

# Aplikasi Kontrol PID untuk Kontrol Suhu dan *Humidity* pada Sistem Pengeringan Seledri

Ulfah Mediaty Arief

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

ulfahmediatyburhan@gmail.com

**Abstrak**— Pengeringan pada prinsipnya merupakan proses penguapan air dari bahan basah, yang bertujuan untuk mendapatkan produk dengan kadar air tertentu. Pengeringan dipengaruhi oleh faktor-faktor komponen bahan, bentuk bahan, suhu dalam pengeringan, dan perlakuan pra-proses. Pengeringan dapat dilakukan secara alami maupun secara mekanis yaitu dengan menggunakan alat pengering. Pada proses pengeringan ada beberapa kondisi yang mempengaruhi antara lain suhu, kelembaban dan kecepatan (laju) pengeringan. Suhu dan *humidity* yang mempengaruhi pengeringan sehingga aplikasi sistem kontrol suhu dan *humidity* udara yang masuk menjadi faktor yang penting bagi keberhasilan proses pengeringan karena teknologi pengeringan produk yang sensitif terhadap panas. (Djaeni, 2008). Dalam penelitian ini digunakan pengendali PID (*Proporsional-Integral - Derivatif*) yang akan mengontrol pemanas (*heater*) pada Alat pengeringan. Pengendali ini mengontrol suhu ruangan pengeringan menjadi stabil dan dapat diperoleh hasil pengeringan secara cepat dan efisien. Sinyal kontrol tersebut digunakan untuk pengaturan tegangan AC pada *heater* dengan prinsip kontrol sudut fasa. Sinyal kontrol ini memiliki parameter-parameter pengontrol, yaitu konstanta proporsional ( $K_p$ ) = 200 dan konstanta integral ( $K_i$ ) = 0.05 dan konstanta derivatif ( $K_d$ ) = 10. Proses pengeringan dipengaruhi oleh laju pengeringan yaitu kecepatan kemampuan udara dalam menyerap uap air yang dipengaruhi oleh jumlah dan posisi air dalam bahan, sifat bahan. Pada awal proses pengeringan, kecepatan penguapan air meningkat, kemudian setelah mencapai periode tertentu akan tetap (*constant rate periode*) dan akhirnya menurun (*falling rate periode*). Kontrol suhu dan *humidity* dapat mengatur suhu pengeringan dengan stabil sehingga laju pengeringan dari hasil penelitian ini pada suhu 70 °C akan semakin meningkat yaitu pada 15 menit pengeringan awal, laju kecepatan pengeringan sebesar 0,01 gr/menit pada batang dan 0,38 gr/menit pada daun. Pada pengeringan batang seledri profil laju pengeringan lebih cepat dari pada pengeringan pada daun karena pengeringan *tray drier* dengan kapasitas yang sama untuk batang lebih baik menerima aliran panas dibanding daun.

**Kata kunci**— pengeringan, suhu, laju

## I. PENDAHULUAN

Seledri adalah salah satu tumbuhan herbal yang banyak dihasilkan dari perkebunan rakyat, dengan nama ilmiah *Celery Apium graveolens*, Linn. Seledri tumbuh dengan tangkai dan daun yang tebal. Tingginya kadar sodium dalam seledri sangat berguna untuk menjaga vitalitas tubuh. Seledri juga diyakini bisa menyembuhkan berbagai penyakit seperti, diare, diabetes, epilepsi, migran, buang air kecil yang mengandung darah, mencegah stroke, memperbaiki fungsi hormon, serta membersihkan darah. Jus seledri dari seledri berdaun besar bisa meningkatkan kecerdasan, mengatasi herpes, dan gondok.

Permasalahan yang dihadapi oleh petani adalah daun seledri pada saat panen raya harganya hanya Rp 500,-/kg (Biasanya harga seledri mencapai Rp 7000/kg). (Reginawati, 1999). Kelemahan sayuran seledri adalah mudah layu dalam waktu yang cukup singkat (8-12) jam sesudah dipetik. Pada saat panen raya seledri sangat berlimpah sehingga diperlukan teknologi pengeringan yang berguna untuk menjaga kestabilan produk seledri sampai siap untuk dikonsumsi. Teknologi pengeringan suhu rendah adalah teknik pengeringan yang paling sesuai untuk sayuran seledri, karena dapat menjaga

kandungan nutrisi (vitamin, protein, mineral dll) serta dapat menghemat penggunaan energi. Untuk itu diperlukan rancang bangun mesin pengering suhu rendah untuk pengeringan seledri yang sistem perancangannya disesuaikan kebutuhan serta konsumsi energi yang tersedia.

