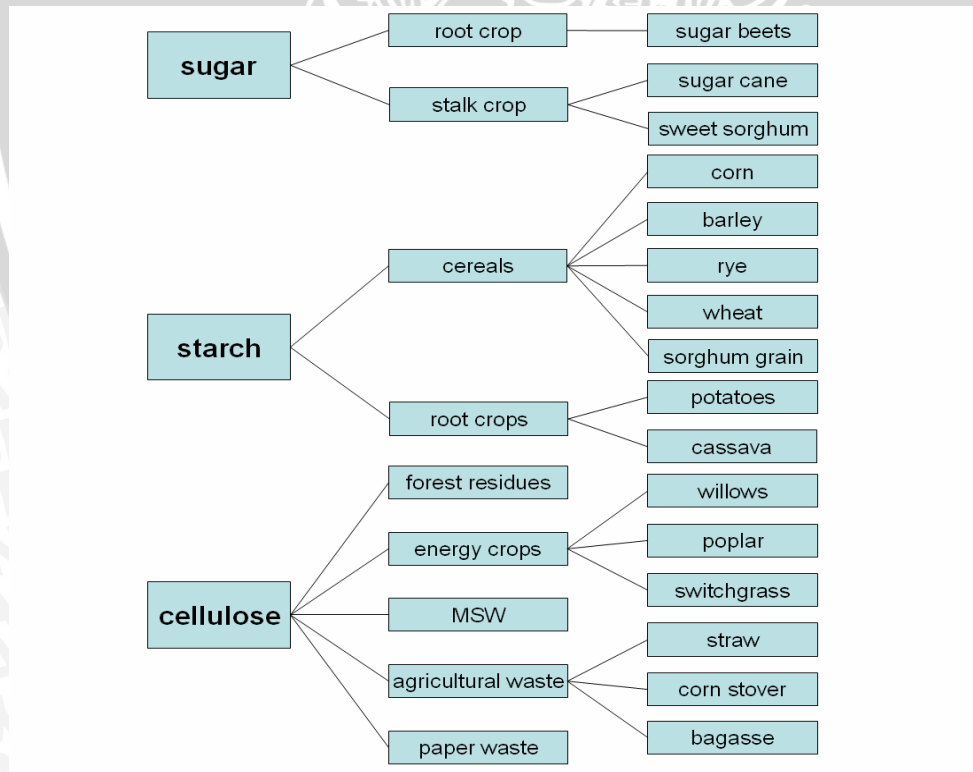


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bioetanol

Bioetanol yang biasa dikenal dengan alkohol yang mempunyai rumus kimia C_2H_5OH , bioetanol dapat dibuat dari bahan-bahan nabati yang memiliki kandungan gula atau bahan yang dapat dikonversi menjadi gula seperti pati atau selulosa. Menurut Gambar 2.1 bioetanol dapat dibuat dari 3 bahan dasar, bahan dasar pertama adalah bahan dasar yang memiliki kandungan persentase gula yang tinggi, bahan baku yang masuk dalam golongan ini yakni tebu dan *sweet sorgum*. Bahan dasar kedua adalah bahan dasar yang memiliki kandungan tepung, bahan baku yang masuk dalam golongan ini yakni jagung, gandum, kentang dan singkong. Di Amerika Serikat dan Eropa bioetanol didapat dari jagung dan gandum. Bahan dasar ketiga adalah bahan dasar yang memiliki kandungan selulosa, bahan baku yang masuk dalam golongan ini yakni rumput, kayu, sisa hasil pertanian dan kertas bekas



Gambar 2.1 Bahan Baku untuk membuat Bioetanol
(Sumber Dominik Rutz & Rainer Janssen 2008)

2.2 Distilasi

Distilasi adalah suatu metode pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan dua atau lebih bahan yang memiliki perbedaan titik didih dimana kemudahan penguapan volatilitas bahan dengan menggunakan panas sebagai pemisahan dalam Proses distilasi, campuran zat dididihkan sehingga menguap dan uap ini kemudian didinginkan kembali ke dalam bentuk cairan. Zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap lebih dahulu.

