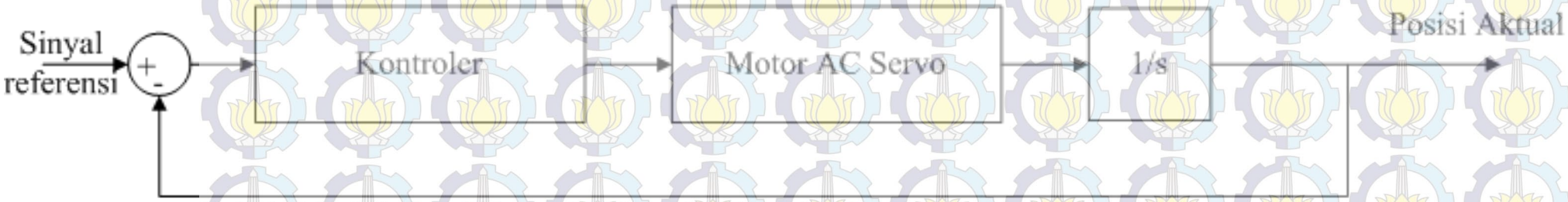
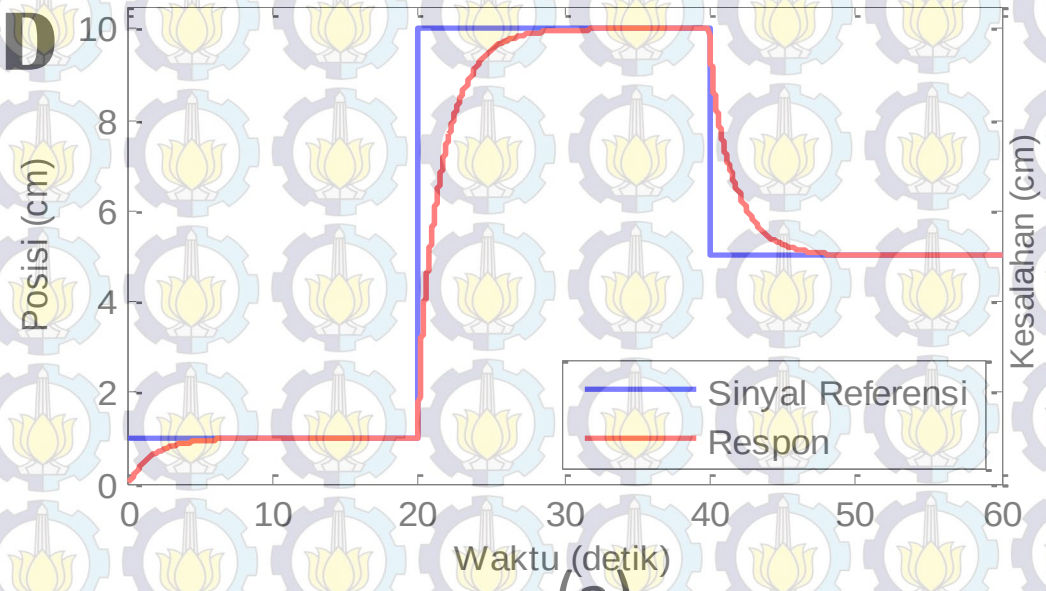


Diagram blok pengujian sistem

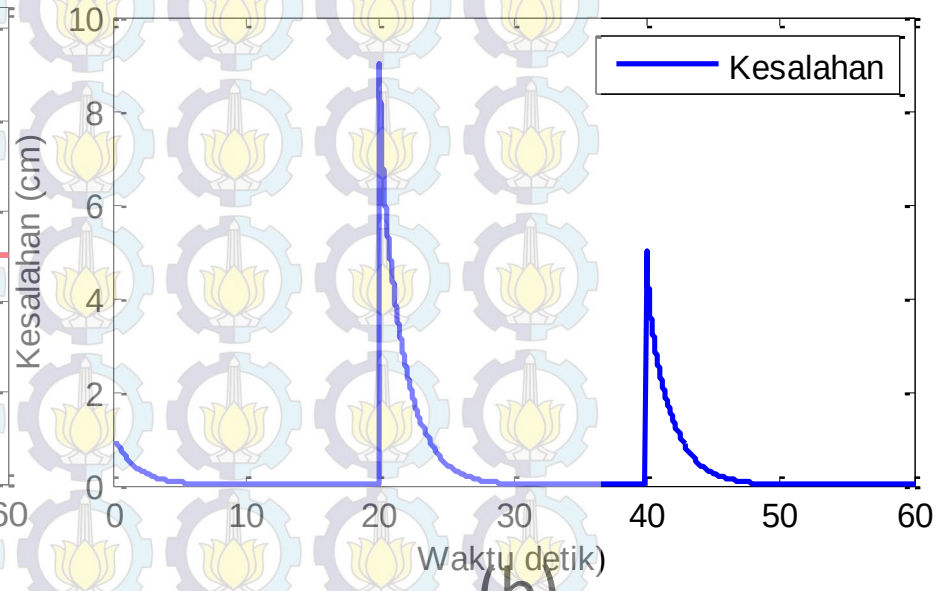
- Bertujuan untuk melihat kemampuan kontroler dalam mengatasi perubahan parameter
- Dilakukan dengan memberikan sinyal referensi berupa sinyal step dengan nilai yang berubah-ubah pada selang waktu tertentu
- Besar sinyal referensi yang digunakan yaitu 1, 5, dan 10
- Parameter kontroler yang digunakan Kp=30 dan Kd=55.526

SIMULASI SISTEM DENGAN PERUBAHAN SINYAL REFERENSI (2)

Kontroler PD



(a)



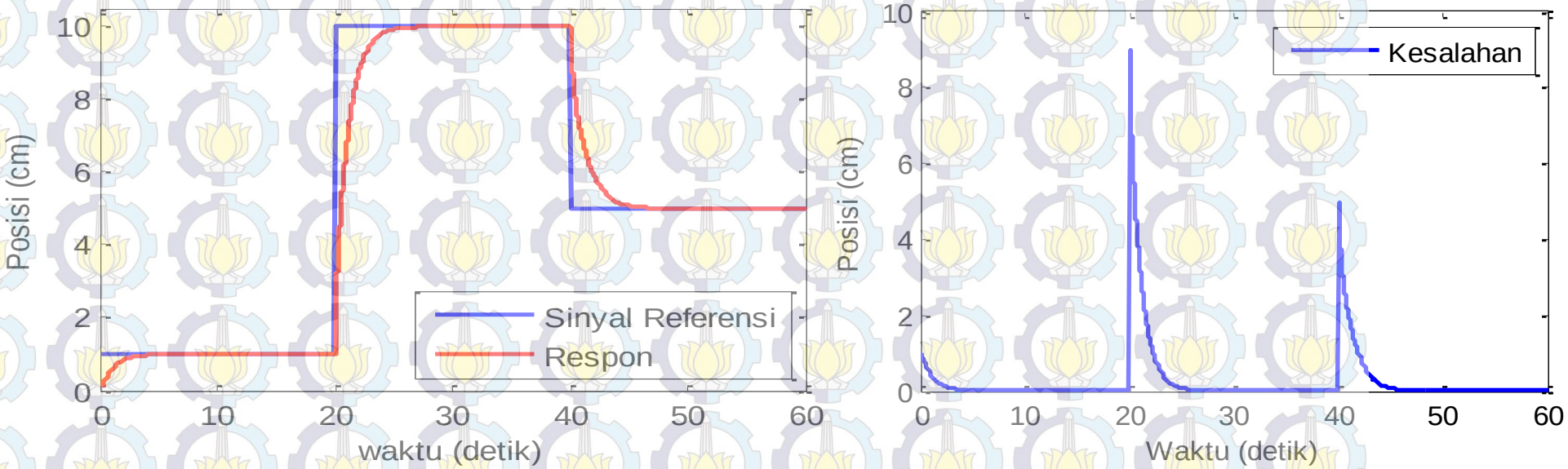
(b)

a) Respon sistem terhadap perubahan sinyal referensi dengan kontroler PD

b) Grafik kesalahan sistem dengan menggunakan kontroler PD

SIMULASI SISTEM DENGAN PERUBAHAN SINYAL REFERENSI (3)

