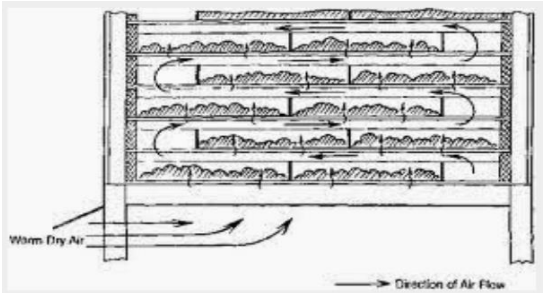
BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tray Dryer Mie Jagung *Hi-Calcium*

Penelitian kali ini mengunakan tipe alat pengering seperti Tray Dryer, dalam pengering baki (*tray dryer*) disebut juga pengering rak atau pengering kabinet, dapat digunakan untuk mengeringkan padatan bergumpal atau pasta, yang ditebarkan pada baki logam dengan ketebalan 10 - 100 mm. Pengeringan jenis baki atau wadah adalah dengan meletakkan material yang akan dikeringkan pada baki yang langsung berhubungan dengan media pengering. Pengeringan talam digunakan untuk mengeringkan bahan - bahan yang tidak boleh diaduk dengan cara termal, Sehingga didapatkan hasil yang berupa zat padat yang kering. Pengering talam sering digunakan untuk laju produksi kecil (Revitasari, 2010).



Sumber : Mc. Cabe 1985

Gambar 1. *Tray Dryer*

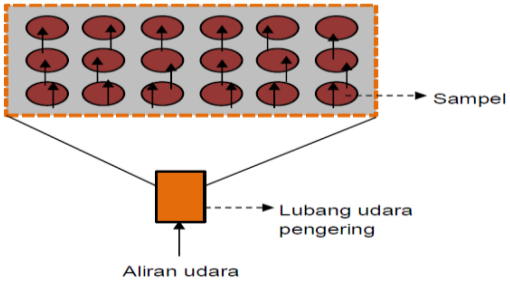
Alat pengering tipe rak (*tray dryer*) dapat dilihat pada Gambar 1 yang mempunyai bentuk persegi dan di dalamnya berisi rak-rak yang digunakan sebagai tempat bahan yang akan dikeringkan. Pada umumnya rak tidak dapat dikeluarkan beberapa alat pengering jenis itu rak-raknya mempunyai roda sehingga dapat dikeluarkan dari alat pengering. Contohnya seperti ikan-ikan diletakkan di atas rak yang terbuat dari logam dengan alas yang berlubang-lubang. Kegunaan dari lubang tersebut untuk mengalirkan udara panas dan uap air. Ukuran rak yang digunakan bermacam-macam, ada yang luasnya 200 cm^2 dan ada juga yang 400 cm^2. Luas rak dan besar lubang-lubang rak tergantung pada bahan yang akan dikeringkan. Selain alat pemanas udara, biasanya juga digunakan kipas (*fan*) untuk mengatur sirkulasi udara dalam alat pengering *(Revitasari, 2010).*

Kipas yang digunakan mempunyai kapasitas aliran 7-15 *fet* per detik. Udara setelah melewati kipas masuk ke dalam alat pemanas, pada alat tersebut udara dipanaskan lebih dahulu kemudian dialirkan diantara rak-rak yang sudah berisi bahan. Sirkulasi rah aliran udara panas di dalam alat pengering dapat dari atas ke bawah dan juga dari bawah ke atas dapat dilihat pada Gambar 2. Suhu yang digunakan serta waktu pengeringan ditentukan menurut keadaan bahan. Biasanya suhu yang digunakan berkisar antara 80 – 1800 ºC. *Tray dryer* dapat digunakan untuk operasi dengan keadaan vakum dan seringkali digunakan untuk operasi dengan pemanasan tidak langsung. Uap air dikeluarkan dari alat pengering dengan pompa vakum (Revitasari, 2010).

Tray Dryer tersebut juga digunakan untuk mengeringkan hasil pertanian berupa biji-bijian dan padatan. Bahan diletakkan pada suatu bak yang dasarnya berlubang-lubang untuk melewatkan udara panas. Bentuk bak yang digunakan ada yang persegi panjang dan ada juga yang bulat. Bak yang bulat biasanya digunakan apabila alat pengering menggunakan pengaduk, karena pengaduk berputar mengelilingi bak. Kecepatan pengadukan berputar disesuaikan dengan bentuk bahan yang dikeringkan, ketebalan bahan, serta suhu pengeringan. Biasanya putaran pengaduk sangat lambat karena hanya berfungsi untuk menyeragamkan pengeringan. (Revitasari, 2010)

Keuntungan dari alat pengering jenis itu sebagai berikut :

a) Laju pengeringan lebih cepat
b) Kemungkinan terjadinya over drying lebih kecil
c) Tekanan udara pengering yang rendah dapat melalui lapisan bahan yang dikeringkan. (Revitasari, 2010



Sumber : Revitasari, 2010

Gambar 2. Sirkulasi Udara panas pada ruangan pengeringan *Tray Dryer*

2.2 Perpindahan Panas Pada *Tray Dryer*

Dalam proses pengeringan terjadi proses perpindahan panas yang terbagi menjadi konduksi (hantaran), dan konveksi.

2.2.1 Perpindahan Panas Konduksi

Perpindahan panas secara konduksi adalah proses panas mengalir dari daerah yang bersuhu lebih tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah di dalam suatu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung. Dalam aliran panas konduksi, perpindahan energi terjajadi karena hubungan molekul secara langsung tanpa adanya perpindahan molekul yang cukup besar. Menurut teori kinetik, temperatur elemen suatu zat sebanding dengan energi kinetik rata-rata molekul-molekul yang membentuk elemen itu. Energi yang dimiliki oleh suatu elemen zat yang disebabkan oleh kecepatan dan positif relativ molekul-molekulnya disebut energi dalam. Jadi, semakin cepat molekul-molekul bergerak, semakin tinggi suhu maupun energi dalam elemen zat.

Bila molekul-molekul di satu daerah memperoleh energi kinetik rata-rata yang lebih besar daripada yang dimiliki oleh molekul-molekul disuatu daerah yang berdekatan, sebagaimana diwujudkan oleh adanya beda suhu, maka molekul-molekul yang memiliki energi yang lebih besar itu akan memindahkan sebagian energinya kepada molekul-molekul di daerah yang bersuhu lebih rendah. Konduksi adalah satu-satunya mekanisme dimana panas dapat mengalir dalam zat padat yang tidak tembus cahaya. Konduksi penting pula dalam fluida-fluida, tetapi di dalam medium yang bukan padat biasanya tergabung dengan konveksi.

Jika media perpindahan panas konduksi berupa cairan, mekanisme perpindahan panas yang terjadi sama dengan konduksi dengan media gas, hanya kecepatan gerak molekul cairan lebih lambat daripada molekul gas. Tetapi jarak antara molekul-molekul pada cairan lebih pendek dari pada jarak antara molekul-molekul pada fase gas. Berikut persamaan dari laju perpindahan panas konduksi.

$q_k = U_k(T - T_s)A$ ..... (Geankoplis, 1978).

