BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengeringan

Pengeringan dengan menggunakan metode penjemuran langsung mempunyai banyak kelemahan seperti kurang higenis, memerlukan tenaga kerja yang lebih banyak, dan area yang luas (Jyoti, S & Pankaj, 2015). Pengeringan merupakan cara pengawetan makanan dengan biaya rendah. Tujuan pengeringan adalah menghilangkan air, mencegah fermentasi atau pertumbuhan jamur dan memperlambat perubahan kimia pada makanan. Selama pengeringan dua proses terjadi secara simultan yaitu perpindahan panas ke produk dari sumber pemanas dan perpindahan massa uap air dari bagian dalam produk ke permukaan dan dari permukaan ke udara sekitar. (Gunasekaran, 2012).

Pembuatan pengeringan berbasis listrik dan pemberian sirkulasi udara *(inlet and outlet)* yang cukup memungkinkan alat pengering bisa bekerja optimal dengan energi listrik. Energi panas dari listrik ini dihantarkan oleh kabel yang tersambung dengan *tubular heater* didalam ruang pengeringan, sehingga terjadinya pergerakan laju aliran listrk yang memanaskan *tubular heater* di dalam alat. Penggunaan bahan baku listrik untuk proses pemanasan dikarenakan nilai efisiensi energi alternatif dibandingkan dengan bahan baku tradisional seperti tempurung kelapa, serbuk gergaji dan cangkang sawit (Nuriana dkk, 2013).

listrik merupakan bahan alternatif ramah lingkungan yang relatif mudah. Pengeringan kopi sebaiknya dilakukan pada temperatur antara 50° sampai 75°C, karena pada temperatur ini perpindahan partikel air dan penguapannya berlangsung

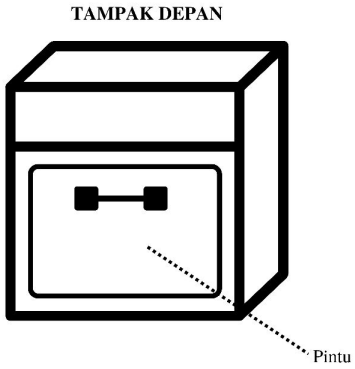
dengan baik. Temperatur pengeringan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan terjadinya kerusakan permukaan biji *(case hardening)*, perpindahan partikel air di dalam biji keluar kepermukaan kulit dan terlalu kering, menjadi sulit dan berakibat pada penurunan mutu biji kopi yang dikeringkan. (Widyotomo. 2005)

Kadar air yang terkandung dalam produk dinyatakan dalam dua cara, yaitu basis basah dan basis kering. Kadar air basis basah dapat didefinisikan sebagai perbandingan massa air pada produk dengan massa total produk.

2.2 Pengering biji kopi

Dalam proses pengeringan menggunakan mesin, menurut (roelofsen) pengeringan dilakukan dengan suhu rendah antara 50° C (celcius) sampai dengan 75° C (celcius) dengan waktu yang ditentukan untuk memperoleh kadar air sebesar 12%, mesin mempunyai kekurangan jika pengaturan suhu tidak tepat maka kopi akan berubah warna dan mengubah cita rasa kopi tersebut. Sedangkan menurut (P.C.S. Cramer) pengeringan menggunakan mesin sebaiknya pada suhu 55° C sampai 75° C, dan dalam waktu kurang dari 15 jam untuk mendapatkan kadar air biji kopi 12%, lamanya waktu pengeringan tergantung dari banyaknya biji kopi yang dikeringkan.

Konsep gambar Rancang Bangun *Prortotype* Alat Pengering Biji Kopi Dengan Pengendali PID.



Gambar 2. 1 Dry Coffe

2.3 Temperatur

Temperatur Merupakan suatu besaran dalam ilmu fisika yang secara mikroskopik dapat dikatakan sebagai amplitudo energi gerak atom atau molekul. Energi ini biasa disebut dengan energi panas yang disebabkan karena adanya interaksi atom atau molekul (Soekirno, 2009). Temperatur atau suhu adalah fenomena fisika dari suatu sistem yang merupakan dasar dari anggapan lazim "panas" dan "dingin" dari suatu objek atau benda, yakni sesuatu yang lebih panas mempunyai suhu yang lebih tinggi. Suhu datangnya dari gerakan-gerakan mikroskopik, dan berkaitan dengan tenaga gerakan-gerakan mikroskopik. (Martina, 2017).

