

# Studi Perbandingan Model dan Aplikasi Kontrol *On-Off* pada *Cold Storage* Jamur Merang

Karsid, Rofan Aziz

Jurusan Teknik Pendingin dan Tata Udara, Politeknik Negeri Indramayu  
Jl. Raya Lohbener Lama No.08, Indramayu 45252  
Email: karsid@polindra.ac.id

## ABSTRACT

*This paper focuses on the comparison between models and applications on the system coldstorage straw mushroom. Modeling obtained experimentally from data taken when the control system has not been done. System modeling is done using process reaction curve (PRC), then simulated in simulink program. Preserving straw mushroom performed at storage space with air temperature  $5 \pm 1$  °C and air relative humidity (RH) of 80-90%. The comparison between the simulation results and the application of the system showed the same trend, thus the actual system can be represented by model system. On-off control applications successfully performed in which the response of the system temperatures between  $5 \pm 2$  °C and relative humidity (RH) is in the range of 90-95%*

**Keywords:** Cold storage, process reaction curve, on-off control, temperature, relative humidity (RH).

## INTISARI

Makalah ini membahas tentang perbandingan antara model dan aplikasi pada sistem *coldstorage* Jamur merang. Pemodelan didapat secara eksperimental dari data yang diambil ketika sistem belum dilakukan kontrol. Pemodelan sistem dilakukan dengan menggunakan metode *process reaction curve* (PRC), kemudian disimulasikan pada program simulink. Pengawetan jamur merang dilakukan pada ruang penyimpanan dengan suhu udara  $5 \pm 1$  °C dan kelembaban udara relatif (RH) 80-90%. Perbandingan antara hasil simulasi dan penerapan sistem menunjukkan kenderungan yang sama, sehingga sistem yang sebenarnya dapat diwakili oleh model sistem. aplikasi on-off control berhasil dilakukan di mana respon dari sistem suhu udara antara  $5 \pm 2$  °C dan kelembaban udara relatif (RH) adalah di kisaran 90-95%.

**Kata kunci:** Cold storage, process reaction curve, kontrol on-off, temperatur, kelembaban relatif (RH).

## PENDAHULUAN

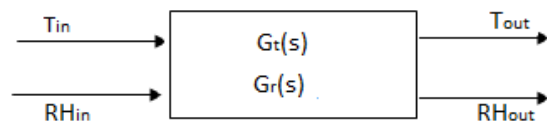
Jamur merang merupakan komoditas sayuran yang bernilai ekonomi tinggi dan prospektif, tetapi dalam keadaan segar daya simpannya sangat terbatas. Kadar air jamur merang cukup tinggi dan setelah panen masih mengalami respirasi menghasilkan senyawa kimia yang dapat mempercepat kerusakan jamur merang (Adiandri dkk, 2012). Harga jual jamur merang segar di pasaran sekitar Rp. 25.000 – 30.000 per kilogram nya sehingga menjadikan jamur merang sebagai salah satu komoditas pertanian yang sangat menarik dan layak dikembangkan oleh masyarakat. Pasaran jamur merang masih terbuka lebar untuk pasokan pasar lokal, nasional, dan internasional (diekspor). Di Indonesia, sentra produksi jamur merang terdapat di Provinsi Jawa Barat (Kabupaten Karawang, Subang, Purwakarta, dan Bekasi), Jawa Tengah (Kabupaten Brebes dan Magelang), Jawa Timur (Kabupaten Malang, Pasuruan, dan

Mojokerto), dan Lampung (Adriandri, Dkk, 2012). Salah satu kendala dalam usaha jamur merang tersebut adalah daya simpanan yang rendah. Umur simpan jamur merang lebih rendah dari sayuran lainnya. Jamur merang mempunyai umur simpan kurang lebih dari satu hari, artinya beberapa jam setelah dipanen, jamur merang menjadi lembek, berubah warna dan membusuk, meskipun jamur merang menjadi lembek, berubah warna dan membusuk meskipun jamur dipanen pada setadia tudung jamur mengincup (Sumiati dkk, 2007).