Macam Macam Distilasi :

- 1) Distilasi Sederhana : Prinsip Kerjanya memisahkan dua atau lebih Komponen yang bersifat Volatil dimana apabila campuran dipanaskan maka komponen yang titik didihnya lebih rendah akan menguap lebih dulu selain perbedaan titik didih, juga perbedaan volatil yaitu kecenderungan sebuah substansi untuk menjadi gas. Distilasi ini dilakukan padatekanan atmosfer. Aplikasi distilasi sederhana digunakan untuk memisahkan campuran air dan alkohol. (Syukri S,1999)
- 2) Distilasi Fraksionasi /Bertingkat : Fungsi distilasi fraksionasi adalah memisahkan komponen-komponen cair, dua atau lebih, dari suatu larutan berdasarkan perbedaan titik didihnya. Distilasi ini juga dapat digunakan untuk campuran dengan perbedaan titik didih kurang dari 20 °C dan bekerja pada tekanan atmosfer atau dengan tekanan rendah. Aplikasi dari distilasi jenis ini digunakan pada industri minyak mentah, untuk memisahkan komponen-komponen dalam minyak mentah. (Chang R, 2007)

Perbedaan distilasi fraksionasi dan distilasi sederhana adalah adanya kolom fraksionasi. Di kolom ini terjadi pemanasan secara bertahap dengan suhu yang berbeda-beda pada setiap platnya. Pemanasan yang berbeda-beda ini bertujuan untuk pemurnian distilat yang lebih dari plat-plat di bawahnya. Semakin ke atas, semakin tidak volatil cairannya. (Lando JB, 1974)

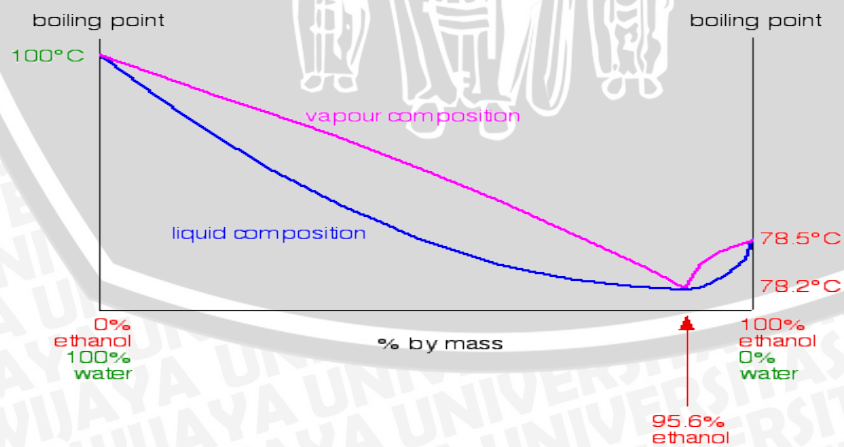
- 3) Distilasi Uap : Distilasi uap digunakan pada campuran senyawa-senyawa yang memiliki titik didih mencapai 200 °C atau lebih. Distilasi uap dapat menguapkan senyawa-senyawa ini dengan suhu mendekati 100 °C dalam tekanan atmosfer

dengan menggunakan uap atau air mendidih. Sifat yang fundamental dari distilasi uap adalah dapat mendistilasi campuran senyawa di bawah titik didih dari masing-masing senyawa campurannya. Selain itu distilasi uap dapat digunakan untuk campuran yang tidak larut dalam air di semua temperatur, tapi dapat didistilasi dengan air. Aplikasi dari distilasi uap adalah untuk mengekstrak beberapa produk alam seperti minyak kayu putih, minyak sitrus dari lemon atau jeruk, dan untuk ekstraksi minyak parfum dari tumbuhan. (Clark J, 2005)

Campuran dipanaskan melalui uap air yang dialirkan ke dalam campuran dan mungkin ditambah juga dengan pemanasan. Uap dari campuran akan naik ke atas menuju ke kondensor dan akhirnya masuk ke labu distilat. (Lando JB, 1974)

- 4) Distilasi Vakum: Distilasi vakum biasanya digunakan jika senyawa yang ingin didistilasi tidak stabil, dengan pengertian dapat terdekomposisi sebelum atau mendekati titik didihnya atau campuran yang memiliki titik didih di atas 150 °C. Metode distilasi ini memisahkan dua komponen yang memiliki titik didih sangat tinggi, metode yang digunakan adalah dengan menurunkan tekanan permukaan lebih rendah dari 1 atm sehingga titik didihnya juga menjadi rendah, dalam prosesnya suhu yang digunakan untuk mendistilasinya tidak terlalu tinggi.

