

## SISTEM KONTROL PROPORSIONAL-INTEGRAL PADA PROSES PASTEURISASI SUSU

Andre Dharmawan<sup>\*)</sup>, Billy Marthen, Fadliansyah Adam, Intan Permata Sari, dan Rizky Maulana

Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Balikpapan  
Jl. Soekarno Hatta km 8, POLTEKBA, Balikpapan 76129, Indonesia

<sup>\*)</sup>E-mail: andre.dharmawan@gmail.com

### Abstrak

Pasteurisasi merupakan proses pemanasan yang terjadi pada produk di bawah titik didih untuk membunuh bakteri agar kualitas susu tetap terjaga. Proses pasteurisasi ini dapat menggunakan metode pasteurisasi LTLT (Low Temperature Long Time) dengan proses pemanasan selama 30 menit dan HTST (High Temperature Short Time) dengan proses pemanasan selama 15-16 detik. Dengan pasteurisasi diharapkan bisa menghambat bakteri agar tidak masuk ke susu dan mengontrol perkembangan bakteri agar tidak merusak kualitas susu, sehingga tidak membahayakan kesehatan manusia. Di dalam susu terdapat berbagai macam nutrisi, seperti kalsium, protein vitamin, magnesium, fosfor dan lain-lain yang bermanfaat jika dikelola secara baik dan benar. Dalam penelitian ini dikembangkan sebuah alat untuk menjaga susu agar tetap stabil dalam proses pasteurisasi susu. Dalam penelitian ini telah dikembangkan sistem pengontrol Proporsional-Integral (PI) untuk meregulasi temperatur. Sensor temperatur yang digunakan dalam penelitian ini adalah MAX6675 K-Thermocouple. Dari hasil pengujian untuk setpoint suhu maksimum 60°C, jika digunakan kontrol Proporsional (P) mencapai 63°C, untuk kontrol PI mencapai suhu 63°C, kontrol Proporsional- Derivatif (PD) mencapai suhu 69°C, dan kontrol Proporsional-Integral- Derivatif (PID) mencapai suhu 69°C. Kontroler PI mampu menstabilkan suhu lebih cepat dan mampu mempertahankan suhu yang baik.

*Kata-kata kunci : pasteurisasi, LTLT, HTST, sensor suhu MAX6675 K-Thermocouple.*

### Abstract

Pasteurization is a heating process that occurs in the product below the boiling point to kill the bacteria to maintain the quality of milk. Pasteurization process may use the LTLT (Low Temperature Long Time) method with a heating process carried out for 30 minutes and the HTST (High Temperature Short Time) which is carried out for 15-16 seconds. With pasteurization it is hoped that it can inhibit bacteria from entering milk and control the development of bacteria so as not to damage the quality of milk and not endanger human health. In milk there are various kinds of nutrients such as calcium, vitamin proteins, magnesium, phosphorus etc which is beneficial to human health if properly managed. In this study a tool was developed to keep milk stable in the process of milk pasteurization. In this study a Proportional-Integral (PI) control system has been developed to regulate temperature. The temperature sensor used in this study is MAX6675 K-Thermocouple. From the test for maximum setpoint temperature of 60 ° C, with Proportional (P) controller the temperature reach 63 ° C, with the PI controller it reached 63 ° C, with Proportional-Derivative (PD) controller it reached 69 ° C, and with Proportional-Integral- Derivative (PID) controller reached temperature of 69 ° C. As a result, the PI controller is able to stabilize the temperature faster and able to maintain a good temperature.

*Keywords: pasteurization, LTLT, HTST, MAX6675 K-Thermocouple temperature sensor.*

### 1. Pendahuluan

Pada revolusi teknologi sekarang ini mengalami perkembangan yang sangat pesat. Teknologi yang canggih ini telah banyak ditemukan dengan kebutuhan masyarakat yang semakin maju. Masa yang akan datang segala aspek manusia tidak akan lepas dari perkembangan teknologi. Manusia akan bergantung pada kemajuan teknologi saat ini.

Di dunia industri saat ini khususnya di dunia industri pangan dan minuman yang mempunyai kadaluwarsa tinggi sangat dibutuhkan suhu pemantau untuk menjaga kualitas susu dan membunuh bakteri.