Jamur merang dapat diawetkan dengan penyimpanan pada suhu dan kelembaban yang tepat, sehingga dapat bertahan lama. Untuk memperpanjang umur simpan jamur merang disimpan pada suhu  $4 \pm 1$  °C dengan RH 85% (Tao, 2005). Untuk mempertahankan suhu dan kelembaban udara tersebut diperlukan pengkondisian

pada ruang penyimpanan jamur merang. Proses pengendalian *on-off* dapat diterapkan pada pengawetan jamur merang (Karsid, 2015). Sistem yang dikendalikan mempunyai 2 (dua) masukan dan 2 (keluaran) yaitu suhu dan kelembaban, dengan demikian sistem tersebut adalah sistem MIMO (*Multiple input, multiple output*) (Tham, 2009).

Pengendalian proses akan berjalan dengan baik bila dilakukan perancangan dan simulasi sebelum diterapkan pada sistem fisik. Sistem yang terlibat pada pengendalian proses pengawetan jamur merang dapat dilihat pada Gambar 1. dimana  $G_t(s)$  adalah system yang melibatkan variabel temperature dan  $G_r(s)$  merupakan system yang melibatkan variabel kelembaban udara,



Gambar 1. Diagram blok sistem *cold storage* jamur merang

Keterangan :

$T_{in}$  : Temperatur masukan

$T_{out}$  : Temperatur keluaran

$RH_{in}$  : Kelembaban udara masukan

$RH_{out}$  : Kelembaban udara keluaran

$G_t(s)$  : System temperature

$G_r(s)$  : System kelembaban udara

Pemodelan sistem  $G_t(s)$  dan  $G_r(s)$  dilakukan secara eksperimental dengan menggunakan metode PRC (Karsid, 2015), dimana Data *input-output* biasanya dikumpulkan dari tes identifikasi atau percobaan yang dirancang untuk membuat data diukur secara maksimal informatif tentang sifat-sifat system (Zhu, 2001).

$$G_t(s) = \frac{K_1 e^{-\theta_1 s}}{\tau_1 s + 1} \quad (1)$$

$$G_r(s) = \frac{K_2 e^{-\theta_2 s}}{\tau_2 s + 1} \quad (2)$$

Keterangan :

$K_1$  :Penguatan sistem temperature

$K_2$  :Penguatan sistem kelembaban

$\theta_1$  :waktu tunda sistem temperature

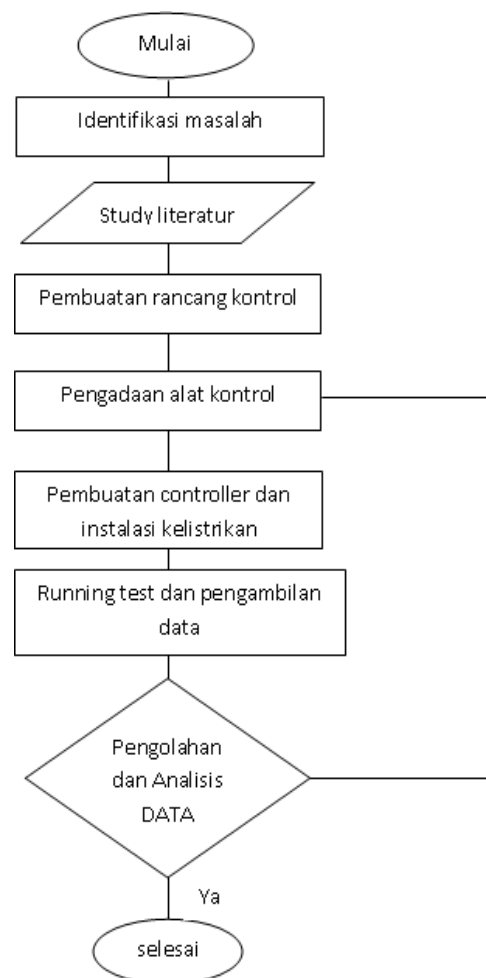
$\theta_2$  :waktu tunda sistem kelembaban