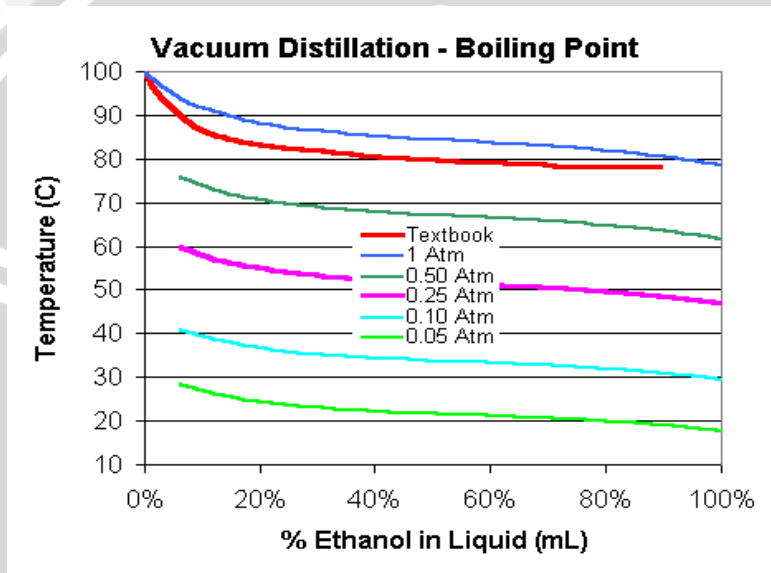
Secara teori proses distilasi tidak dapat menghasilkan bioetanol dengan kadar di atas 95%. Hal ini dikarenakan fenomena terbentuknya azeotrop dari air dan etanol. Campuran ini memiliki titik didih yang lebih rendah dari titik uap air murni (100 °C pada tekanan 1 atm) dan titik didih etanol murni (78,5 °C pada tekanan 1 atm).



Gambar 2.2 Titik didih Campuran Etanol-Air pada Tekanan 1 atm

(Clark, 2005)

Bioetanol dengan kadar hingga 100% pada umumnya didapatkan melalui proses dehidrasi menggunakan zat pengabsorpsi air seperti zeolit dan garam, namun proses ini akan memakan waktu 2 - 3 hari. Proses distilasi pada tekanan dibawah 1 atm meberikan hasil konsentrasi bioetanol yang berbeda. Hal ini dapat ditunjukkan pada gambar 2.3 Pada tekanan kurang dari 1 atm, titik didih air murni dan alkohol akan turun dari kondisi normalnya. Pada gambar 2.3 diperlihatkan bahwa pada tekanan 0.5 atm, etanol murni (100%) akan didapatkan pada suhu sekitar 62 °C (T. Ackland, 2012).



Gambar 2.3 Distilasi Alkohol pada Tekanan di Bawah 1 atm (T.Ackland, 2012)

Penelitian ini akan fokus pada proses distilasi dari hasil fermentasi, yaitu distilasi atas bioetanol dengan kadar rendah (<15%). Proses distilasi akan dilakukan pada kondisi yang mendekati vakum (Gambar 2.4), sehingga proses dehidrasi alkohol tidak diperlukan lagi. Keuntungan dari sistem ini adalah efisiensi dari sisi waktu (mengehmat waktu dehidrasi selama 2 - 3 hari) dan perbaikan kualitas etanol yang dihasilkan (persentase bioetanol 100%).

2.3 Elemen Pemanas

Elemen pemanas merupakan piranti yang mengubah energi listrik menjadi energi panas melalui proses Joule Heating. Prinsip kerja elemen panas adalah arus listrik yang mengalir pada elemen menjumpai resistansinya, sehingga menghasilkan panas pada elemen.