Penelitian ini merancang bangun alat pengeringan dengan aplikasi kontrol suhu dan *humidity* untuk mengatur suhu yang diharapkan tetap stabil sesuai kebutuhan pengeringan seledri tersebut. Pengontrolan suhu tersebut dilakukan dengan menggunakan metode kontrol Proporsional, Integral, dan Derivatif (PID) dan diharapkan memberikan pemanasan efisien dan sesuai yang diharapkan.

Secara umum proses pengeringan dipengaruhi oleh laju pengeringan yaitu perpindahan panas dari media pengering ke bahan yang dikeringkan, dan perpindahan masa air dari bahan yang dikeringkan ke media pengering. Peningkatan temperatur didalam molekul air menyebabkan tekanan uap air didalam molekul bertambah sehingga air yang berada dalam bahan semakin mudah keluar dari molekul bahan (Kudra T, 2002).

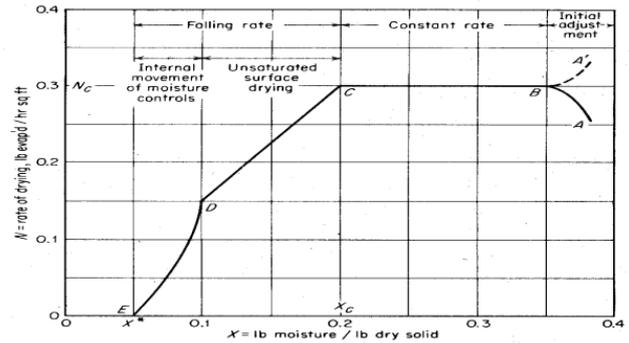
## II. TINJAUAN PUSTAKA

Seledri adalah salah satu tumbuhan herbal yang banyak dihasilkan dari perkebunan rakyat, dengan nama ilmiah *Celery Apium graveolens*, Linn. Seledri tumbuh dengan tangkai dan daun yang tebal. Tanaman seledri memiliki tinggi 25-100 cm. Batang bersegi dan beralur membujur dan memiliki bunga yang banyak dengan ukuran yang kecil. Bunga-bunga tersebut berwarna putih kehijauan. Seledri digolongkan sebagai tumbuhan sayur-mayur. Setiap 100 gr seledri memiliki: kalori sebanyak 20 kkal, protein 1 gram, lemak 0,1 gram, hidrat arang 4,6 gram, kalsium 50 mg, fosfor 40 mg, besi 1 mg, vitamin A 130 S1, vitamin B1 0,03 mg, dan vitamin C 11 mg. Tingginya kadar sodium dalam seledri sangat berguna untuk menjaga vitalitas tubuh. Seledri juga diyakini bisa menyembuhkan berbagai penyakit seperti, diare, diabetes, epilepsi, migran, buang air kecil yang mengandung darah, mencegah stroke, memperbaiki fungsi hormon, serta membersihkan darah. Jus seledri dari seledri berdaun besar bisa meningkatkan kecerdasan, mengatasi herpes, dan gondok. Permasalahan yang dihadapi oleh petani adalah daun seledri pada saat panen raya harganya hanya Rp 500,-/kg (Biasanya harga seledri mencapai Rp 7000/kg). (Reginawati, 1999).

Kelemahan sayuran seledri adalah mudah layu dalam waktu yang cukup singkat (8-12) jam sesudah dipetik. Diperlukan teknologi pengeringan yang berguna untuk menjaga kestabilan produk seledri sampai siap untuk dikonsumsi. Teknologi pengeringan suhu rendah adalah teknik pengeringan yang paling sesuai untuk sayuran seledri, karena dapat menjaga kandungan nutrisi (vitamin, protein, mineral dll) serta dapat menghemat penggunaan energi. Untuk itu diperlukan rancang bangun mesin pengering suhu rendah untuk pengeringan seledri yang sistem perancangannya disesuaikan kebutuhan serta konsumsi energi yang tersedia. Sebagai contoh rangkaian produksi, pengeringan karaginan apabila suhu dalam proses pengeringan melebihi 60°C, maka akan terjadi kecoklatan *browning* akibat terdestruksi atau terdegradasinya kandungan dextrose. (Prasetyaningrum, 2007).

