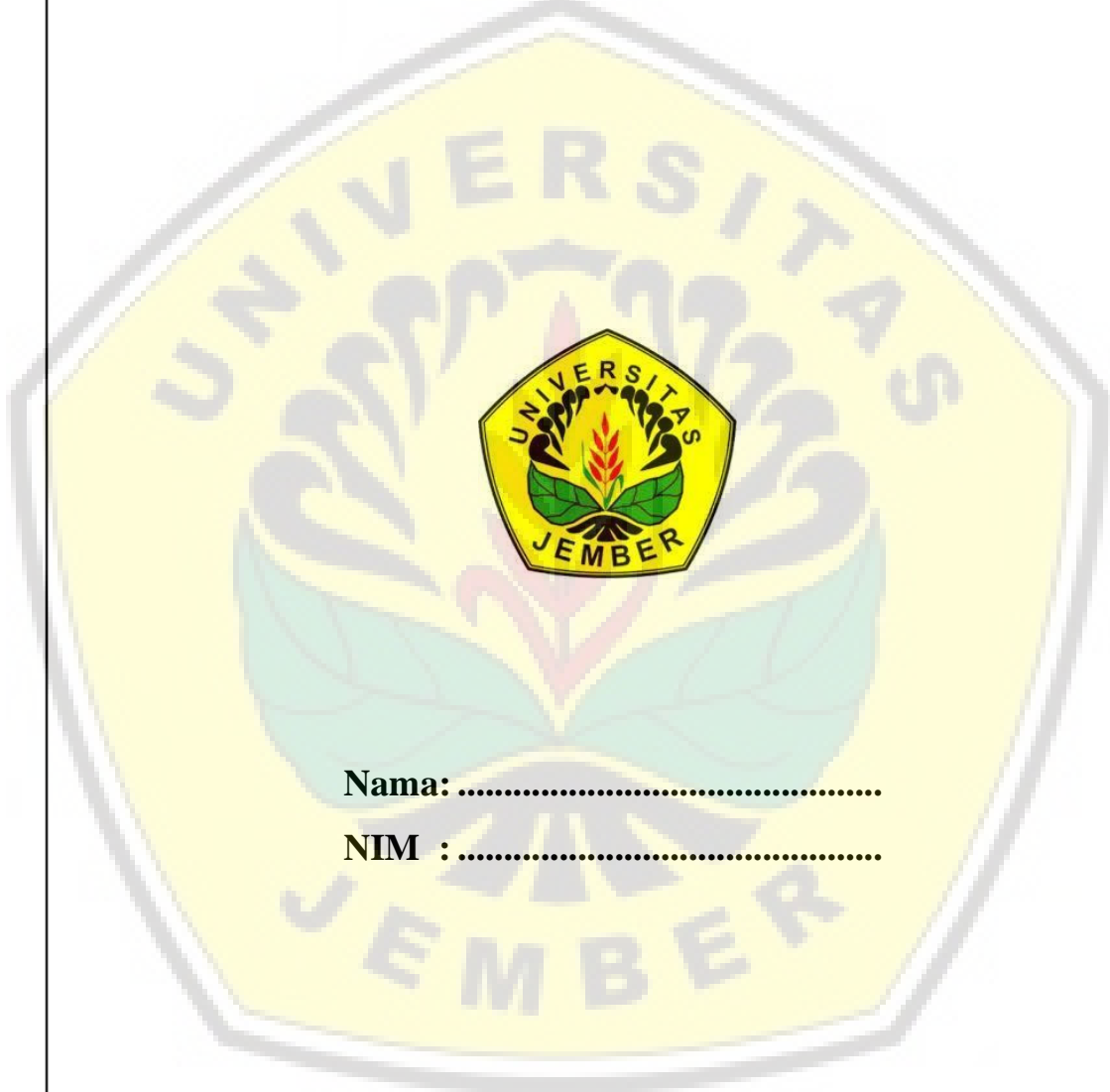


**BUKU PETUNJUK PRAKTIKUM**

**Sistem Kontrol**



**Nama:** .....

**NIM :** .....

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2020**

**HALAMAN PENGESAHAN**

Buku Petunjuk Praktikum Sistem Kontrol disusun sebagai perangkat pembelajaran mata praktikum Sistem Kontrol serta pegangan pelaksanaan praktikum bagi mahasiswa praktikan maupun dosen pengampu di Laboratorium Sistem Kendali, Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember.

