

**PENURUNAN MODEL MATEMATIKA  
SISTEM KONTROL OTOMATIS  
PADA MEJA KERJA (TABLE) MESIN CNC EMCO TU - 3A**

**SKRIPSI  
KONSTRUKSI MESIN**



**RAHMAT UTOMO  
03983150112**

**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL**

**INDRALAYA  
2003**

**PENURUNAN MODEL MATEMATIKA  
SISTEM KONTROL OTOMATIS  
PADA MEJA KERJA (TABLE) MESIN CNC EMCO TU – 3A**

**SKRIPSI  
KONSTRUKSI MESIN**



**RAHMAT UTOMO  
03983150112**

**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL**

**INDRALAYA  
2003**

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
INDRALAYA**

**SKRIPSI  
KONSTRUKSI MESIN**

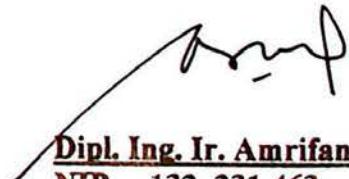
**PENURUNAN MODEL MATEMATIKA  
SISTEM KONTROL OTOMATIS  
PADA MEJA KERJA (TABLE) MESIN CNC EMCO TU – 3A**

**RAHMAT UTOMO  
03983150112**

Diketahui oleh  
Ketua Jurusan Teknik Mesin,



Diperiksa dan disetujui oleh  
Dosen Pembimbing,



**Dipl. Ing. Ir. Amrifan SM**  
NIP. 132 231 463



UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN

AGENDA : 1237/TA/IA/03  
DITERIMA TGL : 26 Maret 2003  
PARAF : .....

## SKRIPSI

Nama : **RAHMAT UTOMO**  
No. Induk : **03983150112**  
Judul Tugas : **Sistem Kendali**  
Spesifikasi : **PENURUNAN MODEL MATEMATIKA  
SISTEM KONTROL OTOMATIS PADA MEJA  
KERJA (TABLE) MESIN CNC EMCO TU - 3A**

Dibuatkan : **September 2002**  
Selesai : **Januari 2003**



Kafua Jurusan Teknik Mesin,

**Dr. Ir. H. Kaprawi, DEA**  
NIP. 131 467 176

Indralaya, Januari 2003  
Dosen Pembimbing,

**Dipl. Ing Ir. Amrifan SM**  
NIP. 132 232 463

## ABSTRAK

Keberadaan mesin perkakas sangat penting terutama dalam kaitannya dengan proses produksi dan manufaktur, khususnya industri pengerjaan logam. Peranan mesin perkakas yang begitu penting tersebut menjadi faktor pendukung perkembangannya. Perkembangan yang memberikan perubahan signifikan terjadi setelah diterapkannya sistem kontrol otomatis pada mesin perkakas, yaitu dengan kontrol numerik atau mesin perkakas NC.

Karakteristik sistem kontrol otomatis pada mesin perkakas NC yang di bahas pada skripsi ini yaitu karakteristik yang terdapat pada meja kerja (*table*) mesin CNC Emco T'J-3A. Komponen ini menggunakan sistem servomekanis dengan servomotor dc sebagai sumber penggerak meja kerja. Servomekanis ini menggunakan pengontrolan loop tertutup yang memberikan umpan balik (*feed back*) berupa posisi meja kerja. Langkah awal dalam mempelajari karakteristik sistem kontrol meja kerja (*table*) ini adalah dengan menurunkan model matematika sistem yang diperoleh dengan menurunkan masing-masing fungsi alih komponen kontrol otomatis sistem tersebut. Model matematika yang kita dapatkan dari hasil penurunan fungsi alih masing-masing komponen merupakan model awal sistem kontrol sebenarnya. Langkah selanjutnya menganalisa tanggapan transien sistem dengan memasukan sinyal uji berupa fungsi tangga satuan dan fungsi landai satuan, dan dilanjutkan dengan analisa kestabilan sistem.