Secara umum proses pengeringan terdiri dari dua langkah proses yaitu penyiapan media pengering (udara) dan proses pengeringan bahan. Penyiapan media dilakukan dengan memanaskan udara, yang dapat dilakukan dengan pemanasan alam (matahari, panas bumi) atau buatan (listrik, pembakaran kayu, arang, batubara, gas alam dan bahan bakar minyak).

Dari aspek mikroskopis, ada 2 fenomena penting dalam proses pengeringan yaitu: perpindahan panas dari media pengering ke bahan yang dikeringkan, dan perpindahan masa air dari bahan yang dikeringkan ke media pengering. Dengan kata lain, operasi pengeringan merupakan operasi yang melibatkan perpindahan massa dan panas secara simultan. Pada proses ini terjadi dalam 3 tahapan, yaitu: pemanasan pendahuluan atau penyesuaian temperatur bahan yang dikeringkan, pengeringan dengan kecepatan konstan (*Constant Rate Periode*), dan pengeringan dengan kecepatan menurun (*Falling Rate Periode*, lihat Gambar 1).



- AB = A'B' : periode penyesuaian suhu
- BC : Periode pengeringan kecepatan konstan
- CD : Periode pengeringan kecepatan menurun
- DE : Pencapaian kadar air keseimbangan

Gambar 1. Hubungan kecepatan pengeringan terhadap kadar air

Berdasarkan pada grafik di atas, maka waktu pengeringan untuk bahan dapat ditentukan. Waktu pengeringan ini diperlukan dalam membuat dimensi alat pengering, kecepatan udara yang harus dicatu, serta kapasitas bahan yang dapat dikeringkan. Sebagai proses akhir dari rangkaian produksi, pengeringan daun seledri sangat menentukan karakteristik akhir dari produk. Hal ini disebabkan proses pengeringan memiliki tingkat kesulitan dan resiko yang tinggi. Sebagai contoh apabila suhu dalam proses pengeringan melebihi 70°C, maka akan terjadi kecoklatan *browning* akibat terdestruksi atau terdegradasinya kandungan dextrose (Prasetyaningrum, 2007). Aplikasi sistem kontrol suhu dan *humidity* udara yang masuk menjadi faktor yang penting bagi keberhasilan proses pengeringan karena teknologi pengeringan produk yang sensitif terhadap panas. (Djaeni, 2008).

Kendali suhu pada alat pengering maka diharapkan tidak akan mengalami fluktuasi sehingga bahan/produk tidak akan mengalami kerusakan karena bahan menerima suhu yang sesuai untuk pengeringan bahan tersebut. Selain itu penggunaan kendali suhu pada pengering adalah untuk penghematan penggunaan energi. Hal ini dikarenakan besarnya energi yang berikan ke pemanas diatur oleh sistem kendali (kontrol) sesuai dengan suhu yang digunakan untuk pengeringan. Kebutuhan teknologi yang semakin maju, menuntut berkembangnya sistem kendali yang handal. Sistem kendali yang baik sangat diperlukan dalam meningkatkan efisiensi dalam proses produksi.

Dalam penelitian ini digunakan pengendali PID (*Proportional-Integral - Derivative*) yang akan mengontrol pemanas (*heater*) pada Alat pengeringan. Pengendali ini mengontrol suhu ruangan pengeringan menjadi stabil dan dapat diperoleh hasil pengeringan secara cepat dan efisien. Sinyal kontrol tersebut digunakan untuk pengaturan tegangan AC pada *heater* dengan prinsip kontrol sudut fasa. Sinyal kontrol ini memiliki parameter-parameter pengontrol, yaitu konstanta proporsional ( $K_p$ ) dan konstanta integral ( $K_i$ ) dan konstanta derivatif ( $K_d$ ).