$\tau_1$  :time constan sistem temperature

$\tau_2$  :time constan sistem kelembaban

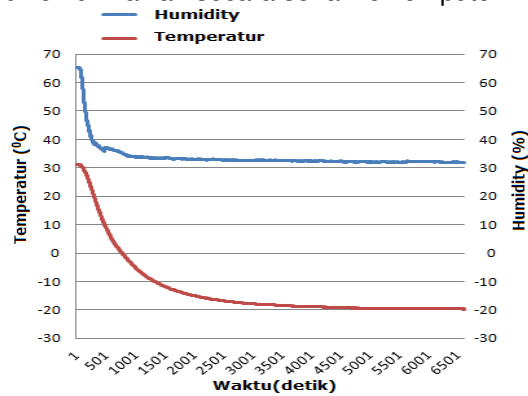
Setelah model system didapatkan kemudian dilanjutkan dengan mendesain kontrol *on-off* menggunakan program SIMULINK. SIMULINK adalah perangkat lunak untuk pemodelan, simulasi, dan menganalisis sistem dinamis. Mendukung linear dan nonlinear sistem, memodelkan dalam waktu kontinu, dengan sampling waktu, atau campuran dari keduanya. Sistem juga dapat multitingkat, yaitu memiliki bagian-bagian yang berbeda yang disampling atau diperbarui pada tingkat yang berbeda-beda (Anonim,1999).

Diagram alir proses penelitian dapat dilihat pada Gambar 2. Penelitian dimulai dengan studi literature yang berhubungan dengan pengawetan jamur merang, kemudian dilanjutkan dengan mempelajari literature yang berhubungan desain, simulasi dan aplikasi pengendalian yang dapat diaplikasikan.



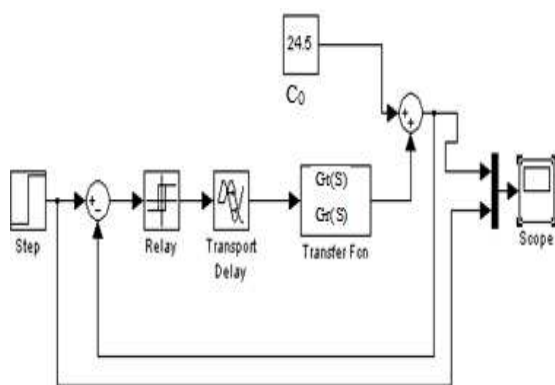
Gambar 2. Diagram alir pelaksanaan penelitian

Identifikasi model secara ekperimental menggunakan metode PRC. Langkah awal dalam pemodelan sistem ini adalah melakukan pengambilan data temperatur dan kelembaban udara sebelum diterapkan pengendali. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan *arduino uno* yang dikomunikasikan secara serial ke komputer.



Gambar 3. Respon sistem sebelum dikontrol

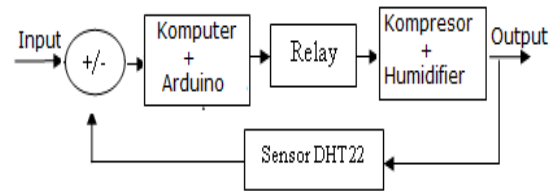
Pembuatan rancangan kontrol dapat dilihat pada gambar 4. Dimana sistem kontrol melibatkan masukan berupa variabel temperatur dan kelembaban, komputer dan *arduino* berfungsi sebagai pengendali, sedangkan kompresor dan *humidifier* berfungsi sebagai *actuator*, adapun umpan balik system dapat dilakukan dengan menambahkan sensor temperatur dan kelembaban yaitu sensor DHT22.



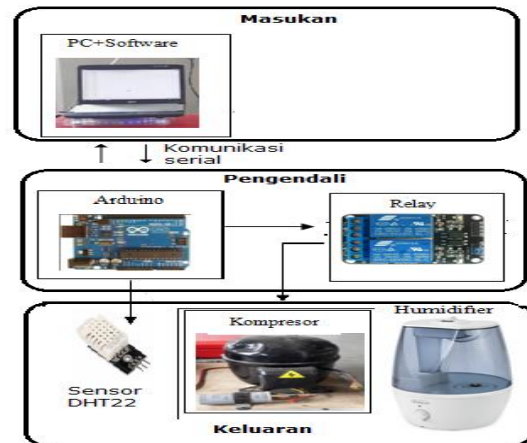
Gambar 4. Rancangan system kontrol menggunakan SIMULINK

Pengadaan alat kontrol adalah proses pengumpulan alat-alat dan bahan-bahan yang dibutuhkan dalam proses pengendalian system adapun alat dan bahan yang

dibutuhkan adalah seperti yang terlihat pada Gambar 5.