2.4 Sistem Kontrol

Sistem adalah kombinasi beberapa komponen yang bekerja secara bersamaan dan menjalankan tujuan tertentu. Sedangkan kontrol berarti pengukuran nilai variabel yang dikontrol dari sistem dan menerapkan sinyal kontrol ke sistem untuk mengoreksi atau membatasi penyimpangan nilai yang diukur dari nilai yang diinginkan. Sistem kontrol terdiri dari subsistem dan proses *(plant)* yang disusun

untuk tujuan memperoleh output dan kinerja yang diinginkan dengan input yang telah ditentukan. (Nise, 2015)

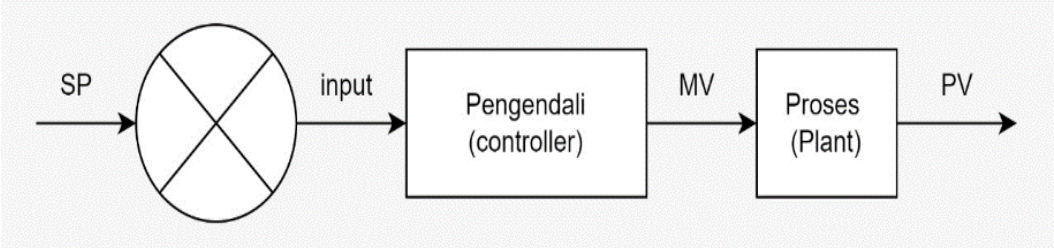
2.4.1 Sistem kendali PID

Sistem kendali PID *Control system* (Sistem pengendali) adalah sistem yang berfungsi untuk mengendalikan suatu sistem yang lain. Pengendalian sistem bertujuan untuk menunjang kinerja pada suatu sistem kendali menjadi lebih baik atau lebih mendekati sempurna. Umumnya sistem kendali terbagi menjadi dua sistem yaitu *open loop control system* dan *closed loop control system*. pada sistem pengendali terdapat beberapa istilah, antara lain *SP*, *error, MV, PV* dan *Plant,* yang artinya sebagai berikut:

a) *(Set Point)* adalah harga atau nilai dari keadaan yang ingin dicapai pada proses.
b) *Error* adalah selisih antara *Set Point* dan *Process Variable.*
c) *MV (Manipulated Variable)* adalah harga atau nilai yang diatur agar proses menjadi stabil. *Manipulated Variable* biasanya dihubungkan dengan input aktuator (contoh: *control valve*).
d) *PV* (*Process Variable)* adalah sinyal hasil pemantauan terhadap proses atau plant. *Process Variable* umumnya adalah hasil pembacaan dari suatu sensor (contoh: DS 18B20 ke *tubular heater*).
e) *Plant* adalah objek yang akan dikendalikan (contoh: Pengering biji kopi). (Huda, 2011) *Open Loop Control System* atau sistem pengendali loop terbuka merupakan sistem pengendalian dimana objek yang dikontrol tidak di kirim ulang ke pengendali, sehingga pengendali hanya

akan memberikan output jika diberikan suatu sinyal input. Pengendali jenis ini masih bersifat manual karena tidak akan terlepas dari interfensi atau campur tangan manusia.

Pengendali ini tidak akan bekerja secara otomatis, karena masih adanya interfensi manusia dan hasil dari suatu proses yang dikendalikan tidak dibandingkan oleh pengendali itu sendiri. Gambar 2.2, menggambarkan sistem pengendali loop terbuka *(Open Loop Control System)*. (Huda, 2011),



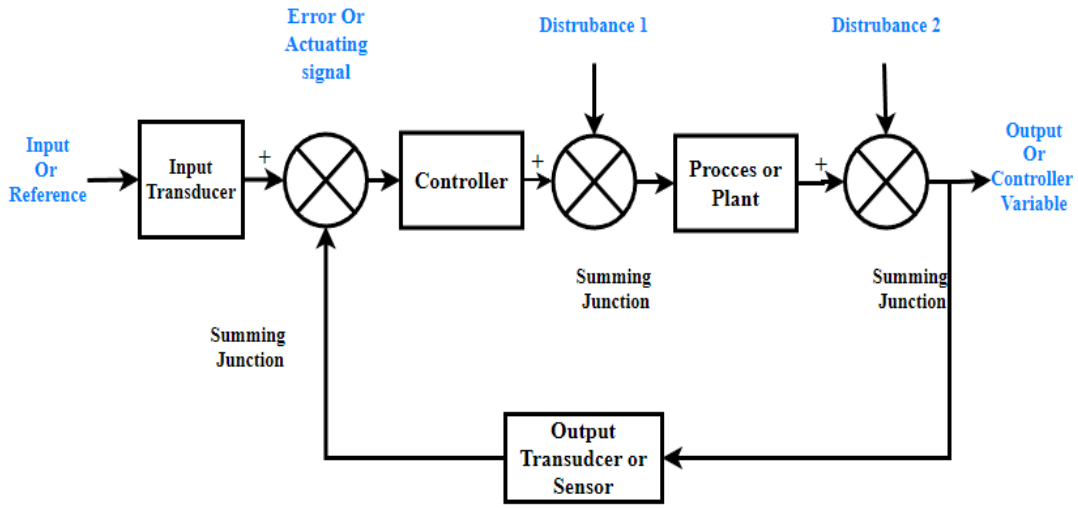
Gambar 2. 2 Sistem pengendali loop terbuka

