

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tandan Kosong Kelapa Sawit (*Elaeis Guinaensis, Jacq*)

Tandan kosong kelapa sawit (**Gambar 2.1**) merupakan limbah padatan yang dihasilkan dari proses pembuatan minyak kelapa sawit pada pabrik kelapa sawit. TKKS banyak mengandung serat yang dimana dari berbagai jenis komponen sisa pengolahan pabrik kelapa sawit TKKS merupakan komponen paling banyak dihasilkan jika dibandingkan dengan sisa olahan yang lain. Limbah kelapa sawit tersebut banyak mengandung selulosa dan semiselulosa. (Rahmalia,dkk.,2006). Komposisi kimia TKKS menurut Azisah (2013) dapat dilihat pada **tabel 2.1**.

**Tabel 2.1** Komposisi Tandan Kosong Kelapa Sawit

Komposisi	Kadar
Selulosa	45,95%
Hemiselulosa	22,84%
Lignin	16,49%
Abu	1,23%
Air	3,74%

(Sumber : Azisah, 2013)



(sumber: Azisah,2013)

**Gambar 2.1** Tandan Kosong Kelapa Sawit

### 2.2 Pelepah Pisang (*Musa Paradisiace Linn*)

Pisang merupakan tanaman yang tidak mempunyai batang sejati, batang yang terbentuk dari perkembangan dan pertumbuhan pelepah yang mengelilingi poros lunak. Pelepah pisang mempunyai kandungan selulosa yang tinggi akan tetapi belum dimanfaatkan secara optimal. Perbandingan bobot segar antara daun,

batang, dan buah pisang berturut-turut yaitu 14, 63, 23 %. Bobot jenis batang pisang sebesar 0,29 g/cm<sup>3</sup> dengan ukuran panjang serat 4,20-4,56 mm dan kandungan lignin 33,51 %. (Supraptiningsih, 2012).



(sumber: Prabawati dan Abdul, 2008)

**Gambar 2.2** Pelelah Pisang

Menurut (Nopriantina, 2013) pelelah pisang memiliki jaringan dengan pori-pori yang saling berhubungan, serta jika dikeringkan akan menjadi padat dan menjadi suatu bahan yang memiliki daya serap yang baik dan cukup tinggi. Sifat mekanik dari serat pelelah pisang mempunyai kandungan yang dapat dilihat pada **tabel 2.2**.

**Tabel 2.2** Komposisi Pelelah pisang

Komposisi	Nilai
Densitas	1,35 gr/cm <sup>3</sup>
Selulosa	63 - 64%
Hemiselulosa	20%
Lignin	5%
Kekuatan Tarik rata-rata	600 Mpa
Modulus Tarik rata-rata	17,85 Gpa
Pertambahan panjang	3,36%
Panjang Serat	30,9240 cm

(Sumber : Nutriantina, 2013)

## 2.3 Pulp

Pulp merupakan hasil proses peleburan kayu atau bahan berserat lainnya secara mekanis, kimia, maupun semikimia sebagai dasar pembuatan kertas dan turunan selulosa lainnya seperti sutera rayon dan selofan. Pulp terdiri dari serat-serat (selulosa dan hemiselulosa) sebagai bahan baku kertas (Satriawan, 2010).

Secara umum prinsip pembuatan *pulp* merupakan proses pemisahan Selulosa terhadap *impurities* bahan-bahan dari senyawa yang dikandung oleh kayu di antaranya Lignin. Syarat – syarat bahan baku yang digunakan dalam pembuatan *pulp*, yakni :

1. Berserat
2. Kadar Alfa Selulosa lebih dari 40 %
3. Kadar Ligninnya kurang dari 25 %
4. Kadar air maksimal 10 %
5. Memiliki kadar abu yang kecil (Harsini dan Susilowati, 2010).

Sedangkan untuk standar kualitas *pulp* yang dihasilkan dapat dilihat pada **Tabel 2.3**.

**Tabel 2.3** Standar Kualitas *Pulp*

<b>Komposisi</b>	<b>Nilai (%)</b>
Selulosa	45 - 60
Lignin	4 - 16
Hemiselulosa	35 - 40
HoloSelulosa	60 - 64

(Sumber: PT. Tanjung Enim Lestari, 2009)

Reaksi yang terjadi secara sederhana pada proses pembuatan *pulp* dapat dituliskan sebagai berikut:

Bahan baku (kayu atau non-kayu)  $\rightarrow$  *pulp* (Selulosa) + senyawa-senyawa Alkohol + senyawa-senyawa Asam + Merkaptan + zat-zat pengotor lainnya.

### 2.3.1 Proses Pembuatan Pulp

Pada Pemisahan serat selulosa dari bahan baku kayu dan bukan kayu memiliki berbagai macam metode proses, diantaranya metode proses pembuatan pulp secara mekanis, semi kimia, dan kimia.

1. Metode Mekanis

Metode mekanis adalah metode tertua, dan metode penggilingan kayu yang

masih digunakan sampai sekarang, di mana kayu akan ditekan sesuai panjangnya dengan batu giling yang basah dan kasar. Serat akan dipisahkan dari kayu dan dicuci dari permukaan batu dengan air. Larutan encer dari serat dan potongan serat disaring untuk memisahkan bagian dan partikel yang lebih besar, dan dipadatkan (dengan menghilangkan air) untuk membentuk pulp dan kertas. (Gunawan, 2012).

