



SIDANG PENELITIAN TESIS
TEKNIK SISTEM PENGATURAN
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOVEMBER



PREDICTIVE MODIFIED CROSS-COUPLED CONTROL UNTUK KESALAHAN KONTUR MESIN CNC MILLING 3-AXIS

ABDUL HADI - 2213202010

Dosen Pembimbing:

Dr. Ir. Mohammad Rameli

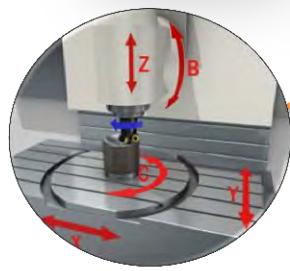
Ir. Rusdhianto Effendi, Ak. MT

Pendahuluan

Rumusan Masalah



Latar Belakang



Batasan Masalah



Tujuan Penelitian



BAB I

BAB II

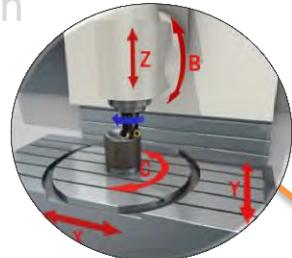
BAB III

BAB IV

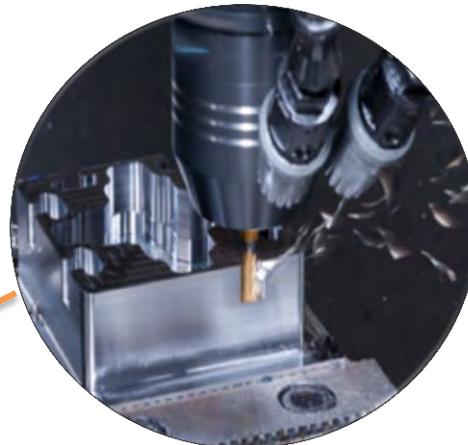
BAB V

Pendahuluan

Batasan Masalah



Rumusan Masalah



Tujuan Penelitian



Latar Belakang



BAB I

BAB II

BAB III

BAB IV

BAB V

Pendahuluan

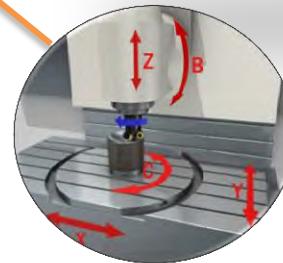
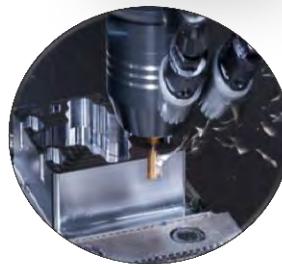
Latar Belakang



