

Perbandingan Hasil simulasi dan *Real Plant* pada Sistem Pasteurisasi dengan Pengendali PID CASCADE

Yulian Zetta Maulana

Teknik Elektro, Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro, Institut Teknologi Telkom Purwokerto
Jl. DI Panjaitan 128, 53147, Purwokerto, Indonesia
yulian@itttelkom-pwt.ac.id

ABSTRAK

Pengontrolan suhu pada sistem pasteurisasi dibutuhkan agar susu yang dihasilkan memiliki kualitas yang bagus. Salah satu jenis pengontrolan yang digunakan pada sistem pasteurisasi adalah PID Cascade. Pada sistem ini, output temperatur yang berupa temperatur pemanas menjadi input sistem yang lain. Di saat yang bersamaan, identifikasi sistem pasteurisasi dibutuhkan agar simulasi pengontrolan bisa dijalankan untuk jenis pengontrolan yang berbeda-beda. Salah satu metode identifikasi yang biasa digunakan adalah dengan mengambil model matematika yang meminimalkan nilai Sum Squared Error. Tetapi walaupun nilai Sum Squared Error dari hasil identifikasi sistem menunjukkan nilai yang kecil, dan pada saat dilakukan simulasi tanpa pengontrol menunjukkan hasil yang sesuai, performansi simulasi bisa jadi berbeda saat sistem diberi pengontrol. Pada penelitian ini, dilakukan proses identifikasi sistem pada sistem yang belum dikontrol dan hasilnya digunakan untuk melakukan simulasi pada sistem yang menggunakan pengontrol. Dari identifikasi sistem tersebut, maka akan dibandingkan dengan hasil pada real plant. Dari hasil simulasi, ditemukan nilai rise time adalah 585 detik, sementara nilai pada plant realnya adalah 251 detik. Nilai Time peak pada simulasi adalah 911 detik, sementara pada real Plantnya adalah 550 detik. Maksimum Overshoot pada simulasi adalah 44,95 %, sementara pada real time adalah 53,17%. Nilai settling time 5 persen untuk simulasi adalah 1688 detik, sementara pada real time adalah 856 detik. Mean Squared Error setelah rise time pada Real Plant adalah 7,45. Sedangkan pada simulasi adalah 11,51. Dari hasil penelitian ditemukan bahwa simulasi sistem dengan menggunakan hasil identifikasi sistem menunjukkan pola grafik yang mirip dengan real plant. Namun hasil simulasi menunjukkan nilai delay yang lebih besar.

Kata kunci –Pasteurisasi, Identifikasi sistem, PID Cascade, Sum Squared Error

ABSTRACT

Temperature control in the pasteurization system is needed so that the milk produced has a good quality. One type of control used in pasteurization systems is a Cascade PID. In this system, the temperature output in the form of a heating temperature becomes an input for another systems. At the same time, the identification of the pasteurization system is needed so that controlling simulations can be carried out for different types of controls. One of the commonly used identification methods is to take a mathematical model that minimizes the Sum Squared Error value. But even though the Sum Squared Error value of the system identification results shows a small value, and when simulated without a controller shows the appropriate result, the simulation performance may be different when the system is controlled. Therefore, in this study, the process of identifying the system on a system that has not been controlled and the results used to simulate at system that uses the controller. From the identification of the system, we compared with the results in the real plant. From the simulation results, we found the rise time value is 585 seconds, while the rise time of the real plant value is 251 seconds. The peak time value of the simulation is 911 seconds, while in the real Plant, the value is 550 seconds. Maximum Overshoot on simulation is 44.95%, while at the real time is 53.17%. The settling time value of 5 percent for the simulation is 1688 seconds, while in real time is 856 seconds. Mean Squared Error for the real plant is 7.45, while in simulation is 11.51. From the results of the study, we found that the simulation of the system by using the results of identification system shows a graph pattern similar to real plant. But the simulation results show a larger delay value.

Keywords-Pasteurization, System Identification, PID Cascade, Sum Squared Error.