Sistem pengendali yang kedua adalah *Closed Loop Control System* atau sistem pengendali loop tertutup, yaitu sistem pengendalian dimana objek yang dikontrol di berikan kembali ke input pengendali. Input yang diberikan ke pengendali merupakan selisih antara besaran *(PV)* dan besaran *(SP).* Nilai selisih ini sering disebut dengan *error*. Tujuan dari pengendali adalah membuat nilai *Process Variable (PV)* sama dengan nilai *Set Point (SP),* atau nilai error = 0. Sinyal *error* akan diolah oleh pengendali agar nilai *(PV)* sama dengan nilai *(SP).*

Pengendali jenis ini bersifat otomatis karena objek yang akan dikendalikan dibandingkan lagi dengan input keadaan yang diinginkan, sehingga interfensi manusia dapat dihilangkan. Kinerja dari suatu pengendali ditentukan oleh semakin

cepatnya respon pengendali untuk mengubah *MV* terhadap perubahan sinyal *error*, dan semakin memperkecil *error* yang terjadi.

Gambar 2.3, menggambarkan sistem pengendali loop tertutup *(Closed Loop Control System)*

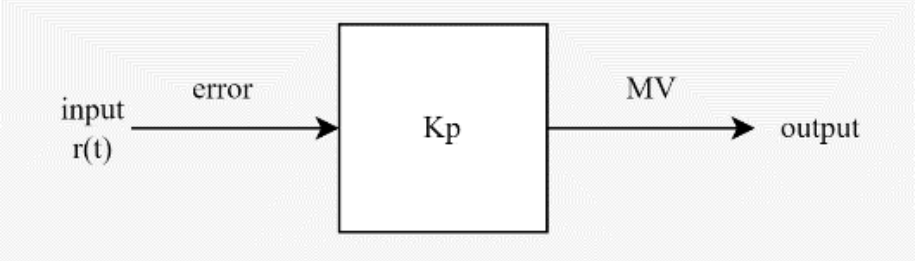


Gambar 2. 3 Sistem pengendali loop tertutup

Pengendali PID terdiri dari tiga macam pengendali yaitu pengendali *Proportional (P)*, pengendali *Integral (I)* dan pengendali *Differensial (D)*. Masing-masing pengendali ini saling dikombinasikan sehingga didapatkan bentuk atau struktur dari PID, yaitu struktur paralel, seri, dan seri-pararel. Berikut ini adalah penjelasan dari masing-masing pengendalian

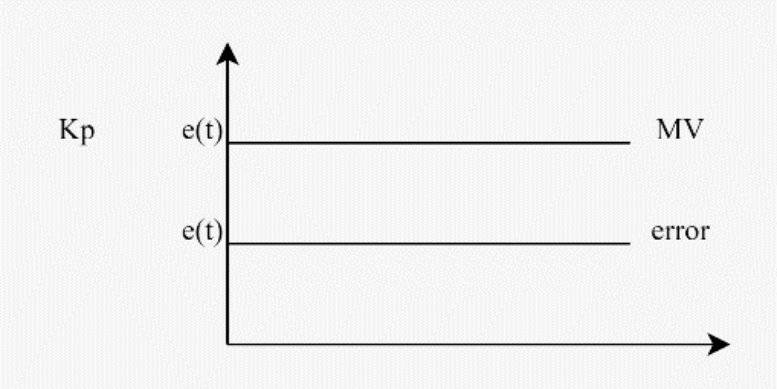
a. Pengendali *proportional (P)*

Pengendali *proportional* berfungsi untuk mengalikan sinyal input dengan suatu besaran atau konstanta dengan nilai tertentu



Gambar 2. 4 Blok diagram Pengendali *Proportional*

Karena pengendali *proportional* hanya menguatkan sinyal input saja, maka hubungan antara sinyal *error* dan sinyal *MV* dapat digambarkan seperti grafik respon berikut ini.