## 2. Metode Semi-kimia

Metode pembuatan pulp semi-kimia pada umumnya ditandai dengan langkah penggilingan secara mekanis setelah melakukan perlakuan kimia. Proses ini menggabungkan proses kimia dan mekanis. Hasil yang diperoleh dengan metode ini lebih rendah daripada metode mekanis (Gunawan, 2012).

## 3. Metode Kimia

Proses pembuatan pulp secara kimia adalah proses pembuatan pulp menggunakan bahan kimia sebagai bahan utama untuk melarutkan bagian-bagian kayu yang tidak diinginkan. Prinsip dari pembuatan pulp secara kimia yaitu mendegradasi dan melarutkan lignin sehingga serat-serat yang terdapat dalam bahan baku mudah terlepas (Saleh, 2009). Dalam metode ini, serpihan kayu dimasukkan ke dalam bahan kimia untuk melepaskan lignin dan karbohidrat. Tiga proses kimia digunakan, yaitu :

### a. Proses Soda

Pada proses ini sistem pemasakan menggunakan senyawa alkali yaitu natrium hidroksida (NaOH) sebagai larutan pemasak di kolom bertekanan, dengan perbandingan 4 : 1 dari jumlah kayu yang digunakan. Kemudian larutan pemasak bekas dipekatkan dengan proses penguapan (evaporasi). Proses ini sangat cocok digunakan untuk bahan baku non-kayu. Pada proses soda ini lebih menguntungkan dari segi teknik dan ekonomis dibandingkan dengan menggunakan proses lain, karena NaOH lebih efektif untuk mengikat lignin dan tidak membuat limbah yang begitu berbahaya di lingkungan sekitar (Sugesty S & Tjahjono T, 1997). Keuntungan dari proses soda ini adalah mudah untuk mendapatkan kembali bahan kimia pemasakan (daur ulang) NaOH dari black liquor, dan bahan baku yang digunakan dapat bervariasi (Gunawan Adi et al., 2012).

#### b. Proses Sulfit

Dalam proses sulfit, campuran asam sulfat ( $H_2SO_3$ ) dan ion hidrogen sulfat ( $H_2SO_3$ ) digunakan untuk melarutkan lignin. Proses ini memisahkan lignin menjadi lignosulfonat, dan sebagian besar struktur molekul lignin tetap utuh. Bahan kimia dasar bisulfit dapat berupa ion kalsium, magnesium, natrium atau amonium. Pulp sulfit lebih ringan dan mudah memutih, tetapi kertas lebih lemah dari pulp kraft (kraft) (Surest, 2010).

#### c. Proses Sulfat (Kraft)

Proses sulfat atau proses yang biasa disebut dengan metode kraft menggunakan natrium hidroksida yang ditambahkan natrium sulfat. Pada proses kertas kraft ini terbentuk natrium sulfida yang merupakan hasil reduksi natrium sulfat yang ditambahkan ke dalam tungku. Keunggulan dari proses kertas kraft adalah karakteristik pulpanya jauh lebih baik dari proses lainnya, dan dapat digunakan untuk berbagai jenis kayu, sehingga proses ini biasanya digunakan pada proses pembuatan pulp. Kerugian dari metode ini adalah bau gas yang tidak sedap ( $SO_2$  dan  $Cl_2$ ), dan tingginya kebutuhan bahan kimia pemutih untuk pulp kraft dari kayu lunak, yang sulit diatasi (Usumaningrum, 2016).

## 2.4 Digester

Digester merupakan alat utama pada proses pembuatan pulp. Reaktor ini sebagai tempat atau wadah dalam proses delignifikasi bahan baku industri pulp sehingga didapat produk berupa pulp. Proses delignifikasi ini membutuhkan mekanisme kerja seperti cairan pemasak, steam dan bahan penolong lainnya. Komponen-komponen ini mempunyai karakteristik dan sifat fisika kimia yang berbeda-beda. Dalam proses pemisahan serat dan senyawa-senyawa lain, dalam bahan bakunya juga membutuhkan kondisi operasi dengan variabel tertentu. Karakteristik menjadikan perlunya analisa keadaan dan pemilihan bahan pada tahap perancangan. (Palasari, 2014).

### 2.4.1 Jenis-Jenis Digester

Menurut shreve (1956), berdasarkan prosesnya digester dibedakan menjadi digester batch dan digester kontinyu.

## A. Digester Batch

### 1) Bentuk Bola

Digester bola ini biasanya untuk pabrik-pabrik tahunan yang bahan bakunya tergantung musim panen. Ada dua tipe untuk jenis yaitu bol dengan pemanasan tak langsung (stephenson) dan digester bola dengan pemanasan langsung (kraft).

### 2) Bentuk Silinder Tegak

Digester dengan bentuk silinder. Bagian atasnya setengah lingkaran dengan flanged terbuka sebagai lubang pengisian chip. Ada dua tipe yaitu digester pemanasan tak langsung (ekstrom) dan digester pemanasan langsung (foxboro).

### 3) Bentuk *Cone*

Digester ini mempunyai sudut dinding reactor dengan garis normal horizontal  $70^\circ$ . Digester jenis ini sudah memiliki sirkulasi cairan pemasak. Sirkulasi ini untuk menjaga suhu operasinya. Tipe ini hanya ada satu dengan pemasak tak langsung yaitu tipe smock. (Palasari, 2014).

## B. Digester *Continue*

### 1) Silinder *Horizonrtal*

Digester jenis ini menggunakan screw untuk mengangkat bahan baku agar retention time menjadi lebih lama. Namun mengakibatkan kebutuhan tenaga menjadi lebih besar karena beban screw. Biasanya berupa rangkaian dua atau lebih reactor disusun bertingkat. Hanyaada satu tipe yaitu black claw pandia digester.