***Fuzzy*-PD**



(a) (b)

a) Respon sistem terhadap perubahan sinyal referensi dengan kontroler *Fuzzy*-PD

b) Grafik kesalahan sistem dengan menggunakan kontroler *Fuzzy*-PD

SIMULASI SISTEM DENGAN PERUBAHAN SINYAL REFERENSI (4)

Kontroler	RMSE
PD	1,3656
Fuzzy-PD	0.9247

SIMULASI SISTEM DENGAN GANGGUAN

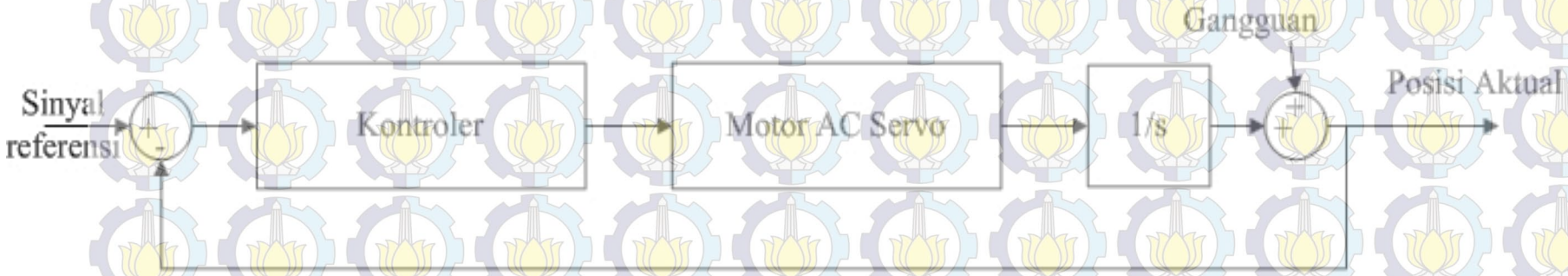
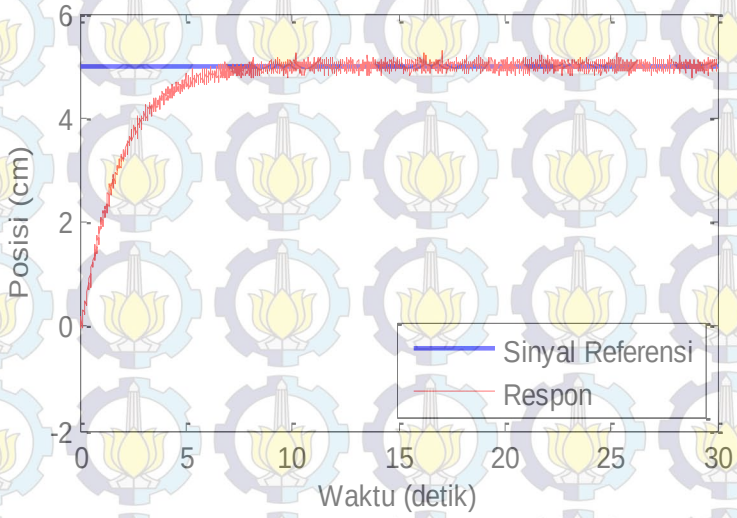


Diagram blok pengujian sistem

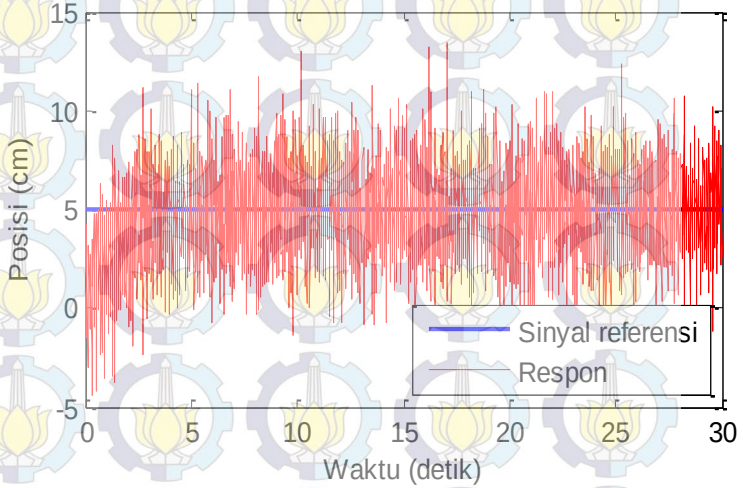
- Menggambarkan kondisi mesin CNC yang mendapat gangguan pada sinyal
- Gangguan yang diberikan berupa sinyal acak normal (Gaussian)
- Nilai rata-rata sinyal adalah nol, sedangkan varian bervariasi yaitu 0,005, 0,5, dan 5
- Parameter kontroler yang digunakan Kp=30 dan Kd=55.526

SIMULASI SISTEM DENGAN GANGGUAN (2)

Kontroler PD



(a)

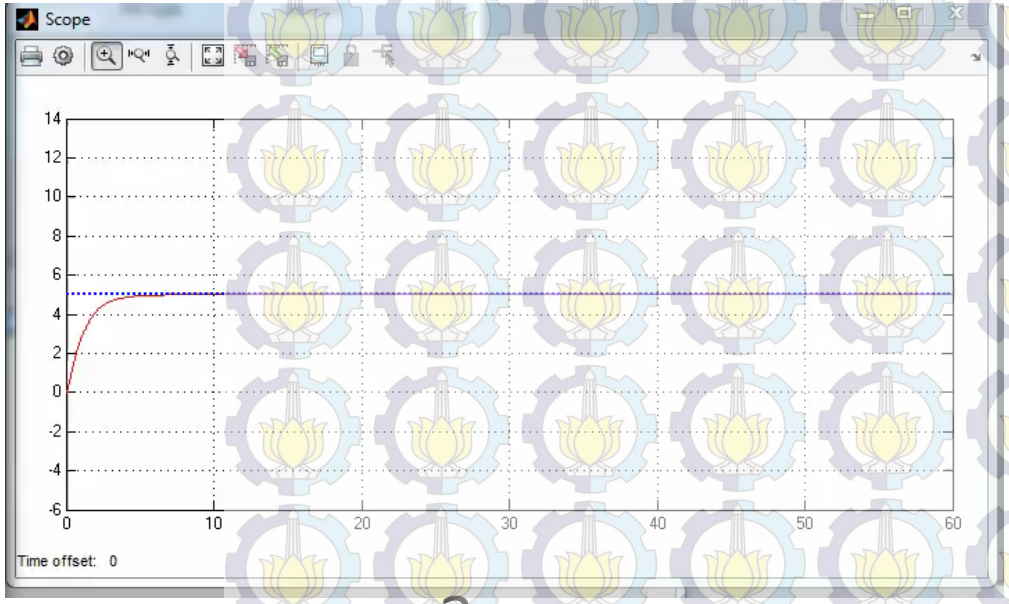


(b)