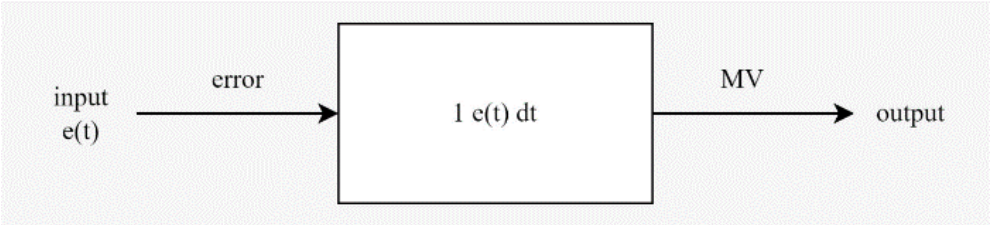


Gambar 2. 5 Grafik Respon Pengendali *Proportional*

Pengendali *proportional* berfungsi untuk mempercepat proses yang dikendalikan menuju ke keadaan set-point. Kecepatan proses ini sangat bergantung dari besarnya nilai *Kp* pada pengendali *proportional*. Semakin besar nilai *Kp* maka semakin besar juga penguatannya sehingga respon dari pengendali akan semakin cepat juga dan akan mengurangi besarnya *steady-state error*. Tetapi jika nilai Kp terlalu besar maka sistem akan mengalami *over shoot* yang besar sehingga proses yang dikendalikan menjadi tidak stabil bahkan akan mengalami osilasi. (Huda, 2011)

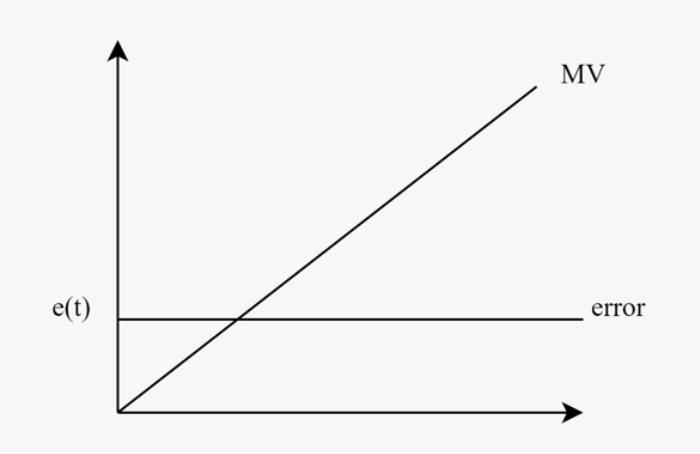
b. Pengendali *Integral (I)*

Pengendali *integral* berfungsi untuk meng-integral-kan sinyal input lalu dibagi dengan suatu besaran atau konstanta dengan nilai tertentu.



Gambar 2. 6 Blok Diagram Pengendali *Integral*

Karena pengendali *integral* hanya meng-integral-kan sinyal input saja, maka hubungan antara sinyal *error* dan sinyal *MV* dapat digambarkan seperti grafik respon berikut ini.



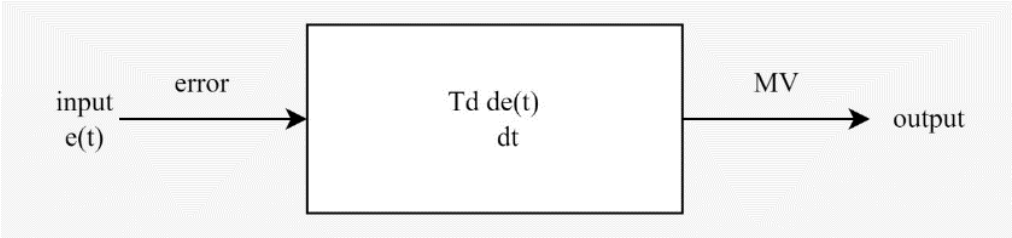
Gambar 2. 7 Grafik Respon Pengendali *Integral*

Pengendali *integral* berfungsi untuk mengurangi dan menghilangkan *steady-state error* yang timbul setelah respon plant dari pengendali *proportional* sudah stabil. Semakin kecil nilai *steady-state error*, maka respon dari plant akan semakin mendekati keadaan *steady-state*. Semakin kecil nilai error maka semakin kecil juga nilai timing integral-nya, sehingga kurva *MV* akan semakin landai. Pengendali *integral* sangat

optimal bekerja pada daerah di sekitar titik set-point, yaitu antara *steady-state error* dan set point

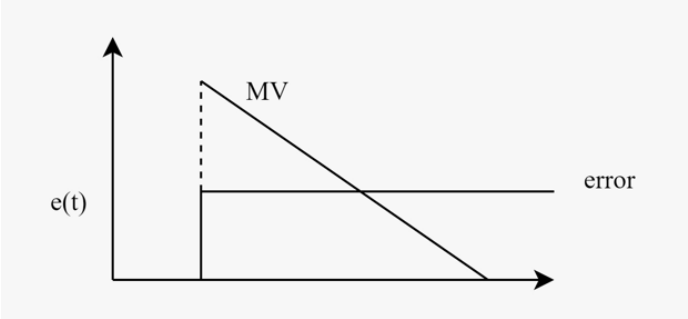
c. Pengendali *Differentsial (D)*

Pengendali *differentsial* berfungsi untuk men-*differentsial*-kan sinyal input lalu dikalikan dengan suatu besaran atau konstanta dengan nilai tertentu.