I. PENDAHULUAN

Dalam dunia industri pasteurisasi susu, dibutuhkan suatu proses pemanasan dan pendinginan produk. Proses pemanasan dilakukan untuk mematikan mikroba patogen pada susu, sementara

proses pendinginan dilakukan agar produk bisa dimasukkan ke dalam kemasan. Sehingga kecepatan proses pasteurisasi sangat menentukan berapa banyak produk yang dapat dibuat. Di mana banyaknya produk yang bisa dibuat akan berbanding lurus dengan laba

industri pasteurisasi susu. Pengontrolan yang efisien pada proses pasteurisasi sangatlah dibutuhkan.

Di sisi lain, industri pasteurisasi susu juga harus memastikan bahwa produk susu yang dihasilkan adalah aman untuk dikonsumsi masyarakat. Dengan tetap memperhatikan kandungan gizi di dalam susu yang diproduksi. Proses pasteurisasi ini sangat penting dan banyak digunakan pada industri susu, yogurt dan keju. Setiap pemanasan susu memiliki lama waktu pemanasan yang berbeda, sehingga pengontrolan pada sistem pasteurisasi dapat dikategorikan sebagai pengontrolan kritis. Berikut adalah tabel pasteurisasi susu dan lama pemanasan berdasarkan temperatur yang dicapai.

Tabel 1. Lama pemanasan pada pasteurisasi[1]

Metoda	Produk	Suhu	Waktu
Vat Pasteurization	Susu	62,8 °C	30 menit
High Temperature Short Time	SUsu	71,7 °C	15 detik
Higher Heat Shorter Time	SUsu	88,3 °C	1 detik
		90 °°C	0,5 detik
		93,8 °C	0,05 detik

Proses pasteurisasi menghilangkan mikroba patogen dengan memanaskan produk dengan temperatur 71,7° dalam waktu 15 detik atau biasa disebut HTST (High Temperature Short Time). Untuk mencapai temperatur yang tinggi dalam waktu singkat diperlukan sistem kontrol agar produk yang dihasilkan semakin terjamin keamanannya untuk dikonsumsi. Sedangkan untuk bisa mengaplikasikan sistem kontrol tersebut untuk berbagai jenis pengontrol, dibutuhkan identifikasi sistem sehingga performansi pengontrol tidak harus langsung diterapkan pada *plant*, melainkan bisa dilakukan simulasi terlebih dahulu. Sehingga, setelah diperoleh hasil yang optimal pada simulasi, parameter pengontrol yang sama bisa diterapkan pada real *Plant*.

II. METODE PENELITIAN

A. Studi Literature

Pada penelitian dengan judul temperatur control system using ANFIS, Berto Maria isabel dkk.[2] membandingkan pengontrolan temperatur pada mesin pasteurisasi juice. Jenis pengontrol yang dibandingkan adalah pengontrol PID feedback dan PID feedback feedforward. Kontribusi yang diberikan Maria Isabel dalam penelitian ini adalah hasil perbandingan performansi pengontrol pada *plant* pasteurisasi, walaupun *plant* pasteurisasinya adalah untuk pasteurisasi jus. Hasil penelitian menunjukkan tidak ada perbedaan performansi yang signifikan saat temperatur dikontrol menggunakan metoda PID feedback dan PID feedback feedforward.

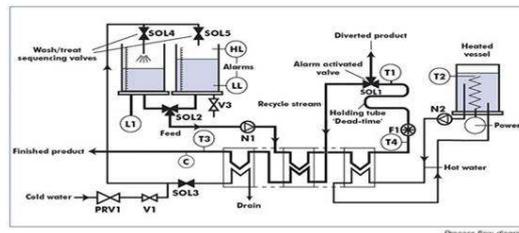
Pada penelitian selanjutnya Wan Moktar meneliti tentang Performansi pengontrol PID pada alat penukar panas pada mesin pasteurisasi buah puree jambu[3]. Ada 4 tipe tuning PID yang dilakukan. Perbandingan dilakukan pada simulasi dan eksperimen. Hasilnya menunjukkan bahwa pengontrol PID dengan tuning minimalisasi IAE memiliki performansi paling baik. Namun masih

terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil simulasi dengan hasil eksperimen.