### 2) Silinder Tegak

Jenis ini paling umum digunakan karena aliran proses menggunakan gaya gravitasi sehingga mengurangi beban tenaga. Untuk jenis ini memiliki berbagai macam tipe aplikasinya. Aplikasi berdasarkan aliran sirkulasi cairan pemasak yang paling mutakhir ada tipe MCC dan ITC digester.

### 3) Silinder *Tangensial*

Digester ini terdiri dari sebuah reactor dengan bagian dasar berbentuk kubah (dome-shapped) yang dipasang dengan sudut  $45^\circ$ . Dilengkapi dengan chain conveyor sebagai alat pengatur aliran proses. Nama komersial jenis

ini adalah Bover MED digester.

## 2.5 Pengendalian Proses

Pengendalian proses didefinisikan sebagai suatu usaha untuk mengatur proses yang dinamis agar berjalan sesuai dengan yang telah ditetapkan sebelumnya atau dikendaki. Istilah pengendalian proses timbul ketika manusia belajar memakai prosedur yang berkenaan dengan pengaturan otomatis untuk membuat produk dengan cara yang lebih efisien (Meidinariasty, 2016). Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa pengendalian proses merupakan pengendalian otomatis yang diterapkan di bidang teknologi proses untuk menjaga kondisi proses agar sesuai dengan yang diinginkan. Seluruh komponen yang terhimpun dalam pengendalian proses disebut sistem pengendalian atau sistem kontrol. Sistem pengendalian harus dapat mengukur, membandingkan dan mengevaluasi.

### 2.5.1 Prinsip Pengendalian Proses

Pengendalian proses melibatkan keadaan memperhatikan / mengukur parameter kemudian membandingkannya dengan harga yang diinginkan dan melakukan tindakan agar parameter tersebut sama atau mendekati harga yang diinginkan. Harga pengukuran merupakan harga variabel proses yang berubah-ubah selama proses berlangsung, harga pengukuran disebut dengan *control point*, sedangkan harga yang diinginkan merupakan harga variabel proses yang telah ditetapkan pada awal proses dan disebut *set point*. (Meidinariasty, 2016).

Sebuah sistem pengendalian pada dasarnya terdiri dari 7 bagian yang saling berhubungan membentuk diagram sistem pengendalian proses.

1. Proses Kimia
2. Instrumen pengukur (sensor)

Contohnya : termokopel untuk mengukur temperatur dan venturimeter untuk mengukur laju alir.

3. Transduser

Transduser merupakan alat pengubahan besaran fisik menjadi besaran fisik lainnya. Alat pengukur biasanya digabung dengan transduser karena banyak pengukuran yang tak dapat digunakan untuk pengendalian sebelum diubah jadi besaran fisik seperti sinyal pneumatik dan arus listrik.

#### 4. Jalur Transmisi

Jalur transmisi digunakan untuk membawa sinyal pengukuran dari alat pengukur ke *controller*. Jalur transmisi pada umumnya adalah sinyal listrik.

#### 5. *Controller*

*Controller* berfungsi untuk menerima informasi dari alat pengukur kemudian menentukan tindakan apa yang harus dilakukan.

#### 6. Elemen Kontrol Akhir

Elemen Kontrol Akhir merupakan perangkat sistem pengendalian yang mengeksekusi perintah dari *controller* ke proses sebenarnya. Contohnya, apabila *controller* memutuskan bahwa laju aliran keluar dikurangi fluida di dalam tangki maka katup kontrol akan terbuka atau tertutup sesuai perintah *controller*.

#### 7. Alat perekam

Alat perekam digunakan untuk memperlihatkan bagaimana suatu proses berlangsung.

### 2.5.2 Syarat Sistem Pengendalian proses

Secara umum, ada tiga syarat yang harus dipenuhi oleh sebuah sistem pengendalian agar pengendalian dapat berjalan dengan baik.

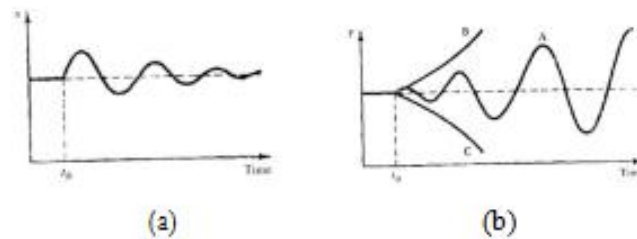
#### 1. Menekan efek gangguan eksternal

Tujuan paling umum dari pengendalian adalah menekan gangguan eksternal, yang berarti efek lingkungan terhadap unit proses seperti reaktor, separator, penukar panas, dll diluar kendali operator, sehingga diperlukannya mekanisme pengendalian yang dapat memberikan perubahan yang diperlukan untuk proses.

#### 2. Menjamin kestabilan proses

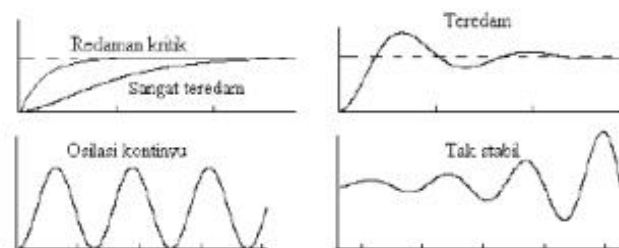
Suatu proses yang dinamis akan selalu mengalami perubahan yang dapat mengganggu kestabilan proses. Respon terhadap kestabilan proses ditunjukkan pada Gambar 2.3.