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 pada elemen pemanas listrik ini yaitu :

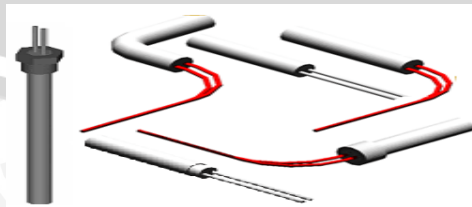
- Elemen Pemanas Listrik bentuk dasar yaitu elemen pemanas dimana Resistance Wire hanya dilapisi oleh isolator listrik, macam-macam elemen pemanas bentuk ini adalah : Keramik Heater, Silica Dan Quartz Heater, Bank Channel heater, Black Body Keramik Heater.



Gambar 2.4 Elemen pemanas listrik bentuk dasar

(www.pudag.com)

- Elemen pemanas listrik bentuk lanjut merupakan elemen pemanas dari bentuk dasar yang dilapisi oleh pipa atau lembaran plat logam untuk maksud sebagai penyesuain terhadap penggunaan dari elemen pemanas tersebut. Bahan logam yang biasa digunakan adalah : mild stell, stainless stell, tembaga dan kuningan.



Gambar 2.5 Elemen pemanas listrik bentuk lanjut

(www.pudag.com)

2.4 Sensor Suhu Termokopel Tipe K

Untuk mengetahui Perubahan Panas yang ada dalam tangki vakum maka di gunakanlah sensor Termokopel Tipe K. Prinsip kerja Termokopel cukup mudah dan sederhana. Termokopel adalah salah satu jenis alat ukur temperatur yang menggunakan prinsip termoelektris pada sebuah material. Termokopel tersusun atas dua konduktor listrik dari material yang berbeda yang dirangkai membentuk sebuah rangkaian listrik. Jika salah satu dari konduktor tersebut dijaga pada temperatur yang lebih tinggi daripada konduktor lainnya sehingga ada diferensial temperatur, maka akan timbul efek termoelektris yang menghasilkan tegangan listrik. Besar tegangan listrik yang terbentuk tergantung dari jenis material konduktor yang digunakan, serta besar perbedaan temperatur antara dua konduktor tersebut. Sinyal yang keluar dari termokopel adalah berupa voltase listrik berukuran milivolt.



Gambar 2.6 Sensor Termokopel Tipe K

Spesifikasi Termokopel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu : Bahan Logam Konduktor Positif yang terbuat dari Nickel-Chromium dan Bahan Logam Konduktor Negatif yang terbuat dari Nickel-Aluminium, Termokopel Tipe K memiliki Rentang Suhu antara -200°C sampai 1250°C

2.5 Sensor Tekanan MPX5100 AP

Sensor tekanan MPX5100 AP merupakan sensor yang memiliki kepekaan terhadap tekanan rendah, hanya dengan tiupan sedikit sudah mempengaruhi nilai tegangan yang dihasilkan,MPX 5100AP merupakan jenis tipe transduser *piezoresistive* yang terbuat dari bahan silicon. Sensor ini bekerja pada tekanan 0 Kpa sampai dengan 100 Kpa (0 atm sampai dengan 1 atmosfer), tegangan yang bekerja antara 0,2 volt sampai 4,7 volt .



Gambar 2.7 Sensor Tekanan MPX5100AP
(Sumber datasheet)

2.6 Kontroler

Sistem pengendalian dirancang untuk melakukan dan menyelesaikan tugas tertentu. Syarat utama sistem pengendalian adalah harus stabil. Di samping kestabilan mutlak, maka sistem harus memiliki kestabilan secara relatif, yakni tolak ukur kualitas kestabilan sistem dengan menganalisis sampai sejauh mana batas-batas kestabilan sistem tersebut jika dikenai gangguan (Ogata K.,1997). Selain itu analisis juga dilakukan untuk mengetahui bagaimana kecepatan sistem dalam merespons input, dan bagaimana peredaman terhadap adanya lonjakan (*overshoot*).

Suatu sistem dikatakan stabil jika diberi gangguan maka sistem tersebut akan kembali ke keadaan steady state di mana output berada dalam keadaan tetap seperti tidak ada gangguan. Sistem dikatakan tidak stabil jika outputnya 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 diumpkan balikan 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.