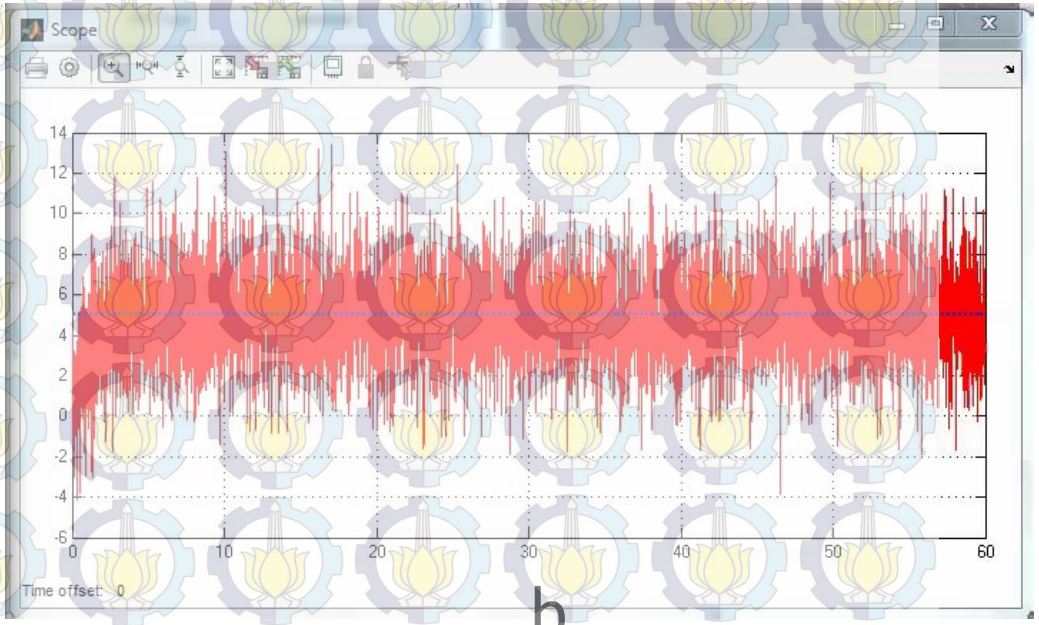
a) Respon sistem menggunakan kontroler PD dengan varian gangguan sebesar 0,005

b) Respon sistem menggunakan kontroler PD dengan varian gangguan sebesar 5

SIMULASI SISTEM DENGAN GANGGUAN (3)



a



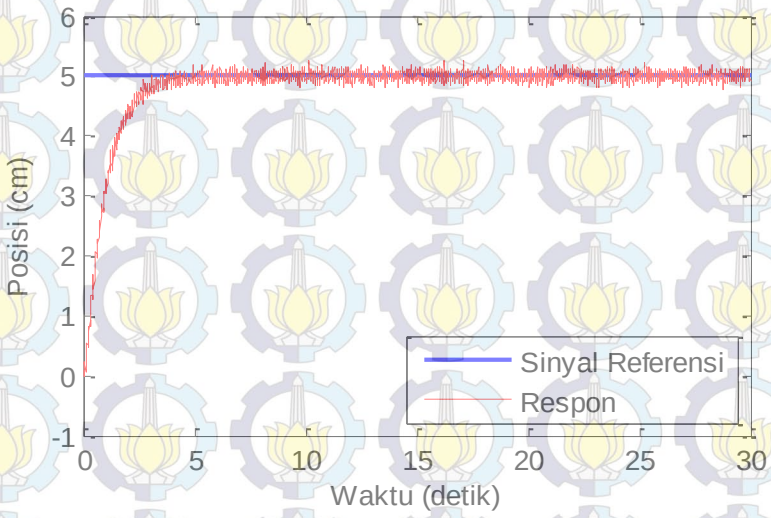
b

a) Respon sistem menggunakan kontroler *Fuzzy*- tanpa gangguan

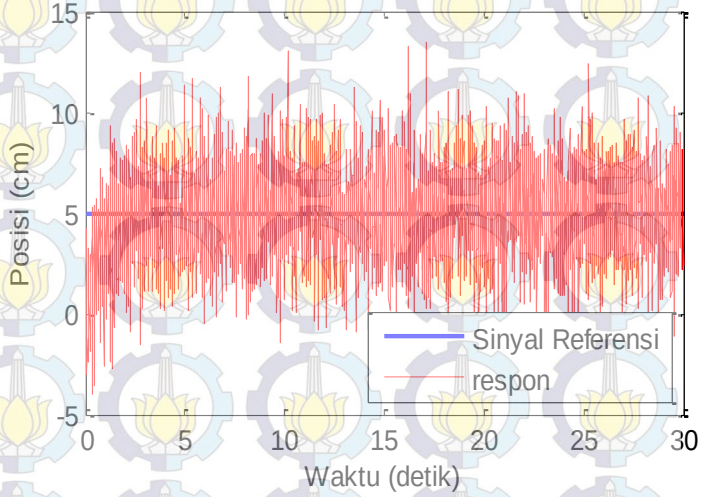
b) Respon sistem menggunakan kontroler *Fuzzy*-PD dengan varian gangguan sebesar 0,005

SIMULASI SISTEM DENGAN GANGGUAN (3)

***Fuzzy*-PD**



(a)



(b)

a) Respon sistem menggunakan kontroler *Fuzzy*-PD dengan varian gangguan sebesar 0,005

b) Respon sistem menggunakan kontroler *Fuzzy*-PD dengan varian gangguan sebesar 5

SIMULASI SISTEM DENGAN GANGGUAN (4)

Varian	RMSE	
	PD	Fuzzy-PD
0	0.9267	0,7531
0.005	0.9621	0,7657
0.5	1.1476	1,0330
5	2.4216	2,3787

SIMULASI SISTEM DENGAN BEBAN

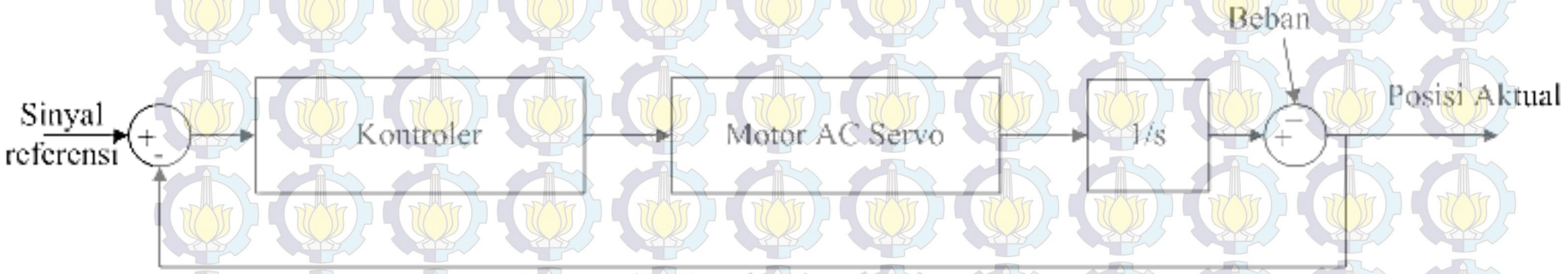
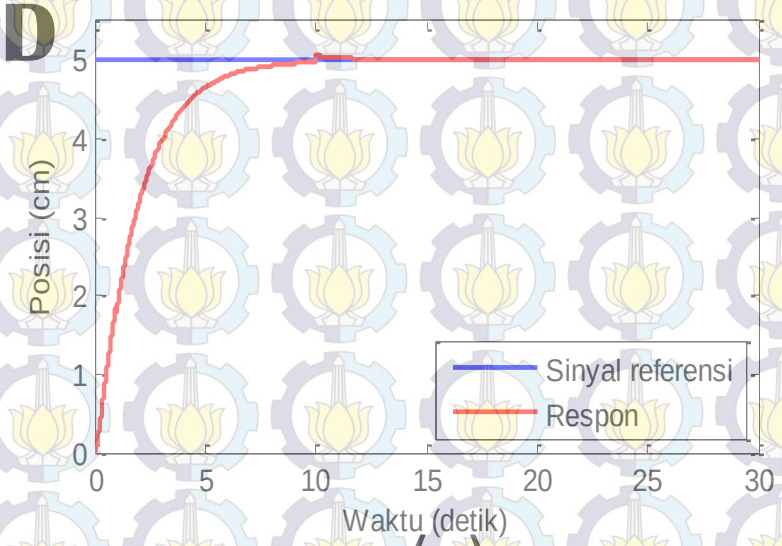