Gambar 2.3 Respon Pengendalian Stabil (a) dan tidak stabil (b)  
Sumber : Johnson, 1997

Tanggapan transien sistem pengendalian menentukan apakah suatu proses masih dapat tergolong stabil atau tidak, karena seringkali beban dapat berubah secara acak tergantung dengan sistem proses dan lingkungannya. Idealnya nilai variabel proses pasti akan selalu terkendali menuju *set point*, namun pada praktiknya kondisi demikian jarang terjadi. Variabel proses dapat mengalami beberapa perubahan, yaitu sangat teredam (*overdamped*), redaman kritik (*critacly damped*), teredam (*underdamped*), osilasi kontinu (*sustained oscillation*) atau tidak stabil (Heriyanto, 2010). Perubahan tanggapan transien ditunjukkan pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Perubahan Tanggapan Transien  
Sumber: Heriyanto, 2010

### 3. Mengoptimalkan Kinerja Proses

Misalkan pada suatu reaksi endotermis didalam reaktor berjaket terjadi perubahan zat A menjadi B. Jika suplai panas ke jaket, maka produk B tidak akan dihasilkan, sedangkan jika suplai panas berlebih maka kemungkinan dapat menyebabkan kerusakan pada zat. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem pengendalian yang dapat mengukur temperatur reaksi dan jumlah panas yang harus disuplai ke jaket reaktor sehingga perhitungan ekonomis konversi zat A jadi B optimal.

### 2.5.3 Parameter Sistem Pengendalian Proses

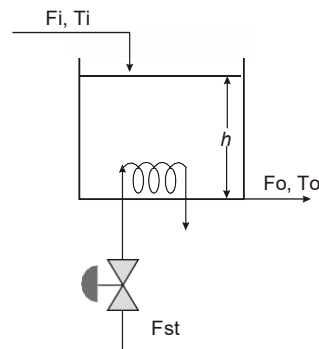
Parameter sistem pengendalian proses dibagi menjadi dua, yaitu parameter proses dan parameter kontrol. (Indah, 2018).

#### 1. Parameter Proses

Parameter Proses merupakan karakteristik yang bukan diakibatkan oleh adanya pengendalian. Parameter proses terbagi menjadi empat bagian, yaitu persamaan proses, beban proses, kelambatan proses dan regulasi diri.

##### A. Persamaan Proses

Persamaan proses adalah himpunan seluruh variabel dinamis yang terlibat dalam suatu proses yang dikendalikan. Parameter proses disimulasikan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Penentuan Persamaan

Input proses berupa laju alir masuk ( $F_i$ ), Temperatur masuk ( $T_i$ ), Laju alir steam masuk ( $F_{st}$ ), laju alir keluar tangki ( $F$ ) dan temperatur keluar tangki = temperatur dalam tangki ( $T$ ). pengendalian bertujuan mengendalikan temperatur dalam tangki, maka dari itu dapat dituliskan persamaan,

$$T = f(F_i, T_i, F_{st}, F)$$

##### B. Beban Proses

Beban proses didefinisikan sebagai suatu usaha proses untuk membawa harga perubahan kembali ke harga set point. Hal ini ditinjau dari keadaan dimana suatu proses pengendalian telah mencapai kestabilan (set point telah dicapai), kemudian variabel dinamis dalam persamaan proses (kecuali variabel manipulasi) mengalami perubahan. Namun perlu diperhatikan, apabila setelah proses mencapai kestabilan (set point tercapai), kemudian set point tersebut diubah maka proses tidak dianggap mengalami beban.

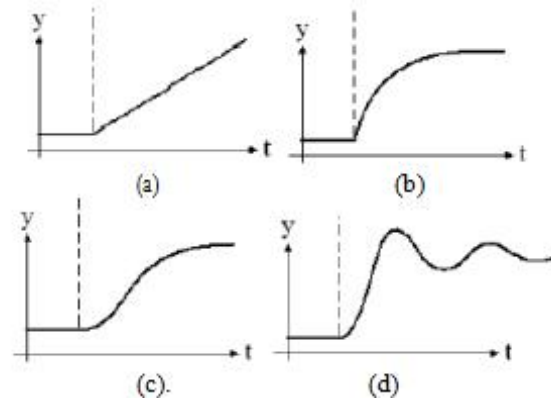
### C. Kelambatan Proses

Kelambatan proses didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan oleh proses untuk membawa perubahan kembali ke harga set point. Pada gambar 2.5, ketika temperatur masuk turun, maka temperatur didalam tangki kemudian juga akan turun, dimana respon *controller* ialah dengan membuka katup control steam lebih besar lagi. Waktu mulai dari temperatur tangki berubah naik oleh aliran steam baru hingga temperatur set point kemudian tercapai ini disebut dengan kelambatan proses.

### D. Regulasi Diri

Regulasi diri adalah kecenderungan suatu proses untuk stabil pada suatu harga perubahan baru tanpa diperlukannya suatu pengendalian. Pada saat laju alir masuk ( $F_i$ ) = laju alir keluar ( $F_o$ ) dan Temperatur masuk ( $T_i$ ) konstan maka dengan  $F_{st}$  tertentu akan didapat  $T_o$  tertentu. Apabila kemudian  $T_i$  berubah maka  $T_o$  juga berubah. Kenaikan temperatur pada akhirnya akan stabil pada harga temperatur baru. Proses yang mampu stabil sendiri pada harga baru tanpa dilakukan pengendalian adalah proses yang mempunyai regulasi diri.