(a)



(b)



(c)

Gambar 5. Peralatan yang terlibat dalam pengontrolan

- Diagram blok sistem
- Rancangan peralatan
- Aplikasi

Adapun spesifikasi cold storage yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Spesifikasi *Cold Storage*

Ukuran (p x l x t)	63, 5 x 56, 5 x 82, 8 cm
Kapasitas	120 liter
Tegangan	220 V/50 Hz
Gas Pendingin	R-134A
Daya Listrik	90 W
Berat Bersih	28 Kg
Kompresor	1/4 Pk

Spesifikasi *Humidifier*

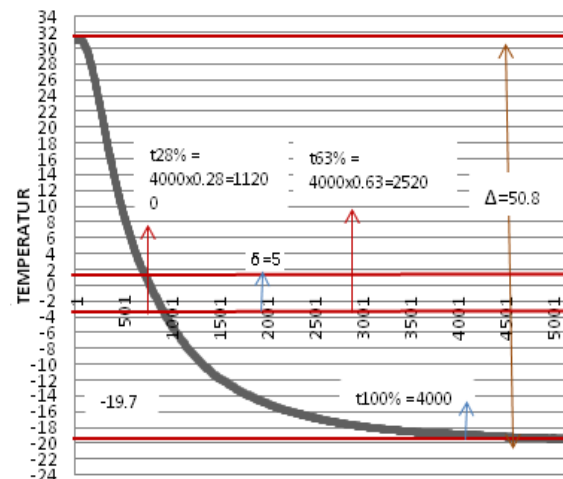
Noise	35 dB
Kapasitas	2,5 Ltr
Tegangan	220 V/50 Hz
Water (mist) flow	250 ml/h
Gas Pendingin	R-134A
Daya Listrik	20 W
Tegangan	220 V/50 Hz
Dimension	193x193x323 mm

Pengendalian proses dapat terjadi dalam loop terbuka atau sistem tertutup. Dalam sistem loop terbuka, umpan balik antara output dan input dari objek kontrol tidak ada (Ryniecki. dkk, 2015). Pengendali dibuat berdasarkan hasil simulasi pada program SIMULINK. Pengendali melibatkan komponen arduino uno sebagai central processing unit dan modul relay untuk mengendalikan aktuator. Adapun aktuator yang digunakan adalah kompresor untuk kompensasi temperature dan *humidifier* untuk kompensasi kelembaban udara.

Setelah pengambilan data sebelum diterapkan kendali, model system didapatkan, simulasi sistem setelah diterapkan kendali pada SIMULINK, aplikasi kendali dan pengambilan data maka langkah selanjutnya adalah dilakukan pengujian. Beberapa pengujian digunakan untuk mengetahui performansi dan digunakan untuk optimasi sistem (Cezar O. R. Dkk, 2008).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Validasi model dilakukan dengan membandingkan secara simulasi apakah respon sistem eksperimental sama dengan sistem hasil pemodelan. Metode pemodelan temperatur dapat dilihat pada Gambar 6 dan pemodelan kelembaban udara pada Gambar 7.



Gambar 6. Grafik pemodelan temperatur

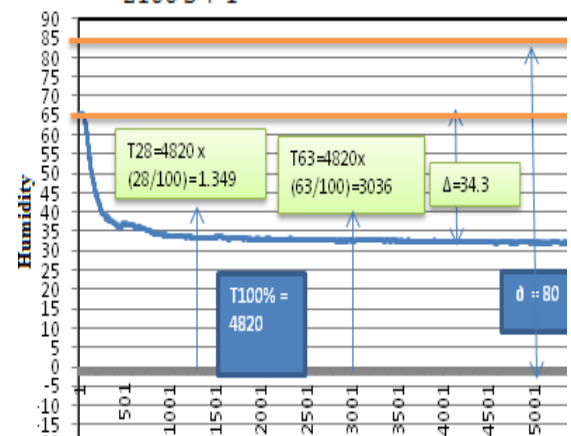
$$K_1 = \frac{\Delta}{\theta} = \frac{50.8}{5} = 10.16$$

$$\begin{aligned} \tau_1 &= 1.5(t_{63} - t_{28}) \\ \tau_1 &= 1.5(2520 - 1120) \\ \tau_1 &= 2100 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \theta_1 &= t_{63} - \tau_1 \\ \theta_1 &= 2520 - 2100 \\ \theta_1 &= 420 \end{aligned}$$