Dimana:

q_k=Laju perpindahan panas konduksi

A = Luas penampang

T = Temperatur udara

T_s = Temperatur pelat

$$U_k = \frac{1}{1/hc + z_m/k_m + z_s/k_s}$$

z_m (ketebalan pelat) z_s (ketebalan bahan)

k_m (konduktivitas termal pelat) k_s (konduktivitas termal bahan)

h_c (koefisien perpindahan panas)

2.2.2 Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas konveksi adalah proses perpindahan energi dengan kerja gabungan dari konduksi panas, penyimpanan energi dan gerakan mencampur. Konveksi sangat penting sebagai mekanisme perpindaahn energi antara permukaan benda padat dan cairan atau gas. Perpindahan energi dengan cara konveksi dari suatu permukaan yang suhunya di atas suhu fluida sekitarnya berlangsung dalam beberapa tahap. Pertama, panas akan mengalir dengan cara konduksi dari permukaan ke partikel-partikel fluida yang berbatasan. Energi yang berpindah dengan cara demikian akan menaikkan suhu dan energi dalam partikel-partikel fluida ini. Kemudian partikel-partikel fluida ini. Kemudian partikel-partikel fluida tersebut akan bergerak ke daerah yang bersuhu lebih rendah di dalam fluida dimana mereka akan bercampur, dan memindahkan sebagian energinya kepada partikel-partikel fluida lainnya.

Perpindahan panas secara konveksi terjadi melalui dua cara, yaitu:

1. Konveksi bebas/konveksi alamiah (*free convection/natural convection*)

Konveksi bebas/konveksi alamiah adalah perpindahan panas yang disebabkan oleh beda suhu dan beda rapat saja dan tidak ada tenaga dari luar yang mendorongnya.

Contoh: *plat* panas dibiarkan berada di udara sekitar tanpa ada sumber gerakan dari luar.

2. Konveksi paksaan (*forced convection*)

Konveksi paksaan adalah perpindahan panas yang aliran panas yang aliran gas atau cairannya disebabkan adanya tenaga dari luar.

Contoh: plat panas dihembus udara dengan kipas/blower. Berikut persamaan dari laju perpindahan panas konveksi.

$q_c = h_c\, A(T - T_s)$ .....(Geankoplis, 1978)

Dimana:

q_c = Laju perpindahan panas konveksi

A = Luas penampang h_c = Koefisien perpindahan panas

T = Temperatur udara T_s = Temperatur pelat

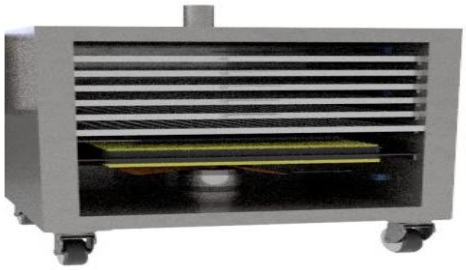
2.3 Komponen Utama *Tray Dryer*

Komponen utama *Tray Dryer* terdiri:

2.3.1 Bak Pengering

Bak Pengering yang lantainya berlubang-lubang serta memisahkan bak pengering dengan ruang tempat penyebaran udara panas (*plenum chamber*). Rangka bak pengering terbuat dari besi, rangka bak pengerik di bentuk dan dilas, kemudian dibuat dinding untuk penyekat udara dari bahan plat seng dengan tebal 0,3 mm. Dinding tersebut dilengketkan pada rangka bak pengering dengan cara direvet serta dilakukan pematrian untuk menghindari kebocoran udara panas. Kemudian plat seng dicat dengan warna hitam buram, agar dapat menyerap panas dengan lebih cepat.

Pada bak pengering dilengkapi dengan pintu yang berguna untuk memasukan dan mengeluarkan produk yang dikeringkan di pintu tersebut dibuat kaca yang memungkinkan kita dapat mengetahui temperature tiap rak, dengan cara melihat *thermometer* yang sengaja digantungkan pada setiap rak pengering. Di bagian atas bak pengering dibuat cerobong udara, bertujuan untuk memperlancar sirkulasi udara pada proses pengeringan, dapat dilihat pada Gambar 3. (Shin, J. Chin, W. & Ling T. 2002.)



Gambar 3. Bak pengering yang berlubang.

Pada bak pengering akan menampung ± 5kg *Wet Noodle*, *Wet Noodle* ini akan dikeringkan didalam alat *Tray dryer* sebagai berat awal pada *Wet Noodle* (W_1) setelah keluar dari proses pengeringan *Wet Noodle* berubah menjadi *Dry Noodle* (W_2). Kadar air pada *Dry Noodle* dapat dihitung menggunakan persamaan (1) dan dinyatakan dalam kadar air *Wet basis*. Persamaan perhitugan kadar air sebagai berikut :

$$\text{MC (}wet\ basis\text{)} = \left(\frac{W1 - W2}{100\ \%}\right) \qquad \text{..... (1)}$$

Keterangan :

W_1 = Berat sampe basah (kg)

W_2 = Berat sampel kering (kg)

MC = Kadar Air (%)

Sumber : Bayusari, I., Caroline, Septiadi, R., dan Suprapto, B. Y. 2013

2.3.2 Kipas

Fan/Kipas berfungsi pada alat *tray dryer* sebagai pengatur arah atau sirkulasi udara panas dalam *chamber* dan dapat digunakan untuk mendorong udara pengering dari sumbernya ke *(plenum chamber)* melewati tumpukan bahan di atasnya. Kipas yang digunakan mempunyai kapasitas aliran 7-15 *fet* per detik Udara setelah melewati kipas masuk ke dalam alat pemanas (*Heater)* daya yang digunakan biasanya 25 watt dengan diameter silinder 18 cm. Jumlah daya yang diperlukan untuk menggerakan fan ditentukan oleh ukuran diameter silinder dan jumlah fan yang dibutuhkan pada alat tersebut, udara dipanaskan lebih dahulu kemudian dialirkan diantara rak-rak yang sudah berisi bahan. Dapat dilihat pada Gambar 4.

Gambar 4. Kipas/*Fan* pada alat *tray dryer*

Untuk menentukan Kecepatan udara, *head* tekanan, suhu aliran udara pada *fan,* dalam rangka mendapatkan percangan benar pada metode program PID yang benar harus diyakinkan bahwa :

1. *Fan* dan komponennya beroperasi dengan benar pada kecepatannya
2. Operasi berada pada kondisi stabil; suhu, berat jenis, resistansi sistim yang stabil dll.

Dapat dilihat pada Menghitung berat jenis udara dengan menggunaka persamaan (1) sebagai berikut :

Berat jenis Udara (γ)=273 x 1,293/ 273 + t ^{0}C

Dimana, t ^{o}C = Suhu udara kondisi ditempat ….. (1)

Persamaan (2) Mengukur kecepatan udara dan menghitung kecepatan rata-rata, karena kecepatan udara dapat diukur dengan menggunakan sensor yang ada pada alat *tray dryer*

$$V\ (m/s) = \frac{0.85\sqrt{2 \text{ x } 9.81\ \Delta h \text{x } p}}{p\ \text{udara}} \quad \ldots\ldots \quad (2)$$

Persamaan (3) menghitung aliran volumemetrik sebagai berikit :

Volumemetrik Q (m^3/s) = V x A ..... (3)

Persamaan menentukan daya *fan,* Hubungan antara *total head,* H dan debit Q dinyatakan sebagai berikut :

$$H = \frac{u_2}{g}(u_2 - \frac{QCot(\beta_2.).}{2\pi R_2 b_2} \quad \ldots\ldots \quad (4)$$

$$u_2 = \varpi\ R_2. = 2\pi N R_2 / 60 \quad \ldots\ldots \quad (5)$$

Sehingga didapat :

$$H = \frac{2\pi NR_2}{60g}\left(\frac{2\pi NR_2}{60} - \frac{QCot(\beta_2.).}{2\pi R_2 b_2}\right) \quad \ldots\ldots \quad (6)$$

