

BAB II

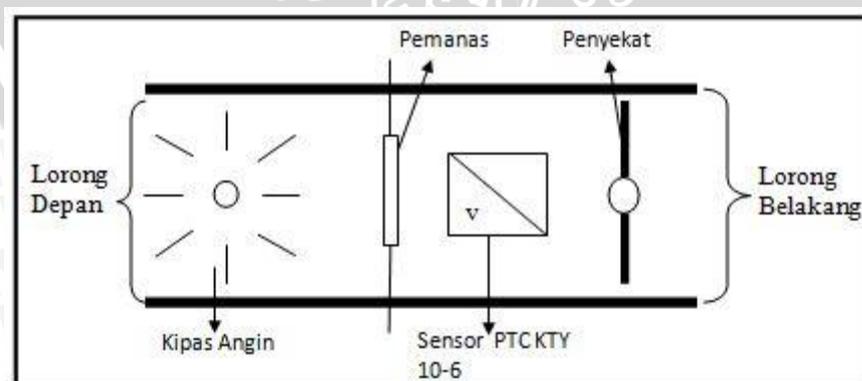
DASAR TEORI

Pada Bab II ini akan dijelaskan teori penunjang yang digunakan dalam penulisan ini, dengan tujuan untuk memudahkan dalam memahami cara kerja rangkaian maupun dasar-dasar perencanaan alat ini. Teori penunjang yang akan dijelaskan dalam Bab II ini adalah

- *Plant 73412*
- *STM32F4 Discovery*
- Kontroler PID
- Sensor PTC KTY 10-6
- Metode Ziegler-Nichols

2.1 *Plant 73412*

Komponen yang mempengaruhi perubahan suhu untuk modul plant suhu terdiri dari kipas angin dan pemanas (lampu 24 Volt) yang diletakkan pada sebuah lorong yang berdiameter 4.045 cm (lihat Gambar 2.1). Di sebelah pemanas terdapat sensor PTC KTY 10-6 yang bertujuan untuk mengukur udara panas yang mengalir pada lorong. Kipas angin yang diletakkan pada lorong depan bertujuan untuk menyedot udara dari luar. Kipas angin ini dioperasikan dengan kecepatan konstan. Pada lorong belakang dipasang sebuah penyekat yang dapat diatur posisi kemiringannya. Dengan mengatur sudut kemiringan penyekat tersebut aliran udara panas yang keluar dapat diperbesar maupun diperkecil.