Berdasarkan hasil pembahasan diketahui fungsi alih meja kerja tanpa benda kerja  $\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{43,183}{s^2 + 7,692s + 43,183}$ , dan meja kerja dengan benda kerja pada kapasitas

maksimum  $\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{39,027}{s^2 + 7,692s + 39,027}$ . Analisa tanggapan transien memperlihatkan

pada  $t = \infty$  (keadaan tunak) tidak terdapat nilai kesalahan. Demikian juga pada analisa kestabilan sistem diketahui sistem stabil untuk kondisi meja kerja tanpa benda kerja dan meja kerja dengan benda kerja pada kapasitas maksimum.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa ingin penulis sampaikan karena atas segala berkat dan rahmatNya yang berlimpah selama ini akhirnya penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini.

Skripsi ini penulis susun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya. Terdorong oleh ketertarikan penulis pada bidang pengaturan dan kontrol otomatis maka sengaja penulis mengambil pokok bahasan tersebut sebagai skripsi, terutama sistem kontrol untuk mesin perkakasa NC.

Skripsi tentang penurunan model matematika mesin CNC Emco TU-3A ini disusun berdasarkan studi literatur dan pengamatan langsung terhadap komponen-komponen sistem kontrol yang terdapat pada mesin CNC Emco TU-3A.

Pada kesempatan ini penulis juga ingin mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis selama penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna namun penulis berharap bahwa skripsi ini dapat digunakan untuk pengembangan lebih lanjut, terutama berkaitan dengan sistem kontrol otomatis pada mesin perkakas NC.

Indralaya, Januari 2003

Penulis

# DAFTAR ISI

	<b>Halaman :</b>
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xi</b>
 <b>BAB</b>	
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>I-1</b>
1.1 Latar Belakang .....	I-1
1.2 Maksud dan Tujuan .....	I-2
1.2.1 Tujuan .....	I-2
1.2.2 Manfaat .....	I-3
1.3 Pembatasan Masalah.....	I-3
1.4 Metodologi .....	I-3
1.5 Sistematika Penulisan .....	I-4
<b>II. SISTEM KONTROL OTOMATIS PADA</b>	
<b>MEJA KERJA MESIN PERKAKAS NC .....</b>	<b>II-1</b>
2.1 Definisi Umum Sistem Kontrol Otomatis.....	II-1
2.2 Sistem Kontrol Numerik .....	II-4

2.2.1	Pengertian Sistem Kontrol Numerik .....	II-4
2.2.2	Elemen Kontrol Numerik .....	II-5
2.3	Servomekanisme pada Mesin NC .....	II-7
2.3.1	Bagian-bagian Servomekanisme .....	II-7
2.3.2	Prinsip Kerja Servomekanisme .....	II-8
2.4	Model Matematika Sistem Dinamik .....	II-9
2.4.1	Devinisi Model Matematika Sistem Dinamik .....	II-9
2.4.2	Model Matematika Servomotor DC .....	II-10
2.5	Analisis Tanggapan Transien .....	II-14
2.5.1	Sinyal Uji .....	II-14
2.5.2	Respon Transien Sistem Terhadap Masukan Fungsi Tangga Satuan .....	II-16
2.6	Kestabilan Sistem .....	II-18
2.6.1	Kriteria Kestabilan Routh .....	II-19
2.6.2	Kriteria Kestabilan Hurwithz .....	II-20
2.6.3	Tempat Kedudukan Akar ( <i>Root Locus</i> ) .....	II-21
2.6.4	Kriteria Kestabilan Nyquist .....	II-23
<b>III.</b>	<b>MEJA KERJA MESIN CNC EMCO TU-3A .....</b>	<b>III-1</b>
3.1	Karakteristik Umum Mesin CNC TU - 3A .....	III-1
3.2	Spesifikasi Penggerak Meja Kerja CNC Emco TU-3A .....	III-4
3.2.1	Meja Kerja CNC Emco TU-3A .....	III-4
3.2.2	Motor Penggerak .....	III-4
3.2.3	Sistem Transmisi .....	III-5
<b>IV.</b>	<b>PENURUNAN MODEL MATEMATIKA DAN ANALISIS SISTEM KONTROL MEJA KERJA MESIN CNC EMCO TU-3A .....</b>	<b>IV-1</b>
4.1	Penurunan model matematika.....	IV-1
4.1.1	Penurunan Model Matematika untuk Meja Kerja Tanpa Benda Kerja .....	IV-1
4.1.2	Penurunan Model Matematika untuk Meja Kerja dengan Benda Kerja .....	IV-11
4.2	Analisa Tanggapan Transien.....	IV-12
4.2.1	Tanggapan Tangga Satuan ( <i>Unit Step Response</i> ) .....	IV-12
4.2.2	Tanggapan Landai Satuan ( <i>Unit Ramp Response</i> ) .....	IV-17



