

Kontrol Suhu Proses Pemasakan Bubur Kedelai Menggunakan Metode PID Pada Alat Pembuat Tahu

Rizky Abdul Rakhman, Mila Fauziyah, Denda Dewatama

Abstrak - Tahu adalah produk makanan yang dibuat melalui pengolahan kedelai dengan cara pengendapan protein. Kedelai (*Glycine max* (L) Merrill) memiliki sumber protein nabati yang tinggi dibandingkan dengan jenis kacang-kacangan lainnya. Salah satu proses pembuatan tahu adalah pemasakan. Suhu pemasakan bubur kedelai berpengaruh pada tahu yang dihasilkan. Suhu yang berlebih akan menyebabkan denaturasi protein dari kedelai namun suhu pemasakan rendah menyebabkan bau langu pada tahu yang dihasilkan. Metode yang digunakan pada kontrol temperatur pemasakan bubur kedelai dengan *setpoint* suhu 90 °C adalah metode PID. Pengaturan nilai $K_p=37$, $K_i=292$, $K_d=73$ menghasilkan respon: *delay time* (td) sebesar 3500s, *rise time* (tr) 6619s, *settling time* (ts) 6745s, *error steady state* 0.6% dan *maximum overshoot* sebesar 0.5%.

Kata Kunci : Bubur Kedelai, Sensor PT100, Kontrol PID

I. PENDAHULUAN

Tahu adalah produk makanan yang dibuat melalui proses pengolahan kedelai (*Glycine max* (L) Merrill) dengan cara pengendapan protein, dan ditambah atau tidak dengan bahan lain yang diizinkan. Kedelai memiliki sumber protein nabati yang tinggi dibandingkan dengan jenis kacang-kacangan lainnya. Salah satu proses pembuatan tahu yaitu proses pemasakan. Mayoritas produsen tahu masih menggunakan cara konvensional dalam proses pemasakannya. Suhu pemasakannya yang terlalu tinggi akan menyebabkan denaturasi protein sehingga terjadi koagulasi, menurunkan solubilitas atau daya kemampuan larutnya, dan terjadi perubahan warna. Sedangkan suhu yang rendah menyebabkan enzim lipoksinase aktif sehingga menyebabkan bau langu.

Rizky Abdul Rakhman adalah mahasiswa D4 Teknik Elektronika Politeknik Negeri Malang
Mila Fauziyah dan Denda Dewatama adalah dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sensor Suhu

Sensor suhu atau *Temperature Sensors* adalah komponen yang dapat mengubah besaran panas menjadi besaran listrik sehingga dapat mendeteksi gejala perubahan suhu pada obyek tertentu. Salah satu sensor suhu yang termasuk dalam jenis RTD adalah PT100. PT100 memiliki 2 jenis pengkabelan, yaitu 2 wire dan 3 wire. 2 wire merupakan koneksi yang paling sederhana namun rentan terhadap kesalahan akibat efek temperatur lingkungan sekitar.

Sedangkan jenis 3 wire merupakan koneksi yang sering digunakan di industri karena terdapat kabel kompensasi untuk mengurangi kesalahan pengukuran kabel ekstensi.



Gambar 1 Sensor PT 100

2.2 Sensor Arus

Sensor arus ACS712 adalah sensor yang presisi dalam pembacaan arus didalam dunia industri, komersil dan sistem-sistem komunikasi. sensor ini digunakan untuk mengontrol motor, deteksi beban listrik, *switched-mode power supplies* dan proteksi beban berlebih. Sensor mampu membaca dengan ketepatan yang tinggi, karena didalamnya terdapat rangkaian *low-offset*, rangkaian linear Hall (aliran listrik/ elektron dalam plat konduktor terpengaruh oleh paparan medan magnet) yang terbuat dari tembaga.