Jember, 14 Juli 2020

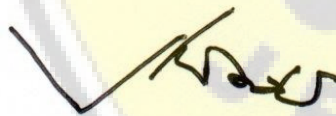
Penulis



Dr. Ir. Widjonarko, S.T., M.T.  
NIP 197109081999031001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Jember



Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.  
NIP 197008261997021001

Kepala Laboratorium Sistem  
Kendali



Catur Suko Sarwono S.T., M.Si.  
NIP 19680119199721001

## SOP & TATA TERTIB PRAKTIKUM

### A. PELAKSANAAN PRAKTIKUM

1. Dosen hadir pada pelaksanaan praktikum
2. Teknisi dan asisten laboratorium harap selalu mengecek jadwal dan menyiapkan alat maupun bahan praktikum
3. Pelaksanaan praktikum harus mengacu pada SOP & Tata Tertib Praktikum, penjadwalan serta buku petunjuk praktikum yang telah disepakati bersama
4. Laporan praktikum berbentuk *jobsheet*/ LKS dengan nama "Buku Petunjuk Praktikum (BPP)"
5. Data praktikum yang berupa angka ataupun huruf dapat ditulis pada BPP
6. Data praktikum yang berupa gambar dapat dicetak kemudian ditempel pada BPP
7. Praktikum dilaksanakan 14 kali pertemuan ditambah ujian praktikum dengan jadwal sesuai SISTER
8. Satu kali kegiatan praktikum sama dengan satu SKS sama dengan 150 menit dengan kapasitas 20 mahasiswa
9. Kegiatan praktikum terdiri dari beberapa percobaan dengan jenis kegiatan antara lain Pre-Test, Pengambilan Data, Post-Test, dan Asistensi
10. Tidak ada kegiatan praktikum yang diperbolehkan diluar jadwal praktikum

### B. ASISTEN LABORATORIUM

1. Asisten laboratorium diperbolehkan memandu jalannya praktikum namun tetap dalam pengawasan dosen
2. Asisten laboratorium tidak diperkenankan memberi hukuman/ sanksi serta penilaian
3. Asisten laboratorium diperbolehkan melakukan pengecekan data-data hasil praktikum