2.6.1 Kontroler Proporsional

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

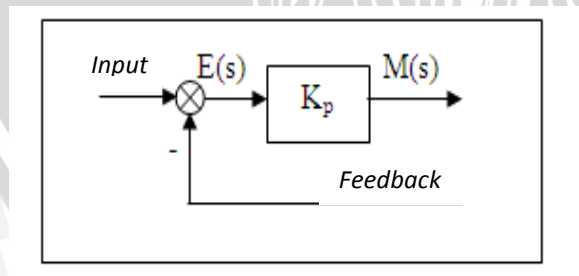
$$m(t) = K_p e(t) \dots\dots\dots (2.1)$$

atau, dalam besaran transformasi Laplace,

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_p \dots\dots\dots (2.2)$$

Di mana K_p adalah kepekaan proporsional atau penguatan.

Apapun wujud mekanisme yang sebenarnya dan apapun bentuk daya penggerak, kontroler proporsional pada dasarnya merupakan penguat dengan penguatan yang dapat diatur (Ogata K.,1997).



Gambar 2.8 Diagram Blok Kontroler Proporsional

Sumber: Ogata K., 1997

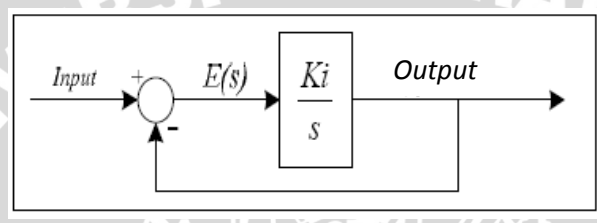
2.6.2 Kontroler Integral

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

Jadi,

$$\frac{dm(t)}{dt} = Kie(t) \dots\dots\dots (2.3)$$

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).



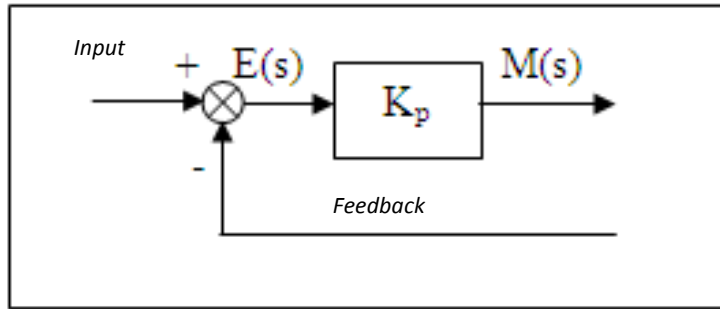
Gambar 2.9 Diagram Blok Kontroler Integral

Sumber: Ogata K., 1997

2.6.3 Kontroler Diferensial

Kontroler ini digunakan untuk memperbaiki atau mempercepat respons transien sebuah sistem kontrol dengan cara memperbesar *phase lead* terhadap penguatan kontrol dan mengurangi *phase lag* penguatan tersebut (Ogata K.,1997). Kontroler diferensial 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 :

$$\frac{M(s)}{E(s)} = Kd.s \dots\dots\dots (2.4)$$



Gambar 2.10 Diagram Blok Kontroler Diferensial

Sumber: Ogata K, 1997

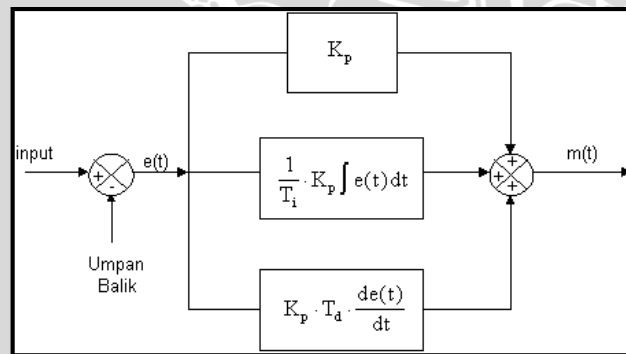
2.6.4 Kontroler Proporsional Integral Diferensial (PID)