Jadi fungsi transfer dari temperature  $G_t(s)$  adalah

$$G_t(s) = \frac{-10.16 e^{-420s}}{2100s + 1}$$



Gambar 7. Grafik pemodelan kelembaban udara relatif

$$K_2 = \Delta/\theta = \frac{34,3}{5} = 6,86$$

$$t_{100\%} = 482 \times 100 = 4820$$

$$t_{28\%} = 4820 \times \left(\frac{28}{100}\right) = 1349 \text{ s}$$

$$t_{63\%} = 4820 \times \left(\frac{63}{100}\right) = 3036 \text{ s}$$

$$\tau_2 = 1,5 (t_{63} - t_{28})$$

$$\tau_2 = 1,5 (1687)$$

$$\tau_2 = 2530,5 \text{ s}$$

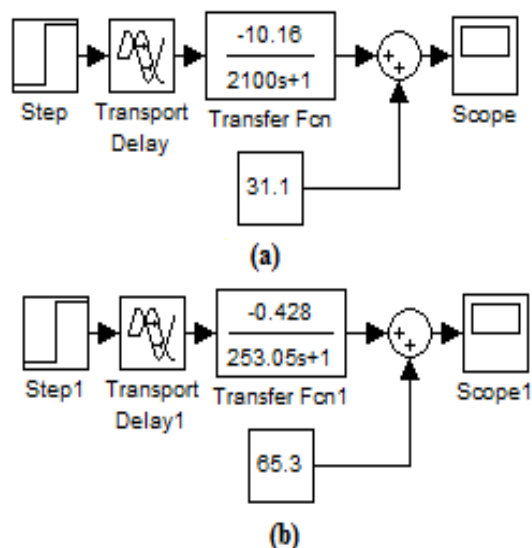
$$\theta_2 = t_{63} - \tau_2$$

$$\theta_2 = 3506$$

Jadi fungsi transfer dari kelembaban udara relative  $G_r(s)$  adalah :

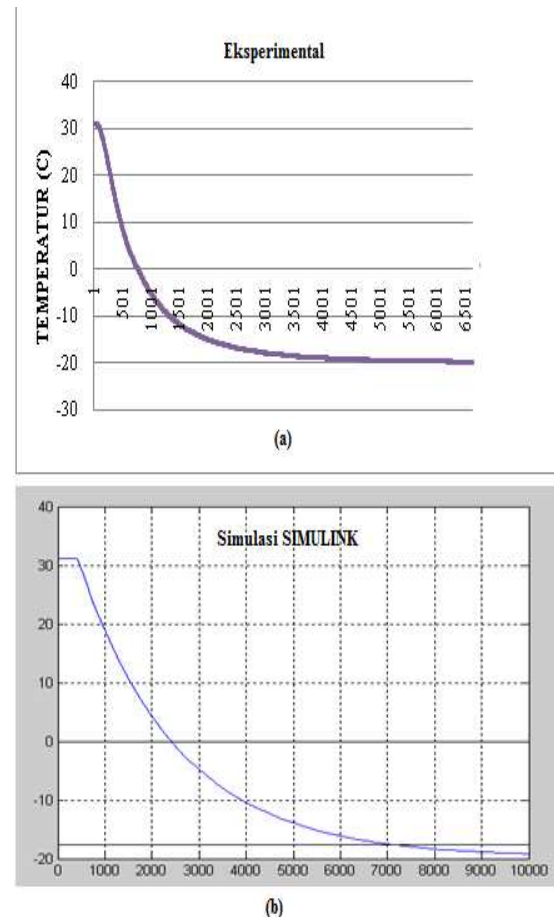
$$G_r(s) = \frac{6,868 e^{-5063}}{253,05 s + 1}$$

Model sistem temperatur  $G_t(s)$  dan model system  $G_r(s)$  kemudian dilakukan pengujian dengan membandingkan respon sistem hasil simulai SIMULINK dengan repon sistem eksperimental untuk validasi model. Diagram blok system temperature dan kelembaban udara relatif pada SIMULINK dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Diagram blok SIMULINK kalang terbuka tanpa pengendali  
 a. Sistem temperature  
 b. Sistem kelembaban udara relatif

Grafik respon sistem temperatur hasil simulasi dan eksperimental dilihat pada Gambar 9.

