

KARAKTERISTIK PENGENDALI *ON-OFF* UNTUK APLIKASI PADA SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATUR

Jotje Rantung

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sam Ratulangi, Manado

ABSTRAK

Dalam aplikasi sebuah pengendali harus memenuhi persyaratan kualitas atau karakteristik utama yaitu linearitas, tidak tergantung temperatur, kepekaan, waktu tanggapan, batas frekuensi terendah dan tertinggi, stabilitas waktu dan histeresis. Untuk nilai masukan tertentu, pengendali harus dapat memberikan keluaran yang tetap nilainya dalam waktu yang lama. Demikian juga sensor dan pengendali dapat mengalami gejala histeresis seperti yang ada pada magnetisasi besi. Pada temperatur tertentu akibat dari karakteristik ini sebuah sensor dapat memberikan keluaran yang berlainan, tergantung pada keadaan apakah saat itu temperatur sedang naik atau turun. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian tentang karakteristik pengendali *on-off* untuk aplikasi pada sistem pengendalian temperatur. Karakteristik pengendali *on-off* yang akan diuji adalah alat pengendali yang terpasang pada mesin penetas telur otomatis tipe C-100 yang berada di laboratorium dasar Teknik Mesin Unsrat.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh bahwa: sistem yang diuji beroperasi dengan baik sesuai fungsinya yaitu *on* pada 35⁰C dan *off* pada 40⁰C, sistem pengendali adalah linier, respon kenaikan temperatur bergantung pada besar energi pemanas dalam kasus ini ditunjukkan oleh posisi dimer, dan respon penurunan suhu (lama waktu pemanas *off*) bergantung pada besar beban didalam wadah yang dikendalikan yaitu telur dan air didalam wadah. Overshoot dapat terjadi oleh karena besar energi pemanas.

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam suatu pengendalian proses dikenal berbagai jenis atau cara, salah satunya adalah proses pengendalian *on-off*. Pada proses pengendalian jenis ini hanya akan terdapat 2 jenis output yaitu bersifat low dan high. Proses penendalian ini apabila digunakan untuk mengendalikan buka tutup control valve maka bukaan control valve hanya akan bisa 0% atau 100%. Syarat utama untuk memakainya adalah bukan untuk menghemat biaya pembelian unit pengendali melainkan karena proses memang tidak dapat mentolelir fluktuasi process variable pada batas-batas kerja pengendali *on-off*.

Dalam aplikasi, sebuah pengendali harus memenuhi persyaratan kualitas atau karakteristik utama sebagai berikut : **linearitas, tidak tergantung temperatur, kepekaan, waktu tanggapan, batas frekuensi terendah dan tertinggi, stabilitas waktu dan histeresis.** Untuk nilai masukan tertentu, pengendali harus dapat memberikan keluaran yang tetap nilainya dalam waktu yang lama. Sayangnya karakteristik kebanyakan komponen pengendali (termasuk sensor) dalam aplikasinya cenderung berubah seiring dengan waktu. Demikian juga sensor dan pengendali dapat mengalami gejala histeresis seperti yang ada

pada magnetisasi besi. Pada temperatur tertentu akibat dari karakteristik ini sebuah sensor dapat memberikan keluaran yang berlainan, tergantung pada keadaan apakah saat itu temperatur sedang naik atau turun. Dalam penelitian ini akan melakukan pengujian tentang karakteristik pengendali *on-off* untuk aplikasi pada sistem pengendalian temperatur.

Karakteristik pengendali *on-off* yang akan diuji adalah alat pengendali yang terpasang pada mesin penetas telur otomatis tipe C-100 yang berada di laboratorium dasar Teknik Mesin Unsrat.

1.2. Rumusan Masalah

Dalam penelitian tentang karakteristik pengendalian *on-off* ini dapat dirumuskan beberapa permasalahan yaitu sebagai berikut : Apakah peralatan yang harus dikalibrasi ulang? Apakah persyaratan kualitas karakteristik utama pengendali masih dimiliki?

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan karakteristik sistem kendali hidup-mati (*on-off*) untuk pengendalian temperatur pada mesin penetas telur otomatis tipe C-100 yang berada di laboratorium dasar Teknik Mesin Unsrat.

1.4. Batasan Penelitian

Mengingat sangat luas penelitian ini, maka penulis membatasi hanya pada pengendali temperatur, dan peralatan pengendali adalah tipe CT200 yang ada pada mesin penetas telur otomatis tipe C-100 yang berada di laboratorium dasar Teknik Mesin Unsrat.