Untuk dapat mengimplementasikan sistem kendali PID pada komputer, konstanta PID harus diubah ke dalam persamaan diskrit. Kontroler PI dapat direpresentasikan oleh salah satu dari dua bentuk berikut yaitu:

1. Bentuk Kontinyu :

$$co(t) = Kp.e(t) + Ki \int e(t) dt$$

2. Bentuk Diskrit :

$$co(k) = Kp.e(k) + KiTs \sum e(i)$$

Dimana  $Kp$  dan  $Ki$  masing-masing adalah konstanta Proporsional, dan konstanta Integral, Nilai  $Ti = Kp/Ki$ , sering dikenal sebagai konstanta waktu integral,  $\Delta e(k) = e(k) - e(k-1)$ ,  $Ts$  adalah periode sampling dan  $n$  adalah jumlah sampel data.

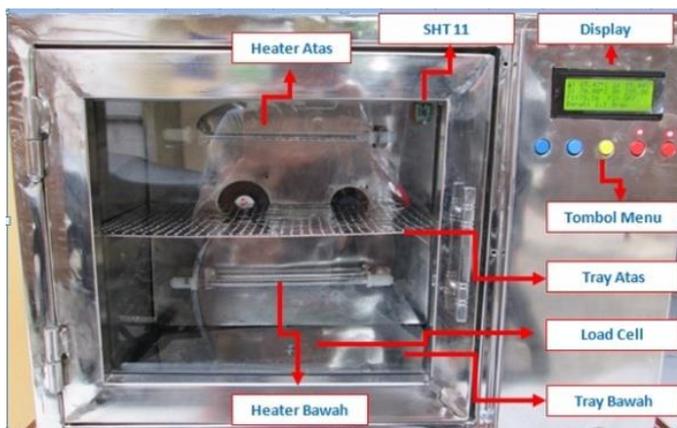
### III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dengan beberapa tahap yaitu :

1. Merancang model alat pengering dengan model *tray drier* dari bahan stainlesssteel yang ketebalannya 1 mm dengan dimensi panjang 60 cm, lebar 50 cm, dan tinggi 40 cm.
2. Merancang menggunakan kontrol suhu dan *humidity* dengan metode control PID.
3. Melakukan simulasi pengendalian suhu ruang pengering dengan control dengan beberapa set point yang berbeda.
4. Menganalisis hasil pengukuran terhadap karakteristik pengeringan dan performansi alat pengering yaitu waktu menuju suhu ruang pengering, laju pengeringan.

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan alat pengering *tray dryer* suhu rendah dengan panjang 60 cm, lebar 50 cm, dan tinggi 40 cm lihat Gambar 1.



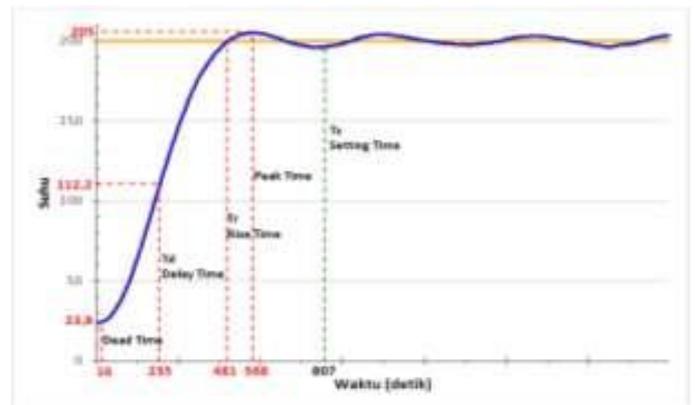
Gambar 2. Alat Pengering tray dryer dengan kontrol suhu dan humidity

Pada penelitian ini digunakan control PID untuk mengendalikan suhu. Nilai parameter  $Kp$ ,  $Ki$ ,  $Kd$  sudah deklarasikan pada fungsi *myPID.SetTunings(consKp, consKi, consKd)* dan menggunakan double  $consKp=200$ ,  $consKi=0,05$ ,  $consKd=10$ ;

Kontrol PID dibuat dalam suatu procedure program untuk merespon panas *heater* sehingga menuju set point lebih cepat dan stabil.

TABEL I. PENGUJIAN WAKTU YANG DIPERLUKAN UNTUK MENUJU SUHU DAN HUMIDITY SET POINT

No.	Waktu (S)	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
1	0	34,66	41,97
2	30	36,74	40,08
3	1,00	40,31	34,36
4	2,30	47,52	24,45
5	3,00	49,43	22,93
6	4,00	49,74	22,48
7	4,30	50,02	22,15
8	8,30	59,78	15,42
9	13,30	69,6	11,59
10	14,30	69,97	10,87
11	19,30	75,47	9,53
12	23,30	77,57	9,08
13	24,30	78,04	9,01
14	25,30	78,78	8,78
15	26,30	79,09	8,79
16	27,30	79,15	8,7



Gambar 3. Karakteristik respon sistem

Hasil analisis pengujian respon system terhadap suhu set point 80°C, dengan kondisi awal 34,66° C, ditunjukkan pada Gambar 3.