Gambar 2. 8 Blok Diagram Pengendali *Differentsial*

karena pengendali *differentsial* hanya meng- *differentsial*-kan sinyal input saja, maka hubungan antara sinyal error dan sinyal *MV* dapat digambarkan seperti grafik respon berikut ini:



Gambar 2. 9 Grafik Respon Pengendali *Differentsial*

pengendali *differentsial* berfungsi untuk mengurangi respon yang terlalu berlebih yang dapat mengakibatkan *overshoot* pada proses plant karena nilai Kp yang terlalu besar pada pengendali *proportional*. Output dari pengendali *differentsial* akan bernilai sangat besar jika perubahan *error*

sangat besar. Perubahan *error* yang sangat besar ini terjadi ketika proses plant bergerak menuju ke titik *set-point* dalam waktu yang sangat singkat (nilai dt sangat kecil). Hal ini disebabkan karena respon pengendali yang terlalu cepat akibat terlalu besarnya nilai *Kp* pada pengendali *proportional*. Pengendali *differentsial* hanya akan bekerja ketika terjadi perubahan *error*, sehingga ketika proses yang dikendalikan sudah stabil maka pengendali *differentsial* sudah tidak bekerja lagi.

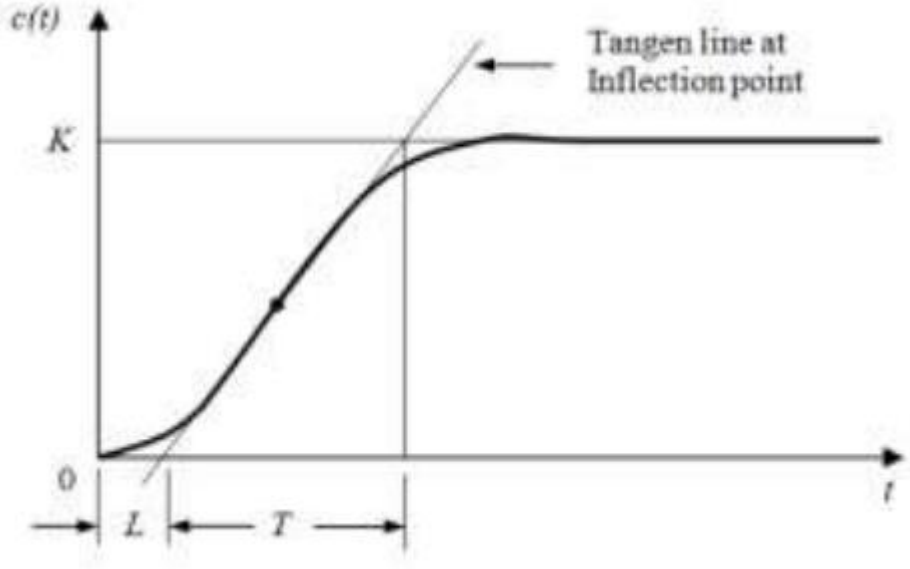
2.4.2 Tuning Ziegler-Nichols

Menentukan parameter kendali PID untuk plant yang tidak diketahui model matematisnya dapat menerapkan tuning Ziegler-Nichols. Untuk pengendali atas (level control). Ziegler Nichols ada dua metode yang digunakan yaitu metode open loop dan close loop.

a. Tuning Ziegler-Nichols 1 open loop adalah metode pertama Ziegler-Nichols untuk penalaran kendali PID, dengan memperoleh secara eksperimen dengan tanggapan terhadap masukan unit-step akan menghasilkan kurva yang menunjukan kenaikan suhu. Dengan rumus yang ditunjukan pada tabel 2. 1 dibawah ini.