Gambar 2 Sensor arus ACS712

2.3 Motor Servo

Motor servo adalah salah satu jenis motor DC yang memiliki sistem umpan balik tertutup berupa posisi dari motor yang diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol pada motor servo. Secara umum, terdapat dua jenis motor servo, yaitu motor servo standar dan motor servo kontinyu. Motor servo tipe standar hanya mampu berputar 180 derajat, sedangkan motor servo kontinyu mampu berputar 360 derajat.



Gambar 3 Motor Servo

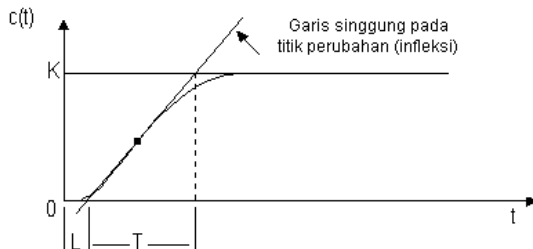
2.4 Metode Kontrol PID

PID (*Proportional Integral Derivative*) Controller merupakan salah satu metode kontroler untuk menghasilkan respon sistem yang baik. Parameter yang digunakan untuk penentuan respon sistem yaitu:

1. *Delay time*, waktu yang dibutuhkan respon untuk mencapai setengah dari nilai akhir yang pertama kali (steady state)
2. *Rise time*, waktu yang dibutuhkan untuk menyatakan keberadaan respon mulai 5% s/d 95% atau 10% s/d 90% dari respon steady state
3. *Settling time*, waktu yang menyatakan respon telah masuk $\pm 5\%$ atau $\pm 2\%$ dari respon steady state
4. *Overshoot*, nilai puncak tertinggi yang dihitung dari nilai steady state sebuah respon sistem.
5. *Error Steady State*, nilai error yang muncul dari keadaan steady state suatu respon sistem terhadap nilai set point.^[4]

2.4.1 Metode Ziegler-Nichols Kurva Reaksi

Untuk mencari nilai PID yang digunakan pada sistem kurva reaksi, ditentukan terlebih dahulu dua konstanta yang terbentuk dari grafik kurva s, yaitu dead time (L), waktu tunda (T).



Gambar 4 Kurva Respons berbentuk S

Kurva reaksi berubah naik setelah selang waktu mati (dead time) yang dilambangkan dengan huruf L sedangkan waktu tunda menggambarkan perubahan kurva setelah mencapai 66% dari keadaan mantapnya. Dari kurva yang telah didapat tersebut, dapat ditentukan garis singgung yang memotong dengan sumbu absis dan garis maksimum. Perpotongan garis singgung dengan sumbu absis merupakan ukuran waktu mati, dan perpotongan dengan garis maksimum

merupakan waktu tunda (T) yang diukur dari titik waktu tdead.

Tabel 1 Parameter PID kurva reaksi

Tipe Kontroler	K_p	T_i	T_d
P	T/L	~	0
PI	0,9 T/L	L/0.3	0
PID	1,2 T/L	2L	0,5L

III. METODE PENELITIAN

3.1 Prinsip Kerja Alat

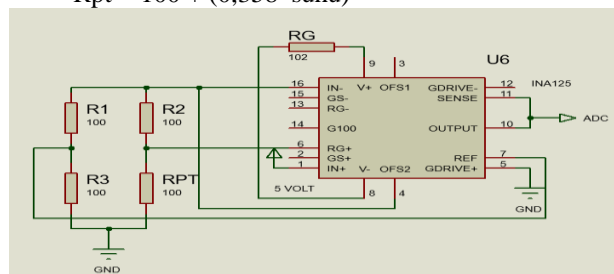
Prinsip kerja dari sistem pemasakan bubur kedelai adalah memasukkan nilai *setpoint* suhu pemasakan menggunakan keypad. Kemudian motor servo bergerak untuk memperbesar aliran valve gas. Sensor flame yang mendeteksi api pemasakan mengirimkan untuk mengaktifkan pemantik api. Saat api pemasakan aktif, flame sensor akan kembali memberikan sinyal masukan untuk membuat pemantik berhenti bekerja. Sensor suhu PT 100 yang diletakkan disamping dalam dari plant pemasakan bubur kedelai mendeteksi suhu dari pemasakan yang kemudian nilai dari suhu yang terdeteksi ditampilkan pada LCD. Ketika sensor PT100 mendeteksi suhu pemasakan telah mencapai *setpoint*, sensor PT100 memberikan sinyal menuju mikrokontroler sehingga aktuator (motor servo) bergerak memutar valve gas lebih kecil sehingga api yang dihasilkan menjadi kecil. Proses pemasakan bubur kedelai ini selesai jika sensor arus yang terpasang pada pengaduk bubur kedelai memberikan sinyal masukan bahwa viskositas bubur kedelai sudah tercapai, sehingga motor servo berputar menutup valve aliran gas pemasakan dan semua sitem berhenti.