1.5. Manfaat Penelitian

Hasil skripsi ini diharapkan dapat memberikan manfaat yang berguna untuk :

1. Mengetahui cara menguji suatu instrumen sensor dan pengendali
2. Memberikan wawasan yang luas bagi pembaca agar dapat memahami tentang teknik pengendalian.

II. LANDASAN TEORI

2.1. Sistem Pengendalian Proses Dan Instrumentasi Pengendali Proses

Instrumentasi merupakan device atau peralatan yang digunakan untuk menunjang sebuah sistem dalam menjalankan proses tertentu untuk tujuan tertentu pula. Setiap kegiatan proses dalam sebuah system di industri senantiasa membutuhkan peralatan–peralatan otomatis untuk mengendalikan parameter–parameter prosesnya. Otomatisasi tidak saja diperlukan demi kelancaran operasi, keamanan, ekonomi, maupun mutu produk, tetapi lebih mengutamakan pada kepentingan penggunaan manusia (user) sebagai kendali manual, kecepatan, kualitas, serta kuantitas yang dihasilkan dibandingkan dengan menggunakan kendali manual, dalam hal ini manusia sebagai pengendali dan pelaku keputusan.

Hampir semua proses industri dalam menjalankan proses produksinya membutuhkan bantuan sistem pengendali, contohnya pengendalian di suatu proses pengilangan minyak. Proses di suatu pengilangan minyak tidak mungkin dapat dijalankan tanpa bantuan fungsi sistem pengendalian. Ada banyak pengendalian yang harus dikendalikan di dalam suatu proses. Diantaranya yang paling umum, adalah tekanan (*pressure*) didalam sebuah *vessel* atau pipa, aliran (*flow*) didalam pipa, suhu (*temperature*) di unit proses seperti *heat exchanger*, atau permukaan zat cair (*level*) disebuah tangki. Ada beberapa parameter lain diluar keempat elemen diatas yang cukup penting juga dan juga perlu dikendalikan karena kebutuhan spesifik proses, diantaranya : pH, Velocity, berat, lain sebagainya.

Gabungan serta kerja alat–alat pengendali otomatis itulah yang dinamai dengan **sistem pengendalian proses** (*proses control system*). Sedangkan semua peralatan yang membentuk sistem pengendali disebut **Instrumentasi pengendali**

proses(*process control instrumentation*). Dan sekarang tidak lagi memakai pe-ngendalian manual kendali tetapi masih tetap dipakai pada beberapa aplikasi tertentu. Sistem dibuat otomatis peran operator didalam sistem pengendalian manual digantikan oleh sebuah alat yang disebut *pengendali*. Tugas pelaksana keputusan(*aksi control valve*) tidak lagi dilakukan oleh operator (manusia), tetapi atas perintah *pengendali* yang operasinya dikendalikan oleh user. Untuk keperluan pengendalian otomatis, *valve* harus dilengkapi dengan alat yang disebut *actuator*, sehingga unit *valve* sekarang menjadi unit yang disebut *control valve*. Semua peralatan pengendalian inilah (*pengendali dan control valve*) yang disebut sebagai **instrumentasi pengendali proses**.

Pengendalian pada umumnya menghendaki proses berjalan dengan stabil. Proses yang stabil merupakan sebuah proses dimana besarnya setpoint sama dengan besarnya measurement variabel, sehingga error sama dengan nol. Error yang sama dengan nol ini dapat mengakibatkan tidak adanya manipulated variabel untuk membuka atau menutup valve yang menjadikan sebuah proses yang berjalan secara kontinyu tanpa gangguan. Namun pada kenyataannya perubahan load, kinerja mekanik instrument, perubahan setpoint dan faktor – faktor lain yang dapat mengakibatkan suatu proses tidak stabil. Hal ini lazim terjadi pada suatu sistem pengendalian, sehingga perlu sebuah pengendali untuk mengendalikan suatu proses agar dapat kembali ke posisi stabil.

2.2. Pengendali temperatur

Pengendali temperatur adalah suatu instrumentasi yang bekerja mengontrol temperatur/keadaan temperatur didalam ruang. Sistem ini juga sangat berperan penting dalam menunjang keberhasilan suatu proses, dan dewasa ini sistem pengendali temperatur selain dipakai pada industri –industri besar ataupun modern sistem ini juga banyak digunakan pada industri – industri menengah dan kecil. Contohnya adalah penetasan telur ayam.