Persamaan daya fan yang didapatkan (7) sebagai berikut :

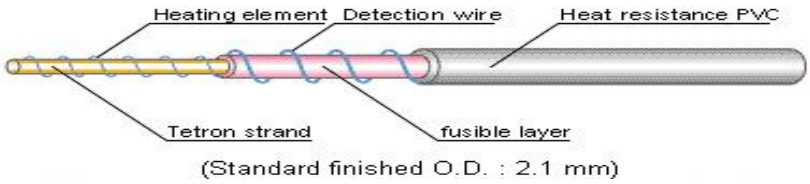
Menentukan Daya Fan= γ. Q. H (Watt) ..... (7)

Sumber : http://en.wordpress.com/about-these-ads/

2.3.3. Elemen pemanas

Elemen Panas merupakan piranti yang mengubah energi listrik menjadi energi panas melalui proses *Joule Heating*. Prinsip kerja elemen panas adalah arus listrik yang mengalir pada elemen mencapai resistansinya, sehingga menghasilkan panas pada elemen dapat dilihat pada Gambar 5. Persyaratan elemen pemanas antara lain: (M. Rais Rahmat, 2015).

a. Harus tahan lama pada suhu yang dikehendaki
b. Sifat mekanisnya harus kuat pada suhu yang dikehendaki
c. Koefisien muai harus kecil, sehingga perubahan bentuknya pada suhu yang dikehendaki tidak terlalu besar dan Tahanan jenisnya harus tinggi
d. Koefisien suhunya harus kecil, sehingga arus kerjanya sedapat mungkin konstan



Sumber : M. Rais Rahmat, 2015

Gambar 5. Bagian dalam Elemen Pemanas

Elemen pemanas berbentuk *Finned Heater* yang dibutuhkan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1), (2), (3), (4) dan (5) berikut. Panjang kawat elemen pemanas yang dibutuhkan untuk keperluan pada alat *tray dryer* adalah: (M. Rais Rahmat, 2015).

Untuk menentukan daya dan tegangan listrik dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$P = V \times I \quad \dots (1)$$

$$V = I \times R \quad \dots (2)$$

Besarnya tahanan dari kawat dapat dihitung dengan substitusi persamaan (1) dan (2):

$$R = \frac{V^2}{P} \quad \dots (3)$$

Besarnya penampang suatu kawat :

$$A = \pi \times r^2 \quad \dots (4)$$

Menentukan panjang kawat :

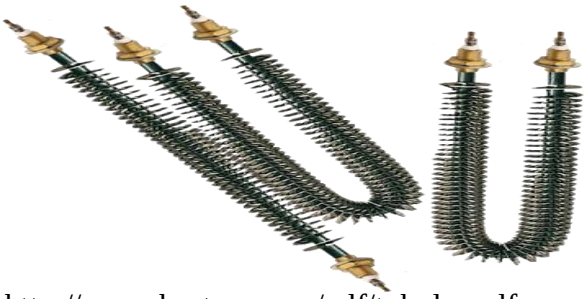
$$L = \frac{R \times A}{p} \quad \dots (5)$$

Keterangan :

P = Daya listrik (W)
V = Sumber tegangan listrik (V)
I = Kuat arus listrik (A)
R = Tahanan kawat pemanas (Ω)
A = Luas penampang kawat pemanas (mm^2)
r = Jari – jari kawat pemanas (mm)
L = Panjang kawat pemanas (m)
P = Tahanan jenis kawat pemanas ($\Omega mm^2/m$)

Sumber : M. Rais Rahmat, 2015

Dimana pada pembuatan alat *tray dryer* untuk elemen panas menggunakan tipe *Finned Heater*. *Finned Heater* merupakan elemen pemanas berbentuk pipa dan bersirip dan merupakan solusi yang paling cocok untuk pemanas udara dapat dilihat pada Gambar 6. Seringkali digunakan dalam perakitan sebuah fan agar panas yang dihasilkan lebih maksimal . Sirip Finned Heater terbuat dari stainless stell dengan ukuran lebar sirip sebesar 7-10 mm dan diameter pipa tubular 11mm. pemakaian *finned heater* seperti : *blower heater*, *dryer* dengan *fan motor* yang menghembuskan udara ke permukaan sirip atau *finned.*



http://www.heatrex.com/pdf/tubular.pdf

Gambar 6. *Finned/Sirip Heater*

Persamaan (1) dan (2) dapat dilihat menentukan panas daya pada heater :

Q_1 > $\int_{T1}^{T2} M.Cp\ Mix.dT$

Cp M_{ix} = X_1. Cp Mie + X_2 Cp air ….. (1)

Q_2 > G'= $\left(\frac{H2-H1}{20\ \%\ Q1}\right)$ ….. (2)

Menghitung volum humid keluar pada persamaan (3) :

$V_H = \frac{22,41}{T}\left(\frac{1}{28,79} + \frac{1}{18,02} Y_1\right)$ ….. (3)

Menghitung nilai Laju alir udara Volumetrik pada persamaan (4) :

G' x V_{metrik} …. (4)

Menghitung Diameter *Tray Dryer* pada persamaan (5):

$A = \frac{Vmetrik}{Vm/s}$

$D = \left(\frac{4.A}{\pi}\right)^{0,5}$ ….. (5)

Persamaan (7) sebagai berikut :

Q3 > $W = Q\ (Q2\ x\ 10\%) = Px\ t$ ….. (7)

Dimana

Waktu (t) = 6 jam = 21600 s

Dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

Berdasarkan dengan neraca massa dan panas, dengan menggunakan persaman (1) dan (2) sebagai berikut :

$G_s\ (Y_1 - Y_2) = M_s\ (X_1 - X_2)$ ….. (1)

$$G_s\,(H_{g2} - H_{g1}) = M_s\,(H_{s2} - H_{s1}) \quad \ldots\ldots \quad (2)$$

Dimana,

G_s = laju alir udara (udara kering, kg/jam)
M_s = Laju alir padatan (kg/jam)
Berdasarkan data yang telah didapatkan untuk menghitung entalpi (padatan) dengan menggunakan persamaan (3) dan (4) sebagai berikut :

$$H_{S1} = [Cp_{mie} + Cp_{air}\,.X_1]\,(T_{S1} - T_{ref}) \text{ (Geankoplis,1993)} \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

$$H_{S2} = [Cp_{mie} + Cp_{air}\,.X_2]\,(T_{S2} - T_{ref}) \quad \ldots\ldots \quad (4)$$

Persamaan menghitung entalpi (udara), dengan persamaan (5) dan (6) sebagai berikut :

$$H_{G2} = [\,1{,}005 + (1{,}008)Y_2]\,(T_{G2} - 0) + 2500\,Y_2 \quad \ldots\ldots \quad (5)$$

$$H_{G1} = [\,1{,}005 + (1{,}008)Y_1]\,(T_{G1} - 0) + 2500\,Y_1 \quad \ldots\ldots \quad (6)$$

Neraca panas didapatkan, dengan persamaan (7) sebagai berikut :

$$M_S\,(H_{S2} - H_{S1}) = G_S\,(H_{G2} - H_{G1}) \quad \ldots\ldots \quad (7)$$

Persamaan (8), menentukan Laju alir udara volumetrik sebagai berikut :

$$V_H = \frac{22{,}41}{T}\left(\frac{1}{28{,}79} + \frac{1}{18{,}02}Y_1\right) \quad \ldots\ldots \quad (8)$$

$$G_S = \frac{Ms}{(Y_1 - Y_2)}$$

Max. vol udara = G_S x V_{H2}

Menghitung Diameter *Tray Dryer* sebagai berikut :

$$A = \frac{\max vol\ udara}{2{,}5}$$

$$D = \left(\frac{4.A}{\pi}\right)^{0{,}5}$$

Setelah mendapatkan hasil diameter *tray dryer* kemudian dapat menghitung putaran *tray dryer* dengan persamaan (9).