Tujuan Penelitian



Rumusan Belakang



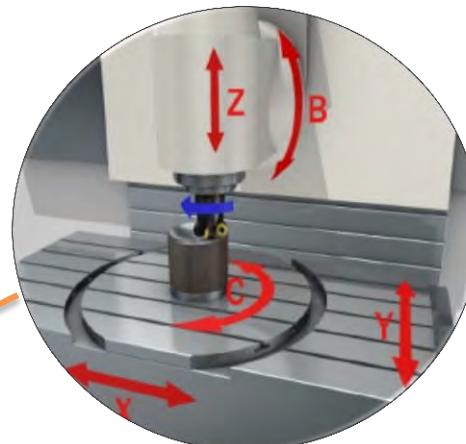
Batasan Masalah

Pendahuluan

Tujuan Penelitian



Batasan Masalah



Latar Belakang

Rumusan Belakang



BAB I

BAB II

BAB III

BAB IV

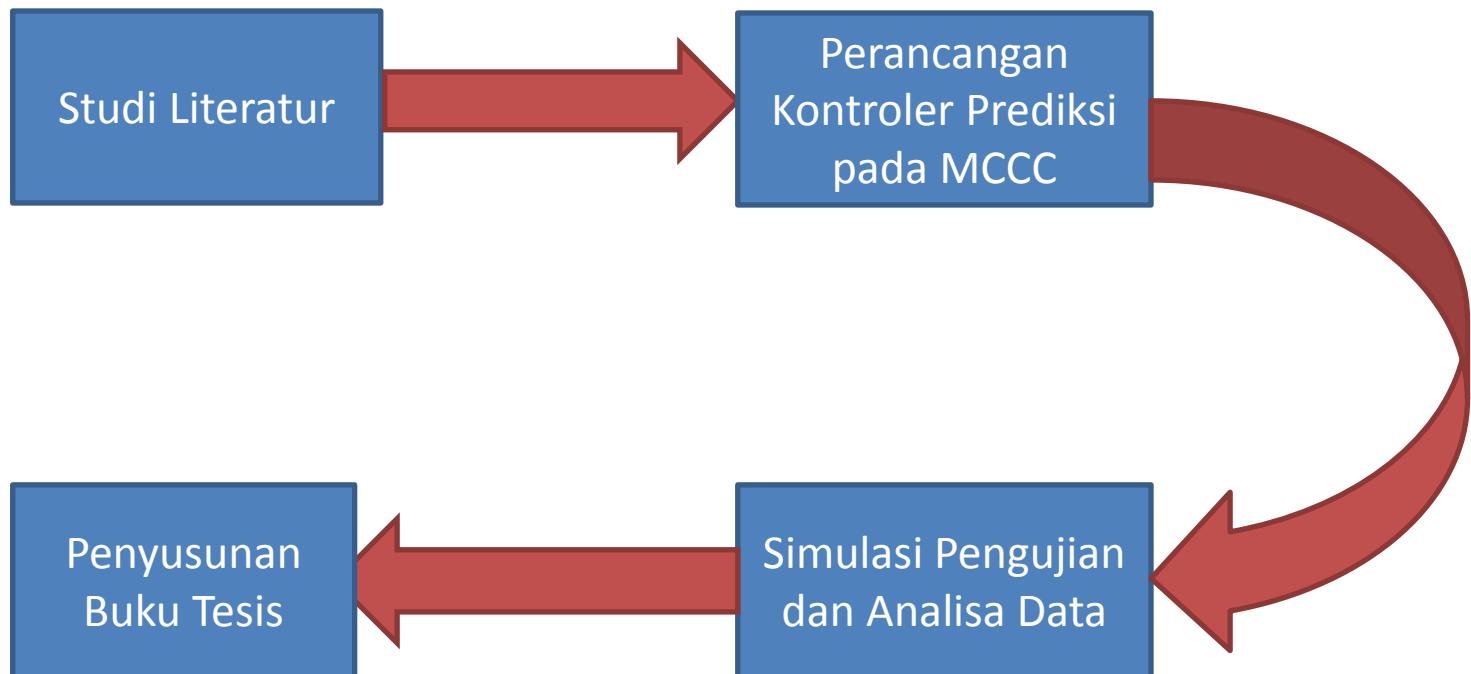
BAB V

Kontribusi

Mengembangkan konfigurasi MCCC untuk sinkronasi posisi menggunakan kontroler *Predictive* pada *Cross-coupled Control*.



Metode Penelitian



Penelitian Terkait

Tsao dan Tomukuza,
1987 [8]

- Kontrol untuk akurasi kontur dilakukan hanya pada masing-masing aksis.

Koren, Y., 1980 [6]

- Mendesain konfigurasi kontroler yang untuk dua aksis disebut *Cross-coupled control*.

Shih, Y., dkk., 2002,
[4]

- Mendesain struktur terbaru dari CCC yang disebut dengan *Modified Cross-coupled Control (MCCC)* untuk Kontrol Posisi.

Hadi, M. A., 2014, [7]

- Pengembangan MCCC menggunakan *adaptive gain scheduling* dan Optimasi Gain Schedulling.

Sun, D, dkk., 2005, [2]

- Sinkronasi posisi yang diterapkan untuk pergerakan multi aksis menggunakan kontroler PD.

Penelitian Terkait

Huo, F., dkk,
2012, [3]

- Variasi kontur yang dibutuhkan pada mesin CNC sehingga dilakukan kontur bebas bentuk (*free form contour*) .

Koren, Y dan Lo,
Ch-Ch., 1991, [5]

- Pemodelan untuk kontur linear dan circular sehingga menghasilkan Gain akurasi.

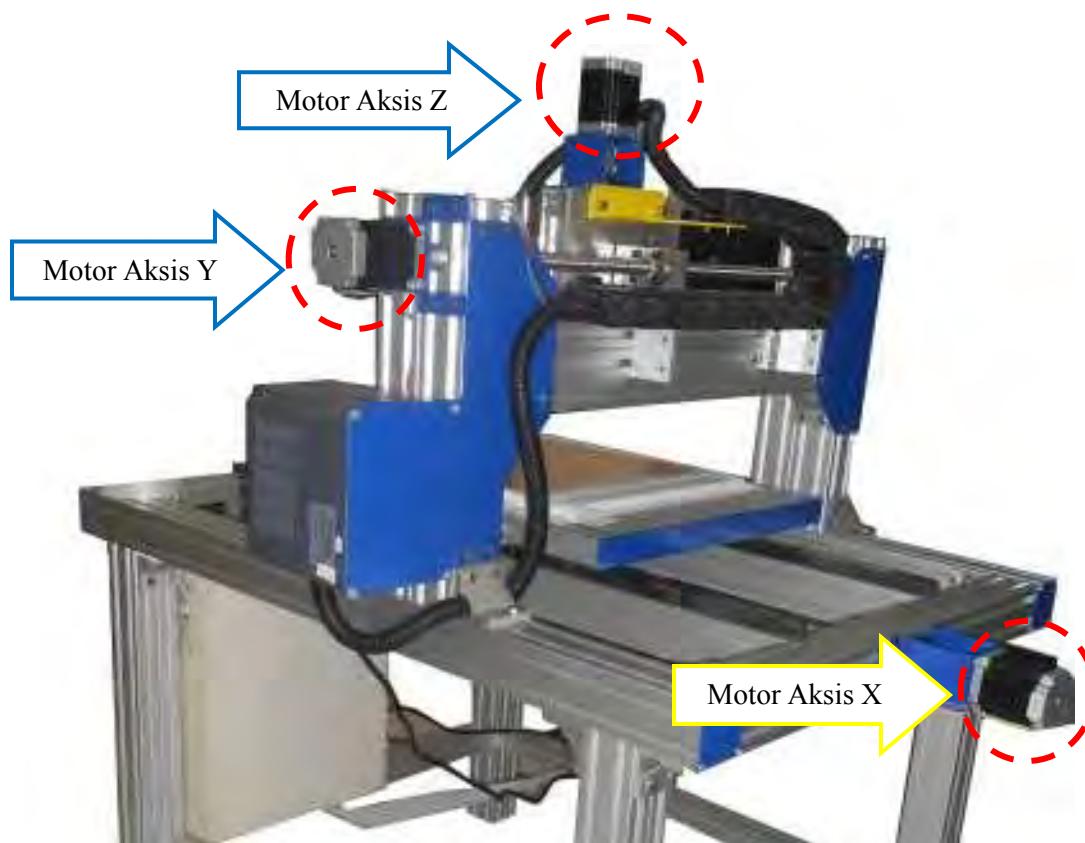
Sun, J dan Hu, J.,
2011, [11]