2.2.1. Kendali ON-OFF (Kendali Dua Posisi)

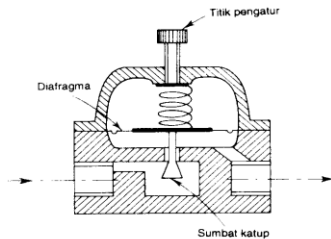
Aksi kendali dua posisi atau *on-off*. Dalam sistem kendali dua posisi, elemen pembangkit hanya mempunyai dua posisi tertentu yaitu *on* dan *off*. Kendali dua posisi ini relatif sederhana dan tidak mahal dan dalam hal ini sangat banyak digunakan dalam sistem kendali industri maupun domestik.

Ambil sinyal keluaran dan pengendali $u(t)$ tetap pada salah satu nilai maksimum atau minimum tergantung apakah sinyal pembangkit kesalahan positif atau negatif, sehingga,

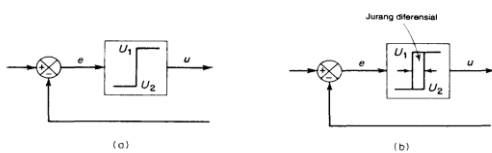
$$u(t) = U_1 \quad \text{untuk } e(t) > 0$$

$$= U_2 \quad \text{untuk } e(t) < 0$$

dengan U_1 dan U_2 konstan. Nilai minimum U_2 biasanya nol atau $-U_1$. Pengendali dua posisi umumnya merupakan perangkat listrik dan sebuah katup yang dioperasikan dengan selenoida. Pengendali pneumatik proporsional dengan penguatan yang sangat tinggi beraksi sebagai pengendali dua posisi dan kadang-kadang disebut pengendali pneumatik dua posisi.

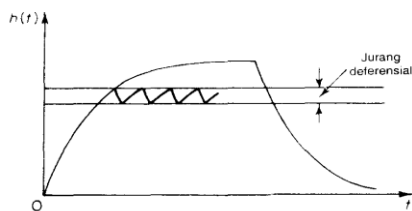


Gambar 2.1. Pengendali beroperasi otomatis.



Gambar 2.2. (a) Diagram blok pengendali on-off; (b) diagram blok pengendali on-off dengan jurang diferensial

Gambar 2.2 (a) dan (b) menunjukkan diagram blok pengendali dua posisi. Daerah dengan sinyal pembangkit kesalahan yang digerakkan sebelum terjadi *switching* disebut jurang diferensial. Jurang diferensial ditunjukkan pada Gambar 2.2 (b). Suatu jurang diferensial menyebabkan keluaran pengendali $u(t)$ tetap pada nilai awal sampai sinyal pembangkit kesalahan telah bergerak mendekati nilai nol. Dalam beberapa kasus jurang diferensial terjadi sebagai akibat adanya penghalang yang tidak dikehendaki dan gerakan yang hilang, sering juga hal ini dimaksudkan untuk mencegah operasi yang berulang-ulang dan mekanisme on-off.



Gambar 2.3. Kurva tinggi $h(t)$ versus t untuk sistem pada Gambar 8(a).

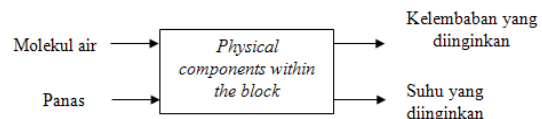
Dari Gambar 2.3, diketahui bahwa amplitudo osilasi keluaran dapat direduksi dengan mengurangi jurang diferensial. Pengurangan jurang diferensial menambah nilai penghubung on-off per menit dan mengurangi waktu hidup komponen. Besaran jurang diferensial harus ditentukan dari pengamatan seperti ketepatan yang diperlukan dan waktu hidup komponennya.

2.2.2. Sistem Kendali Suhu (panas) dan Kelembaban

Sistem kendali adalah suatu gabungan dari beberapa komponen fisik yang ditata untuk mengontrol (mengatur) komponen itu sendiri atau sistem lain.