Kecepatan putaran *dryer* adalah 15 – 30 m/menit (Geankoplis, C.J. 1978)

Diambil kecepatan putaran 15 m/menit

$$N = \frac{n}{\pi.D} \quad \ldots\ldots \quad (9)$$

Untuk menentukan daya pada heater didapat, dapat menggunaka persamaan (10) (11) sebagai berikut :

$$\frac{V_2}{220} = \frac{T}{T\,max} \quad \ldots\ldots \quad (10)$$

$$P_2 = \frac{V_2}{V_{Spect}} x\ P_{Spect}\ watt \qquad \ldots\ldots \quad (11)$$

Menentukan daya akan dikeluar oleh heater pada persamaan (12) sebagai berikut :

$$W = Q = Px\ t \qquad \ldots\ldots \quad (12)$$

2.4 Perencanaan Sistem Pengendalian Proses

Pengendalian proses didefinisikan sebagai suatu usaha untuk mengatur proses yang dinamis agar berjalan sesuai dengan yang telah ditetapkan sebelumnya atau dikendaki, dimana perencanaan sistem pengendali bertujuan untuk mengatur suhu, *humidity* dan kecepatan udara pada alat *Tray Dryer* Mie Jagung *Hi-Calcium* dengan menghasilkan kinerja yang optimal dan dapat dikenal juga 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 hal yang penting untuk industri dan umkm, bukan hanya pengendalian otomatik yang diterapkan di bidang teknologi proses untuk menjaga kondisi proses agar sesuai dengan yang diinginkan tetapi seluruh komponen yang terhimpun dalam pengendalian proses, dimana pengendalian proses disebut sistem pengendalian atau sistem kontrol. Sistem pengendalian harus dapat mengukur, membandingkan dan mengevaluasi.

2.4.1 Faktor-Faktor yang Mendasari Perancangan Pengendalian.

Faktor-faktor yang mendasari perancangan pengendalian proses adalah Keamanan, Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3), Spesifikasi Produk, Batasan Operasi, Ekonomi dan Peraturan Lingkungan (Meidinariasty, 2016).

1. Keamanan, Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)
2. Spesifikasi Produk
3. Batasan Operasi
4. Ekonomi
5. Peraturan Lingkungan

2.4.1.1 Syarat Sistem Pengendalian Proses

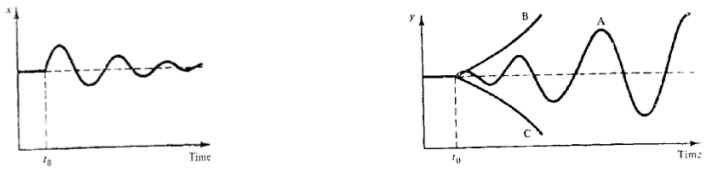
Umumnya ada tiga syarat yang harus dipenuhi oleh sebuah sistem pengendalian agar pengendalian dapat berjalan dengan baik.

1. Menekan Pengaruh Gangguan dari Luar

Tujuan paling umum dari pengendalian adalah menekan gangguan dari luar yang berarti efek dari lingkungan terhadap unit proses seperti reaktor, separator, penukar panas dan sebagainya diluar kendali operator sehingga memerlukan mekanisme pengendalian yang memberikan perubahan yang diperlukan proses.

2. Memastikan Kestabilan Proses

Suatu proses yang dinamis akan selalu mengalami perubahan yang dapat berakibat pada kestabilan proses. Respon kestabilan proses dapat dilihat pada Gambar 7.

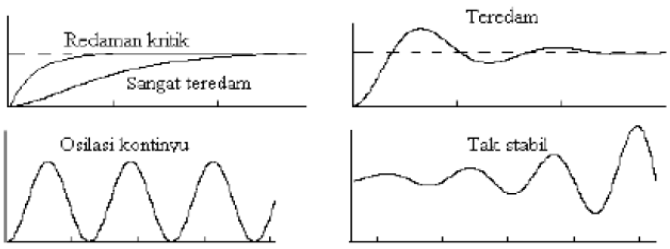


(a) (b)

Sumber : Johnson, 1997

Gambar 7. Respon Pengendalian Stabil (a) dan Tidak Stabil (b)

Tanggapan transien sistem pengendalian menentukan apakah proses masih dapat tergolong stabil atau tidak, karena seringkali beban dapat berubah secara acak tergantung sistem proses dan lingkungannya. Idealnya nilai variabel proses oasti 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 (*critaclly damped*), teredam (*underdamped*), osilasi kontinyu (*sustained oscillation*) atau tidak stabil (Heriyanto, 2011). Perubahan tanggapan transien dapat dilihat pada Gambar 8.



Sumber: Heriyanto, 2011

Gambar 8. Perubahan Tanggapan Transien

3. Mengoptimalkan Kinerja Proses.

Misalkan pada suatu reaksi endotermis didalam reaktor berjaket terjadi perubahan zat A menjadi B. apabila suplai panas ke jaket maka produk B tidak akan dihasilkan, sedangkan apabila suplai panas berlebih maka kemungkinan zat akan rusak. Sehingga diperlukan 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.

2.4.2 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 : *Thermocouple* 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*. Jalu 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.

2.4.3 Karakteristik Pengendalian Proses

Sebelum pengendalian tersebut dilakukan, tujuan pengendalian haruslah ditetapkan terlebih dahulu. Misalnya pada pemanasan fluida cair didalam tangki maka tujuan pengendalian adalah mepertahankan temperatur fluida cair didalam tangki. Untuk mendapatkan tipe pengendali yang sesuai harapan maka perancangan pengendali harus memiliki beberapa karakteristik yang harus dipenuhi, yaitu (Yuniar, dan Anerasari M. 2014) :

1. Proses

Secara umum, suatu proses dapat terdiri dari suatu rakitan kompleks, kejadian yang menghubungkan beberapa urutan produksi atau pembuatan. Ada proses yang bervariabel tunggal dimana hanya ada satu variabel yang akan

dikendalikan. Sebaliknya ada proses multi variabel dimana variabel cukup banyak yang mungkin bisa berkaitan satu sama lain dan membutuhkan regulasi.

2. Pengukuran

Untuk dapat mengontrol suatu variabel dinamis dalam proses maka harus didapatkan infromasi dari variabel itu sendiri. Transduser adalah alat yang dipakai untuk melakukan pengukuran awal dan sekaligus menkonversi energi dari variabel dinamis menjadi informasi lisrik yang analog. Pengukuran yang dapat dilakukan lagsung pada variabel yang ingin diukur atau dikendalikan disebut Pengukuran Primer. Apabila pengukuran tidak dapat dilakukan pada variabel yang ingin diukur dan membuat suatu hubungan matematis maka disebut Pengukuran Sekunder.