Diagram blok pengujian sistem

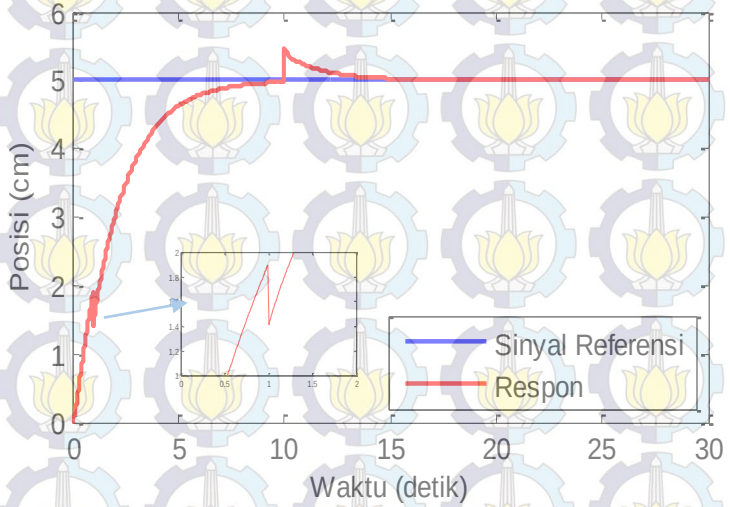
- Menggambarkan kondisi mesin CNC saat melakukan proses pemotongan benda kerja
- Pengujian dilakukan dengan beban 0,1 , 0,3 , dan 0,5
- Parameter kontroler yang digunakan Kp=30 dan Kd=55.526

SIMULASI SISTEM DENGAN BEBAN (2)

Kontroler PD



(a)



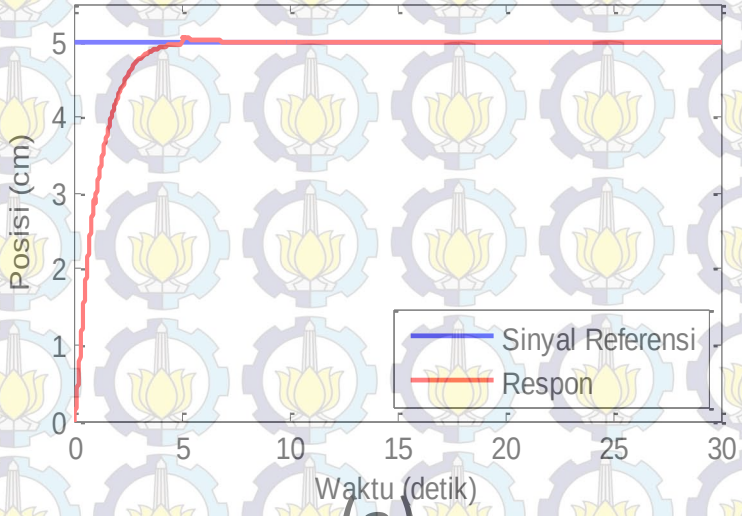
(b)

a) Respon sistem menggunakan kontroler PD dengan beban sebesar 0,1

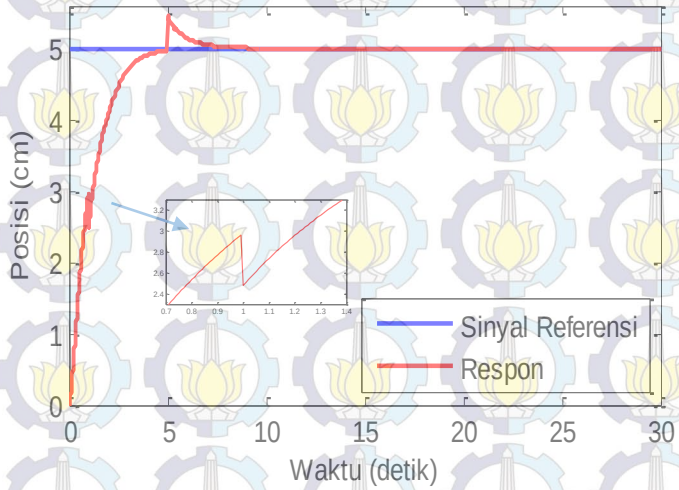
b) Respon sistem menggunakan kontroler PD dengan beban sebesar 0,5

SIMULASI SISTEM DENGAN BEBAN (3)

***Fuzzy*-PD**



(a)



(b)

a) Respon sistem menggunakan kontroler *Fuzzy*-PD dengan beban sebesar 0,1

b) Respon sistem menggunakan kontroler *Fuzzy*-PD dengan beban sebesar 0,5

SIMULASI SISTEM DENGAN BEBAN (4)

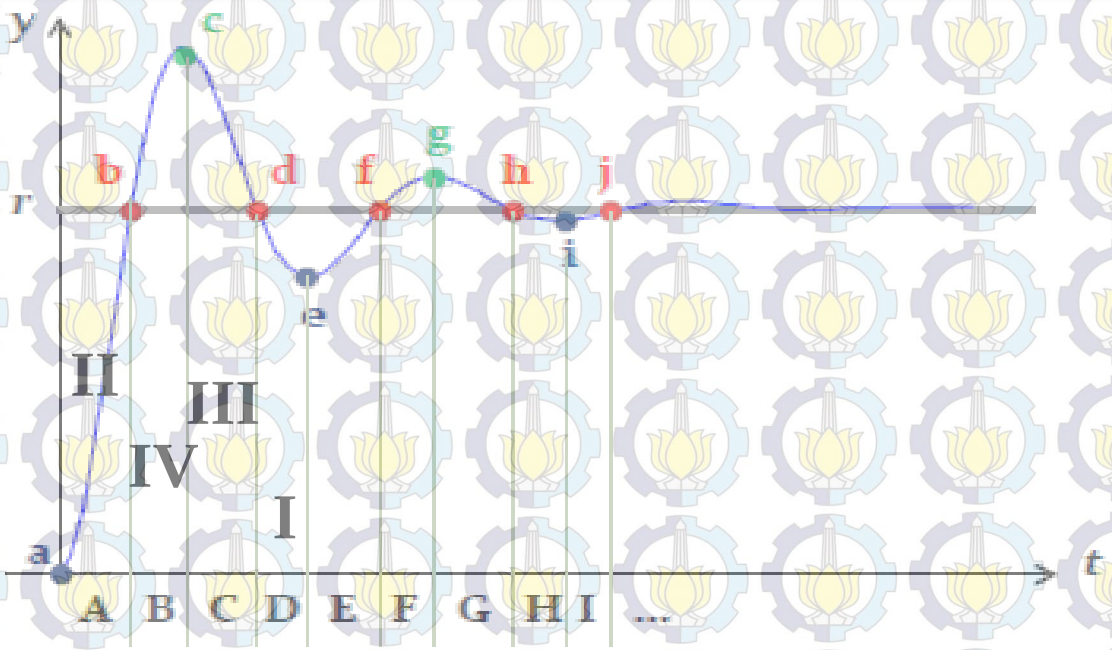
Beban	RMSE	
	PD	*Fuzzy*-PD
0	0.9267	0,7531
0.1	0.9355	0,7583
0.3	0.9544	0,7696
0.5	0.9748	0,7824