Dari defenisi di atas maka kita dapat menyimpulkan bahwa sistem kendali suhu dan kelembaban adalah suatu penggabungan beberapa komponen yang ditata sedemikian rupa untuk mengontrol suhu dan kelembaban. Komponen yang dimaksud antara lain yaitu sensor, pengendali (*controller*), pemanas (*heater*), air, *relay*, dan komponen pendukung lainnya.

Dalam bentuk yang paling sederhana sistem kendali suhu dan kelembaban terdiri dari dua *input*(masukan) dan dua *output*(keluaran) atau lebih dikenal dengan sistem MIMO (*multiple-input, multiple-output system*) seperti terlihat pada gambar 2.4 di bawah ini.



Gambar 2.4 Sistem Kendali Suhu dan Kelembaban

Secara singkat dari gambar di atas dapat dijelaskan bahwa *input* masuk ke sistem dimana di dalam sistem sendiri ada beberapa komponen yang memproses sedemikian rupa sehingga keluarannya sesuai dengan apa yang diinginkan. Hal ini terjadi karena diatur oleh pengendali (*controller*) yang merupakan otak dari suatu sistem kendali. Pengendali menerima sinyal error dari sensor sebagai masukan dan membangkitkan suatu *output* yang bertujuan untuk membawa *plant* (sesuatu kondisi yang dikendali) pada keadaan yang diinginkan.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa:

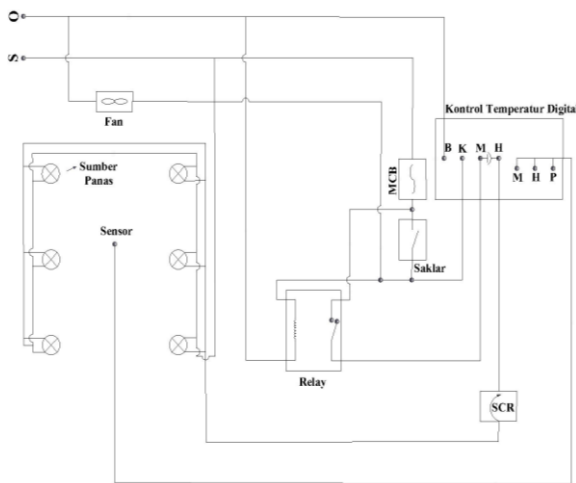
1. Set sistem pengendalian *on/off* dengan *variabel control* temperatur.
2. Termometer digital
3. Pencatat waktu (*Stopwach*)

4. Air dan tempatnya
5. Unit Mesin penetas telur

Komponen bahan dan peralatan yang digunakan tersebut dapat dijelaskan secara garis sebagai berikut:



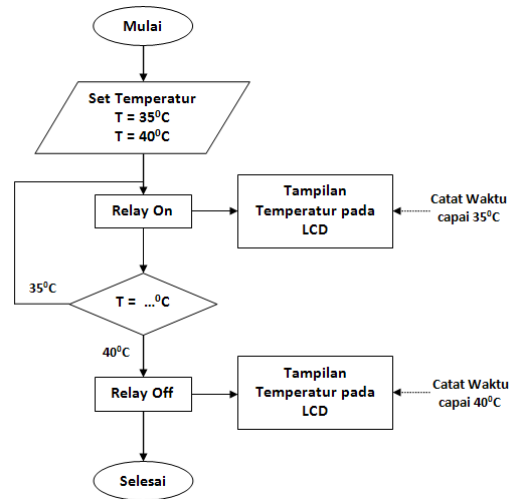
Gambar 3.1 Unit Mesin penetas telur pengendali



Gambar 3.2 Sirkit pengendali

3.2 Metode Pengambilan Data

Tahapan metode pengambilan data ini diperlihatkan pada Gambar 3.3 dibawah ini :



Gambar 3.3. Diagram Alir Metode Pengambilan Data

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian Dan Pengambilan Data Respon Sistem Pengendali Dua Posisi (*On-Off*)

Karakteristik pengendali *on-off* yang akan diuji adalah alat pengendali yang terpasang pada mesin penetas telur otomatis tipe C-100 yang berada di laboratorium dasar Teknik Mesin Unsrat. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui karakteristik respon sistem pengendali *on-off*.