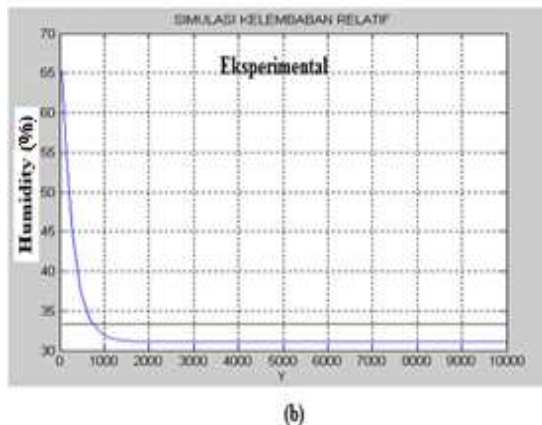
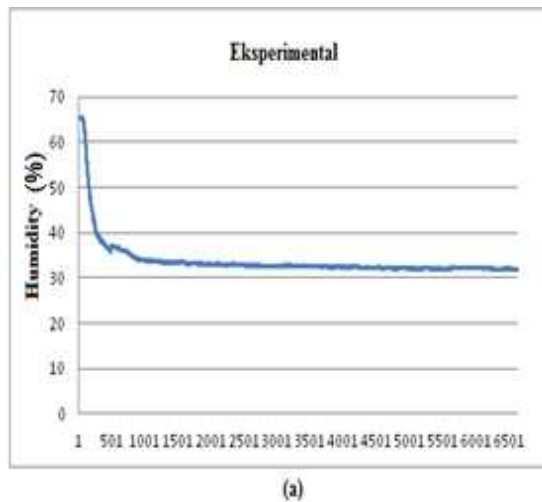


Gambar 9. Grafik respon system temperature  
 a. Ekperimental  
 b. Simulasi SIMULINK

Dari hasil respon sistem pada Gambar 9 dapat dilihat bahwa sitem mengalami respon tunak yang sama yaitu 21 °C, respon transien dari hasil simulasi lebih cepat dibandingkan dengan hasil eksperimental, dengan membandingkan dua grafik diatas maka model sistem mewakili sistem fisik.

Perbandingan respon sistem kelembaban udara dapat dilihat pada gambar 10. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa respon system hasil simulasi SIMULINK mendekati respon sistem eksperimental. Maka dengan melihat perbandingan tersebut

model sistem mewakili kondisi sebenarnya dari sistem kelembaban udara relative.

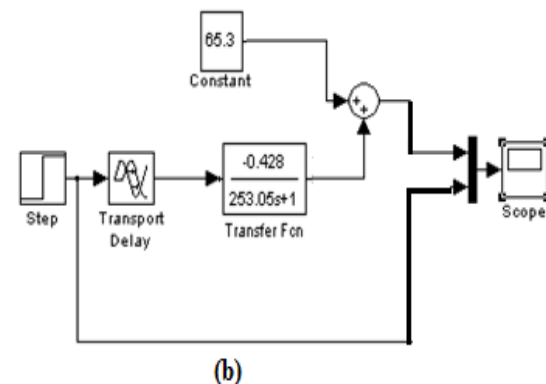
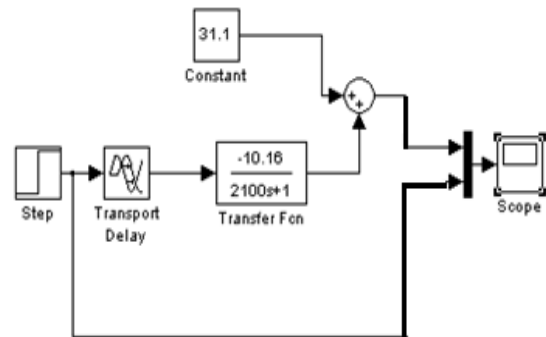


Gambar 10. Grafik respon system kelembaban udara relatif

- a. Eksperimental
- b. Simulasi SIMULINK

Perancangan kendali sistem dilakukan dengan menggunakan program SIMULINK dengan menambahkan komponen *relay* untuk menerapkan kendali *on-off*, dimana untuk sistem temperatur relay akan *on* untuk menghidupkan kompresor jika temperatur mencapai temperature 7 °C dan relay akan *off* untuk mematikan kompresor ketika temperatur mencapai 3 °C. Sedangkan untuk system kelembaban udara relatif system akan *off* untuk mematikan humidifier jika kelembaban mencapai 82.5 % dan relay akan *on* untuk menghidupkan humidifier jika kelembaban mencapai 77,5 %.