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman :
2.1 Diagram Blok Sistem Kontrol Otomatis .....	II-4
2.2 Sistem Sumbu pada Mesin NC .....	II-5
2.3 Elemen Dasar Sistem Kontrol Numerik .....	II-7
2.4 Sistem Servomekanisme Loop Terbuka .....	II-8
2.5 Sistem Servomekanisme Loop Tertutup .....	II-8
2.6 Diagram Skematik Jangkar-Magnet Terkontrol Motor DC .....	II-11
2.7 Diagram Blok Fungsi Servomotor DC .....	II-13
2.8 Sinyal Uji .....	II-16
2.9 Penggolongan Tanggapan Transien .....	II-18
2.10 Lintasan Nyquist.....	II-24
3.1 Mesin CNC Emco TU-3A .....	III-2
3.2 Sistem Sumbu Mesin CNC Emco TU-3A .....	III-3
3.3 Diagram Skematik Meja Kerja CNC Emco TU-3A .....	III-6
4.1 Diagram Skematik Sistem Servo Penggerak Meja Kerja CNC Emco TU-3A .....	IV-2
4.2 Diagram Blok Potensiometer .....	IV-3
4.3 Diagram Blok untuk Penguat .....	IV-3
4.4 Diagram Skematik Elektromekanika Meja Kerja CNC Emco TU-3A	IV-4
4.5 Diagram Skematik Rangkaian Jangkar Magnet Servomotor DC .....	IV-4
4.6 Poros dan Roda Gigi 1 .....	IV-6
4.7 Ulir Pengarah ( <i>Lead Screw</i> ) .....	IV-6
4.8 Meja Kerja dan Ulir Pengarah ( <i>Lead Screw</i> ) .....	IV-6
4.9 Rangkaian Roda Gigi .....	IV-7
4.10 Diagram Blok Penggerak Meja Kerja CNC Emco TU-3A .....	IV-9

4.3	Analisa Kestabilan Sistem .....	IV-22
4.3.1	Metode Kestabilan Routh .....	IV-23
4.3.2	Metode Tempat Kedudukan Akar ( <i>Root Locus</i> ) .....	IV-24
<b>V.</b>	<b>PENUTUP</b> .....	<b>V - 1</b>
5.1	Kesimpulan .....	V - 1
5.2	Saran .....	V - 3
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>DP - 1</b>

4.11 Diagram Blok Meja Kerja CNC Emco TU-3A .....	IV-10
4.12 Kurva Tanggapan Sistem Terhadap Masukan Fungsi Tangga Satuan	IV-15
4.13 Kurva Tanggapan Tangga Satuan untuk Meja Kerja CNC Emco TU-3A Tanpa Benda Kerja .....	IV-16
4.14 Kurva Tanggapan Tangga Satuan untuk Meja Kerja CNC Emco TU-3A dengan Benda Kerja .....	IV-17
4.15 Kurva Tanggapan Sistem Terhadap Masukan Fungsi Landai Satuan	IV-20
4.16 Kurva Tanggapan Landai Satuan untuk Sistem Kontrol Meja Kerja Tanpa Benda Kerja .....	IV-21
4.17 Kurva Tanggapan Landai Satuan untuk Sistem Kontrol Meja Kerja dengan Benda Kerja .....	IV-22
4.18 Tempat Kedudukan Akar untuk Sistem Kontrol Meja Kerja Tanpa Benda Kerja .....	IV-25
4.19 Tempat Kedudukan Akar untuk Sistem Kontrol Meja Kerja dengan Benda Kerja .....	IV-26

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman :
1. Transformasi Laplace .....	L-1
2. Perhitungan Penurunan Model Matematika Meja Kerja CNC TU-3A .....	L-3
3. Peurunan Persamaan Tanggapan Transien Fungsi Tangga Satuan (Unit Step Function) .....	L-6
4. Peurunan Persamaan Tanggapan Transien Fungsi Tangga Satuan (Unit Ramp Function).....	L-8
5. List Program MATLAB 6.1 .....	L-12
6. Daftar Spare Part Meja Kerja CNC Emco TU-3A .....	L-18
7. Nomenklatur .....	L-20

# BAB I PENDAHULUAN

## I.1 Latar Belakang

Perkembangan mesin perkakas potong telah dimulai sejak abad ke delapan belas yaitu pada saat revolusi industri. Perkembangan ini terjadi sebagai hasil usaha manusia yang selalu ingin menciptakan suatu mesin perkakas yang dapat membantu proses pengerjaan permesinan dan memiliki efisiensi yang baik pada saat dioperasikan.