- Pemodelan Kesalahan kontur untuk Circular dengan dua pendekatan yaitu kesalahan saat didalam lingkaran dan diluar lingkaran.

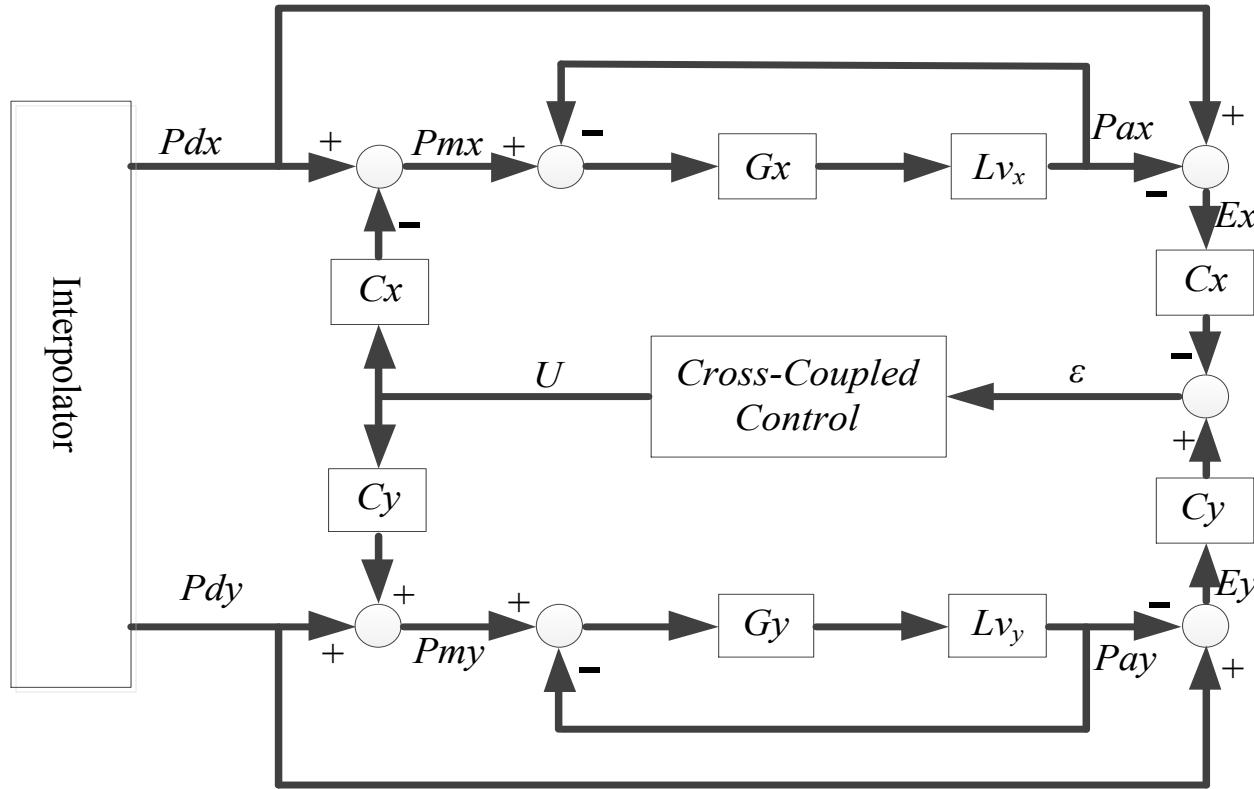
Erista, 2012

- Mendapatkan model motor servo dengan identifikasi real plant pada Mesin CNC dan model dikontrol dengan Metode P-PI.