Digram blok pada SIMULINK dapat dilihat pada Gambar 11. Pada diagram blok tersebut ditambahkan komponen *relay* untuk menjadi pengendali *on-off*. Kemudian dilakukan simulasi untuk melihat respon sistem apakah pengendalian berhasil dilakukan atau tidak.

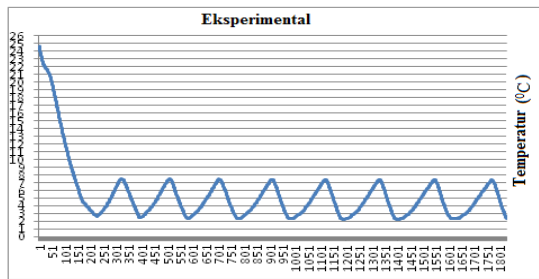


Gambar 11. Diagram blok SIMULINK kalang tertutup dengan pengendali

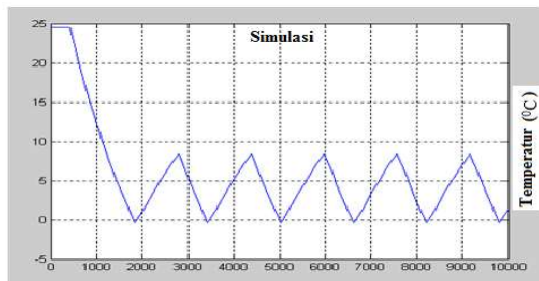
- a. Sistem temperature
- b. Sistem kelembaban udara relative

Untuk melihat apakah proses pengendalian berhasil dilakukan, maka respon sistem hasil simulasi dibandingkan dengan hasil eksperimental. Perbandingan respon system dapat dilihat pada gambar 12. Dari gambar tersebut kedua grafik mempunyai respon yang identik, dengan demikian proses perancangan dan aplikasi pengendalian berhasil dilakukan.





(a)

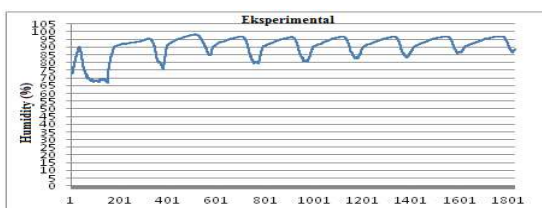


(b)

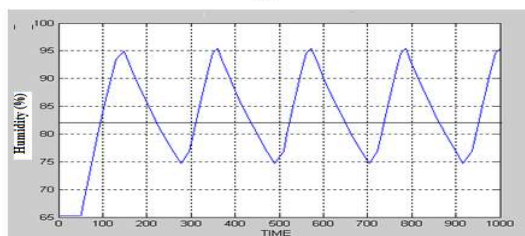
Gambar 12. Perbandingan respon system temperature setelah diterapkan pengendali

- Eksperimental
- Simulasi

Adapun grafik perbandingan respon kelembaban relatif hasil simulasi dan eksperimental dapat dilihat pada gambar 13.



(a)



(b)

Gambar 13. Perbandingan respon sistem kelembaban udara relatif setelah diterapkan pengendali

- Eksperimental
- Simulasi

Dari dua grafik pada Gambar 12 dan Gambar 13 dapat dilihat bahwa respon system kelembaban relatif hasil simulasi dan hasil eksperimental adalah identik. Dimana kedua response sistem tersebut mempunyai kesamaan pada saat sistem mencapai kondisi tunak. Dengan demikian proses perancangan dan aplikasi pengendalian pada sistem kelembaban relative berhasil dilakukan.