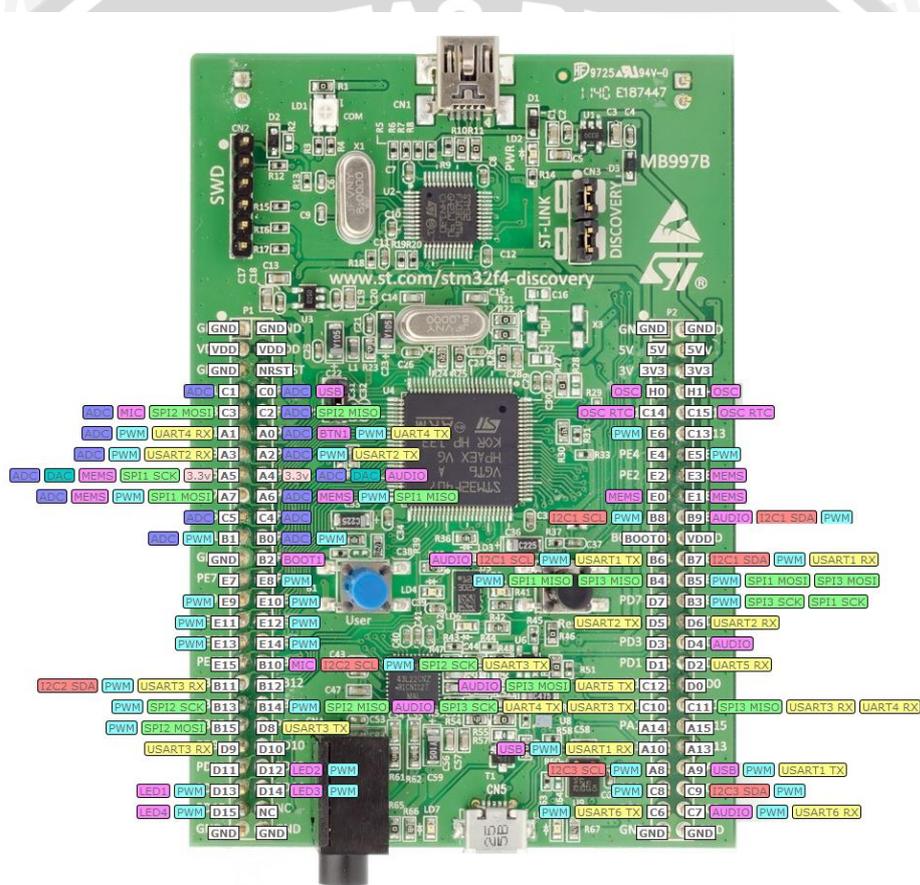


Gambar 2.1 *Plant 73412*

Lorong ini dilengkapi dengan tombol potensiometer untuk mempercepat putaran kipas angin dan penyekat untuk mengatur udara yang masuk dengan udara di dalam lorong. (Modul praktikum sistem kontrol)

2.2 STM32F4 Discovery

STM32F4 *Discovery* dalam Gambar 2.2 adalah modul mikrokontroler produksi dari ST Microelectronics. Core dari Mikrokontroler ini adalah ARM Cortex™-M4 yang merupakan core mikrokontroler 32-bit. Mikrokontroler ini terdiri dari pin *Input Output* (I/O) berjumlah 82 pin.



Gambar 2.2 Pin function STM32F4 Discovery

Salah satu kelebihan STM32F4 *Discovery* adalah kemampuan *floating points* secara *hardware*. Beberapa operasi matematika *floating point* 32bit dapat dilakukan oleh mikrokontroler ini hanyadengan 1 siklus mesin (1 cycle). Komputasi *floating point* biasa dipakai untuk pemrosesan sinyal digital yang memerlukan keakuratan yang tinggi atau bias juga dipakai untuk pemrosesan audio atau *image* digital secara lebih mudah. Pada STM32F4 *Discovery* tertanam prosesor ARM Cortex™-M4 seri

STM32F407VGT dengan *clock* maksimal 168MHz. Berikut spesifikasi STM32f4

Discovery:

- Core : Cortex-M4F
- Microcontroller : STM32F407VGT6
- Memory : 1MB Flash
- RAM : 192KB SRAM
- Package : LQFP100
- I/O pins : 82
- Timers(16-bit) : 12
- Advanced Control Timers : 2
- General Purpose Timers : 10
- Basic Timers : 2
- PWM Channels : 6
- ADC(12-bit) : 3 (16 channels)
- I2C(TWI) : 3
- USART : 4
- SPI : 3 full duplex
- DMA : 2 (8 channels each)
- USB : 1 (2.0 full speed)
- CAN : 2 (2.0 active)
- uP Supply Voltage : 1.8-3.6V

2.3 Kontroler PID

Kontrol otomatis membandingkan nilai sebenarnya dari keluaran sistem secara keseluruhan dengan mengacu pada masukan (nilai yang dikehendaki), menentukan penyimpangan, dan menghasilkan sinyal kontrol yang akan mengurangi penyimpangan menjadi nol atau nilai yang terkecil (Ogata K., 1997). Selain itu analisis juga dilakukan untuk mengetahui bagaimana kecepatan sistem dalam merespon *input* dan peredamannya terhadap adanya lonjakan *over shoot*.