KESIMPULAN

- Sistem dengan kontroler *Fuzzy*-PD mampu mencapai posisi yang diinginkan pada waktu 3,59 detik, hal ini lebih baik daripada kontroler PD ataupun sistem tanpa menggunakan kontroler.
- Kontroler Fuzzy-PD memiliki ketahanan yang baik terhadap gangguan dengan nilai RMSE sebesar 0,7631.
- Kontroler Fuzzy-PD memiliki ketahanan yang baik terhadap beban dengan nilai RMSE meningkat 0,76% dari nilai RMSE tanpa beban, hal ini lebih baik daripada sistem dengan kontroler PD yang peningkatan nilai RMSE-nya sebesar 0,95%.
- Penentuan aturan dasar kontroler *Fuzzy* sangat berpengaruh terhadap respon dari sistem. Pemiihan aturan dasar yang baik akan meningkatkan performansi sistem, sedangkan pemilihan aturan dasar yang salah dapat mengurangi performansi dari sistem bahkan dapat membuat sisttem tidak stabil.

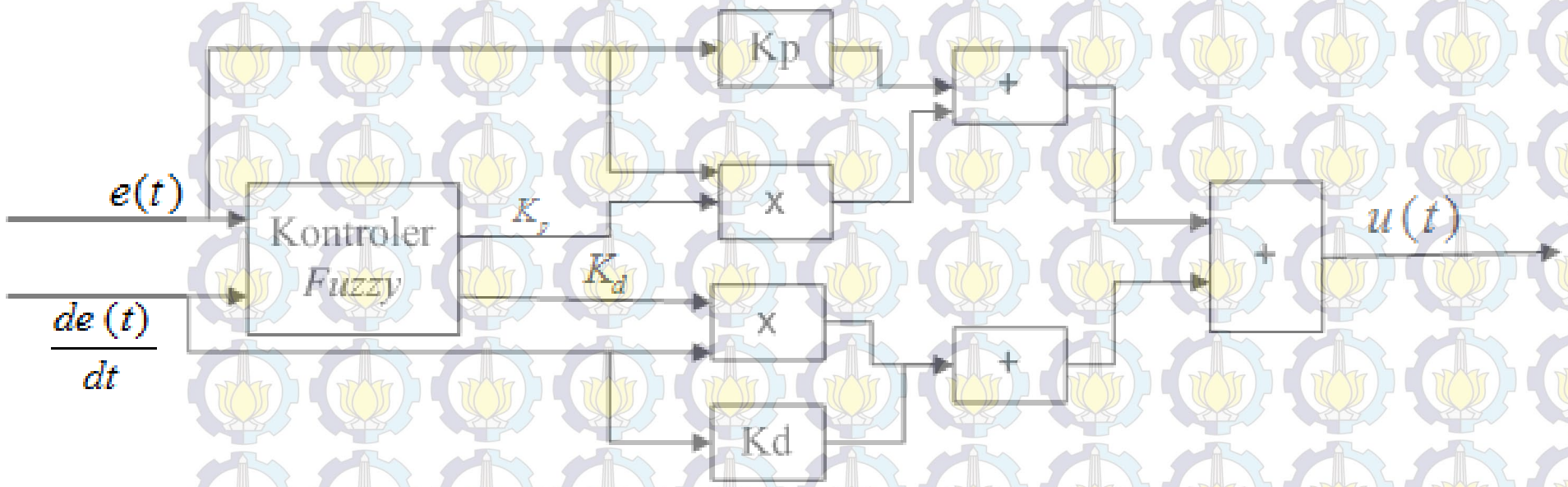
TERIMAKASIH

Respon Plant orde-2



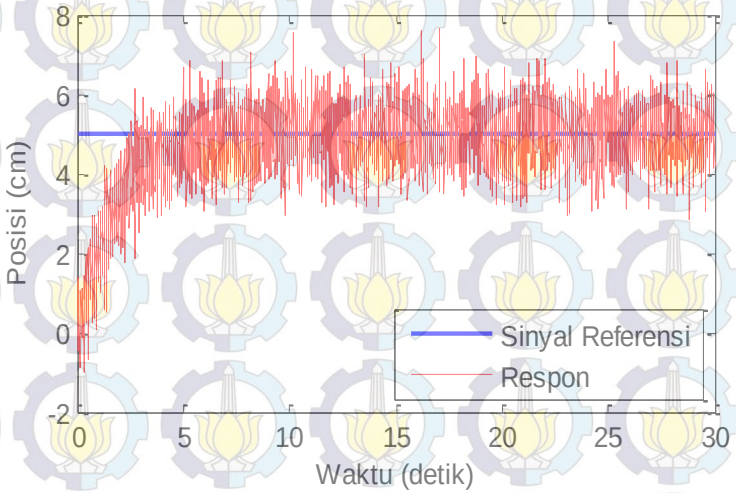
error	+	-	-	+	+	-	-	+	+	...
Delta error	-	-	+	+	-	-	+	+	-	...

Struktur kontroler *Fuzzy*-PD

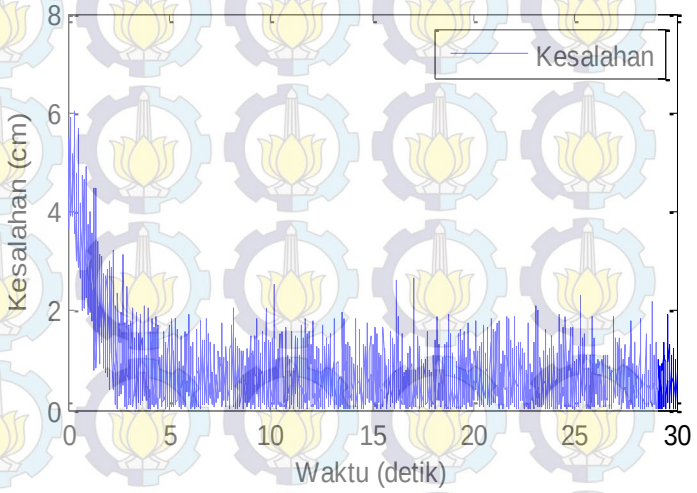


SIMULASI SISTEM DENGAN GANGGUAN

Kontroler PD



(a)