Sistem yang tidak memiliki regulasi diri maka keluaran secara kontinyu akan naik atau turun pada kemiringan tetap hingga mencapai batas sistem. Respon sistem yang bereaksi cepat pada saat awal kemudian kemiringannya mengecil hingga akhirnya nol, sehingga tercapai kondisi *steady state* disebut sistem dengan regulasi diri orde satu. Sistem dengan regulasi orde dua sangat teredam memiliki ciri khas dimana respon lambat diawal, namun perlahan akan mencapai kondisi *steady state* seperti orde satu. Respon sistem yang diidentifikasi memiliki *overshoot* dan diikuti osilasi dengan amplitude berangsur mengecil disebut sistem regulasi diri orde dua teredam (Heriyanto, 2010). Respon sistem ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 (a) respon tanpa regulasi (b) respon regulasi orde-1  
(c) respon regulasi orde-2 sangat teredam (d) respon regulasi orde-2 teredam  
Sumber: Heriyanto, 2010.

## 2. Parameter Kontrol

Parameter Kontrol adalah variabel dinamis yang berhubungan dengan *controller* sebagai pengendali suatu pengendalian. Parameter kontrol terdiri dari:

- A. Rentang variabel kontrol yaitu rentang harga tertinggi dan terendah. Misalkan rentang pengukuran adalah  $0^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C}$  maka rentang ini oleh transduser akan menjadi 4 mA atau 20 mA (sinyal listrik) yang berarti  $0^{\circ}\text{C}$  sebanding dengan 4 mA dan  $100^{\circ}\text{C}$  sebanding dengan 20 mA.
- B. Error adalah selisih antara harga pengukuran terhadap harga set point, yang dalam bentuk sederhana dinyatakan sebagai error ( $E$ ) = harga pengukuran ( $C_m$ ) – harga set point ( $C_{sp}$ ). Persamaan tersebut menyatakan error sebagai persen dalam keadaan absolut untuk sinyal analog.
- C. *Output controller* yaitu gerak minimum dan maksimum dari elemen kontrol akhir. *Output controller* sebanding dengan rentang *controller* namun dalam presentase 0 – 100%. Persamaan matematis untuk presentase keluaran kontrol dinyatakan sebagai berikut,

$$\%P = \frac{\text{sinyal control} - \text{sinyal minimum}}{\text{rentang sinyal}} \times 100\%$$

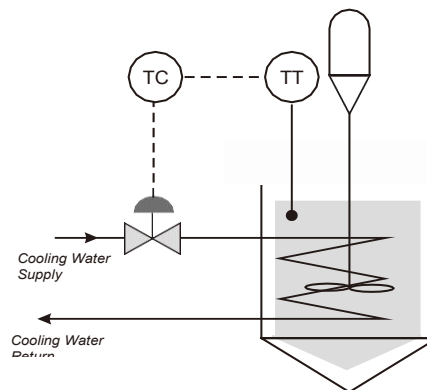
- D. Kelambatan kontrol didefinisikan sebagai waktu yang diperlukan oleh *controller* untuk melakukan perubahan yang diperlukan bagi pengendalian proses.
- E. Waktu mati adalah waktu dimana tidak terjadi gerakan ataupun gerakan

pengendalian. Waktu mati terjadi saat *controller* mendeteksi adanya error dari pengukuran terhadap set point, *controller* kemudian memberikan *output controller* ke elemen kontrol akhir yang akan memberikan perubahan terhadap proses, namun karena letak yang jauh dari elemen control akhir ke proses, perubahan tidak langsung diterima oleh proses sehingga transduser terlambat memberikan harga pengukuran.

- F. Sikling adalah osilasi kesalahan (error) di daerah rentang set point, yang berarti variabel pengukuran berapa pada siklus maksimum dan minimum di daerah rentang set point.

## 2.6 Sistem Pengendalian Temperatur

Susunan informasi pengendalian suatu proses dapat digambarkan dalam sebuah diagram pengendalian proses yang menghubungkan ke 4 tahapan pengendalian, mulai dari proses, pengukuran evaluasi hingga elemen control akhir. Diagram pengendalian proses digambarkan sesuai ketentuan P&ID (*piping and Instrument Drawing*), yaitu ketentuan penggambaran jalur pipa dan instrumen. Skema pengendalian temperatur diilustrasikan pada Gambar 2.7.

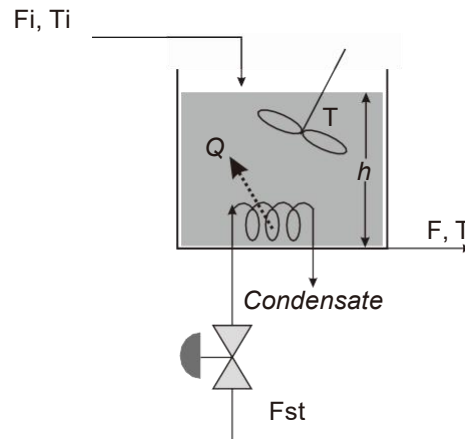


Gambar 2.3 Skema Pengendalian temperatur

Pada Gambar 2.7, sebuah reaktor dengan reaksi eksotermis diaduk dengan baik dan temperatur dikendalikan dengan menggunakan aliran air pendingin (*cooling water*). Variabel yang dikontrol adalah temperatur sebagai variabel dinamis yang diukur kemudian dibandingkan dengan temperatur reaksi yang diinginkan. Apabila temperatur terukur lebih tinggi dari temperatur reaksi seharusnya (karena reaksi bersifat eksotermis) maka pengendali (TC, Temperatur *Controller*) akan memerintahkan katup aliran air pendingin agar membuka lebih

besar agar aliran air pendingin yang masuk melalui pipa pendingin lebih banyak untuk menurunkan temperatur reaksi.