### C. MAHASISWA

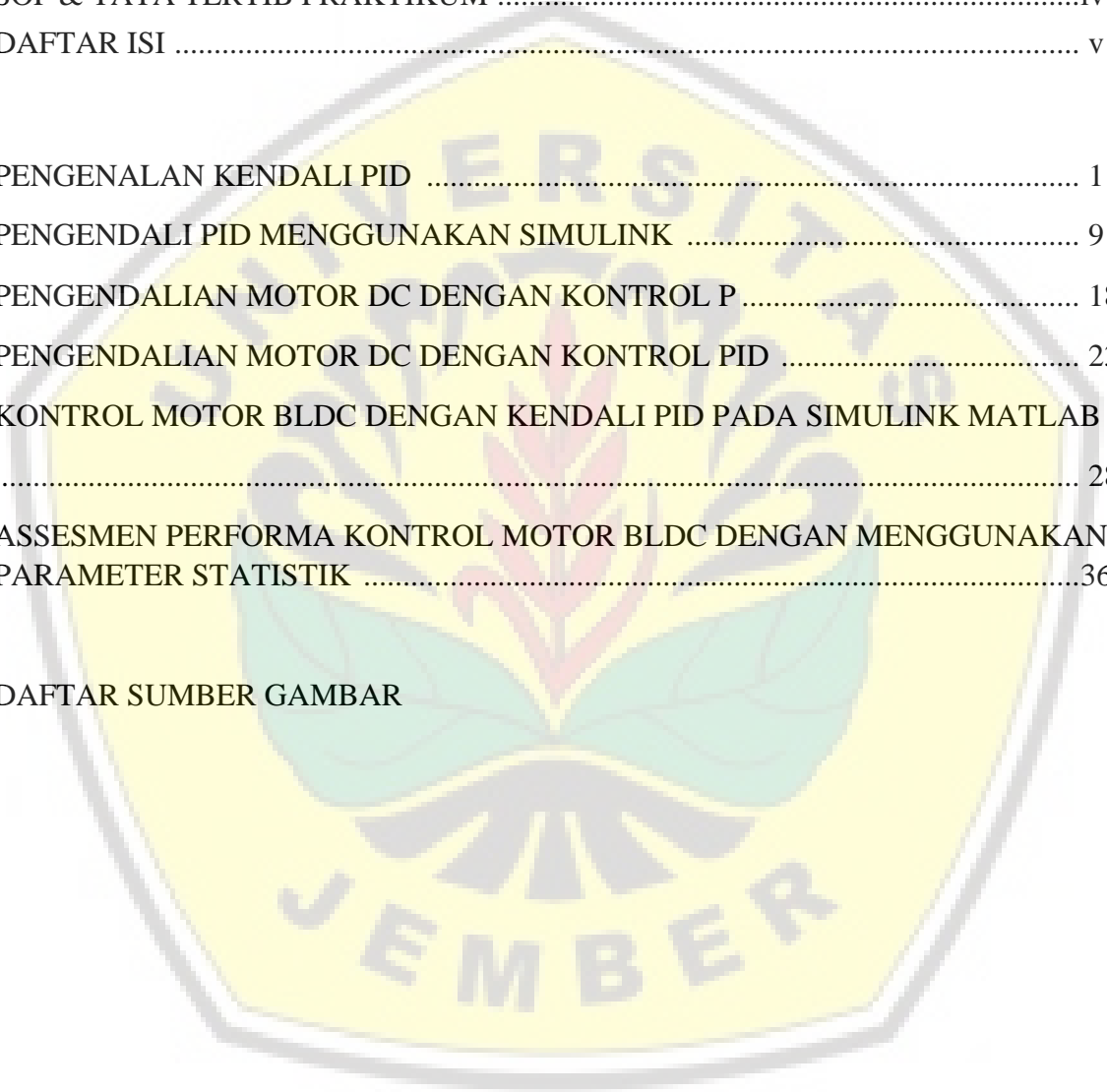
1. Mahasiswa wajib memakai jas lab saat pelaksanaan kegiatan praktikum. Bagi mahasiswa yang tidak menggunakan jas lab dilarang mengikuti kegiatan praktikum.
2. Toleransi keterlambatan 15 menit bagi mahasiswa, terlambat lebih dari itu mahasiswa dilarang mengikuti kegiatan praktikum
3. Jika dalam suatu percobaan mahasiswa tidak mengikuti salah satu dari kegiatan tersebut, maka tetap diperbolehkan mengikuti kegiatan lain.
4. Tidak ada susulan bagi mahasiswa yang melewatkan pre-test, pengambilan data maupun post-test. Hal ini berkaitan dengan tidak diperbolehkannya kegiatan praktikum diluar jadwal praktikum. Namun, dosen diperbolehkan (tidak wajib) memberikan tugas pengganti/ tambahan kepada mahasiswa untuk mengganti kegiatan yang dilewatkan.
5. Sama seperti perkuliahan, mahasiswa diperbolehkan mengikuti ujian praktikum jika memenuhi 75% kehadiran
6. Mahasiswa WAJIB mengikuti setiap instruksi dosen pengampu. Setiap tindakan mahasiswa dalam laboratorium yang diluar instruksi atau tanpa seizin dosen pengampu dapat disanksi nilai nol.