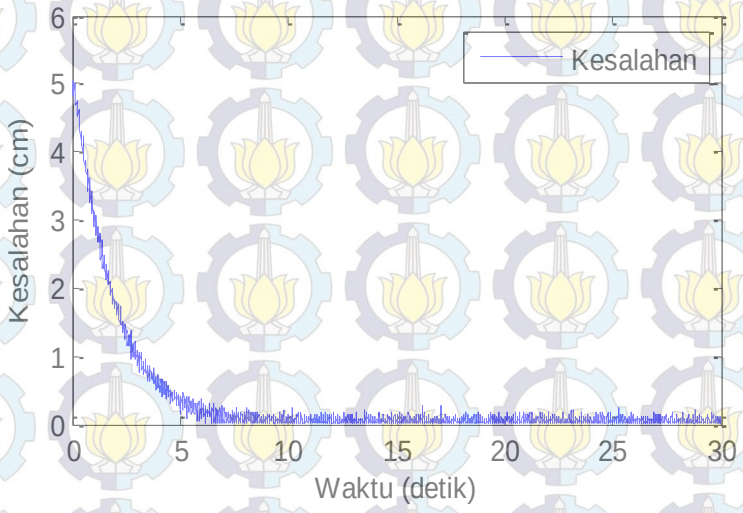
(b)

a) Respon sistem menggunakan kontroler PD dengan varian gangguan sebesar 0,5

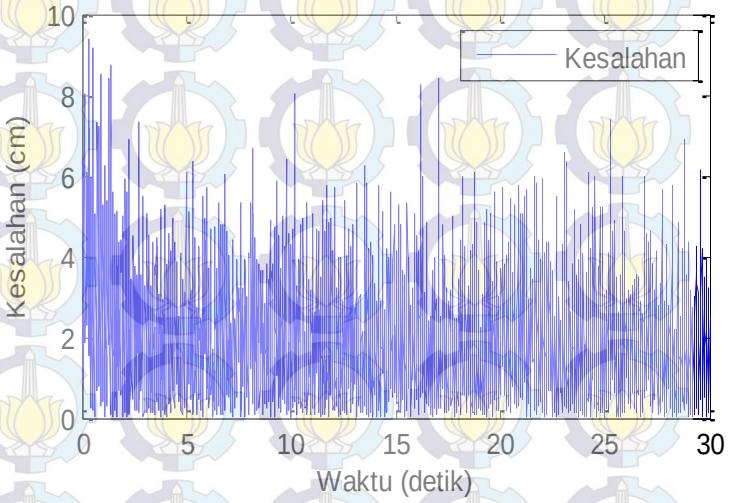
b) Grafik kesalahan sistem

SIMULASI SISTEM DENGAN GANGGUAN

Kontroler PD



(a)



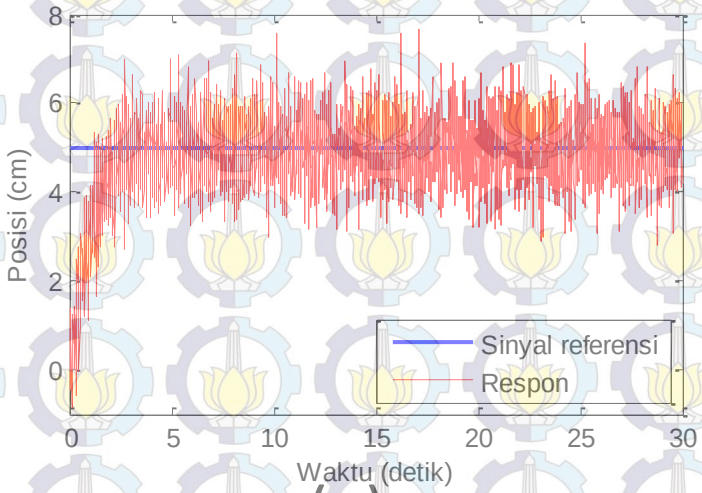
(b)

a) Grafik kesalahan sistem menggunakan kontroler PD dengan varian gangguan sebesar 0,005

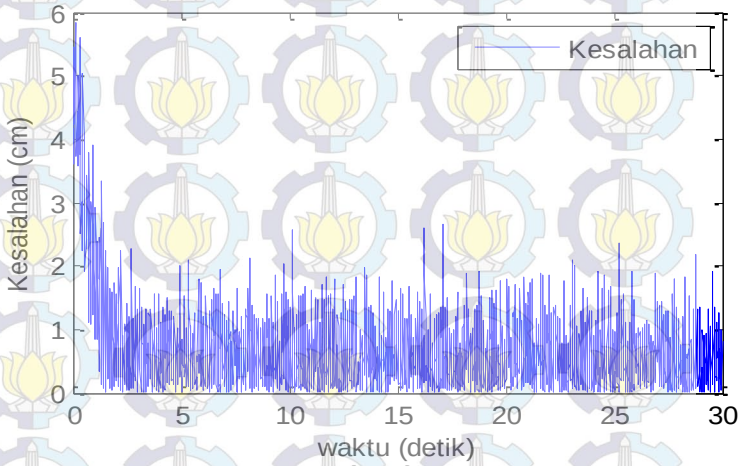
b) Grafik kesalahan sistem menggunakan kontroler PD dengan varian gangguan sebesar 5

SIMULASI SISTEM DENGAN GANGGUAN

***Fuzzy*-PD**



(a)



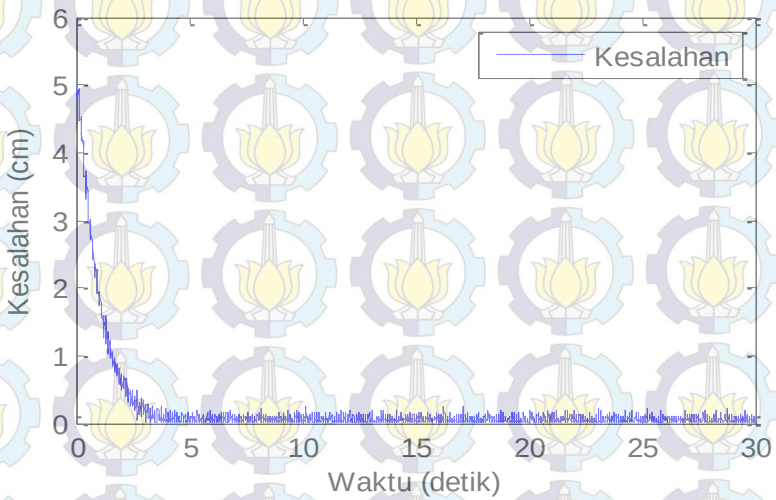
(b)

a) Respon sistem menggunakan kontroler *Fuzzy*-PD dengan varian gangguan sebesar 0,5

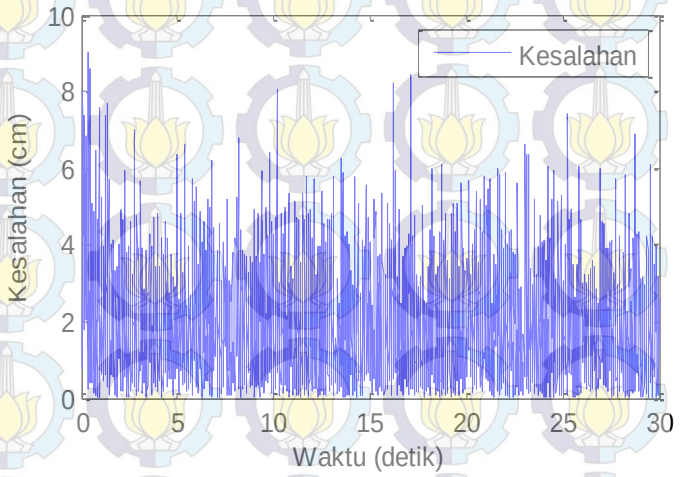
b) Grafik kesalahan sistem

SIMULASI SISTEM DENGAN GANGGUAN

Fuzzy-PD



(a)