Suatu sistem dikatakan stabil, jika diberi gangguan maka sistem tersebut akan kembali ke keadaan *steady*, yaitu *output* berada dalam keadaan tetap seperti tidak ada gangguan. Sistem dikatakan tidak stabil, jika *output* berosilasi terus menerus ketika dikenai suatu gangguan. Karena suatu sistem pengendalian biasanya melibatkan penyimpanan energi maka *output* sistem ketika diberi suatu *input*, tidak dapat mengikuti *input* secara serentak, tapi menunjukkan respons transien berupa suatu osilasi teredam sebelum mencapai *steady state*. Dalam sistem pengendalian terdapat 2 macam *loop*:

1. Pengendalian dengan *loop* terbuka

Sistem kontrol *loop* terbuka adalah sistem kontrol yang keluarannya tidak berpengaruh pada aksi pengontrolan. Jadi pada sistem kontrol *loop* terbuka, keluaran tidak diukur atau diumpun balik untuk dibandingkan dengan masukan.

2. Pengendalian dengan *loop* tertutup

Sistem kontrol *loop* tertutup adalah sistem kontrol yang keluarannya mempunyai pengaruh langsung pada aksi pengontrolan. Disebut juga sistem kontrol yang menggunakan umpan balik untuk memperkecil kesalahan sistem.

2.3.1. Kontroler Proporsional

Dalam kontroler dengan aksi kontrol proporsional, hubungan antara keluaran kontroler $m(t)$ dan sinyal kesalahan penggerak $e(t)$ adalah (Persamaan 2.5)

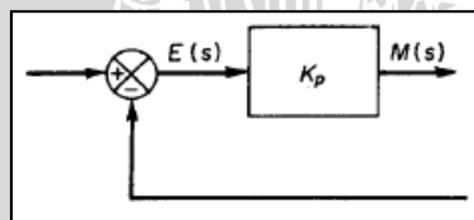
$$m(t) = K_p e(t) \quad (2.5)$$

atau, dalam besaran transformasi laplace (Persamaan 2.6)

$$\frac{M(s)}{E(s)} \quad (2.6)$$

Di mana K_p adalah kepekaan proporsional atau penguatan.

Apapun wujud mekanisme yang sebenarnya dan apapun bentuk daya penggeraknya, kontroler proporsional seperti yang terlihat dalam Gambar 2.3 pada dasarnya merupakan penguat dengan penguatan yang dapat diatur (Ogata K., 1997).



Gambar 2.3 Diagram Blok Kontroler Proporsional (Ogata K., 1997).

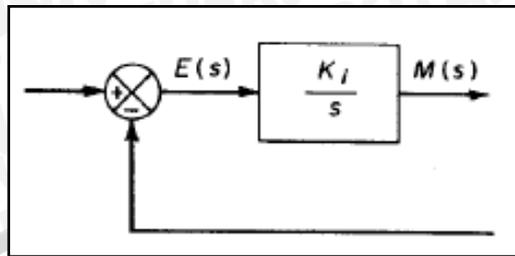
2.3.2. Kontroler Integral

Pada kontroler dengan aksi integral, harga keluaran kontroler $m(t)$ diubah dengan laju yang sebanding dengan sinyal kesalahan penggerak $e(t)$ (Persamaan 2.7)

$$\frac{dm(t)}{dt} = K_i e(t) \quad (2.7)$$

Jika harga $e(t)$ diduakalikan, maka harga $m(t)$ berubah dengan laju perubahan menjadi dua kali semula. Jika kesalahan penggerak nol, maka harga $m(t)$ tetap

stasioner. Aksi kontrol integral seringkali disebut kontrol *reset* (Ogata K.,1997). Gambar 2.4 merupakan blok diagram dari kontroler aksi integral.

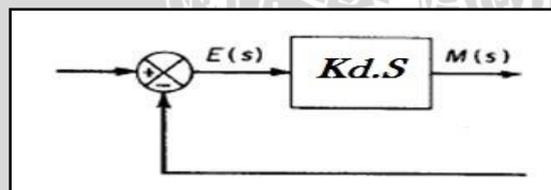


Gambar 2.4 Diagram Blok Kontroler Integral (Ogata K., 1997).