Sebelum pengujian dilakukan terlebih dahulu kita mengecek apakah box penetas ini telah terpasang dengan baik apakah karpet yang dipasang untuk mengisolasi box telah terikat dengan baik dan bak penampung air untuk menyeimbangkan faktor kelembabannya telah terisi, dan apakah sistem instrumentasi yang ada didalamnya telah tersusun dengan rapih sehingga dapat menghindari hal-hal yang bisa membahayakan keselamatan kita misal sumber tegangan listrik yang berasal dari PLN, dan rangkaian listrik yang ada didalamnya sangat penting untuk diperhatikan. Setelah pengecekan dilakukan barulah kita melakukan pengujian. Sebelum alat dinyalakan pengendali digitalnya diset terlebih dahulu untuk temperatur maximum ditetapkan pada angka 40°C dan temperatur minimum pada angka 35°C, karena sesuai dengan telur yang kita gunakan yaitu telur jenis ayam kampung.

Instrumen sistem pengendali temperatur ini dirancang untuk bekerja secara otomatis, sehingga memungkinkan tingkat keberhasilannya lebih tinggi. Sistem ini tergolong sederhana karena hanya mengontrol temperatur pada saat maximum dan minimum seperti yang telah dijelaskan diatas pada temperatur 40°C dan 35°C, menjaga agar

kestabilan temperatur tetap pada angka yang telah ditetapkan, sehingga lampu akan mati pada saat temperatur max dan menyala pada saat temperatur min.

Metode pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan karakteristik pengendali adalah sebagai berikut:

1. Pengujian selama 21 hari (riil proses penetasan telur) dengan meletakkan sampel telur dalam wadah yang diuji. Dalam pengujian ini diambil sampel tujuh buah butir telur untuk ditetaskan. Posisi dimer dalam keadaan beban penuh.
2. Pengujian tanpa telur didalam wadah yang diuji. Posisi dimer adalah 0.25, 0.5, 0.75, dan 1 beban.
3. Pengujian tanpa telur didalam wadah yang diuji dan diletakkan satu nampan berisi air. Posisi dimer adalah 0.25, 0.5, 0.75, dan 1 beban.

Pengambilan Data

Pengujian selama 21 hari (riil proses penetasan telur) dengan meletakkan sampel telur dalam wadah yang diuji.

Dalam rentang waktu pada saat lampu mati dan saat lampu menyala kita mencatat respon waktu yang diperlukan yaitu 35°C – 40°C. Proses pencatatan waktu dilakukan secara manual dan dibagi dalam jarak 0,2/100 serta dilakukan sampai pada saat penetasan tiba, dalam pengujian ini kita mendapatkan telur menetas pada hari ke18.

Tabel hasil pengamatan untuk pengujian ini diambil sampel 7 butir telur, hari ke 1

Tabel 4.1. Hasil pengamatan untuk pengujian 7 butir telur, hari ke 1

NO	Temp (°C)	Waktu (Sec)	NO	Temp (°C)	Waktu (Sec)
1	35	0	27	40	1604
2	35,2	45	28	39,8	1649
3	35,4	107	29	39,6	1717
4	35,6	127	30	39,4	1764
5	35,8	145	31	39,2	1816
6	36	211	32	39	1862
7	36,2	233	33	38,8	1925
8	36,4	254	34	38,6	1952
9	36,6	313	35	38,4	2041
10	36,8	335	36	38,2	2105
11	37	349	37	38	2125
12	37,2	433	38	37,8	2146
13	37,4	501	39	37,6	2249
14	37,6	529	40	37,4	2331
15	37,8	559	41	37,2	2413
16	38	631	42	37	2491
17	38,2	718	43	36,8	2519

18	38,4	755	44	36,6	2629
19	38,6	840	45	36,4	2731
20	38,8	926	46	36,2	2752
21	39	1015	47	36	2912
22	39,2	1130	48	35,8	3019
23	39,4	1234	49	35,6	3105
24	39,6	1342	50	35,4	3252
25	39,8	1511	51	35,2	3409
26	40	1604	52	35	3511

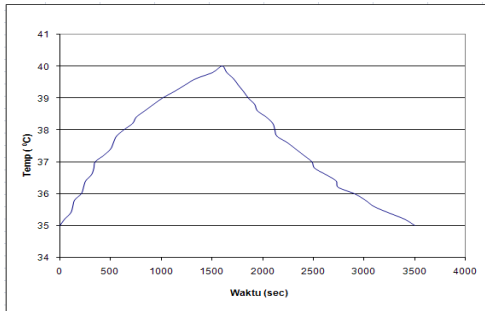
Tabel 4.2. Hasil pengamatan untuk pengujian 7 butir telur, hari ke 18