3.2 Perancangan Elektrik

3.2.1 Sensor PT100 dan Pengkondisi Sinyal

Pada sistem pemasakan bubur kedelai membutuhkan range suhu antara 25°C - 90°C . Sensor suhu ini memiliki output dalam satuan ohm sehingga perlu diubah menjadi satuan tegangan agar dapat dibaca oleh Atmega16. Nilai dari resistansi RTD PT100 dapat diketahui menggunakan rumus sebagai berikut :

$$R_{pt} = 100 + (0,358 * \text{suhu})$$



Gambar 5 Skematik Pengkondisi Sinyal

digunakan persamaan berikut untuk mencari nilai Va maupun Vb sebagai berikut :

$$V_b = \frac{R_2}{R_3 + R_2} \times V_{in}$$

$$V_a = \frac{R_{pt}}{R_1 + R_{pt}} \times V_{in}$$

Nilai tegangan Va maupun Vb pada suhu 25 °C dan 90 °C, yaitu :

Suhu 25 °C :

$$V_a = \frac{108,95}{100 + 108,95} \times 5 = 2,60 \text{ V}$$

$$V_b = \frac{100}{100 + 100} \times 5 = 2,5 \text{ V}$$

Suhu 90 °C :

$$V_a = \frac{132,22}{100 + 132,22} \times 5 = 2,85 \text{ V}$$

$$V_b = \frac{100}{100 + 100} \times 5 = 2,5 \text{ V}$$

Tegangan output Va-Vb masih kecil dalam orde milivolt, agar tegangan dapat dibaca oleh mikrokontroller, digunakan IC INA125 sebagai penguat tegangan, nilai Rg yang digunakan untuk penguat pada INA 125 yaitu:

$$y = mx + c$$

$$1 = m \cdot 0,1 + c$$

$$5 = m \cdot 0,35 + c$$

$$-4 = m \cdot -0,25$$

$$m = \frac{-4}{-0,25}$$

$$m = 16 \quad c = 0,893$$

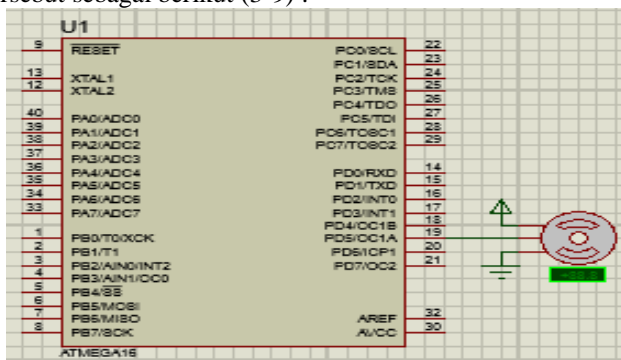
$$\text{Gain} = 4 + \frac{60k}{r_g}$$

$$16 = 4 + \frac{60k}{r_g}$$

$$R_g = \frac{60k}{12} = 5000 \Omega$$

3.2.2 Pengaturan Kendali Motor Servo

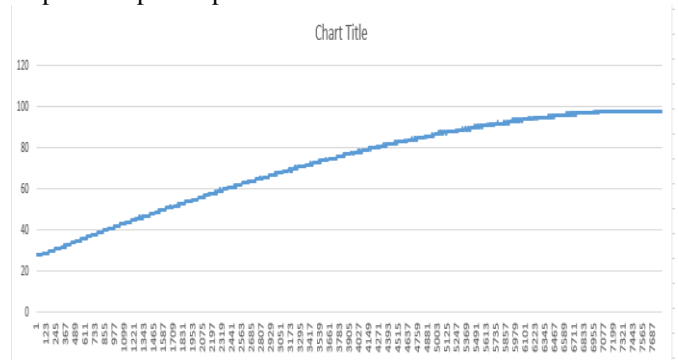
Motor servo diatur menggunakan PWM untuk mengatur dari sudut putaran servo tersebut. PWM tersebut berguna untuk membangkitkan pulsa PWM untuk mengontrol putaran sudut motor servo. Perhitungan dari sudut servo tersebut sebagai berikut (3-9) :



Gambar 6 Interface Motor Servo

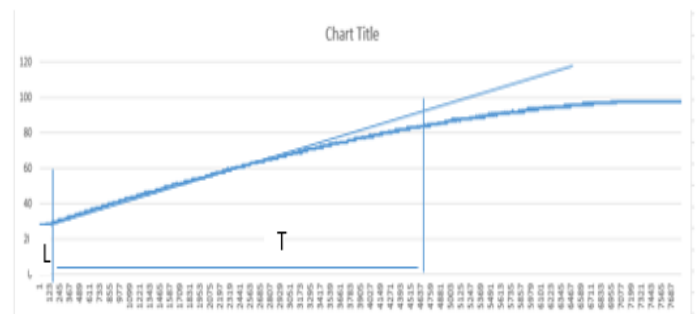
3.2.3 Perancangan PID

Perancangan metode PID proses pemasakan bubur kedelai dengan mengambil data karakteristik suhu sampai proses pemasakannya mendidih dengan posisi valve gas terbuka secara penuh. Gambar 7 merupakan hasil karakteristik respon dari proses pemasakan bubur kedelai :



Gambar 7 Kurva Reaksi

Setelah mendapatkan grafik respon sistem seperti gambar diatas, kemudian mencari nilai L dan T. Nilai L dan T didapatkan dengan menarik garis singgung pada titik perubahan kurva berbentuk S dan menentukan perpotongan garis singgung. Berikut gambar perpotongan garis tersebut:



Gambar 8 Penetapan Nilai L dan T

Berdasarkan Kurva respon diatas, nilai dari L (dead time) dan T yaitu :

$$L = 146s$$

$$T = 4666 - 146 = 4520 s$$

Maka nilai Kp, Ki, Kd yang didapat sebagai berikut:

- $K_p = 1,2 \cdot T/L = 1,2 \cdot 30,964 = 37,1$
- $K_i = 2 \cdot L = 2 \cdot 146 = 292$
- $K_d = 0,5 \cdot L = 0,5 \times 146 = 73$

IV. HASIL DAN ANALISA

4.2 Pengujian Sensor PT100

Pengujian sensor PT100 yaitu membandingkan nilai pembacaan sensor pada LCD dengan pembacaan termometer digital.

Tabel 2 Pengujian Sensor suhu

No	KALIBRATOR (°C)	DUT	Error (%)
1	25,4	25	1,1
2	30,2	30	0,66
3	35,4	35	1,1
4	40,3	40	0,74
5	45	45	0
6	50,2	50	0,39
7	55	55	0
8	60,4	60	0,66
9	65,3	65	0,45
10	70	70	0
11	75,2	75	0,26
12	80,4	80	0,49
13	85,1	85	0,11
14	90,2	90	0,22
15	95,4	95	0,41
16	99	99	0
Rata-rata error			0,37

Ket:

Kalibratori : Termometer digital

DUT : LCD

4.3 Pengujian Motor Servo

Untuk menggerakkan motor servo, dilakukan dengan memberikan pulsa PWM. Pulsa PWM yang masuk ke motor servo adalah 50Hz maka dapat diketahui bahwa T (periode) = 20ms.