Sebuah simulasi pengendalian pemanas pada tangki berpengaduk pada Gambar 2.8, dimana liquid masuk ke tangki dengan laju alir  $F_1$  (mL/menit) dan temperatur,  $T_i$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) yang dipanaskan dengan dengan laju pemanasan  $F_s$  (kg/menit). Laju alir dan temperatur keluar tangki adalah  $F$  dan  $T$ .

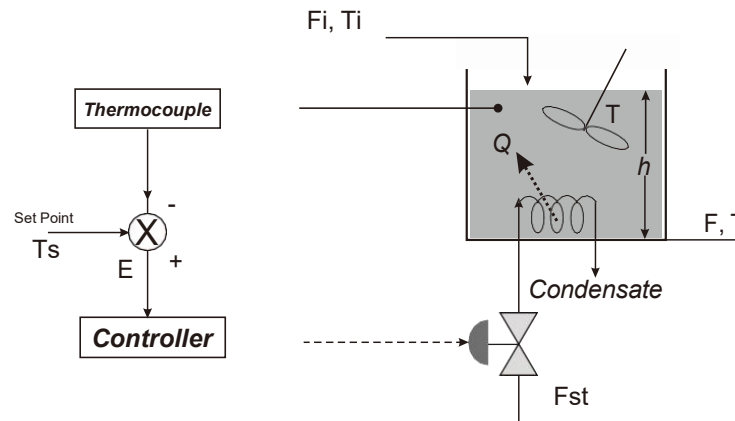


Gambar 2.8 *Stirred Tank* Reaktor

Tangki dikondisikan mengalami pengadukan dengan baik, yang berarti temperatur effluent sama dengan temperatur liquid dalam tangki. Tujuan operasional pengendalian di tangki adalah :

- Menjaga temperatur effluent  $T$  pada harga yang diinginkan,  $T_{sp}$
- Menjaga volume liquid di tangki pada volume yang diinginkan,  $V_s$

Operasi tangki dengan pemanas ini diganggu oleh factor eksternal seperti laju alir dan temperatur umpan,  $F_i$  dan  $T_i$ . apabila tak ada variabel yang berubah (proses stabil), maka setelah didapat  $T = T_s$  dan  $V = V_s$  sistem dibiarkan tanpa dikontrol. Namun hal ini jelas tidak mungkin, karena  $T_i$  dan  $F_i$  sering berubah, sehingga aksi pengendalian perlu diberlakukan untuk mengurangi akibat perubahan gangguan dan menjaga  $T$  dan  $V$  pada harga yang diinginkan. Sesuai pada Gambar 2.9 aksi pengendalian suhu.



Gambar 2.9 Aksi Pengendalian Suhu

Sebuah termokopel mengukur temperatur liquid  $T$  dalam tangki, yang kemudian dibandingkan dengan temperatur yang diinginkan,  $T_{sp}$  menghasilkan deviasi  $E = T_s - T$ . harga deviasi  $E$  kemudian dikirim ke mekanisme pengendalian yang kemudian memutuskan apakah yang harus dilakukan agar temperatur  $T$  kembali ke harga yang diinginkan yaitu  $T_s$ . Jika  $E > 0$  berarti  $T < T_s$  maka *controller* akan memerintah pemanas untuk menyuplai panas dan sebaliknya. Sistem pengendalian ini mengukur variabel temperatur setelah temperatur tersebut melalui proses, dan disebut **sistem pengendalian *FeedBack***. Harga yang diinginkan,  $T_s$  disebut sebagai **Set Point** yang diberikan oleh operator.

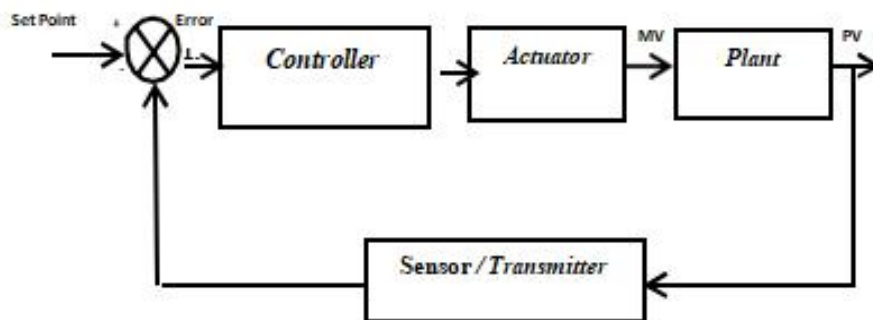
Alternatif lain adalah menggunakan **sistem pengendalian *FeedForward*** untuk mempertahankan  $T = T_s$  saat  $T_i$  berubah.  $T_i$  diukur kemudian katup pemanas dibuka atau ditutup untuk memberikan atau mengurangi jumlah steam ke proses. Pada sistem pengendalian ini aksi pengendalian tidak menunggu hingga efek gangguan terasa oleh proses, melainkan bergerak sebelum efek gangguan terasa oleh sistem, sehingga disebut pengendalian antisipasi.