1. Waktu respon (*Dead Time*) atau waktu yang dibutuhkan oleh system untuk memulai memberikan respon/tanggapan adalah 30 detik
2. Waktu naik/*Rise Time* ( $T_r$ ) atau waktu yang diperlukan tanggapan sistem untuk naik dari 0 % sampai 100 % dari harga akhirnya 79,15°C adalah 27,30 detik
3. Waktu Tunda/*Delay Time* ( $T_d$ ) atau waktu yang sistem untuk mencapai setengah dari nilai referensi yang telah ditetapkan (80°C) adalah 14,30 detik.

4. Waktu puncak/*peak Time* ( $T_p$ ) waktu yang diperlukan tanggapan sistem untuk mencapai puncak lewatan yang pertama kali adalah 26,5 detik.
5. Lewatan maksimum/*maximum overshoot* ( $M_p$ ) atau harga puncak maksimum dari kurva tanggapan sistem adalah  $85^\circ\text{C} (+5^\circ\text{C})$ .

Kecepatan udara pengering merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pengeringan secara mekanik. Kecepatan udara pengering berpengaruh terhadap kecepatan difusi panas dari udara kedalam molekul bahan sehingga meningkatkan temperatur molekul di dalam bahan. Pada penelitian ini kecepatan udara pengering berkisar pada laju 4,3 s/d 12,9 m/detik. Peningkatan temperatur didalam molekul air menyebabkan tekanan uap air didalam molekul bertambah sehingga air yang berada dalam bahan semakin mudah keluar dari molekul bahan (Kudra T, 2002).

Selanjutnya dibuat perhitungan profil laju pengeringan (*dryng rate*), yaitu berat bahan yang diuapkan per satuan waktu (gr/menit). Hasil perhitungan ditunjukkan pada tabel. Tabel II menunjukkan laju pengeringan bahan (gr/menit) untuk daun dan Tabel III menunjukkan laju pengeringan bahan (gr/menit) untuk batang seledri pada berbagai suhu.

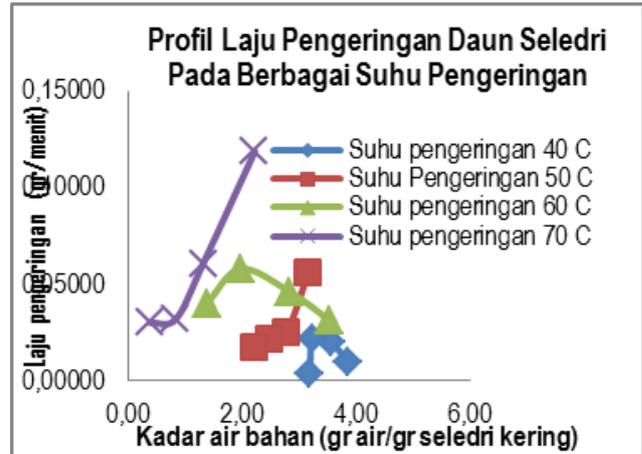
TABEL II. LAJU PENDINGERAN BAHAN DAUN (GR/MENIT)

Time (menit)	Daun			
	40	50	60	70
0				
15	0,00933	0,05600	0,03133	0,11867
30	0,02000	0,02533	0,04600	0,06067
45	0,02133	0,02133	0,05800	0,03200
60	0,00333	0,01733	0,04000	0,03000