NO	Temp (°C)	Waktu (Sec)	NO	Temp (°C)	Waktu (Sec)
1	35	0	27	40	1811
2	35.2	45	28	39,8	1856
3	35.4	108	29	39,6	1933
4	35.6	132	30	39,4	2018
5	35.8	152	31	39,2	2047
6	36	213	32	39	2119
7	36.2	244	33	38,8	2151
8	36.4	289	34	38,6	2224
9	36.6	324	35	38,4	2266
10	36.8	398	36	38,2	2342
11	37	429	37	38	2417
12	37.2	512	38	37,8	2458
13	37.4	589	39	37,6	2537
14	37.6	677	40	37,4	2636
15	37.8	709	41	37,2	2726
16	38	789	42	37	2816
17	38.2	857	43	36,8	2912
18	38.4	975	44	36,6	2970
19	38.6	1088	45	36,4	3134
20	38.8	1110	46	36,2	3255
21	39	1221	47	36	3361
22	39.2	1305	48	35,8	3527
23	39.4	1432	49	35,6	3655
24	39.6	1587	50	35,4	3864
25	39.8	1744	51	35,2	4054
26	40	1811	52	35	4319

Data lengkap dari hasil pengujian untuk ketiga metode pengujian dapat dilihat pada lampiran A.

4.2. Hasil dan Pembahasan

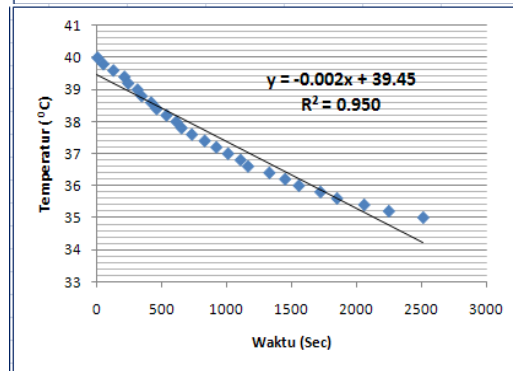
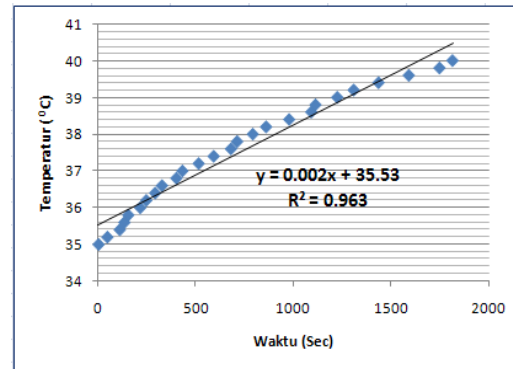
- a) Analisis data hasil pengujian dari riil penetasan telur.



Gambar 4.1 Grafik Respon Waktu Pengendali *On-Off* hari ke 1

Karakteristik respon dari sistem kontrol dua posisi (*on-off*) akan diperoleh melalui pengujian. Pengujian ini dilakukan dengan menset temperatur antara 35°C-40°C. Rentang waktu antara dua temperatur ini dicatat dan didapatkan hasil seperti pada Gambar 4.1.

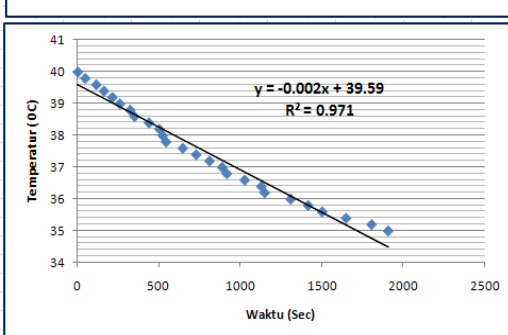
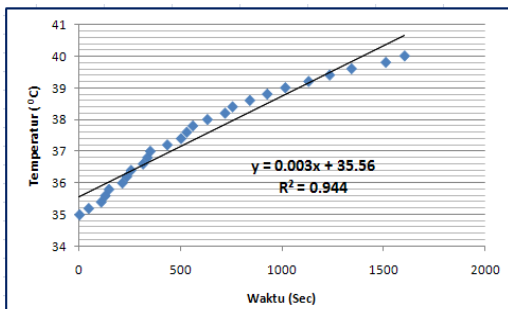
Dapat dilihat bahwa sinyal keluaran dari sensor berubah-ubah dari posisi tetap satu keposisi tetap lainnya. Sinyal keluaran maksimal didapatkan 40 °C dan sinyal keluaran minimal sebesar 35°C. Untuk hari ke 1, rentang waktu capaian untuk temperatur naik adalah 1604 detik dan waktu untuk temperatur turun 1908 detik. Untuk hari ke 18 waktu capaian temperatur naik adalah 1811 menit dan untuk temperatur turun 1908 menit 2508 detik. Dari pengujian ini tidak terjadi overshoot.