CNC Milling 3-Aksis



MCCC



$$\varepsilon = -E_x C_x + E_y C_y$$

$$\varepsilon = Cy(Pdy - Pay) - Cx(Pdx - Pax)$$

$$\frac{Pax}{Pmx} = \frac{1}{\frac{1}{KpK}s + 1} = \frac{1}{\tau * s + 1}$$

BAB I

BAB II

BAB III

BAB IV

BAB V

Desain Prediktif MCCC

$$\varepsilon(s) = \frac{\tau^*}{\tau^* s + 1} \left(Cy \cdot s \cdot Pdy - Cx \cdot s \cdot Pdx + \frac{Cy^2 + Cx^2}{\tau^*} \right)$$

misalnya $Cy \cdot s \cdot Pdy - Cx \cdot s \cdot Pdx + \frac{Cy^2 + Cx^2}{\tau^*} U = W(s)$

$$U = \frac{(W - Cy \cdot s \cdot Pdy + Cx \cdot s \cdot Pdx) \tau^*}{Cy^2 + Cx^2}$$

$$\varepsilon(s) = \frac{\tau^*}{\tau^* s + 1} W(s)$$

$$\tau^* \dot{\varepsilon} + \varepsilon = \tau^* W(s)$$

$$\tau^* \frac{\varepsilon(k) - \varepsilon(k-1)}{Ts} + \varepsilon(k) = \tau^* W(k)$$

$$\left(\frac{\tau^* + Ts}{Ts} \right) \varepsilon(k+1) - \frac{\tau^*}{Ts} \varepsilon(k) = \tau^* W(k+1)$$

$$\left[\left(\frac{\tau^* + Ts}{Ts} \right) \exp\left(-\frac{Ts}{\tau}\right) - \frac{\tau^*}{Ts} \right] \varepsilon(k) = \tau^* W(k+1)$$

misalnya $\left[\left(\frac{\tau^* + Ts}{Ts} \right) \exp\left(-\frac{Ts}{\tau}\right) - \frac{\tau^*}{Ts} \right] = A$

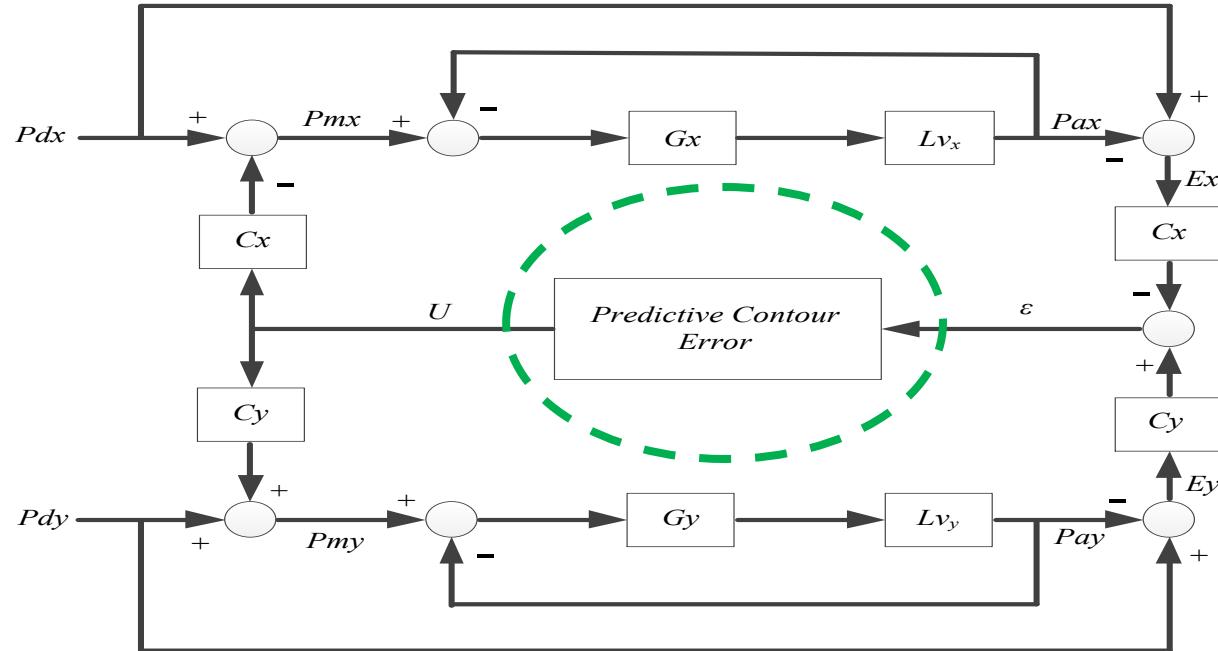
$$W(k+2) = \beta \varepsilon(k+1) = \beta \times \exp\left(-\frac{Ts}{\tau}\right) \times \varepsilon(k)$$

$$\beta = \frac{A}{\tau^*}$$

$$W(k+N) = \beta \times \exp\left(-N \frac{Ts}{\tau}\right) \times \varepsilon(k)$$