**JADWAL PELAKSANAAN PRAKTIKUM**

Pertemuan 1	Kontrak Kuliah <b>BAB 1. PENGENALAN KENDALI PID</b> <i>(Pre-Test dan Praktikum)</i>
Pertemuan 2	Asistensi + Post Test Bab 1
Pertemuan 3	<b>BAB 2. PENGENDALI PID MENGGUNAKAN SIMULINK</b> <i>(Pre-Test dan Praktikum)</i>
Pertemuan 4	Asistensi + Post Test Bab 2
Pertemuan 5	<b>BAB 3. IMPLEMENTASI PENGENDALIAN MOTOR DC DENGAN KONTROL P</b> <i>(Pre-Test dan Praktikum)</i>
Pertemuan 6	Asistensi + Post Test Bab 3
Pertemuan 7	<b>BAB 4. IMPLEMENTASI PENGENDALIAN MOTOR DC DENGAN KONTROL PID</b> <i>(Pre-Test dan Praktikum)</i>
Pertemuan 8	Asistensi + Post Test Bab 4
Pertemuan 9	<b>BAB 5. KONTROL MOTOR BLDC DENGAN KENDALI PID PADA SIMULINK MATLAB I</b> <i>(Pre-Test dan Praktikum)</i>
Pertemuan 10	<b>BAB 5. KONTROL MOTOR BLDC DENGAN KENDALI PID PADA SIMULINK MATLAB II</b> <i>(Pre-Test dan Praktikum)</i>
Pertemuan 11	Asistensi + Post Test Bab 5 I dan II
Pertemuan 12	<b>BAB 6. ASSESMENT PERFORMA KONTROL MOTOR BLDC DENGAN MENGGUNAKAN PARAMETER STATISTIK</b> <i>(Pre-Test dan Praktikum)</i>
Pertemuan 13	Asistensi + Post Test Bab 6
Pertemuan 14	Ujian Tugas Praktikum <b>UJIAN PRAKTIKUM</b>

**DAFTAR ISI**

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
JADWAL PELAKSANAAN PRAKTIKUM .....	iii
SOP & TATA TERTIB PRAKTIKUM .....	iv
DAFTAR ISI .....	v
PENGENALAN KENDALI PID .....	1
PENGENDALI PID MENGGUNAKAN SIMULINK .....	9
PENGENDALIAN MOTOR DC DENGAN KONTROL P .....	18
PENGENDALIAN MOTOR DC DENGAN KONTROL PID .....	23
KONTROL MOTOR BLDC DENGAN KENDALI PID PADA SIMULINK MATLAB .....	28
ASESMEN PERFORMA KONTROL MOTOR BLDC DENGAN MENGGUNAKAN PARAMETER STATISTIK .....	36
DAFTAR SUMBER GAMBAR	



## 1

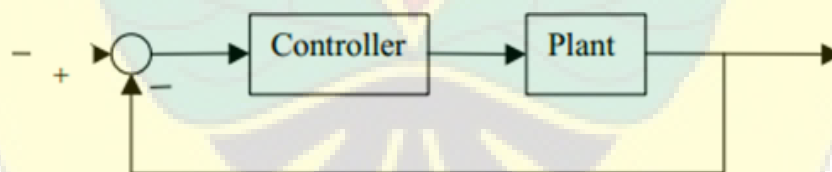
## Pengenalan Kendali PID

## 1.1 Tujuan Praktikum

- Mahasiswa dapat mengenali konsep dari pengendalian dengan kontrol PID
- Mahasiswa dapat memahami karakteristik dari P, I, D dan PID
- Mahasiswa dapat menggunakan penerapan dari konsep sederhana pengendalian PID secara simulasi

## 1.2 Landasan Teori

Secara definitif, *PID Controller* adalah salah satu dari sekian jenis kontrol yang paling mudah untuk dilakukan pengaturan dan memiliki konsep yang sederhana. Selain itu, konsep PID juga memiliki proses pengolahan data yang cepat serta secara konsep dapat digabungkan dengan berbagai jenis model pengendalian seperti Fuzzy, ANN dan beberapa jenis kontrol lainnya sehingga akan menjadi suatu sistem pengatur yang semakin baik.