Tabel 2. 1 Penentuan nilai Kp, Ti, Td dengan Open Loop

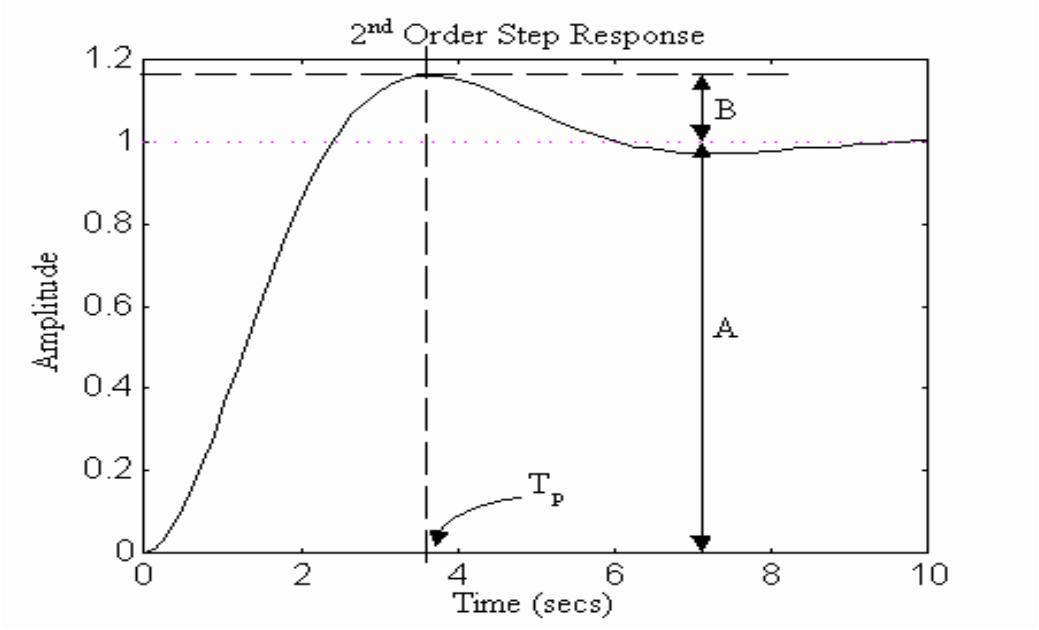
Nilai Tetap	Kp	Ti	Td
PID	1,2 . T/L	2L	0,5 . L



Gambar 2. 10 Kurva bentuk S

Pada gambar 2.10 memiliki karakteristik dengan dua buah konstanta, yaitu waktu tunda L dan konstanta waktu T. Kedua parameter tersebut diperoleh dengan menggambar garis tangensial pada titik infleksi kurva S dan memperoleh perpotongan garis tangensial dengan garis axis waktu dan garis c(t) = K

b. Pemasangan Tuning close loop Ziegler-Nichols untuk digunakan dalam sistem kendali PID, dengan menggunakan nilai hasil dari penentuan titik tangensial yang berdasarkan dengan grafik yang diperoleh dari percobaan metode open loop dan menjadi dasar dari tuning PID didalam program Arduino.



Gambar 2. 11 Grafik Respon Close Loop

2.5 Arduino 2560

Arduino Mega 2560 merupakan mikrokontroler pada ATMEGA 2560 yang mempunyai 54 input/output digital, diantaranya 16 pin digunakan untuk keluaran PWM, 16 pin untuk masukan analog, dan terdapat 16 MHZ osilator kristal, ICSP, power, koneksi USB dan tombol reset. Sistem kerja Arduino Mega memerlukan mikrokontroler sebagai penghubung ke suatu komputer dengan menggunakan kabel USB untuk menghidupkannya. Dalam menghidupkannya digunakan arus dc atau menggunakan baterai seperti Aki. (Nuryati Afriani et al., 2019). ada Arduino Mega 2560 dapat ditenagai dengan *power* yang diperoleh dari koneksi kabel USB atau via *power supply eksternal*. *External power supply* dapat diperoleh dari adaptor AC-DC atau bahkan baterai, melalui jack DC yang tersedia, atau menghubungkan langsung GND dan Pin Vin yang ada di board. Board dapat beroperasi dengan

power dari *external power supply* yang memiliki tegangan antara 6V-12V. 12 Beberapa Pin Power pada arduino mega, yaitu:

1. GND : Pin yang menghubungkan ground atau negatif.
2. Vin : Pin yang digunakan sebagai power langsung ke board Arduino dengan rentang tegangan yang disarankan 7V - 12V.
3. Pin 5V : Pin yang mengalir tegangan 5V setelah melalui regulator.
4. 3V3 : Pin yang disediakan tegangan 3,3V yang telah melalui regulator.
5. IOREF : Pin yang menyediakan referensi tegangan mikrokontroler untuk memperoleh tegangan yang sesuai, apakah 5V atau 3,3V

Data sheet :