Hasil pengawetan jamur merang yang disimpan pada *cold storage* dengan temperature dijaga antara 3-5°C dan kelembaban udara relative yang dijaga antara 77,5-82,5 %. Proses awal adalah pengepakan jamur merang pada plastic ukuran 20×30 cm, kemudian *plastic* tersebut divakum dengan menggunakan alat *sealer* kedap udara seperti yang ditunjukkan pada gambar 14.



Gambar 14. Proses pengepakan jamur merang pada plastik

Proses selanjutnya adalah penyimpanan jamur merang yang telah dilakukan pengepakan pada *plastic* disimpan pada *cold storage* seperti yang terlihat pada gambar 15. Dimana jamur merang yang dimasukan pada *cold storage* adalah jamur merang yang masih dalam kondisi segar. Setelah jamur merang dimasukan kedalam *coldstorage* kemudian mesin dijalankan.



Gambar 15. Jamur merang dalam cold storage

Setelah disimpan pada mesin pengawetan jamur merang dijalankan, kemudian kondisi fisik jamur merang (warna dan kekenyalan) diidentifikasi setiap hari selama 4 hari. Hasil pengamatan menunjukkan jamur merang bisa bertahan selama 3 hari dikarenakan terjaganya temperature dan kelembaban udara pada ruang penyimpanan jamur merang.

## KESIMPULAN

Dari proses pemodelan, penyetelan kendali, simulasi sistem kendali dan aplikasi system kendali pada cold storage jamur merang dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pemodelan matematik secara eksperimental dengan metode PRC berhasil dilakukan setelah diidentifikasi karakteristik respon system hasil simulasi dan hasil eksperimental.
2. Penyetelan kendali dilakukan dengan menggunakan SIMULINK. Kendali yang digunakan adalah kendali on-off. Setelah hasil simulasi didapatkan dan berhasil, kemudian diterapkan pada system nyata. Perbandingan grafik respon sistem hasil eksperimental dan pemodelan setelah diterapkan kendali menunjukan hasil yang identik atau relatif sama, hal ini dapat dilihat ketika system mengalami keadaan tunak.
3. Pengawetan jamur merang dilakukan dengan menyimpan jamur merang pada

cold storage setelah di packing kedap udara dengan menggunakan wadah plastic, hasil pengawetan menunjukan bahwa jamur merang bisa bertahan selama 3 (tiga) hari.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adiandri. Resa Setia, Nugraha. Sigit, Rachmat. Ridwan (2012) *Karakteristik Mutu Fisikokimia Jamur Merang (Volvarella Volvacea) Selama Penyimpanan Dalam Berbagai Jenis Larutan Dan Kemasan*, J. Pascapanen 9(2) : 77 – 87.
- Anonim, (1999) *Simulink Dynamic System Simulation for Matlab*, The MathWorks, Inc. 24 Prime Park Way Natick, MA 01760-1500.
- Cezar O. R. Negrão, Raul H. Erthal, Cassio A. Yared, Diogo da Vinha Andrade, (2008) *Semi-Empirical Model For Steady State Simulation Of Domestic Refrigeration Systems*, 12th Brazilian Congress of Thermal Engineering and Sciences 10-14, Federal University of Technology, Paraná.
- Karsid. (2015). *Perancangan Kendali Pid Dengan Model Process Reaction Curve Pada Showcase Jamur Merang*. Jurnal Neutrino Vol. 8, No.1. 1-10.
- Ryniecki. Antoni, Wawrzyniak. Jolanta, Pilarska, Agnieszka A, (2015) *Basics of process: the on-off control system, technic-technolohy* 25-29, Poznan University of Life Sciences.
- Sumiati, Etty. Djuariah, Dini. (2007) *Teknologi Budidaya Dan Penanganan Pascapanen Jamur Merang, Volvariella Volvacea*, Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Bandung.
- Tao F, Zhang M, Jincai S. (2005) *Preservation of mushroom in storage after cooling treatment*. Int.Agrophysics.; 19: 293-297.
- Tham. M.T, (2009) *Multivariable Control "An Introduction to Decoupling Control, Departement of Chemical and Process Engineering*, University of Newcastle upon Tyne, Newcastle.
- Zhu. Yucai, (2001) *Multivahable System Identification for Process Control*, Elsevier Scienc Ltd, Oxford.