3. Memilih variabel yang dimanipulasi

Setelah pengendalian diterapkan, maka pemilihan variabel manipulasi dengan mudah dan aman dapat berakibat langsung pada proses yang dikendalikan. Contohnya, pemanasan fluida cair ditangki dengan koil pemanas berisi *steam*, maka variabel manipulasi yang dipilih berupa laju aliran *steam*.

4. Memilih Konfigurasi Pengendalian

Konfigurasi pengendalian didefinisikan sebagai susunan informasi yang digunakan untuk menghubungkan pengukuran kepada variabel yang dimanipulasi. Secara umum ada tiga jenis konfigurasi pengendalian, yaitu :

A. Konfigurasi Sistem *Feedback*
B. Konfigurasi Sistem *Feed Forward*
C. Konfigurasi Sistem *Inferensial*

2.4.4 Mode Pengendali Kontinyu

Mode pengendali kontinyu pada dasarnya dibagi 3 jenis yaitu mode pengendali *proportional*, mode pengendali *integral* dan mode pengendali *derivative*. Pada aplikasinya, ketiga mode pengendali ini mengatur jalannya proses pada alat *Tray Dryer* pembuatan Mie Jagung *Hi-Calcium* dengan digabungkan 3 jenis metode pengendali untuk meningkatkan hasil pengendalian,

mengurangi kekurangan mode tunggal, dan dapat meperkecil eror pengukuran dalam pengendalian dengan melakukan aksi *offset nul* pada pengendali pada saat perlakuan kalibrasi sehingga *error* pegendalian dapat diminimalisir mode *Proportional*.

Mode *proportional* merupakan mode perbaikan dari pengendali dua posisi (on/off) dimana terdapat hubungan garis lurus yang mulus antara *output* dan *error* yang terjadi. Pada rentang *error* di dekat *setpoint*, setiap harga *error* mempunyai hubungan linier yang mencakup *output* pengendalian dari 0% - 100% yang disebut pita *proportional* (*Proportional Band*).

Kelemahan dari mode *proportional* apabila digunakan tunggal adalah kecenderungan pengendali untuk mengalami offset, yaitu *error* residu di sekitar daerah setpoint. Pada keadaan ini *controller* (pengendali) mengalami gangguan tidak dapat memberikan output yang seharusnya, pengendali hanya memberikan output yang sama walau *error* bertambah.

A. Mode *Integral*

Mode pengendali *integral* disebut juga mode reset karena pengendali bergerak dengan cepat mengembalikan beban kembali ke *error* nol (*setpoint*). Pada aplikasinya output *controller* akan menggerakkan elemen *control* akhir dengan cepat dan memeperkecil error, kemudian elemen control akhir akan memperlambat gerakan dan sistem kemudian membawa *error* ke nol (*re-set*).

Apabila terdapat process *lag* yang besar, error akan berosilasi di daerah nol dan menyebabkan sikling yang akan membuat *controller* jenuh. Mode *integral* tidak digunakan secara tunggal melainkan digabung dengan mode *proportional* atau gabungan ketiganya.

B. Mode *Derivative*

Pada mode *derivative* output dari *controller* tergantung pada laju perubahan *error*. Mode ini sering disebut juga mode antisipasi atau mode laju. Mode *derivative* memperbaiki / mempercepat respon terhadap sistem *control* dan memberikan efek menstabilkan proses. Respon terhaadap laju perubahan menghasilkan koreksi yang berarti sebelum *error* semakin besar (antisipasi error)

terutama untuk sistem control yang perubahan bebannya terjadi secara tiba –tiba, karena mode melawan perubahan – perubahan yang terjadi dalam output *controller* sehingga efeknya menstabilkan loop tertutup dan meredam osilasi yang terjadi.

2.5 Perencanaan Sistem Pengendalian PID (*Proportional – Integral - Derivative*).

PID (*Proportional – Integral – Derivative controller*) merupakan *controller* untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem tersebut. Pengontrol PID adalah pengontrol konvensional yang banyak dipakai dalam dunia industri. Pengontrol PID akan memberikan aksi kepada *Control Valve* berdasarkan besar error yang diperoleh. *Control valve* akan menjadi aktuator yang mengatur aliran fluida dalam proses industri yang terjadi Level air yang diinginkan disebut dengan Set Point. *Error* adalah perbedaan dari Set Point dengan level air *actual* (AL"AMIN SIRAIT, 2013).

Adapun persamaan pengontrol PID adalah :

$$mv(t) = K_p\left(e(t) + \frac{1}{T_i}\int_0^t e(t)dt + T_d\frac{de(t)}{dt}\right) \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

Keterangan :

mv(t) = output dari pengontrol PID atau *Manipulated Variable*

Kp = konstanta Proporsional

Ti = konstanta Integral

Td = konstanta Detivatif

e(t) = error (selisih antara set point dengan level aktual)

Persamaan pengontrol PID diatas dapat juga dituliskan sebagai berikut :

$$mv(t) = K_p e(t) + K_i\int_0^t e(t)dt + K_d\frac{de(t)}{dt} \quad \ldots.. \quad (2)$$

Dengan :

$$K_i = K_p \times \frac{1}{T_i} \text{ dan } K_d = K_p \times Td$$

….. (3)

Sumber : http://putraekapermana.wordpress.com/2013/11/21/pid/

Untuk lebih maksimalkan kerja pengontrol diperlukan nilai batas minimum dan maksimum yang akan membatasi nilai *Manipulated Variable* yang dihasilkan. Komponen kontrol PID ini terdiri dari tiga jenis yaitu *Proportional, Integral and Derivative.* Ketiganya dapat dipakai bersamaan maupun sendiri-sendiri tergantung dari respon yang kita inginkan terhadap suatu *plant* (AL‟AMIN SIRAIT, 2013). Berdasarkan karakteristik pengontrol ini, pengontrol diferensial umumnya dipakai untuk mempercepat respon awal suatu sistem, tetapi tidak memperkecil kesalahan pada keadaan tunaknya. Kerja pengontrol *diferensial* hanyalah efektif pada lingkup yang sempit, yaitu pada periode peralihan. Oleh sebab itu pengontrol *diferensial* tidak pernah digunakan tanpa ada kontroler lainnya. Efek dari setiap pengontrol *Proportional, Integral and Derivative* pada sistem lup tertutup disimpulkan dapat dilihat pada Tabel 1. (AL‟AMIN SIRAIT, 2013).

Tabel 1. Pengontrol *Proportional, Integral Derivative* pada sistem lup tertutup

Respon Lup tertutup	*Riset Time*	*Overshoot*	*Settling Time*	*Steady-State Error*
Proportional	Menurunkan	Meningkatkan	Perubahan Kecil	Menurunkan Mengurangi
Integral	Menurunkan	Meningkatkan	Meningkatkan	Mengeliminasi
Derivative	Perubahan	Menurunkan	Menurunkan	Perubahan Kecil

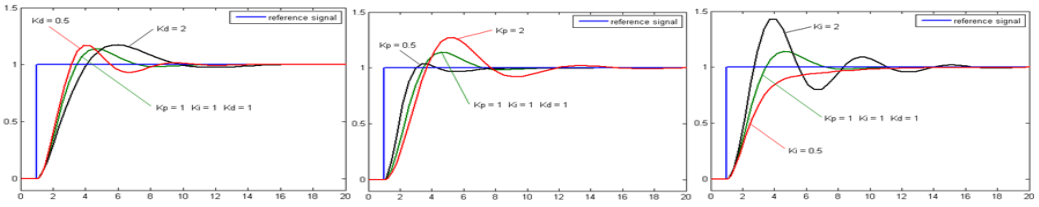
Sumber:www.academia.edu/9928544/Teori_Kontrol_PID_Proportional_Integral_Derivative+&cd=1&hl=en&ct=clnk&gl=id