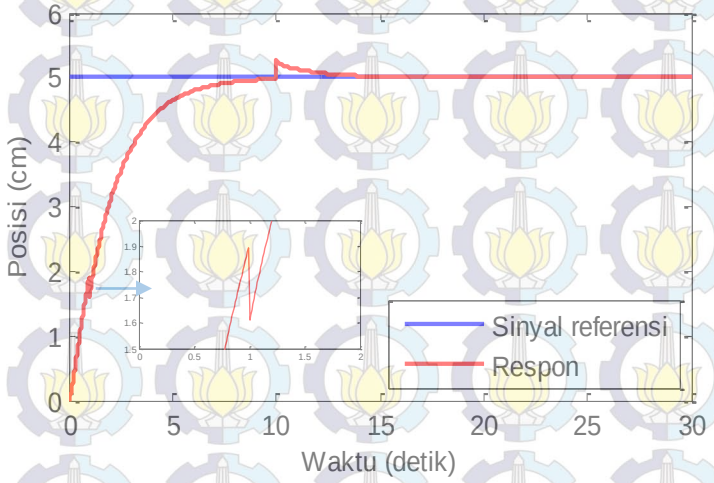
(b)

a) Grafik kesalahan sistem menggunakan kontroler *Fuzzy*-PD dengan varian gangguan sebesar 0.005

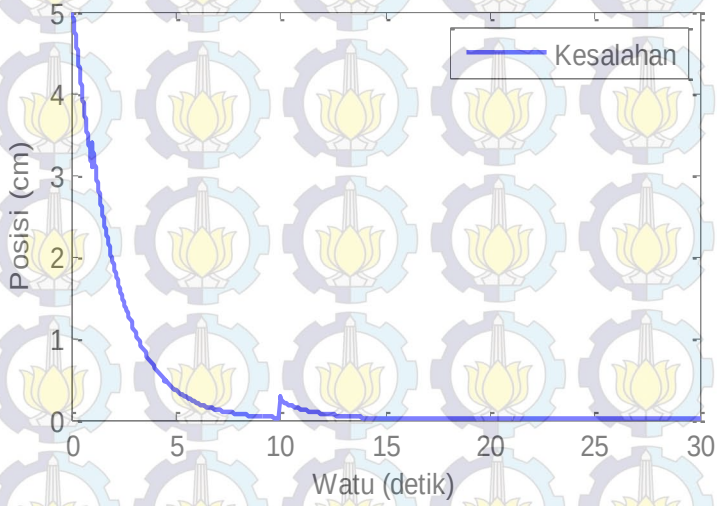
b) Grafik kesalahan sistem menggunakan kontroler *Fuzzy*-PD dengan varian gangguan sebesar 5

SIMULASI SISTEM DENGAN BEBAN

Kontroler PD



(a)



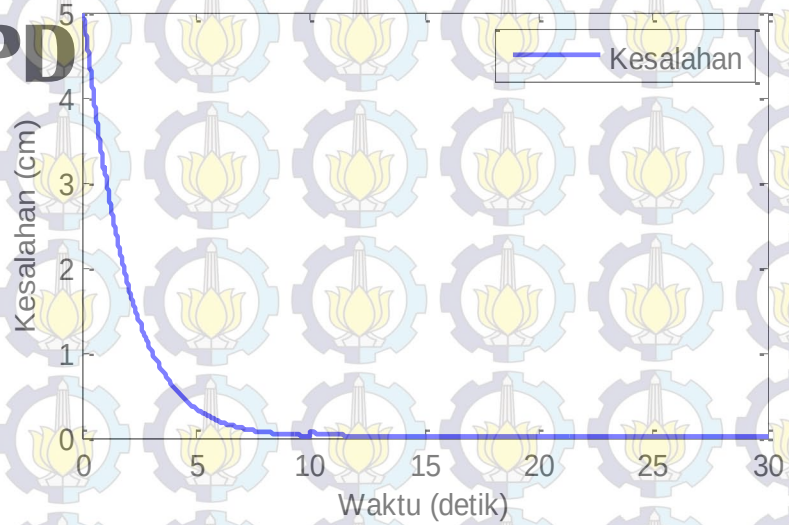
(b)

a) Respon sistem menggunakan kontroler PD dengan beban sebesar 0,3

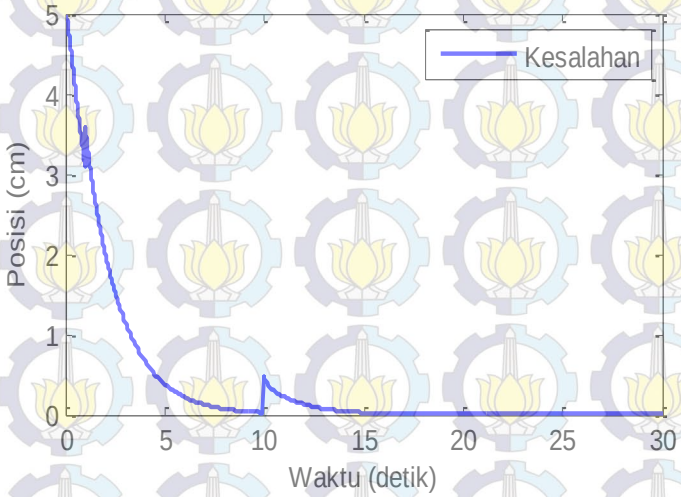
b) Grafik kesalahan sistem

SIMULASI SISTEM DENGAN BEBAN

Kontroler PD



(a)



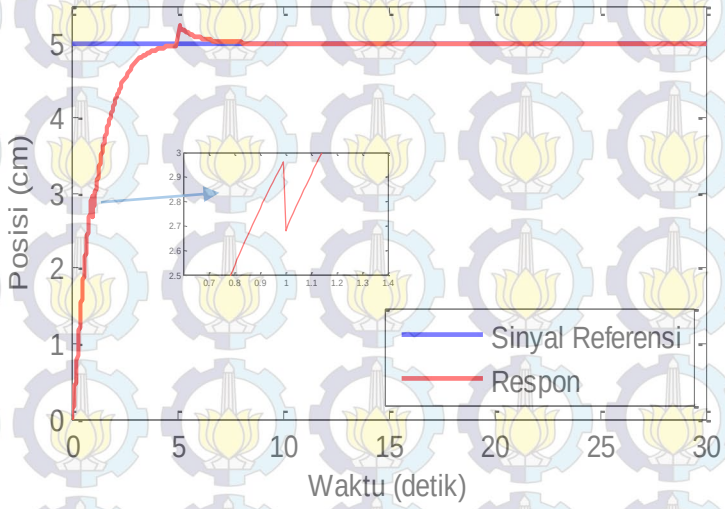
(b)

a) Grafik kesalahan sistem dengan beban sebesar 0,1

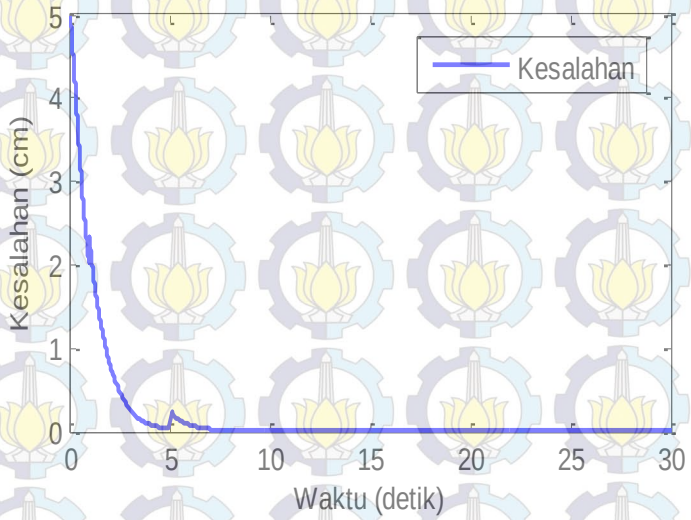
b) Grafik kesalahan sistem dengan beban sebesar 0,5