Keberadaan mesin perkakas menjadi begitu penting terutama dalam kaitannya dengan proses produksi dan manufaktur, khususnya industri pengerjaan logam. Peranan mesin perkakas yang begitu penting tersebut menjadi faktor pendukung perkembangannya. Hal ini berkaitan erat dengan usaha manusia untuk memenuhi standar kebutuhan hidupnya.

Pada perkembangan mesin perkakas selanjutnya, perbaikan dalam berbagai hal mulai dilakukan. Perbaikan tersebut dimulai dari perbaikan bentuk dan konstruksi mesin, dilanjutkan dengan variasi yang disesuaikan dengan bidang aplikasi mesin tersebut. Seiring dengan berkembangnya berbagai bidang teknologi juga turut berpengaruh kepada perkembangan mesin perkakas, misalnya mulai diterapkannya sistem pengaturan pada mesin perkakas. Perkembangan yang pesat ini kembali



memotivasi para ahli untuk mengembangkan teori kontrol otomatis secara lebih modern. Usaha pengembangan teori kontrol ini kembali memberi sumbangan yang cukup signifikan pada mesin perkakas yaitu peningkatan performansi sistem dinamik, memaksimumkan kualitas dan kuantitas produksi, efisiensi biaya produksi dan penghematan tenaga manusia.

Faktor lain yang turut memberikan sumbangan bagi perkembangan mesin perkakas adalah perkembangan teknologi komputer yaitu dengan adanya komputer elektronik analog, digital dan hibrid yang memiliki kemampuan yang sangat baik dalam perhitungan kompleks. Kemajuan teknologi komputer ini dimanfaatkan dengan baik dalam desain sistem kontrol otomatis dan saat ini telah digunakan dalam teknologi praktis dan umum. Secara khusus dewasa ini komputer digital telah digunakan sebagai bagian integral dari sistem kontrol karena berbagai keuntungan yang diberikan. Penggunaan komputer untuk mendukung kinerja mesin perkakas biasa disebut mesin CNC (*Computer Numerically Controlled*).

## I.2 Tujuan dan Manfaat Penulisan

### I.2.1 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari penulisan Tugas Akhir ini adalah :

- ❑ menurunkan dan membuat model matematika untuk meja kerja (*table*) mesin CNC Emco TU-3A
- ❑ menganalisa kinerja sistem terhadap respon transien untuk referensi tangga satuan pada servomotor DC penggerak meja kerja (*table*) mesin CNC Emco TU-3A



### I.2.2 Manfaat

Manfaat yang ingin diambil dari penulisan Tugas Akhir ini adalah mendapatkan hasil penurunan model matematika yang dapat dikembangkan lebih lanjut dalam pembuatan prototype control CNC Emco TU-3A khususnya untuk meja kerja (*table*).

### I.3 Pembatasan Masalah

Menyadari banyaknya hal yang perlu dibahas terhadap peralatan yang cukup kompleks yang menyangkut aspek mekanik dan elektrik dari mesin CNC Emco TU-3A, maka diadakan pembatasan terhadap pembahasan masalah, yaitu :

- ☞ pembicaraan berkenaan dengan hubungan antar komponen sistem kontrol otomatis
- ☞ penurunan model matematika untuk meja kerja (*table*) mesin CNC Emco TU-3A dan respon transien sistem terhadap sinyal uji berupa fungsi tangga satuan dan fungsi landai satuan.
- ☞ pengujian kestabilan sistem

### I.4 Metodologi Penulisan

Penulisan Tugas Akhir ini menggunakan metode pembahasan yaitu :

- ☞ Studi Literatur

Kegiatan ini dilakukan dengan mengumpulkan informasi dari berbagai buku teks, majalah, makalah teknik dan penulisan Tugas Akhir sebelumnya yang berkaitan dengan proses permesinan pada mesin perkakas dan pengaturannya.



analisa tanggapan transien sistem terhadap sinyal uji berupa fungsi tangga satuan dan fungsi landai satuan dan analisa kestabilan dengan metode Routh dan tempat kedudukan akar.