Setiap kekurangan dan kelebihan dari masing-masing pengontrol P, I dan D dapat saling menutupi dengan menggabungkan ketiganya secara paralel menjadi pengontrol proporsional plus *integral plus diferensial* (pengontrol PID). Elemen-elemen pengontrol P, I dan D masing-masing secara keseluruhan

1. Bertujuan.mempercepat reaksi sebuah sistem mencapai set point-nya
2. Menghilangkan *offset*
3. Menghasilkan perubahan awal yang besar dan mengurangi *overshoot.*

Dapat Kita ambil contoh dari pengukuran temperatur, setelah terjadinya pengukuran dan pengukuran kesalahan maka kontroler akan memustuskan seberapa banyak posisi tap akan bergeser atau berubah. Ketika *controler* membiarkan *valve* dalam keadaan terbuka, dan bisa saja *controler* membuka sebagian dari *valve* jika hanya dibutuhkan air yang hangat, akan tetapi jika yang dibutuhkan adalah air panas, maka *valve* akan terbuka secara penuh. Ini adalah contoh dari *proportional control*. Dan jika ternyata dalam prosesnya air panas yang diharapkan ada datangnya kurang cepat maka *controller* bisa mempercepat proses pengiriman air panas dengan membuka valve lebih besar atau menguatkan pompa, inilah yang disebut dengan *integral control* (AL‟AMIN SIRAIT, 2013).

Karakteristik pengontrol PID sangat dipengaruhi oleh kontribusi besar dari ketiga parameter P, I dan D. Penyetelan konstanta Kp, Ki dan Kd akan mengakibatkan penonjolan sifat dari masing-masing elemen. Satu atau dua dari ketiga konstanta tersebut dapat disetel lebih menonjol disbanding yang lain. Konstanta yang menonjol itulah akan memberikan kontribusi pengaruh pada respon sistem secara keseluruhan. Adapun beberapa grafik dapat menunjukkan bagaimana respon dari sitem terhadap perubahan Kp, Ki, dan Kd dapat dilihat pada Gambar 9. (AL‟AMIN SIRAIT, 2013):



Sumber:www.academia.edu/9928544/Teori_Kontrol_PID_Proportional_Integral_Derivative+&cd=1&hl=en&ct=clnk&gl=id

Gambar 9. Respon sistem perubahan Kp, Ki dan Kd.

PID *Controler* adalah *controller* yang sangat cocok untuk penggunaan alat pengering tipe *Tray Dryer* Mie Jagung *Hi-Calcium*. Sistem pengendalian menjadi

bagian yang tidak bisa terpisahkan dalam proses kehidupan ini khususnya dalam bidang rekayasa industri dan teknologi pengolahan pangan, karena dengan bantuan sistem pengendalian maka hasil yang diinginkan dapat terwujud. Sistem pengendalian dibutuhkan untuk memperbaiki tanggapan sistem dinamik agar didapat sinyal keluaran seperti yang diinginkan. Sistem kendali yang baik mempunyai tanggapan yang baik terhadap sinyal masukan yang beragam (AL‟AMIN SIRAIT, 2013).

2.6 Bahan Komponen Utama PID (*Proportional, Integral, and Derivative)*

2.6.1 *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. 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.

2.6.2 *Thermocouple.*

Thermocouple adalah jenis sensor suhu yang digunakan untuk mendeteksi atau mengukur suhu melalui dua jenis logam konduktor berbeda yang digabung pada ujungnya sehingga menimbulkan efek "*Thermo-electric".* Efek *Thermo-electric* pada *Thermocouple* ini ditemukan oleh seorang fisikawan Estonia bernama *Thomas Johann Seebeck* pada Tahun 1821, dimana sebuah logam konduktor yang diberi perbedaan panas secara gradient akan menghasilkan tegangan listrik. Perbedaan Tegangan listrik diantara dua persimpangan *(junction*) ini dinamakan dengan Efek "*Seeback*". (Agustanto, 2011)

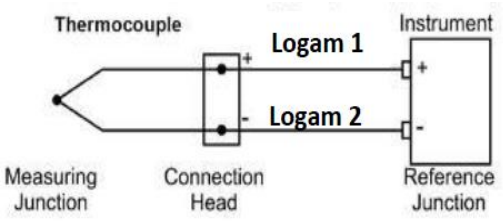
Sumber : Agustanto, 2011

Gambar 10. Termokopel Tipe K

Thermocouple tipe K dapat dilihat pada Gambar 10, diatas merupakan salah satu jenis sensor suhu yang paling populer dan sering digunakan dalam berbagai rangkaian ataupun peralatan listrik dan elektronika yang berkaitan dengan temperatur. Beberapa kelebihan *Thermocouple* tipe K yang membuatnya menjadi populer adalah responnya yang cepat terhadap perubahaan suhu dan juga rentang suhu operasionalnya yang luas yaitu berkisar diantara -200˚C hingga 2000˚C. Selain respon yang cepat dan rentang suhu yang luas.

Thermocouple ini juga tahan terhadap goncangan/getaran dan mudah digunakan. (Agustanto, 2011).

Salah satu elemen pendeteksi atau sensor suhu yang umumnya sering digunakan adalah termokopel. *Thermocouple* berasal dari kata “Thermo” yang berarti panas “Couple” yang bererti 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, dan Anerasari M. 2014). Rangkaian umum dari termokopel ditunjukkan pada Gambar 11.



Sumber: Yuniar, dan Anerasari M. 2014

Gambar 11. Rangkaian dasar *Thermocouple*

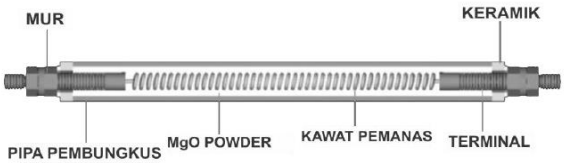
2.6.2.1 Prinsip Operasi *Thermocouple*

Metode listrik yang paling umum digunakan untuk pengukuran suhu adalah termokopel. Termokopel bekerja berdasarkan efek termoelektrik yang terdiri dari efek seebeck, *Thompson* dan *Peltier*.

1. Efek Seebeck
2. Efek Peltier

2.6.3 Elemen Panas

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 dapat dilihat pada Gambar 12.



Sumber : Agustanto, 2011

Gambar 12. Bagian dalam Elemen Pemanas

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. *Tubular heater* merupakan elemen pemanas listrik dimana gulungan koil *resistance wire* dimasukkan ke dalam pipa dan di cor bersama-sama bubuk *isolator* (*MgO powder*) yang berkemampuan meneruskan panas dan *isolator* listrik yang baik, sehingga arus listrik tidak menembus dan mengalir pada pipa pembungkusnya, proses pengecorannya dilakukan dengan menggunakan mesin isi (*filling machine*) yang dirancang sedemikian rupa. Material pipa atau *tubing* yang digunakan sebagai pembungkus atau selongsong *tubular heater* ini biasanya

disesuikan dengan tujuan penggunaan heater tersebut, misalnya untuk memanaskan udara, air, cairan kimia dan lainnya.