Prinsip pengendalian suhu tersebut di atas berlaku umum untuk semua pengendalian proses umpan balik. Di sini terdapat empat fungsi dasar, yaitu: mengukur (*measurement*), membandingkan (*comparison*), menghitung (*computation, decision, atau evaluation*) dan mengoreksi (*correction atau action*). Instrumen yang diperlukan dalam pengendalian suhu adalah unit pengukuran suhu (berisi sensor dan *transmitter* suhu), pengendali suhu (*temperatur controller*) dan elemen pemanas (*heating element*).

### 2.6.1 Sistem Pengendalian *On-Off*

Sistem pengendalian proses terdiri dari beberapa kerja alat-alat yang digunakan untuk mengendalikan variabel-variabel proses terukur pada suatu nilai *set point* tertentu. Sistem pengendalian proses terdiri dari dua macam, yaitu pengendalian manual dan otomatis. Variabel-variabel proses yang dikendalikan terdiri dari *pressure, flow, temperature* dan *level*. Beberapa istilah dalam *system* pengendalian proses antara lain:

- 1) **Controller** : Elemen dalam *system* pengendalian yang melakukan pengukuran, perbandingan, perhitungan, dan koreksi. Salah satu metode *controller* dalam *system* pengendalian proses di industry yaitu *PID (Proportional Integral Derrivatif) control*.
- 2) **Proses** : Gabungan peralatan yang bekerja sebagai suatu sistem.
- 3) **Transmitter** : berfungsi membaca sinyal sensing element dari sensor dan mengubahnya sebelum diteruskan ke *controller*.
- 4) **Actuator** : instrument akhir dalam *system* pengendalian proses yang berfungsi merubah variable pengukuran (*measurement variable*) menjadi variable termanipulasi (*manipulated variable*) berdasarkan perintah *controller* terpasang.



Gambar 2.10 Diagram Blok Pengendalian On-Off

Dalam perancangan sebuah pengendalian proses, dibutuhkan suatu penetapan mode proses terlebih dahulu. Hal ini dikarenakan mode pengendalian proses merupakan hal yang paling utama dalam sebuah sistem pengendalian variabel. Salah satu mode pengendalian yang sering juga digunakan dalam banyak pengendalian variabel proses yaitu mode pengendalian *on/off*.

**Mode On-Off Manual.** Pada pengendali *on/off* secara manual, manusia sebagai operator akan menggerakkan elemen control akhir (saklar pemilir). Dalam



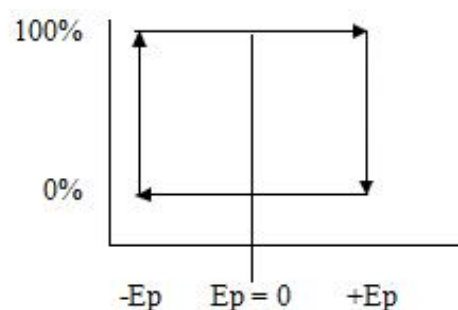
hal ini manusia bertindak sebagai *controller* yang menerima hasil pengukuran dan mengevaluasi hasil pengukuran untuk menjadi input bagi variabel manipulasi.

**Mode On-Off Otomatis.** Pengendalian on/off secara otomatis berarti pengendalian dilakukan oleh sebuah *controller* yang akan menggantikan tindakan operator menghidupkan ataupun mematikan suatu proses. Pengendalian secara otomatis ini diatur berdasarkan histerisis; kecenderungan instrument untuk memberikan output berbeda terhadap input yang sama. Histerisis ini memberikan daerah netral pengendalian, besar daerah netral adalah 2 kali besar harga histerisis. *Controller* pada mode ini hanya mengeluarkan dua harga output berdasarkan error yang terjadi. Secara matematis persamaannya dapat ditulis berikut ini:

$$\% P = 100 \% \text{ ketika } \% E_p < 0 \%$$

$$\% P = 0 \% \text{ ketika } \% E_p > 0 \%$$

Hubungan diatas menyatakan saat harga pengukuran dibawah harga set point (harga  $\% E_p = \text{negatif}$ ) maka *controller* akan memerintah elemen kontrol akhir untuk bergerak maksimum, sedangkan saat harga pengukuran berada di atas harga set point (harga  $\% E_p = \text{positif}$ ) maka *controller* akan memerintah elemen kontrol akhir untuk bergerak minimum. Pada Pengendalian dua posisi ini, elemen kontrol akhir begerak hanya pada dua posisi, yaitu 0 % dan 100 % atau minimum dan maksimum sepanjang rentang kontrol diantara harga set point. Daerah netral adalah daerah rentang pengukuran dimana pengendali tidak melakukan gerakan atau tidak memberi perintah gerakan kepada elemen kontrol akhir. Daerah netral ditunjukkan pada Gambar 2.11.



**Gambar 2.11 Daerah Netral**

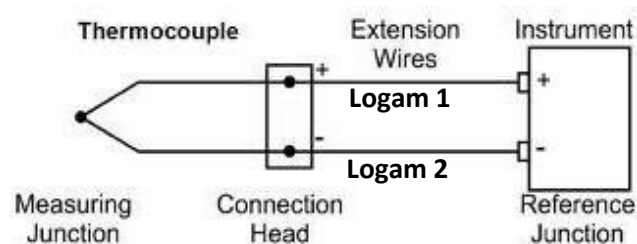
## 2.6.2 Sensor

Sensor adalah adalah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah besaran mekanis, magnetis, panas, sinar, dan kimia menjadi besaran listrik berupa tegangan, resistansi dan arus listrik. *Sensor* sering digunakan untuk pendeteksian pada saat melakukan pengukuran atau pengendalian. Sharon, dkk (1982), mengatakan sensor adalah suatu peralatan yang berfungsi untuk mendeteksi gejala-gejala atau sinyal-sinyal yang berasal dari perubahan suatu energi seperti energi listrik, energi fisika, energi kimia, energi biologi, energi mekanik dan sebagainya.