***Bab V. Penutup***

Bab ini memuat kesimpulan dari semua pokok bahasan yang dikemukakan dan juga saran – saran yang kiranya dapat digunakan untuk pengembangan lebih lanjut.

***Daftar Pustaka***





☞ Studi Lapangan

Kegiatan ini dilakukan dengan melihat langsung sistem kontrol yang terdapat pada mesin CNC Emco TU-3A di laboratoriu CNC-CAD/CAM jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

### 1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

**Bab I. Pendahuluan**

Bab ini secara ringkas membahas latar belakang, tujuan, manfaat, metodologi, pembatasan masalah dan sistematika penulisan.

**Bab II. Sistem Kontrol Otomatis pada Meja Kerja Mesin Freis NC**

Pada bab ini akan dibahas mengenai teori-teori dasar sistem kontrol otomatis, sistem kontrol numerik, servomekanis, analisa tanggapan transien dan analisa kestabilan sistem.

**Bab III. Meja Kerja CNC Emco TU – 3A**

Pada bab ini dijelaskan mengenai karakteristik mesin CNC Emco TU-3A dan spesifikasi penggerak meja kerjanya.

**Bab IV. Penurunan Model Matematika dan Analisis Sistem Kontrol Meja Kerja Mesin CNC Emco TU-3A**

Pada bab ini dibahas mengenai penurunan model matematika meja kerja mesin CNC Emco TU-3A tanpa benda kerja dan dengan benda kerja dari fungsi alih masing-masing komponen sistem,



## DAFTAR PUSTAKA

1. -----; "Insruction Manual EMCO TU-34"; Austria; Emco Maier & Co.
2. -----; "Student's Handbook EMCO TU-34"; Austria; Emco Maier & Co.
3. Amstead, B.H., Philip F. Ostwald, Myron L. Begeman; "Teknologi Mekanik" Jilid 2 Edisi ke tujuh; Erlangga; Jakarta, 1995.
4. Chen, CH; "Signal Processing Handbook"; Marcel Dekker Inc.;New York and Basel, 1988.
5. Dallas, Daniel. B; "Tool and Manufacturing Engineers Handbook", Third Edition. Society of Manufacturing Engineers; Mc. GrawHill Book Co.; New York, 1978.
6. Distefano III, Joseph .J; "Sistem Pengaturan dan Umpan Balik"; Erlangga; Jakarta, 1992.
7. Dublin, Ernest. O; "Sistem Pengukuran, Aplikasi dan Perancangan", Jilid I Edisi Ketiga; Erlangga; Jakarta, 1997
8. Eric Teicholz; "CAD/CAM Handbook"; Mc.GrawHill Book Co.; New York, 1985.
9. Hanselman, Duane; Bruce Littlefield; "MATLAB. Bahasa Komputasi Teknis"; Andi; Yogyakarta, 2001.
10. Ogata, Katsuhiko; "Sistem Dynamics", Second Edition; Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1992.
11. Ogata, Katsuhiko; "Teknik Kontrol Automatik"; Jilid I, Edisi Kedua; Erlangga; Jakarta, 1997.
12. Rochim, Taufiq; "Teori dan Teknologi Proses Permesinan", HEDSP; Bandung , 1993.
13. Schwarnarzanbach, J, K.F. Gill; "System Modelling and Control", Third Edition; Great Britain; Edward Arnold, 1992.





14. Sulasno, Thomas Agus Prayitno; "Dasar Sistem Pengaturan"; Satya Wacana, 1990.
15. Surya Darma, Untung; "Penurunan Model Matematika Sistem Kontrol Otomatis pada Mesin Perkakas"; Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin FTM, UNSRI, 2001.
16. Weck Manfred; "Handbook of Machine Tools"; Volume 3; Automation and Controls; John Wiley & Sons; Great Britain, 1984.
17. Weck, Manfred; "Handbook of Machine Tools"; Volume 2; Construction and Mathematical Analysis; John Wiley & Sons; Great Britain, 1984.