Pada umumnya bahan yang sering digunakan adalah: *Stainless Steel* 304, *Stainless Steel 316, Incoloy,* Tembaga, *Titanium*. *Resitance Wire* yang digunakan adalah kawat tahanan yang dimensinya disesuiakan dengan daya yang diminta, dimana kawat ini tahan pada suhu kerja maksimal 1300ºC. Isolator tahan panas yang digunakan sebagai pengikat dan pembatas antara pipa dan kawat tahanan adalah bubuk MgO yang mempunyai titik cair 2900ºC.

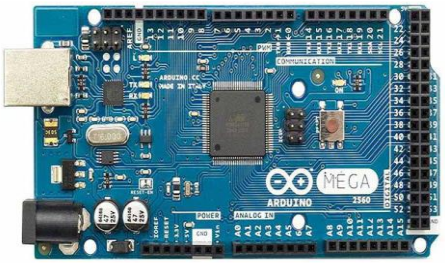
2.6.4 *Mikrocontroller*

Mikrocontroller adalah sebuah sistem komputer fungsional dalam sebuah chip. Di dalamnya terkandung sebuah inti prosesor, memori (sejumlah kecil RAM, memori program, atau keduanya). Dengan kata lain, *mikrocontroller* adalah suatu alat elektronika *digital* yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus. Mikro*controller* memiliki kemampuan untuk dapat diprogram dan digunakan untuk suatu proses pengendalian. Kehadiran mikro*controller* tidak terlepas dari dua alasan utama, yaitu kebutuhan pasar (*market needed)* dan perkembangan teknologi baru (*expansion of Technology)*. Dimana kebutuhan yang luas dari produk elektronik akan perangkat pintar yang dapat digunakan sebagai pengendali dan pemroses data. Sedangkan dengan adanya perkembangan teknologi, dengan hanya menggunakan *chip* berukuran kecil namun tetap memiliki kemampuan komputasi yang cepat, konsumsi daya rendah dan harga yang ekonomis. (Wisnu, 2011)

2.6.4.1 *Mikrocontroller* Arduino

Mikrocontroller Arduino merupakan *platform* dari *physical computing* yang bersifat *open source.* Arduino merupakan kombinasi dari hardware, bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment* (IDE) yang canggih (Santoso,2015). IDE ialah *software* yang penting untuk menulis program, mengkompilasi menjadi kode biner dan mengupload ke dalam memori mikro*controller*. Arduino memiliki tipe Atmega yang berbeda sesuai dengan

spesifikasinya, contohnya Arduino Uno dengan Atmega 328 dan Arduino Mega dengan Atmega 2560 yang lebih canggih dapat dilihat pada Gambar 13.



Sumber: Santoso, 2015

Gambar 13. Arduino Mega 2560

Dalam suatu rancangan yang melibatkan banyak sensor dan penggeraknya biasanya digunakan Arduino Mega 2560, karena memiliki 54 pin digital input/output (dimana 14 pun dapat digunakan sebagai keluaran PWM), 16 pin input analog, 2 UARTs (*Hardware Serial Ports)*.

Kelebihan *Microcontroller* Arduino :

Tujuan dibuatnya Arduino adalah memudahkan pengguna dalam berinteraksi dengan lingkungannya dengan menggunakan mikro*controller* AVR. Arduino dikembangkan dengan prinsip *user friendly* sehingga menghasilkan sebuah *board* Mikro*controller* yang bersifat *open source* yang bisa diperlajari bahkan dikembangkan oleh siapapun.

Selain itu ada beberapa kelebihan yang membuat mikro*controller* Arduino lebih unggul dibandingkan *controller* lainnya, yaitu:

1. Ekonomis.
2. Sederhana dan bahasa pemrograman yang tidak begitu rumit.
3. Perngkat lunak *open source*
4. Perangkat keras *open source*
5. Memiliki port USB

2.7 *Dry Noodle*

Mie adalah produk olahan makanan yang berbahan dasar tepung terigu dengan atau tanpa penambahan bahan makanan lain dan bahan tambahan makanan yang diizinkan (Faridah dan Widjanarko, 2014). Mie kering merupakan produk mie yang dikeringkan hingga mencapai kadar air sekitar 8-10%. Mie kering diolah dengan metode mengeringkan mie mentah secara dijemur atau dalam oven pada suhu ± 50ºC dan mempunyai daya simpan yang lebih lama tergantung dari kadar airnya. Ciri-ciri mie kering yang memiliki kualitas yang baik adalah penampakan cerah, permukaan lembut, tidak ditumbuhi mikroba dan tidak hancur dan pecah selama pemasakan. Secara umum, tahapan-tahapan dalam pembuatan mie kering antara lainpencampuran dan pengadukan, pembuatan lembaran, pemotongan, pengukusan, pengeringan dan pendinginan. Tahap pencampuran dan pengadukan memiliki tujuan agar bahan-bahan yang digunakan tercampur secara homogen dan kalis.

Tahap pembuatan lembaran merupakan tahap pembentukan lembaran yang akan dipotong menjadi bentuk khas mie dan bertujuan untuk memudahkan proses gelatinisasi pati pada tahapan pengukusan. Tahap pemotongan bertujuan untuk membentuk mie dan mempermudah transfer panas sehingga dapat mempercepat gelatinisasi saat pengukusan. Tahap pengukusan dilakukan agar pati mengalami gelatinisasi dan koagulasi gluten. Tahap terakhir adalah tahap pengeringan yang dilakukan agar membentuk lapisan tipis protein yang dapat meningkatkan kestabilan permukaan mie selama dilakukannya perebusan (Liandani dan Zubaidah, 2015).

Syarat mutu mie kering dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Syarat Mutu *Dry Noodle* berdasarkan SNI

No	Uraian	Satuan	Persyaratan	
			Mutu I	Mutu II
1	Keadaan			
	1.1 Bau		Normal	Normal
	1.2 Rasa		Normal	Normal
	1.3 Aroma		Normal	Normal
2	Air	% b/b	Maks. 8	Maks. 10
3	Abu	% b/b	Maks. 3	Maks. 3
4	Protein	% b/b	Maks. 11	Maks. 8
5	Bahan Tambahan makanan			
	5.1 Boraks		Tidak boleh ada sesuai dengan peraturan	
	5.2 Perwana			
6	Cemaran Logam			
	6.1 Timbal (Pb)	mg/kg	Maks. 1.0	Maks. 1.0
	6.2 Tembaga (Cu)	mg/kg	Maks. 10.0	Maks. 1.0
	6.3 Sen (Zn)	mg/kg	Maks. 40.0	Maks. 40.0
	6.4 Raksa (Hg)	mg/kg	Maks. 0.05	Maks. 0.05
7	Arsen (Ar)		Maks. 0.5	Maks. 0.5
8	Cemaran Mikroba			
	8.1 Angka Lempeng Total	Koloni/g	Maks. 1 x 10^6	Maks. 1 x 10^6
	E.Coli	APM/g	Maks. 10.0	Maks. 10.0
	Kapang	Koloni/g	Maks. 1 x 10^4	Maks. 1 x 10^4

Sumber : Liandani dan Zubaidah, 2015

2.8 Tepung Jagung

Gambar 14. Tepung Jagung

Menurut Tjitrosoepomo (1983), tanaman jagung diklasifikasikan sebagai berikut :

- *Kingdom* : *Plantae*
- *Divisio* : *Spermatophyta*
- *Sub Divisio* : *Angiospermae*
- Kelas : *Monocotyledone*
- *Ordo* : *Graminae*
- *Family* : *Graminaceae*
- *Genus* : *Zea*
- Spesies : *Zea maysL.*

Biji jagung terdiri dari endosperm, lembaga, perikarp, dan tipcap (tudung pangkalbiji). Bagian utama biji jagung yaitu endosperm, hampir seluruh bagiannya terdiri dari karbohidrat baik pada bagian lunak (fluory endosperm) maupun pada bagianyang keras (horny endosperm). Pati pada endosperm tersusun dari senyawa anhidro glukosa yang terdiri dari dua molekul utama yaitu amilosa dan amilopektin. Biji jagung merupakan jenis serealia dengan ukuran terbesar dan berat rata-rata 250-300 mg (Mudjisihono,1994). Biji jagung diklasifikasikan sebagai kariopsis karena biji jagung memiliki struktur embrio yang sempurna, serta nutrisi yang dibutuhkan oleh calon individu baru untuk pertumbuhan dan perkembangan menjadi tanaman jagung.