$$\alpha = \beta \times \exp\left(-N \frac{Ts}{\tau}\right)$$

Diagram Blok Desain Predictive MCCC



Fungsi transfer plant

$$L_{vx} = L_{vy} = \frac{0,899}{s(0,294s + 1)}$$

Gain $K_p = 11,124$ dan $K_d = 0,294$

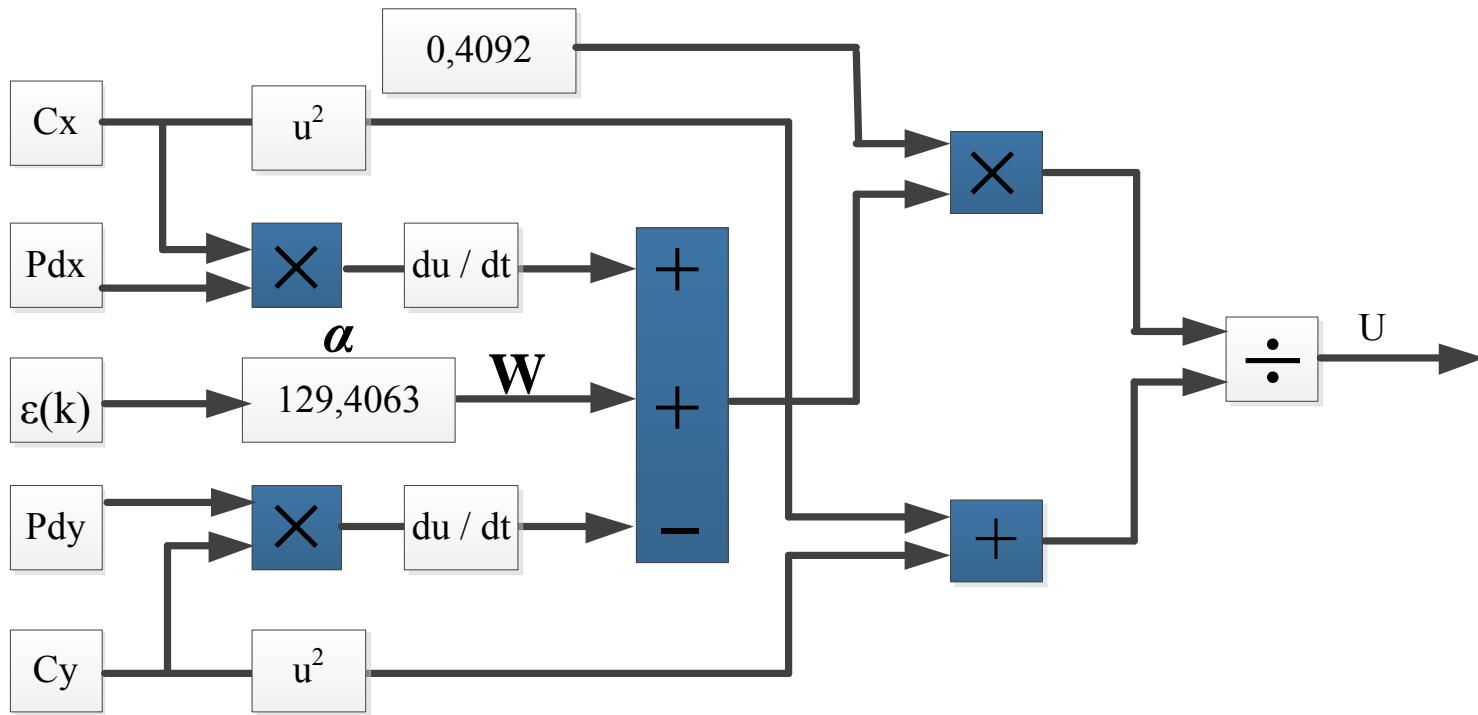
Kontur Linear:

$X_0 = 5$ dan $Y_0 = 2$
 $X_t = 100$ dan $Y_t = 100$
 Feedrate = 2 mm/sec

Kontur Circular:

$X_c = 50$ dan $Y_c = 50$
 $R = 100$
 Feedrate = 2 mm/sec

Diagram Blok Predictive Contour Error



BAB I

BAB II

BAB III

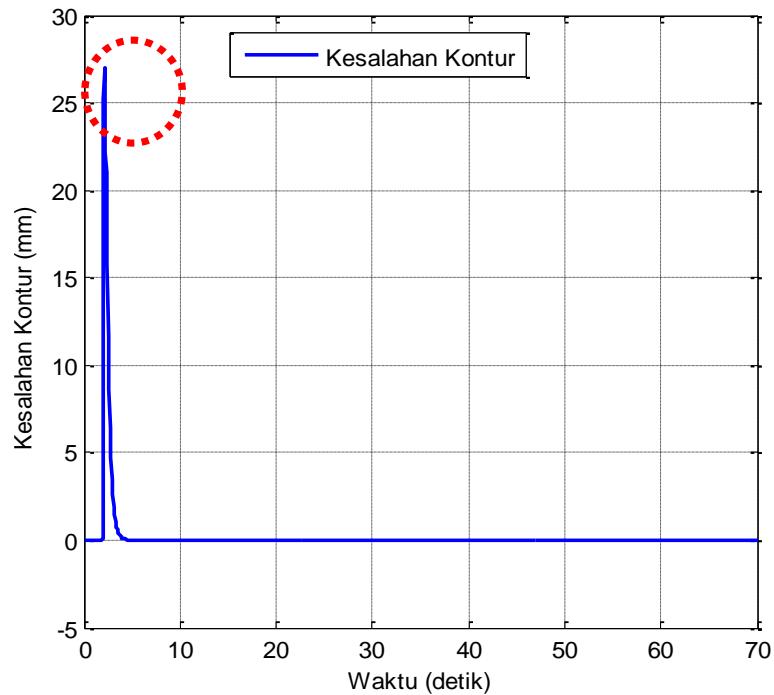
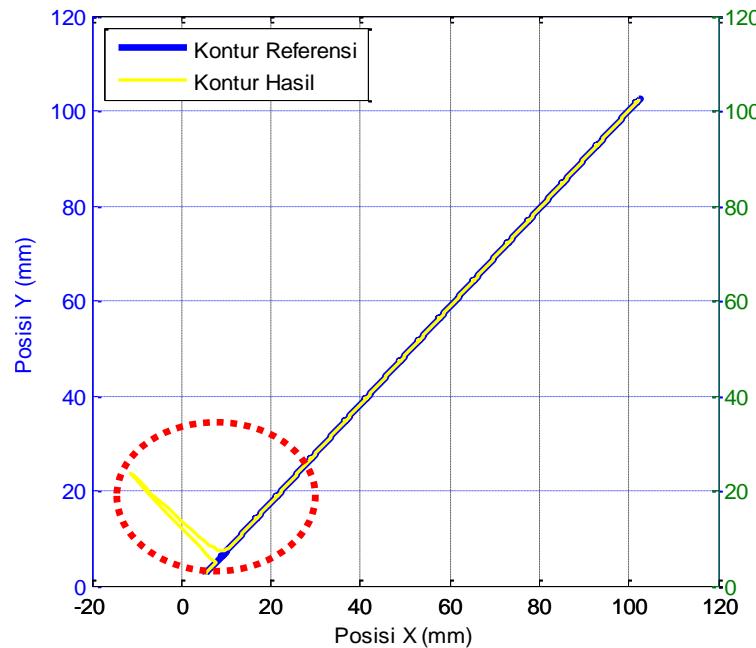
BAB IV