Pasteurisasi digunakan untuk mengawetkan bahan pangan yang rentan suhu tinggi [1]. Pasteurisasi tidak membunuh semua bakteri hanya memperlambat atau mengurangi pertumbuhan mikroba pada bahan pangan. Sterilisasi skala komersial makanan masih belum umum digunakan karena dapat mempengaruhi rasa dan kualitas dari produk.

Pasteurisasi susu adalah pemanasan dengan temperature dibawah titik didih tujuannya untuk membunuh kuman ataupun bakteri patogen tetapi sporanya masih dapat hidup[2]. Pasteurisasi manfaatnya untuk memperpanjang penyimpanan masa produk dan tidak membuat susu cepat rusak.

Metode yang digunakan dalam proses pasteurisasi susu ada 2 yaitu [3]:

1. LTLT (Low Temperature Long Time). Metode ini pada dasarnya dilakukan dengan pemanasan susu sampai suhu 63° - 65° dengan dipertahankan pada suhu tersebut selama 30 menit.
2. HTST (High Temperature Short Time). Metode ini proses pemanasannya dilakukan dengan suhu tinggi dalam waktu singkat (73°-75°C) atau lebih, selama 15-16 detik.

Banyaknya mikroorganisme yang mudah tumbuh didalam susu menyebabkan susu mudah rusak dalam jangka waktu 5 jam setelah proses pemerahan. Pengolahan susu perlu lebih diperhatikan sebelum susu dikonsumsi. Di dalam bahan pangan sangat penting perhitungan total mikroorganisme untuk melihat kualitas susu pasteurisasi selama penyimpanan[1]. Kemasan juga dapat mempengaruhi kualitas susu pasteurisasi dikarenakan kemasan dapat menentukan jumlah oksigen dan cahaya yang berkontak langsung di dalam produk[2].

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk otomatisasi pasteurisasi, seperti dengan PID (Proporsional-Integral-Derivatif) [3] atau gelombang mikro [4]. Pada metode ini untuk mengatasi masalah tersebut menggunakan alat pasteurisasi susu dengan sistem kontrol yang mendapatkan susu stabil yang diinginkan secara otomatis. Penelitian ini menggunakan kontrol PI (proporsional-integral), perancangannya pengontrol pemanas digunakan sistem closed loop terdapat feedback untuk mengurangi kesalahan dan menghasilkan luaran yang dikehendaki. Perancangan pertama sebagai masukan : sensor suhu digunakan untuk membaca suhu dengan akurat. Selanjutnya yang kedua adalah kontroler PI sebagai pengontrol proporsional dengan error yang mengakibatkan efek pada pengurangan rise time dan yang ketiga adalah keluaran yaitu plant dan heater yang dikontrol pada tampilan LCD.

## 2. Metode

### 2.1. Metode Sistem Kendali

Sistem adalah kombinasi beberapa komponen yang bekerja secara bersama-sama dan membentuk suatu tujuan tertentu. Kendali adalah suatu proses yang dengan munculnya gangguan akan cenderung memperkecil perbedaan antara output suatu sistem dengan beberapa input dan selanjutnya bertindak sesuai bertitik tolak dari perbedaan tersebut[5]. Sistem kendali telah memegang peranan yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari.

Sistem kendali yang semakin berkembang dapat meningkatkan kinerja sistem, kualitas produksi dan menekan biaya produksi. Keberadaan kontroler dalam sebuah sistem kontrol mempunyai kontribusi yang besar terhadap perilaku sistem[6].

Macam-macam kontroler ada 4 yaitu :Kendali P (proporsional), kendali PI (proporsional-integral), kendali PD (proporsional-derivatif) dan kendali PID Proporsional-Integral-Derivatif [5]. Pada percobaan ini sistem kendali PI digunakan dan dibandingkan dengan metode kontroler yang lain.