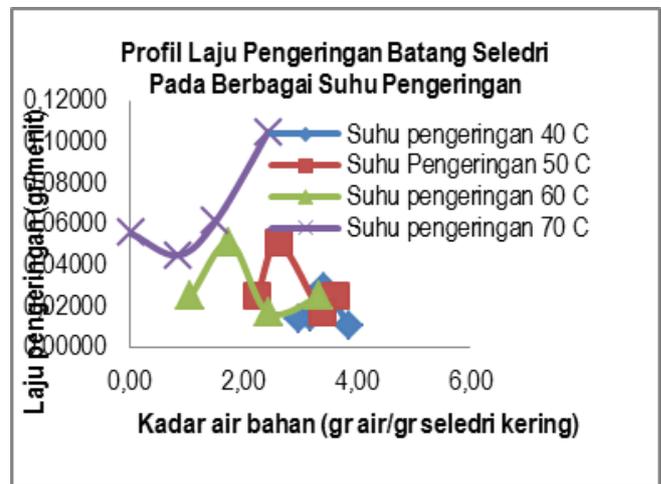
TABEL III. LAJU PENDINGERAN BAHAN BATANG (GR/MENIT)

Time (menit)	Batang			
	40	50	60	70
0				
15	0,01000	0,02467	0,02467	0,1047
30	0,02933	0,01667	0,01667	0,0613
45	0,01467	0,05067	0,05067	0,0447
60	0,01400	0,02533	0,02533	0,0553

Dari data pada Tabel II dan Tabel III, dapat digambarkan dalam bentuk profil laju pengeringan untuk daun dan batang seledri seperti ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Profil laju pengeringan daun seledri pada berbagai suhu



Gambar 5. Profil laju pengeringan batang seledri pada berbagai suhu

Pada suhu yang lebih tinggi ( $70^\circ\text{C}$ ) laju pengeringan akan semakin meningkat. Hal ini dapat dilihat pada gambar yaitu pada 15 menit pengeringan awal, laju kecepatan pengeringan sebesar 0,05 gr/menit (pada daun (Gambar 4)) dan 0,02 gr/menit (pada batang (Gambar 5)). Pada pengeringan batang seledri profil laju pengeringan lebih cepat daripada pengeringan pada batang. Secara umum, semakin lama waktu pengeringan kadar air didalam bahan semakin menurun, sehingga laju pengeringan juga semakin menurun. Pada pengeringan terjadi proses transfer panas dan massa antara udara pengering, dimana semakin tinggi suhu, maka kecepatan laju penguapan air juga semakin tinggi.

## V. KESIMPULAN

Secara keseluruhan pengujian yang telah dilakukan dengan parameter PID double  $consK_p=200$ ,  $consK_i=0,05$ ,  $consK_d=10$  memiliki kinerja yang baik karena mampu mencapai dan mempertahankan suhu pada referensi yang ditentukan dalam waktu yang relatif cepat. Pengontrolan memberikan dampak efisiensi energi pada proses pengeringan dan menghasilkan daun seledri kering dengan kualitas yang memenuhi standar pengguna terutama kandungan kadar airnya. Profil laju pengeringan pada batang seledri lebih cepat daripada pengeringan pada daun seledri, dengan kondisi optimal proses pengeringan pada suhu  $70^{\circ}\text{C}$ .

## REFERENSI

- [1] Doebelin Ernest O., (1975), *Measurement System Application and Design*, Mc Graw-Hill International Book Company , Auckland.
- [2] Djaeni, M. (2008). *Energy Efficient Multistage Zeolite Drying for Heat Sensitive Products*. Doctoral Thesis, Wageningen University, The Netherlands, ISBN:978-90-8585-209-4,
- [3] Edward Teguh Hartono., (1990), Skripsi: Pengaturan suhu ruangan berbasis PID menggunakan mikrokontroler AT85S51, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang.
- [4] Jacquot, Raymond G., (1981), *Modern Digital Control Systems*, Marcel Dekker Inc, New York.
- [5] Gunterus, Frans, (1997)., *Falsafah Dasar: Sistem Pengendalian Proses*, PT Elex Media Komputindo, Jakarta.
- [6] Kudra,T.; Mujumdar, A.S. (2002). *Advanced Drying Technology*. Marcel Dekker Inc., New York, USA
- [7] Zabib Bashori, Sumardi, and Iwan Setiawan.(2013), Pengendalian Temperature Pada Plant Sederhana Electric Furnace Berbasis Sensor Thermocouple Dengan Metode Kontrol Pid, TRANSIENT, VOL.2, NO. 1, MARET 2013, ISSN: 2302-9927, 2
- [8] Reginawati.1999. Seledri (Apium graveolens)<http://www.kpel.or.id/TGP/comoditi/SELEDRI.htm>[25 Februari 2006]