BAB V

Hasil dan Pembahasan

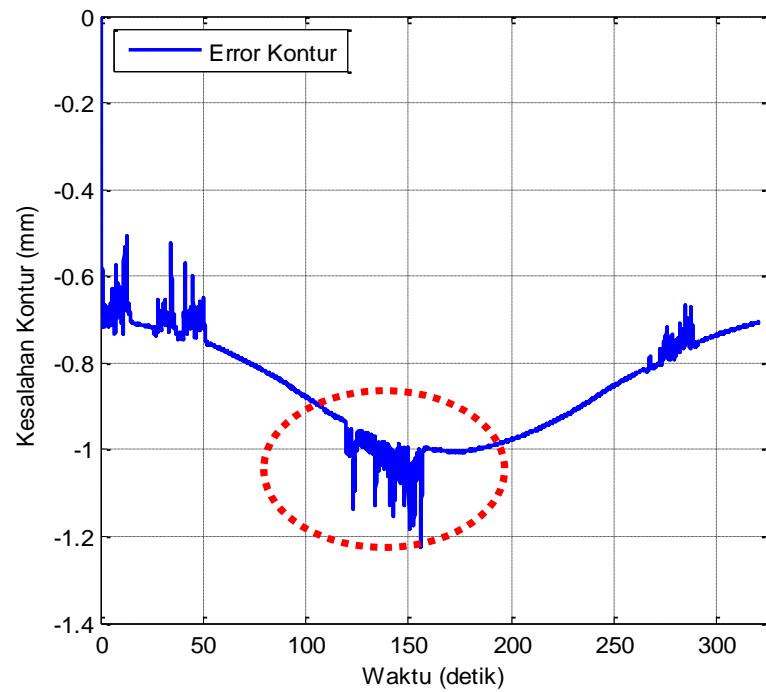
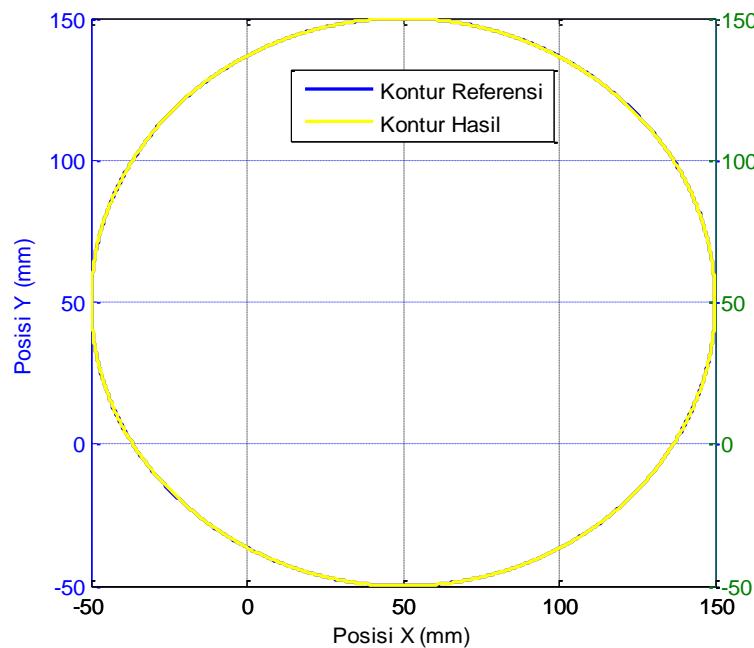