Penelitian selanjutnya adalah Tugas akhir yang dilakukan oleh Ratih Rizki Dahlia dan Nur afifah[4]. Penelitian menggunakan *plant* pasteurisasi dan membandingkan performansi pengontrol PID SIMRC, PID cohen coon dengan pengontrol PID cascade. *Plant* yang digunakan sama dengan *plant* yang digunakan pada tesis ini. Pengontrol yang digunakan adalah PLC. Hasilnya menunjukkan PID cascade memiliki performansi paling baik.

B. Sistem Pasteurisasi

Proses pengontrolan pada *plant* ini menggunakan menggunakan PLC. Namun program PID, tidak akan diprogram menggunakan ladder diagram pada PLC. Algoritma PID Cascade dibuat Matlab. Ladder diagram pada PLC pada penelitian ini lebih berfungsi sebagai interface alamat-alamat pada PLC dengan Sensor pada *plant*. Komunikasi antara PLC dan MATLAB akan menggunakan OPC kepserverex. [5].Diagram sistem pasteurisasi dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram sistem Pasteurisasi[6]

Sensor yang dihubungkan dengan OPC kepserver adalah sensor temperature pada holding tube (T1) dan sensor temperatur pada tangki pemanas (T2). Sensor tersebut akan terhubung dengan PORT PLC input analog. PLC kemudian akan melakukan program untuk menghubungkan antara input dari sensor dengan input pada OPC. Kedua Jenis variabel tersebut akan dimasukkan ke dalam OPC kepserverex menggunakan kabel komunikasi RS232 dengan protocol DF1[6]. Pada OPC kepserver, variabel tersebut akan dimasukkan ke dalam program Matlab. Pada Matlab kemudian akan dirancang algoritma PID Cascade yang sesuai dengan set poin yang diinginkan. Output dari Matlab akan berupa variabel untuk memberikan nilai analog pada pemanas. Variabel tersebut akan dikirimkan ke OPC lalu kembali dikirim ke PLC. Output analog pada PLC akan mengirimkan sinyal tegangan pada pemanas.

Kontrol secara otomatis adalah membandingkan antara output aktual (hasil pengukuran oleh sensor) dengan set point (nilai



Gambar 3. Respon Fungsi T2 dan T1 terhadap Heater

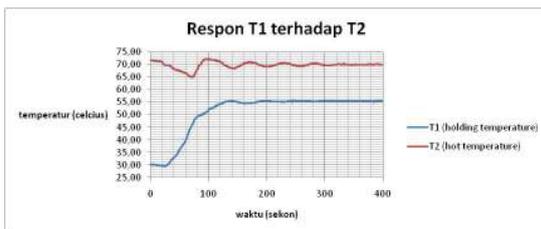
Dari kurva di atas dilakukan analisis untuk mencari respon fungsi transfer antara T2 dengan pemanas dan T1 dengan pemanas. Dengan menggunakan Metode Sum Squared Error, dicari nilai respon fungsi transfer yang memiliki nilai kesesuaian terbaik dengan hasil percobaan. Dari grafik sebenarnya sudah diperoleh besar dari dead time-nya sehingga dead time dibuat sesuai dengan apa yang diperoleh pada grafik.

Fungsi transfer T2 terhadap pemanas yang diperoleh adalah untuk sistem untuk orde 1:

$$G_1(s) = \frac{0.98347e^{-22s}}{(1071.5s + 1)} \quad (IV.1)$$

C. Fungsi Transfer T1 terhadap T2

Sementara untuk mencari fungsi transfer antara T2 dengan T1, nilai T2 dibuat konstan. Walaupun pada kenyataannya nilai T2 akan mengalami penurunan saat nilai T1 naik karena terjadi transfer kalor di antara fluida panas dengan fluida dingin. Grafik hubungan antara nilai T2 dengan nilai T1 dapat dilihat pada gambar IV.4.