### 1. Sensor Suhu Termokopel

Pengukuran suhu suatu benda atau zat diperlukan elemen perasa yang dapat mendeteksi perubahan suhu. Dalam mengetahui besarnya suhu secara kuantitatif umumnya digunakan termometer. Namun selain pengukuran secara langsung dan tradisional, biasanya digunakan sebuah sensor untuk mendeteksi perubahan suhu ini (Huda, 2011).

Salah satu elemen pendeteksi atau sensor suhu yang umumnya sering digunakan adalah termokopel. Termokopel berasal dari kata “Thermo” yang berarti panas “Couple” yang berarti pertemuan dari dua buah benda. Sebuah termokopel terdiri dari sepasang konduktor atau kawat logam yang berbeda dihubungkan bersama-sama yang menghasilkan tegangan berbanding lurus dengan perbedaan suhu antara kedua ujung pasangan konduktor (Yuniar, 2014). Rangkaian umum dari termokopel ditunjukkan pada Gambar 2.12.

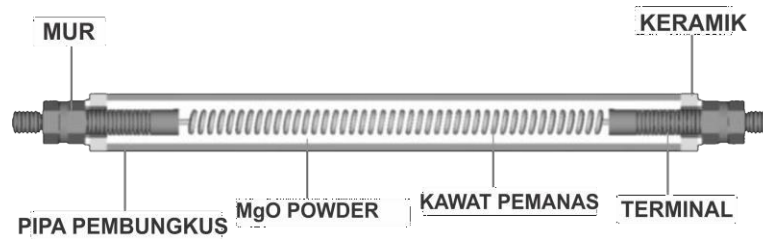


Sumber: Dermanto, 2013. Prinsip Dasar Termokopel

Gambar 2.12 Rangkaian dasar Termokopel

## 2.7 Elemen Pemanas

Elemen pemanas merupakan piranti yang yang mengubah energy listrik menjadi energy panas melalui proses *Joule Heating*. Prinsip kerja elemen pemanas adalah arus listrik yang mengalir pada elemen menjumpai resistansinya, sehingga menghasilkan panas pada elemen. Berikut merupakan bagian dalam elemen pemanas ditunjukkan pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Bagian dalam Elemen Pemanas  
Sumber : Agustanto, 2012

Persyaratan elemen pemanas antara lain (Rahmat, 2015): (1.) Harus tahan lama pada suhu yang dikehendaki, (2.) Sifat mekanisnya harus kuat pada suhu yang dikehendaki, (3.) Koefisien muai harus kecil, dan (4.) Tahanan jenisnya tinggi.

Pada rancangan tugas akhir alat pembuat *pulp* kali ini khususnya pada *plant* pencampuran dibutuhkan *heater* dengan tujuan untuk memanaskan campuran bahan baku pelepah pisang dan tandan kosong kelapa sawit dengan pelarut NAOH agar dapat tercampur dengan baik dan maksimal. Bentuk dan type dari *electrical heating element* ini bermacam-macam disesuaikan dengan fungsi, tempat pemasangan dan media yang akan dipanaskan.

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.

Penerapan elemen pemanas harus memenuhi persyaratan mulai dari budget bahan baku dan pengembangan sampai jangka waktu hidup dan keamanan. Sebelum merancang elemen pemanas sebaiknya ditentukan terlebih dahulu

jenis/bentuk heater yang dikehendaki, serta spesifikasi heater merupakan hal terpenting dalam perencanaan atau design. Beberapa pertimbangan yang perlu diperhatikan dalam merancang pemanas, yaitu (Agustanto, 2012):

- Bahan / material media yang akan dipanaskan.
- Suhu operasi
- Kandungan kimia media yang akan dipanaskan.  
Kondisi lingkungan dimana heater ini akan di tempatkan.
- Power listrik yang tersedia.
- Dimensi ruang penempatan *heater*

Dalam perancangan elemen pemanas listrik juga diperlukan beberapa pertimbangan diantaranya menentukan jenis wire yang dipakai, menghitung banyaknya kawat lilitan dan panjang kawat niklin sesuai dengan spesifikasi heater yang diperlukan, menghitung resistansi, *surface load*, *cross sectional area* dan *coil pitch*.

Ada 2 macam jenis utama pada elemen pemanas listrik ini yaitu: (Atikah, 2017).

- a. 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 Keramik Heater*.
- b. Elemen Pemanas Listrik bentuk Lanjut merupakan elemen pemanas dari bentuk dasar yang dilapisi oleh pipa atau lembaran plat logam dengan tujuan sebagai penyesuain terhadap penggunaan dari elemen pemanas tersebut. Bahan logam yang biasa digunakan adalah : *mild stell, stainles stell*, tembaga dan kuningan. Pada tugas akhir kali ini akan menggunakan jenis *tubular heater* dimana pemanas yang digunakan untuk memanaskan cairan, baik air ataupun bahan kimia, terdiri dari 1 atau lebih tubular heater berbentuk “U form” yang dipasang pada flans.