Tabel 3 Pengujian Sudut Motor Servo

DUT	KALIBRATOR (°)	Error (%)
10	10.5	4,7
30	30,5	1,6
50	51	1,9
70	71	1,4
90	91	1,09
110	110	0
130	132	1,5
150	149	0,66
170	170	0
Error rata rata		1,42

Ket:

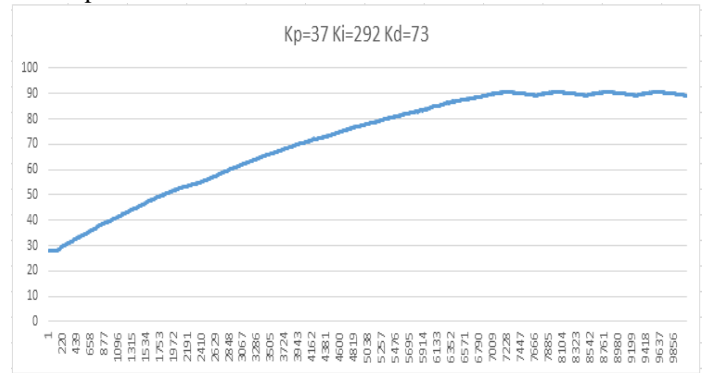
Kalibratori : Busur derajat

DUT : Sudut Motor Servo

4.4 Pengujian Kontrol PID

Pengujian kontrol PID yang digunakan untuk mengontrol suhu pemasakan bubur kedelai dengan menggunakan Atmega16 melalui pengaturan sudut servo

untuk mengatur besar kecilnya aliran gas pemasakan bubur kedelai. Pengujian menggunakan kontrol PID dengan metode Zhigger Nichols dengan nilai $K_p=37$, $K_i=292$, $K_d=73$. Hasil dari respon pengujian menggunakan controller PID dapat dilihat pada Gambar 9



Gambar 9 $K_p = 37$ $K_i = 292$ $K_d = 73$

Tabel 4 Performa respon sistem Kontroller PID

No	Performa respon Kurva	Hasil
1	Delay time	3500 s
2	Rise time	6619 s
3	Settling time	6745 s
4	Error steady state	0.6%
5	Max overshoot	0.5%

Sistem PID tersebut memiliki respon sistem terbaik dengan nilai *delay time* 3500s, *rise time* 6619s, *settling time* 6745s, *error steady state* 0.6% dan *maximum overshoot* 0.5%.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pengujian dan analisa, nilai PID terbaik pada pengontrolan suhu pemasakan bubur kedelai yaitu dengan nilai $K_p=37$ $K_i=292$ dan $K_d=73$. Hasil grafik menunjukkan nilai delay time (td) 3500s, rise time (tr) 6619s, settling time (ts) 6745 s, error steady state 0.6% dan maksimal overshoot yang terjadi sebesar 0.5%.

5.2 Saran

Untuk melakukan pengembangan pada alat ini, sebaiknya menggunakan metode yang berbeda, yaitu *fuzzy logic control* sehingga dapat diketahui perbandingan respon yang dihasilkan dengan menggunakan kontrol lain dan dilengkapi dengan sensor gas untuk mendeteksi kebocoran

DAFTAR PUSTAKA

[1] Dwi, S. 2009. *Pengaruh Lama Pemasakan dan Temperatur Pemasakan Kedelai Terhadap Proses Ekstraksi Protein Kedelai Untuk Pembuatan Tahu*. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Semarang.
 [2] Sundari, D & Lamid, A. 2015. *Pengaruh Proses Pemasakan Terhadap Komposisi Zat Gizi Bahan Pangan Sumber Protein*. Media Litbangkes, Vol. 25 No. 4.

- [3] Purwatiningsih, E. 2007. *Cara Pembuatan Tahu dan Manfaat Kedelai*. Yogyakarta. Ganeca Exccact.
- [4] Ogata, K. 1997. *System Dynamics Fourth Edition*. University of Minnesota. Japan