Gambar 1.1. Tipe Kontrol *Closed Loop*

Pada dasarnya kendali PID hanya cocok digunakan pada sistem dengan model pengendalian *closed loop*. Hal ini dikarenakan keluaran PID didasarkan pada dua *input* saja, yaitu *error* dan *delta error*. Apabila ingin dilihat lebih jelas, maka dapat dilihat pada Gambar 1 yang merupakan salah satu pengplikasian sistem kendali pada jenis kendali *closed loop*. Untuk lebih jelas keterangan yang terdapat pada Gambar 1, maka penjelasannya dapat dilihat pada keterangan berikut :

*Controller* : Pengendali yang memberikan respons untuk memperbaiki respons.

## 2

## Pengendali PID Menggunakan Simulink

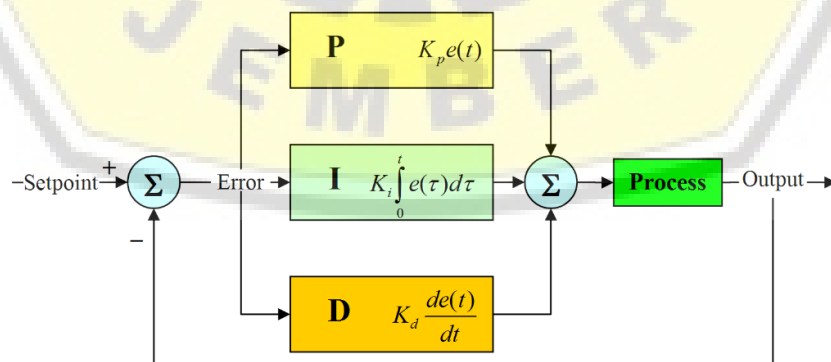
### 2.1 Tujuan Praktikum

- Mahasiswa mampu menggunakan simulink dan memahami tiap fungsinya.
- Mahasiswa dapat mengenali konsep dari pengendalian dengan kontrol PID
- Mahasiswa dapat memahami karakteristik dari P, I, D dan PID
- Mahasiswa dapat menggunakan penerapan dari konsep sederhana pengendalian PID secara simulasi

### 2.2 Landasan Teori

#### Pengendali PID

Seperti yang telah dijelaskan pada praktikum sebelumnya, bahwa pengendali PID ini merupakan pengendalian yang paling banyak dipergunakan karena sederhana dan mudah dipelajari. Kurang lebih sekitar 95% proses kendali di industri menggunakan model pengendali ini, bahkan untuk model pengendalian yang sederhana pada penelitian - penelitian yang termuat dalam artikel internasional. Pengendali PID ini merupakan gabungan dari pengendali *proportional* (P), *integral* (I), dan *derivative* (D). Jika dibuat dalam blok, maka kendali PID dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1. Blok Kendali PID Controller

## 3

## Pengendalian Motor DC dengan Kontrol P

### 3.1 Tujuan Praktikum

- a) Mempelajari karakteristik kecepatan motor DC terhadap kontrol P
- b) Pengaplikasian kontrol P untuk pengendalian kecepatan pengendalian motor DC secara *real time*

### 3.2 Tujuan Praktikum

Seperti penjelasan yang telah ada sebelumnya, bahwa kendali PID (dari singkatan bahasa *Proportional-Integral-Derivative controller*) adalah kontroler yang digunakan untuk mengendalikan sebuah *plant* dalam sistem *closed loop*. Komponen kontrol PID ini terdiri dari tiga jenis yaitu Proportional, Integratif dan Derivatif. Seperti yang telah ada dipenjelasan yang telah ada dan yang terdapat pada praktikum sebelumnya, maka masing - masing konstanta atau kendali memiliki keunggulan-keunggulan tertentu. Jika dijabar secara singkat maka dapat diringkas sebagai berikut : kontrol *proportional* mempunyai keunggulan *rise time* yang cepat, kontrol *integral* mempunyai keunggulan untuk memperkecil *error* dan kontrol *derivative* memiliki keunggulan untuk memperkecil *error* atau meredam *overshot/undershoot*. Untuk mendapatkan keluaran dengan *rise time* yang cepat dan *error* yang kecil dapat menggabungkan ketiga controller ini.