Tepung Jagung adalah pati yang didapatkan dari endosperma biji jagung. Tepung jagung merupakan bahan makanan populer yang biasa digunakan sebagai bahan pengental sup atau saus, dan digunakan untuk membuat sirup jagung dan pemanis lainnya. Tepung jagung memiliki kadar air antara 7,4 sampai 9,27% (Tabel 3). Kadar air tepung jagung ini sesuai dengan yang ditetapkan SNI 01-3727

(1995) maksimal 10%. Kadar air tepung jagung ini lebih rendah dibandingkan hasil Aini dkk. (2010*)* sebesar 10 sampai 11,7%; juga lebih rendah dari Chanvrier dkk. (2006) yaitu 12%. Perbedaan kadar air ini disebabkan oleh waktu dan metode pengeringan yang berbeda.

Aini dkk (2010) membuat tepung jagung menggunakan pengering cabinet suhu 50 ºC selama 3 jam, sedangkan pada penelitian ini waktu pengeringan yang digunakan adalah 12 jam. Waktu pengeringan yang lebih lama menghasilkan kadar air yang lebih rendah.Suatu bahan pangan harus memiliki kadar air rendah sehingga dapat disimpan dalam jangka waktu lama. Bahan pangan berbentuk tepung untuk dapat disimpan dalam jangka waktu lama harus memiliki kadar air di bawah 10%, dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5 perbandingan komposisi kimia tepung jagung dan tepung terigu.

Menurut Rachman. 2008, tepung terigu yang memiliki kadar air 13 sampai 15% memiliki masa simpan setahun. Tepung jagung yang memiliki kadar air rendah (7,4 – 9,27%) ini diharapkan memiliki umur simpan lebih dari setahun sehingga penggunaan dan distribusinya lebih luas. Tepung jagung juga memiliki mutu yang bervariasi, tergantung dari jenis jagungnya bertujuan mendapatkan kualitas yang baik. Oleh karena itu, ditentukan kriteria mutu tepung jagung berdasarkan SNI yang dapat dilihat pada Tabel 3, dimana kualitas tepung jagung memiliki kualitas yang sama pada tepung terigu sebagai bahan baku pembuatan *dry noodle*.

Pada proses selanjutnya pembuatan mie kering pada umunya menggunakan bahan tepung terigu tapi kali ini digantikan menggunakan tepung jagung dan dilakukan juga penambahan ikan teri supaya dalam kandungan mie kering nanti (*dry Noodle*) memliki kandungan kalsium tinggi.

Tabel 3. SNI (Standar Mutu Nasional) Pembuatan Tepung Jagung.

Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
Bau	-	Normal
Rasa	-	Normal
Warna	-	Normal
Benda Asing	-	Tidak Boleh
Serangga	-	Tidak Boleh
Pati Lain Selain Jagung	-	Tidak Boleh
Kehalusan		
Lolos 80 Mesh	%	Minimun 70
Lolos 60 Mesh	%	Maksimum 99
Air	% (b/b)	Maksimum 10
Abu	% (b/b)	Maksimum 1.50
Silikat	% (b/b)	Maksimum 0.01
Serat Kasar	% (b/b)	Maksimum 1.50
Derajat asam	ml N NaOH/100g	Maksimum 4.0
Timbal	mg/kg	Maksimum 1.0
Tembaga	mg/kg	Maksimum 10
Seng	mg/kg	Maksimum 40
Raksa	mg/kg	Maksimum 0.05
Cemaran Arsen	mg/kg	Maksimum 0.50
Angka Lempeng Total	Koloni/g	Maksimum 5×10^6
E.coli	APM/g	Maksimum 10
Kapang	Koloni/g	Maksimum 10^4

Sumber : Badan Standarisasi Nasional (1995)

Tabel 4. Komposisi Kimia Tepung Terigu.

Zat Gizi	Kandungan (g)
Karbohidrat	76.3
Protein	10.3
Lemak	1
Serat	2.7
Kalsium	15
Magnesium	22
Air	12

Sumber : Badan Standarisasi Nasional (1995)

Tabel 5. Komposisi Kimia Tepung Jagung.

Sampel	Kadar air (bb)	Abu (bk)	Lemak (bk)	Pati (bk)	Protein Terlarut (bk)	Protein total (bk)	Amilosa (bk)
F1T1	7.8^{c}	0.4	2.2	73.34^{c}	1.30^{c}	7.2^{bc}	28
F1T2	7.5^{c}	0.2	2.1	73.96^{c}	1.61^{bc}	7.6^{b}	32.2
F1T3	7.5^{c}	0.3	1.9	75.43^{c}	1.50^{c}	7.7^{b}	33
F1T4	8.3^{bc}	0.2	1.8	74.09^{c}	1.64^{bc}	7.5^{b}	34
F2T1	7.4^{c}	0.3	1.9	75.8^{c}	1.63^{bc}	7.6^{b}	28.1
F2T2	7.5^{c}	0.3	1.7	76.31b^{c}	1.8^{bc}	8.4^{a}	27.3
F2T3	7.9^{c}	0.3	1.9	76.7^{b}	2.02^{ab}	8.5^{a}	29.5
F2T4	8.7^{a}	0.3	1.8	76.1^{bc}	2.23^{ab}	8.4^{a}	33.7
F3T1	8.4^{a}	0.3	2.3	79.1^{a}	1.85^{bc}	7.8^{b}	26.9
F3T2	8.4^{a}	0.3	1.7	80.3^{a}	2.12^{ab}	8.1^{ab}	33.7
F3T3	9.3^{a}	0.2	1.6	80.1^{a}	2.32^{ab}	8.3^{a}	28.9
F3T4	8.9^{a}	0.1	1.8	80.4^{a}	2.36^{ab}	8.3^{a}	35.9
F4T1	9.0^{a}	0.3	2	80.0^{a}	1.87^{bc}	7.8^{b}	27.6
F4T2	8.0^{ab}	0.2	1.9	79.7^{a}	2.28^{ab}	8.1^{ab}	32.8
F4T3	7.7^{bc}	0.3	1.9	79.7^{a}	2.48^{ab}	8.3^{ab}	33.2
F4T4	7.9^{bc}	0.1	1.9	80.3^{a}	2.51^{ab}	8.1^{ab}	32.5

Sumber : Badan Standarisasi Nasional (1995)

Keterangan :

- F1 : Fermentasi Spontan (Menggunakan air)
- F2 : Fermentasi menggunakan ragi tape
- F3 : Fermentasi menggunakan *Lactobacillus bulgaricus*
- F4 : Fermentasi menggunakan *Lactobacillus cassei*
- T1 : 20 jam
- T2 : 40 jam
- T3 : 60 jam
- T4 : 80 jam