Kontur Linear tanpa PMCCC



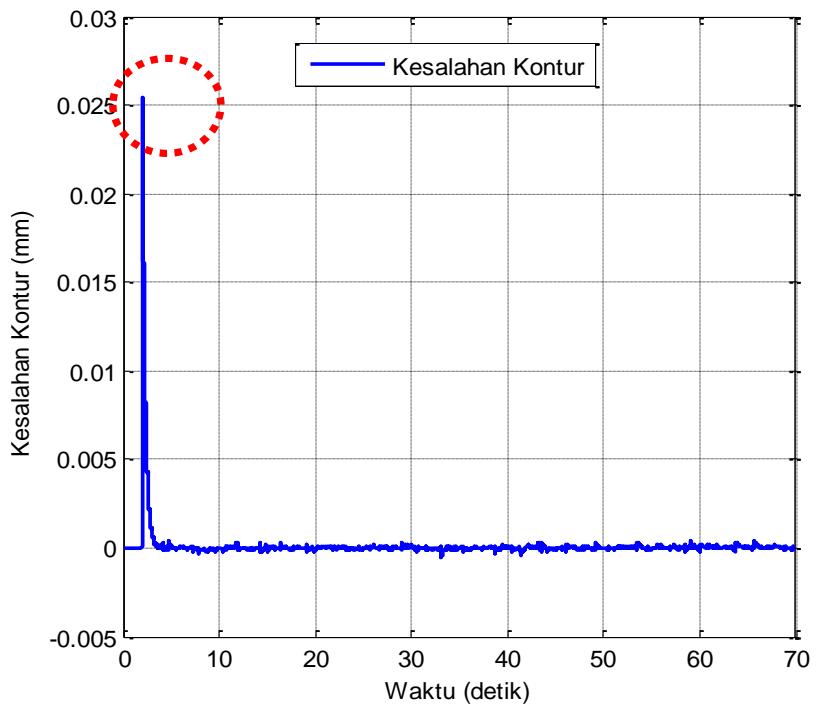
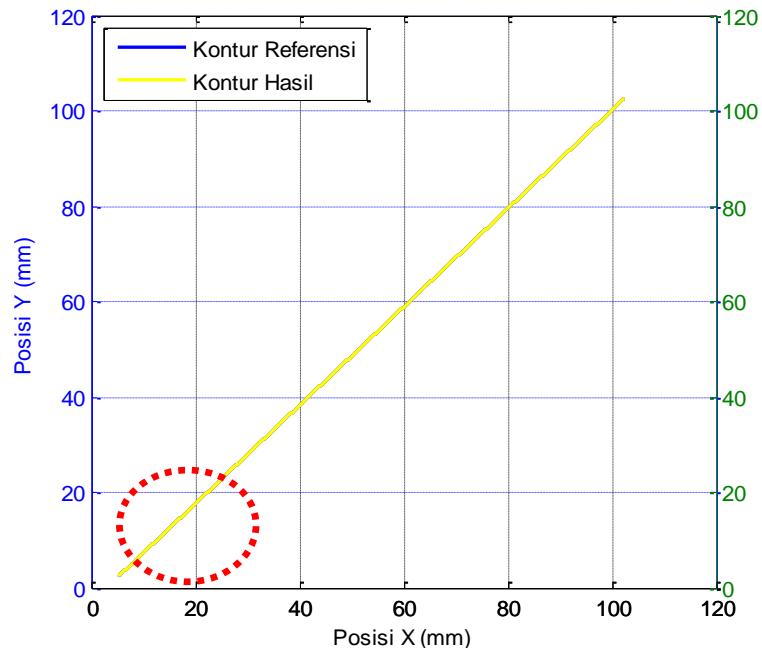
- RMSE 2.2993

Kontur Circular tanpa PMCCC



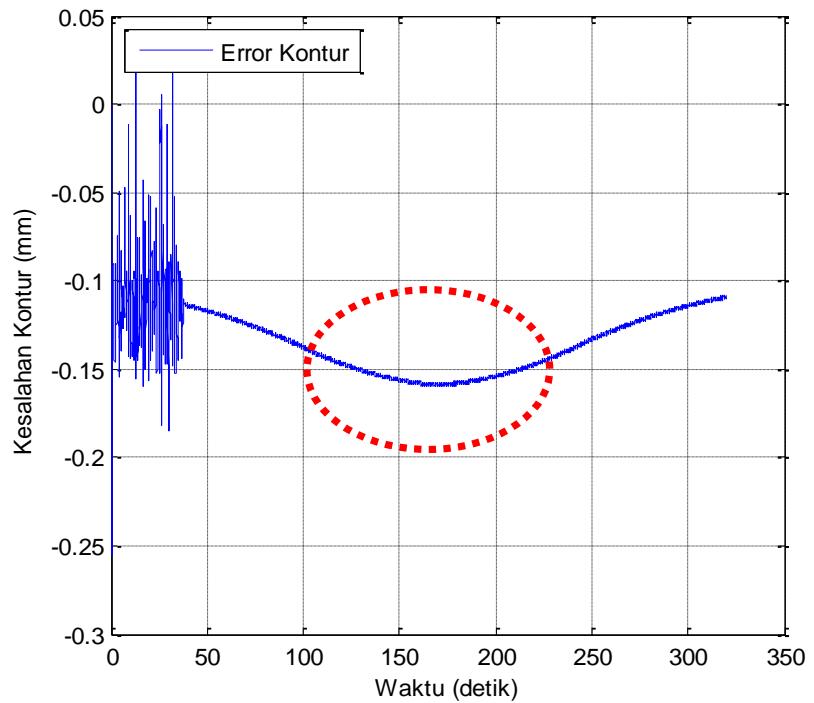
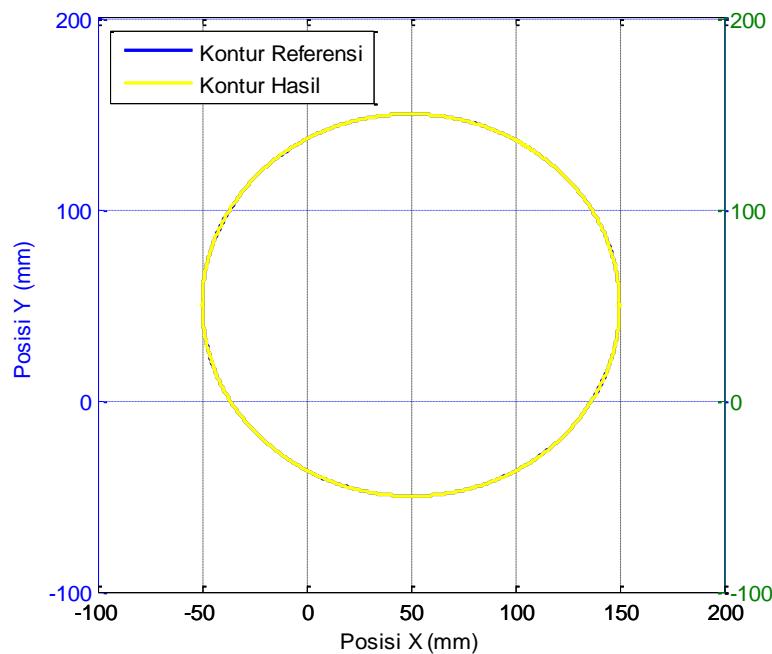
- RMSE 0.8611