Gambar 4 Respon T1 terhadap T2

Dari grafik, persamaan fungsi transfer yang menghubungkan antara T2 dengan T1 adalah

$$G_2(s) = \frac{0.6407e^{-30s}}{(82.886s + 1)}$$

PEMBAHASAN

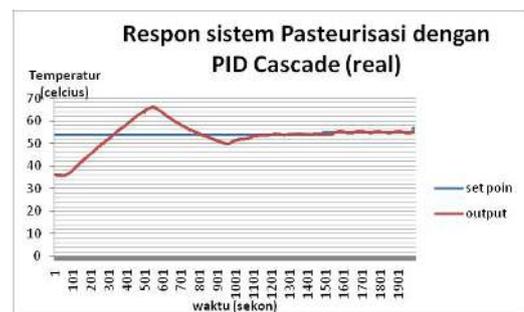
A. Performansi sistem menggunakan PID cascade pada sistem asteurisasi

Dari data didapatkan nilai maksimum overshoot 53,17 %, dengan rise time sebesar 251 s. Nilai settling time bisa diperoleh di mana settling time untuk error 5% sebesar 856 s dan settling time untuk

error 2% sebesar 956 s. Overshoot yang terjadi pada PID Cascade sangat besar. Hal ini terjadi karena saat start awal, pemanas tidak berhenti memanaskan sebelum Suhu fluida yang dipanaskan tercapai walaupun suhu fluida panas sudah sangat panas. Pada saat yang bersamaan, masih ada dead time yang terjadi saat transfer panas dari fluida panas ke fluida dingin. Sehingga saat pemanas sudah tidak diberi daya full, proses transfer panas masih terjadi. Mean square error setelah rise time adalah 7.45.

Dari gambar 5 terlihat bahwa sistem yang dikontrol dengan PID cascade mengalami overshoot yang sangat besar. Dead time pada proses transfer kalor dari fluida panas ke fluida dingin lebih besar dibandingkan dengan dead time pada proses pemanasan fluida panas. Sehingga saat pemanas diaktifkan, maka nilai T2 (temperature fluida panas) akan naik terlebih dahulu dibandingkan T1 dengan rentang perbedaan yang cukup jauh. Sementara pada saat pemanasan awal nilai input pemanas adalah hasil kali dari error sekunder dengan gain proporsional sistem sekunder. Sementara set poinnya adalah hasil kali error sistem primer dengan gain proporsional sistem primer. Set poin di keadaan awal sangat tinggi yang memaksa pemanas bekerja terus menerus pada keadaan maksimalnya. Pemanas akan terus bekerja maksimal sampai pada suatu keadaan di mana nilai T1 sudah mendekati nilai set poinnya. Namun saat itu nilai T2 sudah sangat tinggi sehingga walaupun pemanas sudah dimatikan, transfer panas dari T2 ke T1 masih terus terjadi. Sehingga mengakibatkan nilai T1 masih terus menerus naik walaupun pemanas sudah dimatikan.

Pada saat nilai T2 sudah mengalami penurunan, maka nilai T1 juga akan menurun. Ketika nilai T1 sudah berada di bawah set poin, maka pemanas akan kembali bekerja. Namun karena proses waktu tunda pada saat transfer panas antara fluida T2 dengan T1, maka suhu T1 masih terus menurun untuk beberapa saat walaupun pemanas sudah bekerja kembali. Respon sistem dapat dilihat pada gambar 5.



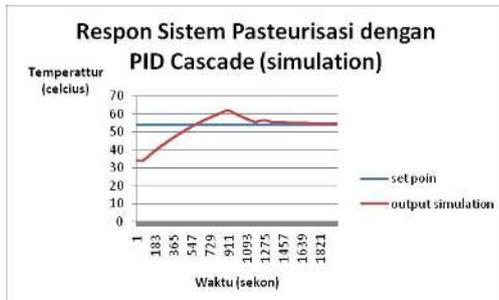
Gambar 5 Respon sistem menggunakan PID cascade

Secara umum performansi pengendali PID cascade memiliki 2 keadaan yang cukup kontras. Pada keadaan awal di mana temperatur menuju keadaan steady state, performansinya sangat buruk. Maksimal overshoot yang terjadi sangat besar. Daya yang digunakan pun sangat tinggi. Pada keadaan ini nilai

MSEnya juga paling besar. Namun ketika keadaan sudah berada dalam keadaan steady, sistem memiliki performansi yang sangat bagus. Nilai settling time untuk error 2% relative cepat. Daya yang digunakan cukup kecil, serta nilai MSEnya kecil.