Namun, dalam setiap kekurangan dan kelebihan dari masing-masing pengontrol P, I dan D dapat saling menutupi dengan menggabungkan ketiganya secara paralel menjadi pengontrol *proposional plus integral plus derivative* (pengontrol PID). Elemen-elemen pengontrol P, I dan D masing-masing secara keseluruhan bertujuan untuk mempercepat reaksi sebuah sistem, menghilangkan *offset* dan menghasilkan perubahan awal yang besar.



## 4

## Pengendalian Motor DC dengan Kontrol PID

### 4.1 Tujuan Praktikum

- a) Mempelajari karakteristik kecepatan motor DC terhadap kontrol PID
- b) Pengaplikasian kontrol PID untuk pengendalian kecepatan pengendalian motor DC secara *real time*

### 4.2 Tujuan Praktikum

Seperti penjelasan yang telah ada sebelumnya, bahwa kendali PID (dari singkatan bahasa *Proportional-Integral-Derivative controller*) adalah kontroler yang digunakan untuk mengendalikan sebuah *plant* dalam sistem *closed loop*. Komponen kontrol PID ini terdiri dari tiga jenis yaitu Proportional, Integratif dan Derivatif. Seperti yang telah ada dipenjelasan yang telah ada dan yang terdapat pada praktikum sebelumnya, maka masing - masing konstanta atau kendali memiliki keunggulan-keunggulan tertentu. Jika dijabar secara singkat maka dapat diringkas sebagai berikut : kontrol *proportional* mempunyai keunggulan *rise time* yang cepat, kontrol *integral* mempunyai keunggulan untuk memperkecil *error* dan kontrol *derivative* memiliki keunggulan untuk memperkecil *error* atau meredam *overshoot/undershoot*. Untuk mendapatkan keluaran dengan *rise time* yang cepat dan *error* yang kecil dapat menggabungkan ketiga controller ini.

Namun, dalam setiap kekurangan dan kelebihan dari masing-masing pengontrol P, I dan D dapat saling menutupi dengan menggabungkan ketiganya secara paralel menjadi pengontrol *proposional plus integral plus derivative* (pengontrol PID). Elemen-elemen pengontrol P, I dan D masing-masing secara keseluruhan bertujuan untuk mempercepat reaksi sebuah sistem, menghilangkan *offset* dan menghasilkan perubahan awal yang besar.

# 5

## Kontrol Motor BLDC Dengan Kendali PID pada Simulink Matlab

### 5.1 Tujuan Praktikum

- a) Mempelajari karakteristik kecepatan motor BLDC 3 fasa terhadap masukan kontrol tegangan yang dikendalikan oleh kontrol, PI dan PID
- b) Menerapkan aplikasi *tuning* pada parameter  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$  dengan menggunakan metode *trial and error* serta *Ziegler- Nichols*

### 5.2 Landasan Teori

#### Motor BLDC

BLDC atau *brushless direct current electric*, adalah motor yang digerakkan secara elektronik yang ditenagai oleh sumber listrik DC melalui pengontrol motor eksternal. Tidak seperti saudaranya berupa motor sikat. Motor BLDC bergantung pada pengontrol eksternal untuk dapat bergerak, yaitu gaya elektromagnetik yang diatur oleh *driver motor*. BLDC motor sangat cocok apabila diaplikasikan kedalam aplikasi yang menuntut adanya efisiensi yang tinggi serta reliabilitas yang terdapat pada dunia mobil listrik atau bahkan dunia Industri. Inilah yang menjadi kelebihan motor BLDC sehingga sering dipakai didunia industri dan motor listrik. Beberapa kelebihan lainnya dari motor BLDC diantaranya sebagai berikut :