SIMULASI SISTEM DENGAN BEBAN

Fuzzy-PD



(a)



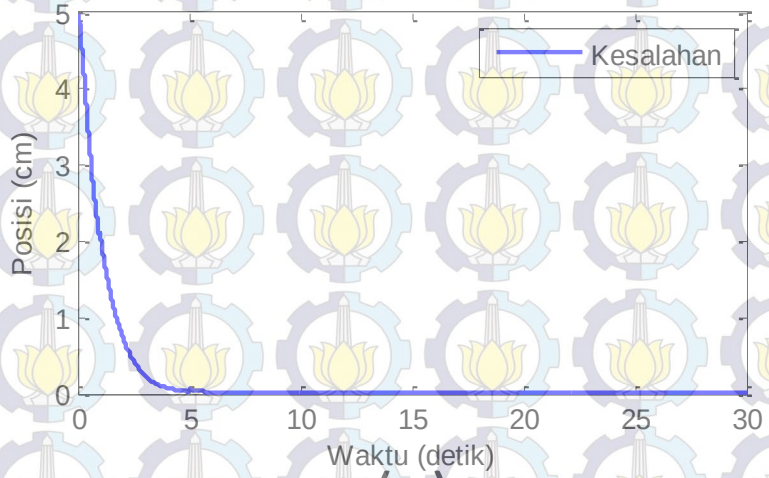
(b)

a) Respon sistem menggunakan kontroler *Fuzzy*-PD dengan beban sebesar 0,3

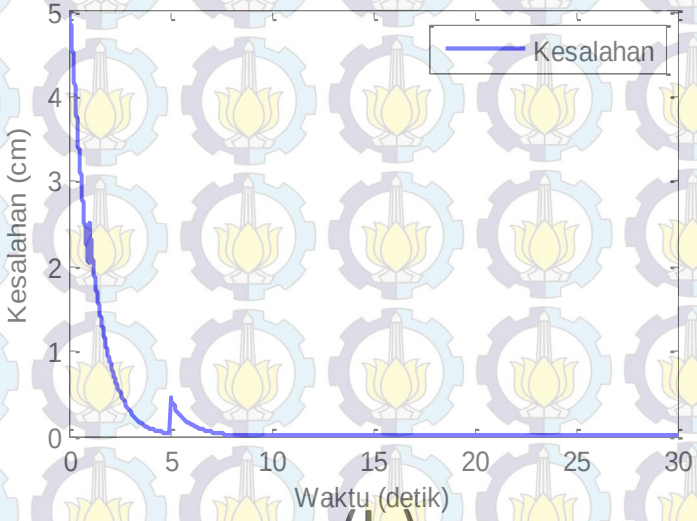
b) Grafik kesalahan sistem

SIMULASI SISTEM DENGAN BEBAN

Fuzzy-PD



(a)

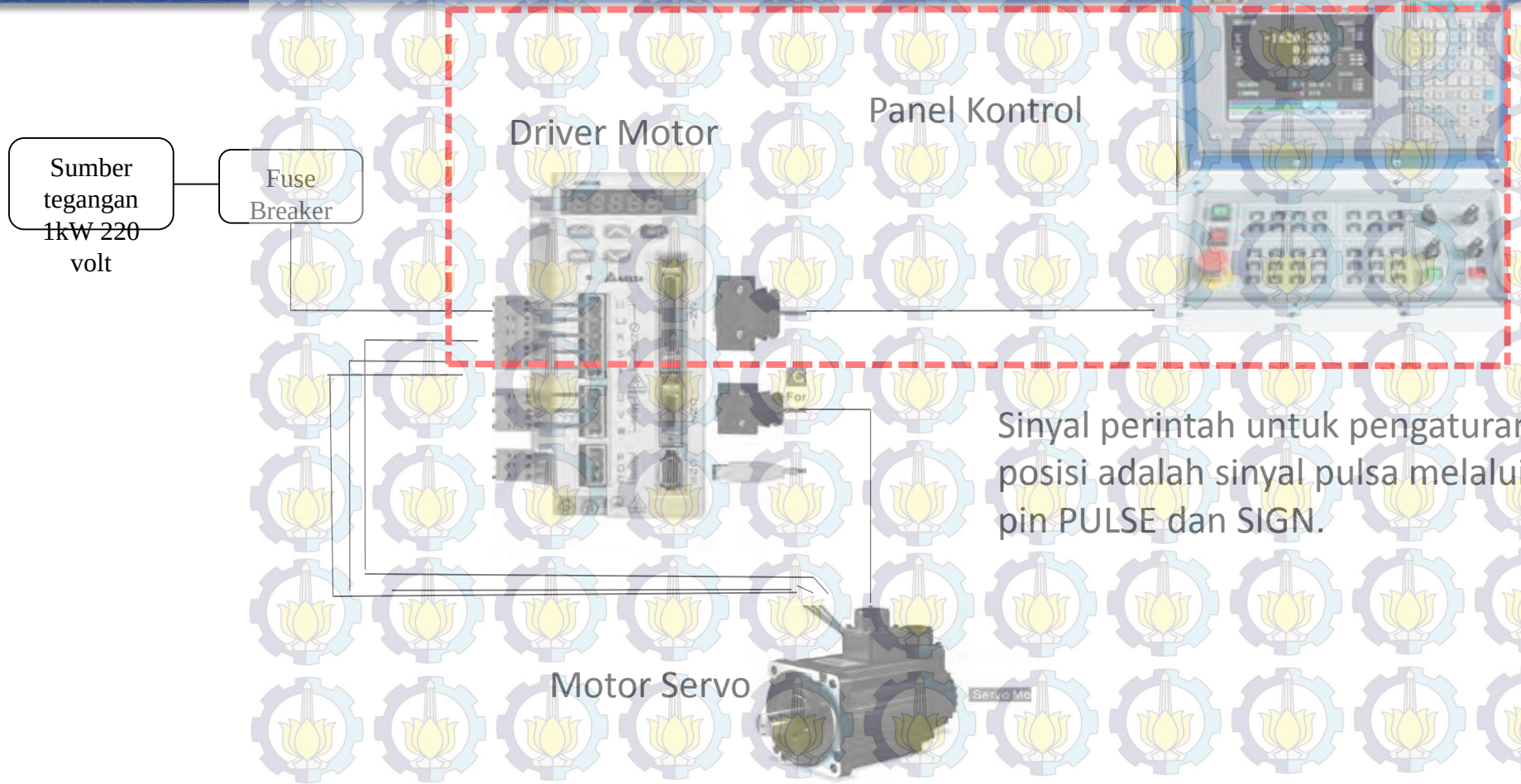


(b)

a) Grafik kesalahan sistem dengan beban sebesar 0,1

b) Grafik kesalahan sistem dengan beban sebesar 0,5

Konfigurasi mesin CNC



Sinyal perintah untuk pengaturan posisi adalah sinyal pulsa melalui pin PULSE dan SIGN.