Gabungan aksi kontrol proporsional, integral, dan diferensial mempunyai keunggulan dapat saling menutupi kekurangan dan kelebihan dari masing-masing kontroler. Persamaan kontroler PID ini dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$m(t) = K_p \cdot e(t) + \frac{K_p}{T_i} \cdot e(t)dt + K_p \cdot T_d \frac{de(t)}{dt} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dalam transformasi Laplace dinyatakan sebagai berikut :

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i \cdot s} + T_d \cdot s \right) \dots\dots\dots (2.6)$$



Gambar 2.11 Diagram Blok Kontroler PID

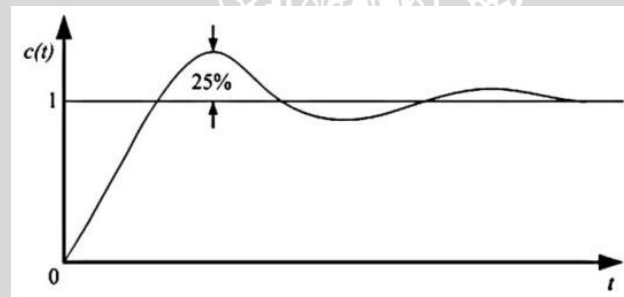
Sumber: Ogata K., 1997

2.6.5 Metode Perancangan Kontroler Proporsional Integral Diferensial (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.

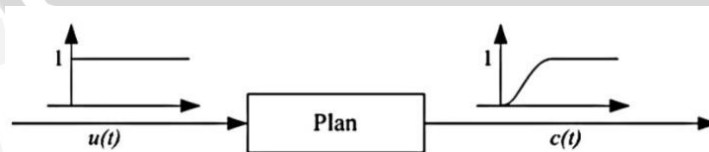
Kurva respon unit step yang menunjukkan 25% *maximum overshoot* terlihat dalam Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Kurva Respon Unit Step Menunjukkan 25% *Maximum Overshoot* (Ogata K., 1997)

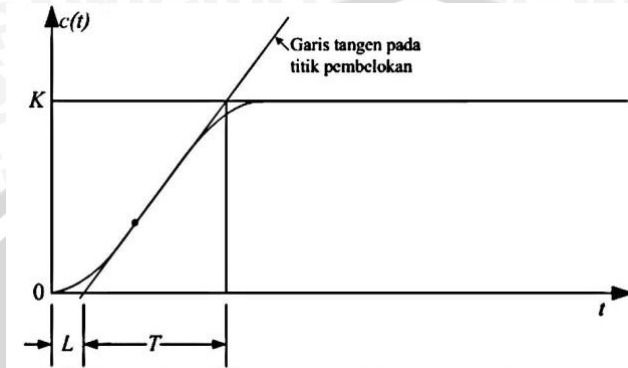
a) Metode Pertama

Metode pertama atau sering disebut metode kurva reaksi, respon dari plan dapat diperoleh secara eksperimental dengan masukan berupa unit step, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Respon Plan 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 2.14, jika respon tidak memberikan bentuk kurva S, maka metode ini tidak berlaku. (Ogata K., 1997).



Gambar 2.14 Kurva 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 2.14. Fungsi alih $C(s)/U(s)$ dapat dilakukan pendekatan dengan sistem orde satu dengan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{C(s)}{U(s)} = \frac{K e^{-Ls}}{Ts+1} \dots\dots\dots (2.7)$$

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 Penalaran Ziegler-Nichols Berdasarkan Respon Unit Step dari Plan (Ogata K., 1997)

Type Kontroler	K_p	T_i	T_d
P	$\frac{T}{L}$	∞	0
PI	$0.9 \frac{T}{L}$	$\frac{L}{0.3}$	0
PID	$1.2 \frac{T}{L}$	$2L$	$0.5L$

Aturan untuk metode pertama dengan persamaan sebagai berikut:

$$G_c(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right)$$

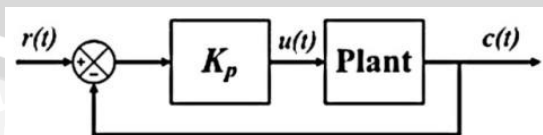
$$= 1.2 \frac{T}{L} \left(1 + \frac{1}{2Ls} + 0.5Ls \right) \quad \text{----- (2.8)}$$