2.3.3. Kontroler Differensial

Kontroler ini digunakan untuk memperbaiki atau mempercepat respon transien sebuah sistem kontrol dengan cara memperbesar *phase lead* terhadap penguatan kontrol dan mengurangi *phase lag* penguatan tersebut. Kontroler differensial seperti yang terlihat dalam Gambar 2.5 tidak dapat mengeluarkan *output* bila tidak ada perubahan *input*, selain itu kontroler differensial tidak dapat digunakan untuk proses yang mengandung *noise*. Hubungan antara keluaran kontroler $m(t)$ dan sinyal kesalahan penggerak $e(t)$ adalah (Persamaan 2.8):

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_d \cdot s \quad (2.8)$$



Gambar 2.5 Diagram Blok Kontroler Differensial (Ogata K., 1997).

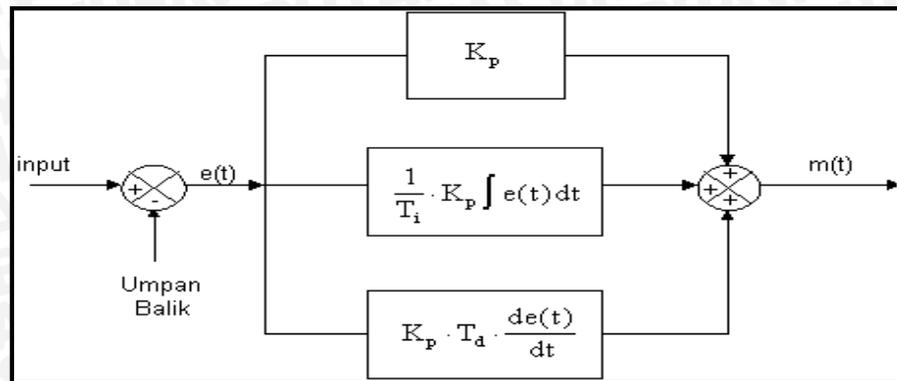
2.3.4. Kontroler Proporsional Integral Differensial (PID)

Gabungan aksi kontrol proporsional, integral, dan differensial yang terlihat dalam Gambar 2.6 mempunyai keunggulan dapat saling menutupi kekurangan dan kelebihan dari masing-masing kontroler. Persamaan kontroler PID ini dapat dinyatakan sebagai berikut (Persamaan 2.9):

$$m(t) = K_p \cdot e(t) + \frac{K_p}{T_i} \cdot e(t)dt + K_p \cdot T_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.9)$$

Dalam transformasi laplace dinyatakan sebagai berikut (Persamaan 2.10):

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right) \quad (2.10)$$



Gambar 2.6 Diagram Blok Kontroler PID (Ogata K., 1997).

2.4 Sensor PTC KTY 10-6

Thermistor adalah salah satu jenis resistor yang nilai resistansi atau nilai hambatannya dipengaruhi oleh Suhu. Thermistor merupakan singkatan dari “Thermal Resistor” yang artinya adalah Tahanan (Resistor) yang berkaitan dengan Panas (Thermal). Thermistor terdiri dari 2 jenis, yaitu NTC (*Negative Temperature Coefficient*) dan PTC (*Positive Temperature Coefficient*). Sensor PTC KTY 10-6 dalam Gambar 2.7 ini dirancang untuk pengukuran, kontrol regulasi, udara dan cairan dalam kisaran suhu -50°C hingga $+150^{\circ}\text{C}$.



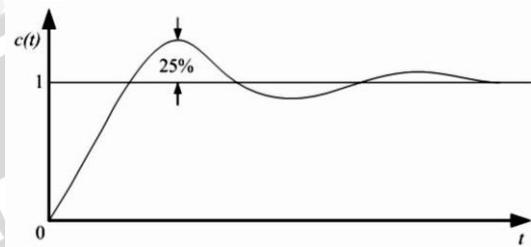
Gambar 2.7 Sensor PTC KTY 10-6 (www.octopart.com)