Tabel 2. 2 Data Sheet Arduino 2560

Mikrokontroler	AT MEGA 2560
Tegangan Operasi	5V
Input Voltage (disarankan)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20 V
Pin Digital I/O	54 (yang 15 Pin digunakan sebagai keluaran PWM)
Pin Input Analog	16
Arus DC per Pin I/O	40mA
Arus DC untukPin 3.3V	50mA
Flash Memory	256 KB (8 KB digunakan untuk bootloader)
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB

Clock Speed	16 MHZ

Gambar 2. 12 Arduino Mega 2560

Sumber : (Vr. Purbaya, 2017)

2.6 DS 18B20

DS 18B20 adalah Sensor DS18B20 merupakan sensor digital yang memiliki 12-bit ADC internal. Sangat presisi, sebab jika tegangan referensi sebesar 5 Volt, maka akibat perubahan suhu, ia dapat merasakan perubahan terkecil sebesar 5/(212-1) = 0.0012 Volt ! Pada rentang suhu -10 sampai +125°C derajat Celcius, sensor ini memiliki akurasi +/-0.5 derajat. Sensor ini bekerja menggunakan protokol komunikasi 1-wire (one-wire).

sensor suhu dipilih sebagai sensor dalam sensor monitoring suhu dikarenakan selain stabil, aman, handal, serta *user friendly*, dalam hal pemasangan, juga dapat digunakan untuk melakukan pengukuran dengan range 55 to + 125˚C tanpa kalibrasi, dengan menggunakan 3 kaki yang berguna untuk : GND, VCC, dan I-ware data. Sensor suhu DS 18B20 menyediakan 9-12 bit untuk pengukuran suhu dalam celcius (C˚). Oleh karna itu sensor suhu DS 18B20 sangat cocok digunakan dalam sistem yang akan didesain ini.

Spesifikasi :

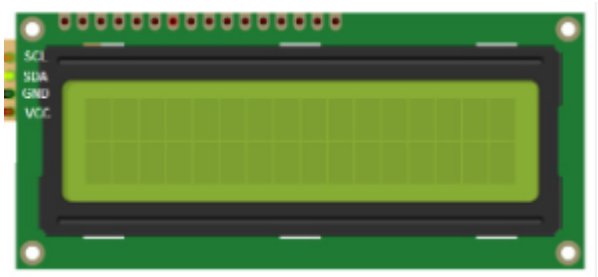
- DC supply voltage : 3 – 5,5 volt
- Tegangan dapat diambilkan dari jalur data (VDD)
- Tingkat keakuratan : 0,5˚C dari – 10˚C sampai 85˚C
- Batas Temperatur -55˚C s/d > 125˚C
- Output digital I-Wire
- Resolusi 9 – 12 Bit
- Waktu konversi maks : 750 ms
- Tidak membutuhkan komponen lain untuk melakukan pembacaan suhu

Gambar 2. 13 Sensor DS18B20
Sumber : (Fatimatuzzahra et al., 2020)

2.7 LCD 16x2

LCD (Liquid Cristal Display) adalah salah satu jenis display elektronik yang dibuat dengan teknologi *CMOS logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap *front-lit* atau

mentransmisikan cahaya dari *back-lit*. LCD berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk data dan karakter, huruf, angka ataupun grafik (Natsir et al., 2019).



Gambar 2. 14 LCD i2c

Sumber : (Sugiarto Sihombing & Okta Kirana, 2022)

2.8 Load Cell

Load Cell Merupakan transduser yang bekerja sebagai konversi dari berat benda menjadi elektrik, perubahan ini terjadi karena terdapat resistansi pada straingauge. Pada satu sensor loadcell memiliki 4 susunan strain. Sensor ini memiliki nilai konduktansi nya berbanding lurus dengan gaya/beban yang diterima dan bersifat resistif. Jika loadcell tidak ada beban besar resistansinya akan bernilai sama pada setiap sisinya, tetapi Ketika loadcell memiliki beban maka nilai resistansinya akan menjadi tidak seimbang. Proses inilah yang dimanfaatkan untuk mengukur berat pada suatu benda (Sekolah Tinggi Elektronika et al., n.d.)