Kontur Linear menggunakan PMCCC



- RMSE 0,0012

Kontur Circular menggunakan PMCCC



- RMSE 0.1348

Kesimpulan Dan Saran

- PMCCC untuk kesalahan kontur yang diakibatkan oleh posisi aksis X dan Y Mesin CNC Milling 3 aksis dapat direduksi secara signifikan.
 - Besar RMSE pada kontur linear saat dikontrol dengan PMCCC yaitu 0,0012, sedangkan tanpa PMCCC yaitu 2.2993.
 - Besar RMSE pada kontur circular saat dikontrol dengan PMCCC yaitu 0.1348, sedangkan tanpa PMCCC yaitu 0.8611.
 - Semakin kecil kesalahan kontur yang terjadi maka dapat diketahui Mesin CNC Milling 3 aksis semakin akurat dan presisi.
-
- **SARAN**
 - Untuk semakin menguji performasi kontroler yang didesain, perlu di uji coba menggunakan kontur bebas bentuk.
 - Selain itu, pengaruh kecepatan spindle tidak diabaikan karena proses *feeding* sangat erat kaitannya dengan *feedrate*.
 - Untuk penelitian selanjutnya agar dapat diimplementasikan pada sistem real yang sebenarnya.

Daftar Pustaka

- [1] Sun, D., 2002, "Position Synchronization of Multiple Motion Axes With Adaptive Coupling Control ". *IFAC*.
- [2] Sun, D, dkk., 2005, "A Model-Free Cross-Coupled Control for Position Syncrhronization of Multi-Axis Motion Theory and Experiment". *IFAC*.
- [3] Huo, F., dkk, 2012, "Improving contouring accuracy by using generalized cross-coupled control". *International Journal of Machine Tools & Manufacturing* 63, 49–57.
- [4] Shih, Y., dkk., 2002, "A novel cross-coupling control design for Bi-axis motion". *International Journal of Machine Tool & Manufacture* 42, 1539-1548.
- [5] Koren, Y dan Lo, Ch-Ch., 1991, "Variable-Gain Cross-coupling Control for Contouring ". *Annals of The CIRP*. 371-374
- [6] Koren, Y., 1980. "Cross-coupled biaxial computer control for manufacturing systems". *ASME Journal Of Dynamic System, Measurement, and Control VOL. 102*. 265–272.
- [7] Hadi, M, A., 2014. "Optimisasi Multi-Objektif Untuk Adaptive Cross-Coupled Control Pada Tool Path Tracking Mesin Cnc Milling 3-Axis". *Thesis Jurusan Teknik Elektro ITS, Surabaya*.
- [8] Tsao dan Tomikuza., 1987, "Zero phase error tracking algorithm for digital control". *ASME Journal Of Dynamic System, Measurement, and Control VOL. 109*. 65– 68.
- [9] Safitri, E, B, dkk., 2012, "Implementasi Kontroler P-PI Kaskade untuk Meningkatkan Keakuratan Mesin Bubut CNC ". *JURNAL TEKNIK ITS Vol 1*. F75-F80.
- [10] Sun, J dan Hu, J., 2011. "Research on Modeling of Contour Error for Motion Control System of CNC Machine". *Science Foundation of Gansu Province Education Office of China (0914-01)*. 1553-1556.
- [11] Suh, S, dkk., 2008., "Theory and Design of CNC Systems". *Springer*.

TERIMA KASIH



JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
www.ee.its.ac.id

elits
ITS