2.5 Perancangan Kontroler PID Menggunakan Metode Ziegler-Nichols

Ziegler dan Nichols mengemukakan aturan-aturan untuk menentukan nilai dari *gain* proporsional K_p , waktu integral T_i , dan waktu derivatif T_d berdasarkan karakteristik respon transien dari *plant* yang diberikan. Penentuan parameter kontroler

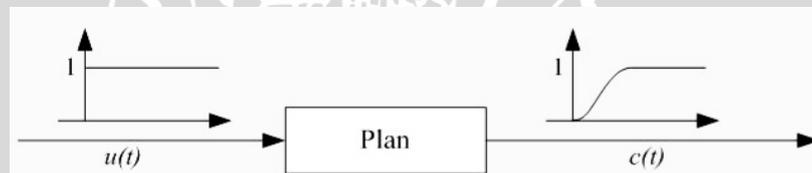
PID atau penalaan kontroler PID tersebut dapat dilakukan dengan bereksperimen dengan plan. (Ogata, K., 1997)

Terdapat dua metode yang disebut dengan aturan penalaan Ziegler-Nichols, pada kedua metode tersebut memiliki tujuan yang sama yaitu untuk mencapai 25% *maximum overshoot* pada respon unit step, seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.8. Dalam penelitian ini penentuan parameter menggunakan metode pertama.



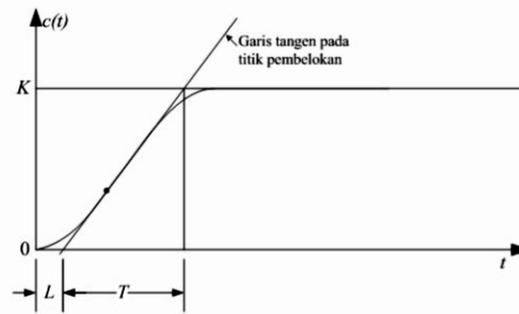
Gambar 2.8 Kurva Respon Unit Step yang Menunjukkan 25% *Maximum Overshoot* (Ogata, K., 1997)

Metode pertama atau sering disebut metode kurva reaksi, respon dari plan dapat dapat diperoleh secara eksperimental dengan masukan berupa unit step, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.9



Gambar 2.9 Respon Plant Terhadap Masukan Berupa Unit Step (Ogata, K. 1997)

Jika dalam plan tersebut terdapat integrator atau *dominan complex-conjugate poles*, maka kurva respon unit step berbentuk seperti huruf S, seperti dalam Gambar 2.9 jika respon tidak memberikan bentuk kurva S, maka metode ini tidak berlaku. (Ogata, K., 1997).



Gambar 2.10 Kurva Respon yang Berbentuk S (Ogata, K. 1997)

Kurva berbentuk S tersebut dapat dikarakteristikan menjadi dua konstanta yaitu waktu tunda L dan konstanta waktu T . Waktu tunda dan konstanta waktu ditentukan dengan menggambar sebuah garis tangen pada titik pembelokan dari kurva S, dan menentukan perpotongan antara garis tangen dengan sumbu waktu t dan sumbu $c(t) = K$, seperti yang telah ditunjukkan dalam Gambar 2.10 Fungsi alih $C(s)/U(s)$ dapat dilakukan pendekatan dengan sistem orde satu dengan persamaan sebagai berikut: (Ogata, K. 1997)

$$\frac{C(s)}{U(s)} = \frac{Ke^{-Ls}}{Ts+1} \quad (2.14)$$

Ziegler dan Nichols menyarankan untuk menentukan nilai-nilai dari K_p , T_i dan T_d berdasarkan pada formula yang ditunjukkan dalam Tabel 2.1. (Ogata, K., 1997).

Tabel 2.1 Aturan Penalaan Ziegler-Nichols Berdasarkan Respon Unit Step Dari *plant* (Ogata, K. 1997)

Tipe Kontroler	K_p	T_i	T_d
P	$\frac{T}{L}$	∞	0
PI	$0,9\frac{T}{L}$	$\frac{L}{0,3}$	0
PID	$1,2\frac{T}{L}$	$2L$	$0,5 L$