1. Operasi kecepatan yang tinggi. Motor BLDC dapat beroperasi pada kecepatan diatas 10.000 RPM dalam kondisi terbebani ataupun tanpa beban.
2. Akselerasi yang tinggi dan responsif. Motor BLDC memiliki inersia yang rendah sehingga sangat memungkinkan untuk berakselerasi secepat mungkin dan membalik arah dengan kecepatan tinggi.
3. Keandalan yang sangat tinggi. Hal ini disebabkan motor BLDC tidak memiliki sikat, sehingga *lifetime* dari motor BLDC ini sangat tinggi. Yaitu mencapai 10.000 jam pemakaian. Disamping itu ini juga memberikan efek pada minimnya suara saat motor beroperasi.

Inti dari beberapa keuntungan diatas terjadi dikarenakan pada motor BLDC, memiliki

## 6

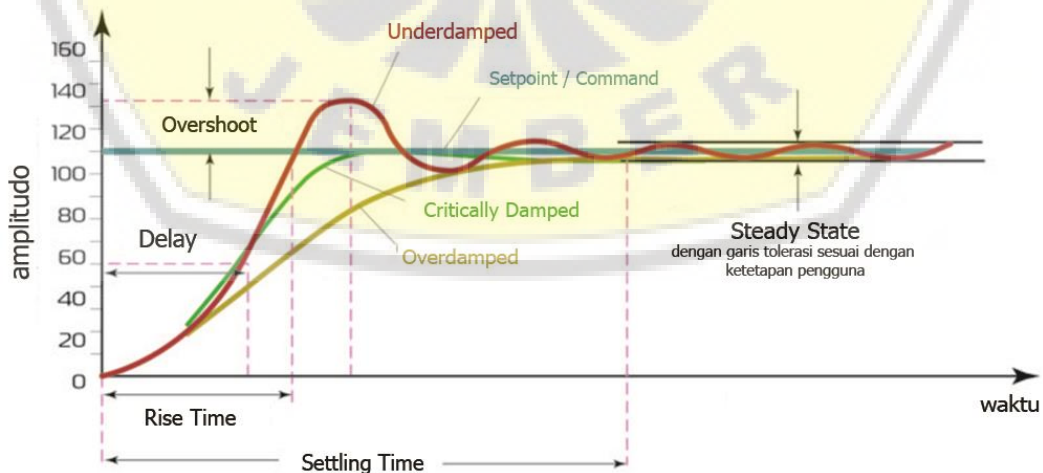
## ASSESMEN PERFORMA KONTROL MOTOR BLDC DENGAN MENGGUNAKAN PARAMETER STATISTIK

### 6.1 Tujuan Praktikum

1. Mempelajari performa assesment karakteristik dari kecepatan motor BLDC 3 fasa pada kontrol, PI dan PID dengan menggunakan parameter stastistik.
2. Mahasiswa dapat mengetahui bagaimana cara menentukan kebaikan sistem dengan menggunakan parameter statistik.

### 6.2 Landasan Teori

Untuk dapat mengetahui sebuah sistem baik atau tidak, terkadang kita lebih banyak menggunakan pengamatan yang didasarkan pada sebuah grafik. Namun terkadang hal tersebut akan menyulitkan apabila parameter pengujian yang kita gunakan terlampau banyak dan perbandingan kendali yang ingin kita gunakan juga terlampau banyak. Oleh karena itu, untuk dapat mempermudah analisa performa dari sistem kendali yang telah kita bentuk, maka kita dapat melakukan pengujian dengan menggunakan parameter statistik. Sebelum kita melangkah lebih jauh penggunaan dari parameter stastistik, mari kita amati Gambar 6.1 berikut.



Gambar 6.1. Parameter Respon Sistem