$G_c(s)$ merupakan penguatan sistem yang memiliki nilai gain proporsional K_p , waktu integral T_i , dan waktu derivatif T_d .

b) Metode Kedua

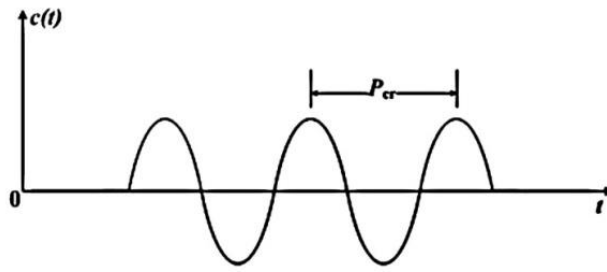
Dalam metode kedua Ziegler-Nichols, mula-mula yang dilakukan adalah membuat $T_i = \infty$ dan $T_d = 0$. Kemudian hanya dengan menggunakan tindakan kontrol proporsional, harga ditingkatkan dari nol ke suatu nilai kritis K_{cr} , disini mula-mula keluaran memiliki osilasi yang berkesinambungan (Jika keluaran tidak memiliki osilasi berkesinambungan untuk nilai K_p manapun yang telah diambil, maka metode ini tidak berlaku). Dari keluaran yang berosilasi secara berkesinambungan, penguatan kritis K_{cr} dan periode P_{cr} dapat ditentukan.

Diagram blok sistem loop tertutup dengan kontroler proporsional dapat dilihat dalam Gambar 2.15.



Gambar 2.15 Sistem Loop Tertutup dengan Kontroler Proporsional (Ogata K., 1997)

Osilasi berkesinambungan dengan periode P_{cr} dapat dilihat dalam Gambar 2.16.



Gambar 2.16 Osilasi Berkesinambungan dengan Periode P_{cr}
(Ogata K., 1997)

Ziegler dan Nichols menyarankan penyetelan nilai parameter K_p , T_i , dan T_d berdasarkan rumus yang diperlihatkan dalam Tabel 2.2 (Ogata K., 1997).

Tabel 2.2 Aturan Dasar Ziegler-Nichols Berdasarkan *Critical Gain* K_{cr} dan *Critical Period* P_{cr} (Ogata K., 1997)

Type Kontroler	K_p	T_i	T_d
P	$0.5 K_{cr}$	∞	0
PI	$0.45 K_{cr}$	$\frac{1}{1.2} P_{cr}$	0
PID	$0.6 K_{cr}$	$0.5 P_{cr}$	$0.125 P_{cr}$

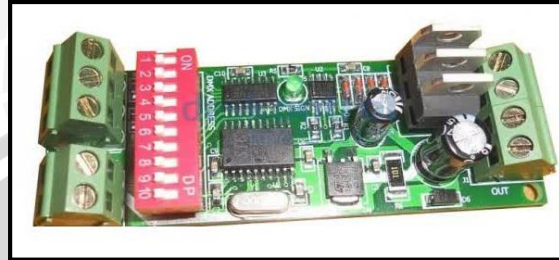
Aturan untuk metode kedua dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 G_c(s) &= K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right) \\
 &= 0.6 K_{cr} \left(1 + \frac{1}{0.5 P_{cr} s} + 0.125 P_{cr} s \right) \dots\dots\dots (2.9)
 \end{aligned}$$

$G_c(s)$ merupakan penguatan sistem yang memiliki nilai gain proporsional K_p , waktu integral T_i , dan waktu derivatif T_d .

2.7 Dimmer

Diperlukan sebuah rangkaian yang bisa digunakan untuk melakukan pengendalian AC. Rangkaian tersebut adalah rangkaian *dimmer* yang didalamnya terdiri dari rangkaian TRIAC dan rangkaian *Zero Cross Detector*.