### 2.2. Metode Kendali PI (Proporsional Integral)

Pengendali PI adalah sistem pengendali gabungan antara pengendali proporsional dan integral. Dalam waktu kontinyu, sinyal keluaran pengendali PI dirumuskan sebagai :

$$u(t) = K_p(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^1 e(t). dt) \quad (1)$$

dengan :

$u(t)$  = sinyal keluaran pengendali PI

$K_p$  = konstanta proporsional

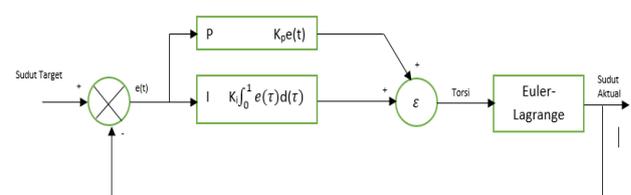
$T_i$  = waktu integral

$K_i$  = konstanta integral

$e(t)$  = sinyal kesalahan

Jadi, fungsi alih pengendali PI (dalam domain s) dapat dinyatakan sebagai berikut [7]:

$$G_c(s) = K_p + \frac{K_i}{s} \quad (2)$$



Gambar 1. Diagram block control PI

PI controller menggunakan nilai present dan nilai penjumlahan error sebelumnya. Coding tersebut didapatkan dari modifikasi coding PID dengan menghilangkan D controller [8].

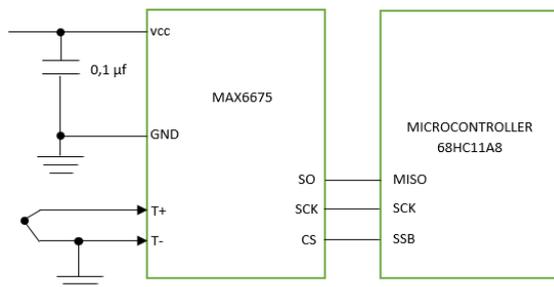
### 2.3. Prinsip Kerja Sensor Suhu MAX6675 K-Thermocouple

MAX6675 adalah pengkondisi sinyal yang mendapatkan masukan dari termokopel tipe K dan mengubah suhu menjadi data digital 12 bit. MAX6675 telah dilengkapi dengan kompensasi cold/reference junction dan protokol komunikasi Serial Peripheral Interface (SPI) untuk mengirimkan data digital hasil pengukuran ke unit pengolah seperti mikrokontroler. Gambar 2 menunjukkan

rangkaian cara menyambungkan termokopel dan MAX6675 dengan mikrokontroler[9].

Fitur :

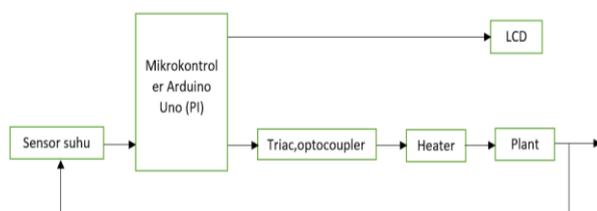
- Konversi digital langsung dari output termokopel tipe-k
- Kompensasi cold-junction
- Komunikasi kompatibel dengan protocol SPI
- Open thermocouple detection[10]



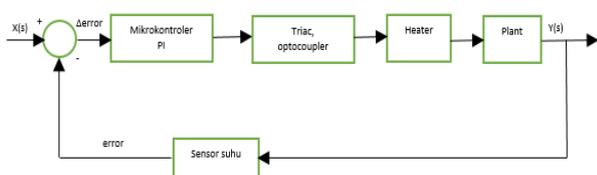
Gambar 2. Rangkaian MAX6675 dan termokopel[7]

### 3. Hasil dan Analisis

Diagram blok sistem dirancang pada Gambar 3. Pengontrol pemanas digunakan sistem closed loop terdapat feedback untuk mengurangi kesalahan dan menghasilkan luaran yang dikehendaki. Terlebih dahulu yang dirancang pertama sebagai masukan : sensor suhu digunakan untuk membaca suhu dengan akurat. Selanjutnya yang kedua adalah kontroler (PI) sebagai pengontrol proporsional dengan error yang mengakibatkan efek pada pengurangan rise time dan yang ketiga adalah keluaran yaitu plant dan heater yang dikontrol pada tampilan LCD. Gambar 4 memperlihatkan diagram sistem plant kontroler yang merupakan penjabaran dari Gambar 3. Sebagai pembandingan terhadap kontroler PI yang digunakan, kontroler P, PD dan PID juga diujikan.