B. Performansi sistem menggunakan Simulasi

Hasil Simulasi dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Respon simulasi sistem menggunakan PID cascade

Dari data didapatkan nilai maksimum overshoot 44,95 %, dengan rise time sebesar 251 s. Nilai settling time bisa diperoleh di mana settling time untuk error 5% sebesar 1688 s dan settling time untuk error 2% sebesar 956 s. Hasil simulasi menunjukkan performansi yang lebih lambat daripada hasil pada real Plant. Tapi pola grafiknya adalah sama. Hal ini berarti perlu dilakukan modifikasi pada proses identifikasi sistem. Pada gambar simulasi 6 terlihat sistem memiliki overshoot lebih kecil jika dibandingkan dengan real plant. Perbandingan performansi pada real plant dengan simulasi dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Hasil Simulasi Dan Real Plant

Parameter	Real	Simulasi
Overshoot	53,17%	44,95%
Rise time	251 s	585 s
Peak time	550 s	911 s
settling time 5%	856 s	1688 s
settling time 2%	956 s	2152 s
MSE setelah rise time	7,45	11,51

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil simulasi PID Cascade pada sistem pasteurisasi dan perbandingannya dengan Real Plantnya adalah:

1. Hasil simulasi maupun hasil real plantnya menunjukkan nilai overshoot yang sangat tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa PID Cascade kurang tepat diterapkan pada proses pasteurisasi.
2. Secara umum performansi hasil simulasi menunjukkan hasil yang lebih buruk dibandingkan hasil pada real plant. Hal ini menunjukkan bahwa identifikasi sistem untuk sistem masih belum optimal.
3. Pada saat sistem sudah stabil, nilai MSEnya menunjukkan nilai yang kecil. Hal itu berarti sistem PID Cascade cocok diterapkan hybrid dengan pengontrol lain, di mana PID Cascade akan digunakan saat sistem sudah stabil.

Saran

1. Identifikasi sistem dilakukan menggunakan orde yang lebih besar daripada satu.
2. Identifikasi sistem dilakukan dengan menggunakan metode lain
3. Optimasi pada sistem pasteurisasi dilakukan dengan pengontrol lain yang tidak menimbulkan overshoot yang terlalu besar.

DAFTAR PUSTAKA

[9] Wilson GS. The Pasteurization of Milk. Br Med J. 1943;1 (4286):261-262

[10] Berto, Maria Isabel, Silveira Vivaldo, Jr. Configuration of PID/feedback and PID/Feedback/Feedforward Controllers in temperatur control of a HTST Heat Exchanger.2012. Journal 4th mercosur congress on process sistem engineering.

[11] Mokhtar, Wan, F.S. Taip, N. Aziz, Abdul, S.B. Mohd Noor. Process Control of Pink Guava Puree Pasteurization Process: Simulation and Validation by Experiment. 2012. International Journal on Advanced Science, Engineering, Information Technology vol 2 (2012) No 4. ISSN: 2088 5334

[12] Dahlia, Rizki Ratih dan Afifah, Nur. 2015. Perancangan Otomasi dan Pengontrol Pada Miniatur Proses pasteurisasi Dengan Menggunakan PLC. Tugas akhir. Departemen Teknik Fisika. Institut Teknologi Bandung.

[13] OPC Foundation. What is OPC. September 2006. www.OPCFoundation.org/Default.aspx/01_about/01_whatIs.asp?MID=AboutOPC

[14] "PCT23MkII : Process Plant Trainer (Process Control Trainer)." [Online]. Available: http://discoverarmfield.com/en/products/view/pct23/process-plant-trainer-process-control-trainer.

[15] Zhang Lieping, Zeng Aiqun, Zhang Yunsheng. 2007. On Remote Real-time Communication between MATLAB and PLC Based on OPC Technology. Proceedings of the 26th Chinese Control Conference.

[16] S.P.Yongho Lee. PID controller tuning to obtain desired closed loop response sfor cascade control systems, Ind. Amp Eng. Chem. Res., vol. 37, no. 5, 1998.

[17] B.W.Bequette. ProcessControl: Modeling, Design, and Simulation. Prentice Hall Professional, 2003. New Jers