Gambar 2.17 *Dimmer Module* (deskontrol.net, 2011)

2.7.1 Rangkaian TRIAC

TRIAC atau *Triode for Alternating Current* adalah sebuah komponen elektronik yang ekuivalen dengan dua SCR yang disambungkan antiparalel dan kaki gerbangnya (*gate*) disambungkan bersama. Nama resmi untuk TRIAC adalah *Bidirectional Triode Thyristor*. Ini menunjukkan saklar 2 arah yang dapat mengalirkan arus listrik ke kedua arah ketika dipicu. TRIAC dapat dinyalakan baik dengan tegangan positif ataupun negatif pada elektrode gerbang (*gate*). Konfigurasi tersebut membuat TRIAC dapat digunakan untuk mengatur tegangan AC. (Ardiansyah, 2013)

TRIAC dalam penggunaannya membutuhkan DIAC sebagai *driver*. Dibutuhkan juga komponen yang mampu berfungsi sebagai isolator antara tegangan 220V dan 5V untuk melindungi mikrokontroler dari tegangan balik. Sehingga komponen yang sesuai dengan spesifikasi di atas adalah *optocoupler*. *Optocoupler* yang komponen utamanya berupa DIAC adalah MOC3021.

2.7.2 Rangkaian *Zero Cross Detector*

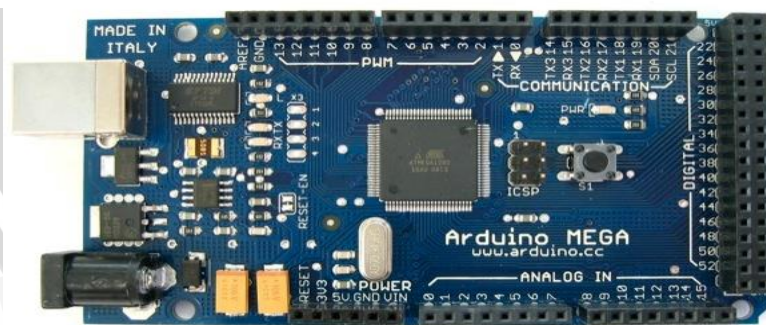
Zero crossing detector adalah rangkaian yang digunakan untuk mendeteksi gelombang sibus AC 220 volt saat melewati titik tegangan nol. Seberangan titik nol yang dideteksi adalah peralihan dari positif menuju negatif dan peralihan dari negatif menuju positif. Seberangan-seberangan titik nol ini merupakan acuan yang digunakan sebagai awal pemberian nilai waktu tunda untuk pemucuan TRIAC.

Metode ini berfungsi untuk menentukan frekuensi suatu gelombang dengan cara mendeteksi banyaknya *zero point* pada suatu rentang waktu. *Zero crossing detector* berfungsi untuk mendeteksi perpotongan gelombang sinus pada tegangan AC dengan *zero point* tegangan AC tersebut, sehingga dapat memberikan sinyal acuan saat dimulainya pemicuan sinyal PWM. Dengan menggunakan rangkaian *zero crossing detector* ini dapat mendeteksi *zero point* sekaligus mengubah suatu sinyal sinusoidal menjadi sinyal kotak. Sinyal keluaran rangkaian *zero crossing detector* ini akan dimasukkan ke mikrokontroler, oleh karena itu dibutuhkan juga komponen yang mampu memisahkan tegangan 5V dan 220V. Rangkaian ini menggunakan komponen optocoupler 4N25. (Ardiansyah, 2013)

2.8 Arduino Mega

Arduino mega adalah board Mikrokontroler berbasis Atmega 1280. Memiliki 54 *input* pin digital (14 diantaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM) dan *output* digital. 16 input analog, 4 UART (serial port hardware), 16 MHz Oscilator krystal, Koneksi USB, Jack Power, satu ICSP Header, dan tombol *reset* Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan Board Arduino Mega ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau dengan adaptor AC-DC untuk menjalankannya.

Secara fisik, ukuran Arduino Mega hampir kurang lebih 2 kali lebih besar dari Arduino Uno, ini untuk mengakomodasi lebih banyaknya pin digital dan analog pada board Arduino Mega tersebut. Tampilan Arduino Mega dapat dilihat pada Gambar 2.18.



Gambar 2.18 Tampak depan Arduino Mega

Sumber: www.arduino.cc