Gambar 3. Sistem diagram blok



Gambar 4. Diagram blok plant kontroler

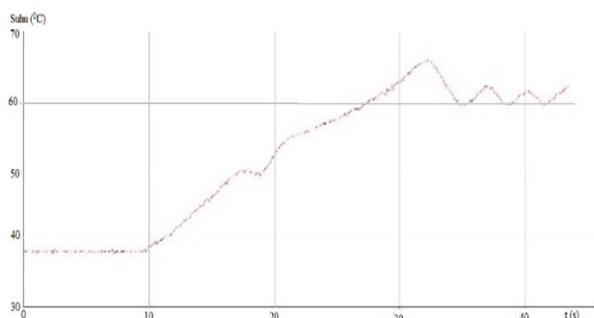
Alat pemantau kestabilan pasteurisasi yaitu mikrokontroler sebagai otak yang menjalankan kerja alat. Kegunaannya sensor yaitu sebagai pendeteksi suhu. Kegunaannya LCD yaitu menampilkan pembacaan suhu dari sensor yang menampilkan batas suhu dan batas waktu pasteurisasi. Dengan pengontrol pemanas digunakan sistem closed loop yang terdapat feedback untuk mengurangi terjadinya kesalahan dan menghasilkan luaran yang penting.

Ketika dinyalakan system yang di arduino akan bekerja mengisi variable, selanjutnya ditampilkan tampilan awal di LCD. Arduino memproses input data dari keluaran sensor dan ditampilkan ke LCD berupa pembacaan suhu dalam derajat Celcius. Selanjutnya mikrokontroler mulai bekerja untuk memulai pemanasan dengan mengaktifkan heater yang berfungsi sebagai alat pemanas susu. Sebelum melewati heater terlebih dahulu melewati triac dan optocoupler. Kemudian mikrokontroler membaca batas suhu yang ditentukan, apabila suhu pembacaan belum mencapai batas suhu yang ditentukan maka mikrokontroler akan terus bekerja mengaktifkan heater secara bertahap untuk memanaskan susu agar sampai pada batas suhu yang ditentukan dengan akurat.

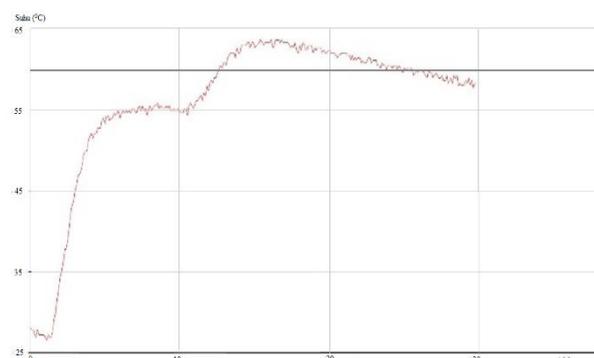
Setelah dilakukan pengujian sistem menggunakan kontrol P dengan setpoint suhu maksimum 60°C, ketika dipanaskan suhunya akan mencapai 63°C, seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Sementara itu, dengan menggunakan kontrol PI dengan setpoint suhu maksimum 60°C, jika dipanaskan suhunya akan naik melewati suhu maksimum mencapai 63°C, seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Kontrol PI menunjukkan respon yang dengan lebih cepat dan kemampuan untuk meredam osilasi.

Dengan menggunakan kontrol PD dengan setpoint suhu maksimum 60°C, jika dipanaskan suhunya akan naik mencapai 69°C, seperti ditunjukkan pada Gambar 7. Pada kasus penggunaan kontrol PID dengan setpoint suhu maksimum 60°C, jika dipanaskan suhunya akan naik mencapai 69° C, seperti ditunjukkan pada Gambar 8. Respon untuk kedua jenis kontrol PD dan PID ini hampir mirip, namun PID relatif lebih cepat.

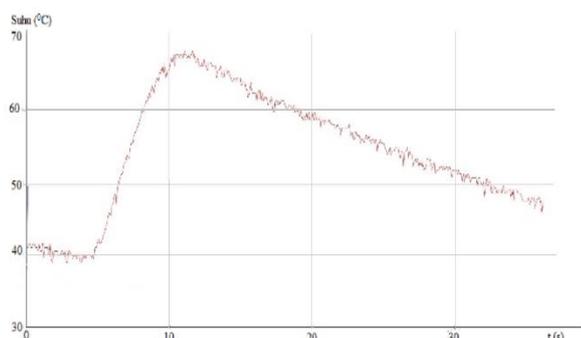
Dari hasil pengujian ini, maka kontrol PI lebih unggul dari kemampuan untuk meredam error dibandingkan PD dan PID, dan kemampuan untuk merespon lebih cepat dibandingkan P.