Sensor LoadCell juga merupakan transduser (transducer, komponen elektronika yang dapat mengukur besaran fisik menjadi sinyal elektrik) yang dapat mengubah tekanan oleh beban menjadi signal elektrik. Konversi terjadi secara tidak langsung dalam dua tahap. Lewat pengaturan mekanis, gaya tekan dideteksi berdasarkan deformasi dari matriks pengukur regangan *(strain gauges)* dalam bentuk resistor

Regangan ini mengubah hambatan efektif *(effective resistance)* empat pengukur regangan yang disusun dalam konfigurasi jembatan Wheatstone *(Wheatstone bridge)* yang kemudian dibaca berupa perbedaan potensial (tegangan). Dengan tingkat presisi setinggi ini, Anda dapat mengukur berat beban dalam resolusi 5 Kg / 224 atau setara dengan ketepatan 298 µg (0,298 mg, atau 0,000298 gr). Ketepatan ini tiga kali lipat lebih tinggi dibanding tingkat ketepatan yang ditawarkan pada timbangan emas/permata *(jewelry weight scale)* komersial kelas 2 premium yang umum digunakan di toko emas/perhiasan yang presisinya hanya mencapai 0,001 gr (1 mg), sehingga tantangan pembuatan timbangan elektronis yang presisi bukan lagi terletak pada sisi elektronisnya namun lebih pada akurasi rancang bangun mekanis dari timbangan tersebut.

Spesifikasi Sensor Load Cell :

- Beban maksimum : 5000 gram (5 Kg)
- Rentang tegangan keluaran : 0,1 mV ~ 1,0 mV / V (skala 1:1000 terhadap tegangan masukan, error margin≤1,5%)
- Impedansi masukan *(input impedance)* : 1066 Ω ±20%
- Impedansi keluaran *(output impedance)* : 1000 Ω ±10%
- Tegangan masukan maksimum : 10 Volt DC
- Rentang suhu operasional : -20 ~ +85°C
- Material: *Aluminium Alloy* Ukuran : 60 x 12,8 x 12,8 mm, berat : 23 gram

Gambar 2. 15 Load Cell
Sumber : (Sekolah Tinggi Elektronika et al., n.d.)

2.9 *Electric Heater*

Electric Heater *Electrical Heating Element* (elemen pemanas listrik) banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari, baik di dalam rumah tangga ataupun peralatan dan mesin industri. Bentuk dan type dari *Electrical Heating Element* ini bermacam macam disesuaikan dengan fungsi, tempat pemasangan dan media yang akan di panaskan. Panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas listrik ini bersumber dari kawat ataupun pita bertahanan listrik tinggi *(Resistance Wire)*. Biasanya bahan yang digunakan adalah niklin yang dialiri arus listrik pada kedua ujungnya dan dilapisi oleh isolator listrik yang mampu meneruskan panas dengan baik hingga aman jika digunakan. Ada 2 macam jenis utama elemen pemanas listrik yaitu:

- Elemen pemanas listrik bentuk dasar, yaitu elemen pemanas dimana Resistance Wire hanya dilapisi oleh isolator listrik, macam-macam elemen pemanas bentuk ini adalah: *Ceramik Heater, Silica* Dan *Quartz Heater, Bank Channel heater, Black Body Ceramik Heater.*
- Elemen pemanas listrik bentuk lanjut, merupakan elemen pemanas dari bentuk dasar yang dilapisi oleh pipa atau lembaran plat logam sebagai penyesuaian terhadap penggunaan dari elemen pemanas tersebut. Bahan logam yang biasa

digunakan adalah: *mild stell, stainless stell*, tembaga dan kuningan. Heater yang termasuk dalam jenis ini adalah: *Tubular Heater, Catridge Heater Band, Nozzle & Stripe Heater*. Berikut ini elemen pemanas *(heater)* sesuai dengan jenis dan bentuknya. Salah satu yang akan digunakan adalah *tubular heater*.

Tubular Heater ini paling banyak bentuknya, namun bisa digolongkan menurut pemakaiannya yaitu : *Tubular heater* standar Berbentuk lurus, U form, W form *multiform* ataupun *over the side heater* yang digunakan untuk memanaskan udara atau cairan.

Perhitungan daya elemen pemanas menggunakan prinsip hukum ohm.

P = Daya (VA) V = Tegangan (Volt) I = Arus (ampere)

$$P = V.I \tag{2.1}$$

Data sheet :

Tabel 2. 3 Data Sheet *Electric Heater*

Type	**Part NO**	**Color**	**Temperature**	**TypicalorGeneral Usage/Application**
Standard Epoxy	**EC**	Cream	194°F (90°C)	Long term stable insulation resistance
Intermediate Epoxy	**EB**	Gray	356°F (180°C)	Long term stable insulation resistance
High-Temp. Epoxy	**HIE**	Amber	450°F (232°C)	Long term stable insulation resistance
Silicone Resin	**SR**	Clear	221°F (105°C)	General usage on tubular products – porous

Tabel 2. 4 Keterangan Data Sheet *Electric Heater*

Kondisi	Tegangan (AC)
Aktif	220 volt
Tidak aktif	0
Aktif	1000 watt

Gambar 2. 16 W form Tubular Heater