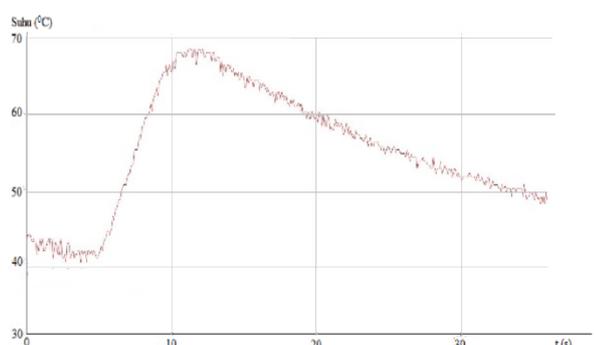
Gambar 5. Grafik dengan menggunakan kontrol P



Gambar 6. Grafik dengan menggunakan kontrol PI



Gambar 7. Grafik dengan menggunakan kontrol PD



Gambar 8. Grafik dengan menggunakan kontrol PID

## 4. Kesimpulan

Dari hasil analisa pada penelitian ini dapat disimpulkan yaitu sensor suhu MAX6675 digunakan sebagai sensor suhu pada proses pasteurisasi susu. Pada proses ini penggunaan kontrol PI menunjukkan hasil yang terbaik sesuai dengan hasil uji dengan setpoint suhu maksimum 60°C saat dipanaskan mencapai 63°C, dengan error yang lebih kecil dan respon yang cepat.

## Referensi

- [1]. Abubakar., Triyantini., Sunarlim, R., Setiyanto, H., Nurjannah. 2000. *Pengaruh Suhu Dan Waktu Pasteurisasi Terhadap Mutu Susu Selama Penyimpanan*. Balai Penelitian Ternak.
- [2]. Ambarsari, Indrie., Qanytah., Sundaryono, Tri. *Perubahan Kualitas Susu Pasteurisasi Dalam Berbagai Jenis Kemasan*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Tengah.
- [3]. Singgih, Hariyadi. 2016. *Optimasi Kendali PID Pada Sistem Pengaturan Temperature Proses Pasteurisasi Susu*. Malang : Politeknik Negeri Malang, Jurusan Teknik Elektronika.
- [4]. Najmina, Raisa L., Darmawan, Sidiq., Rifa'i, Muh. Husni., Fauzy, M.Iqbal B., Suwandi Imam. *Pasteurisasi Susu Menggunakan Gelombang Mikro Untuk Meningkatkan Mutu Produk Umkm "Natural Probiotik"*. Malang : Universitas Brawijaya, Jurusan Ilmu Peternakan, Teknik Mesin, Pendidikan Dokter Hewan, Teknik Elektro.
- [5]. Eniman Y Samsuddin (1998), "Pendahuluan Sistem Kendali", Teknik Elektro ITB.
- [6]. Asnil dan Husnaini, Irma. 2010. *Sistem Kontrol Optimal Pada Kontrol Posisi Motor DC*. Padang : Universitas Negeri Padang, Jurusan Teknik Elektro.
- [7]. Darjat., Syahadi, Mohamad., Setiawan, Iwan. 2008. *Aplikasi Kontrol Proporsional Integral Berbasis Mikrokontroler Atmega8535 Untuk Pengaturan Suhu Pada Alat Pengering Kertas*. Semarang : Universitas Diponegoro, Jurusan Teknik Elektro.
- [8]. Pambudi, Wahyu Setyo dan Pelawi, Jan Putra.B .A. S. 2015. *Simulasi Folding Machine Dengan PID, P, PI, PD, Dan Fuzzy-PD (Proportional Differential)*. Batam : Universitas Internasional Batam, Jurusan Teknik Elektro.
- [9]. Arena, Mytha dan Basuki, Arif. *Sistem Akuisisi Data Suhu Multipoint Dengan Mikrokontroler*. Yogyakarta : STTNAS Yogyakarta, Jurusan Teknik Elektro.
- [10]. Wijaya, Ikhlasul Rizqi., Harianto., Wibowo, Madha Christian. 2016. *Rancang Bangun Sistem Destilasi Limbah Thinner Menggunakan Metode Fuzzy*. Surabaya : Stikom Surabaya, Jurusan Sistem Komputer.