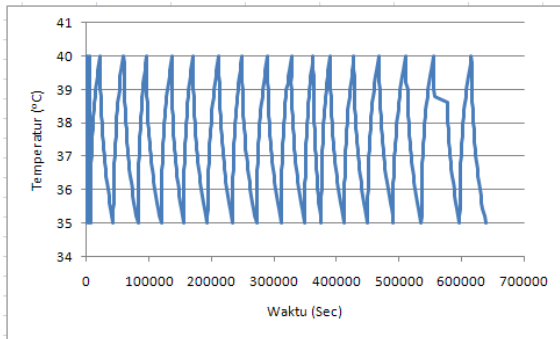
Gambar 4.2b. Linieritas Pengendali *On-Off* hari ke 18

Dari Tabel 4.1 dan Gambar 4.2a terlihat bahwa perubahan waktu tiap 1 detik sebanding dengan $\pm 0.003^{\circ}\text{C}$ untuk kenaikan temperatur dan mempunyai nilai linieritas sebesar $y=0.003x+35.56$. Untuk penurunan temperatur, perubahan waktu tiap 1 detik sebanding dengan $\pm 0.002^{\circ}\text{C}$ dan mempunyai linieritas $y=0.002x+39.59$. Untuk hasil pengujian hari ke 18 seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4.2b dapat dilihat bahwa nilai linieritas dari kenaikan dan penurunan temperatur memiliki kecenderungan yang sama dengan hasil pengujian hari 1.

Dari hasil-hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem pengendali ini berfungsi dengan baik. Data lengkap dari hasil pengujian dapat dilihat pada lampiran 1. Sesuai dengan tabel data yang secara lengkap ada pada lampiran 1 dibuat grafik respon waktu sebagai berikut:



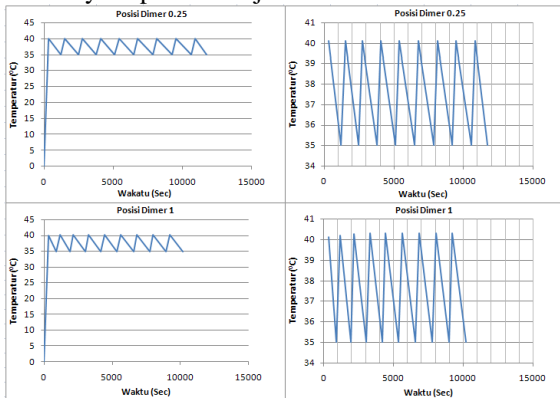
Gambar 4.2a. Linieritas Pengendali *On-Off* hari ke 1



Gambar 4.3. Grafik hasil pengamatan hari-1 sampai hari ke-18

b) Pengujian tanpa telur didalam wadah yang diuji. Posisi dimer adalah 0.25, 0.5, 0.75, dan 1 beban.

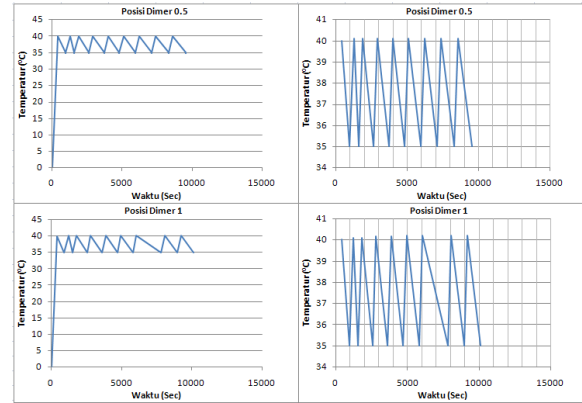
Karakteristik sistem pengendali berdasarkan pengujian ini dapat dilihat dari respon waktunya seperti ditunjukkan oleh Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Grafik Respon waktu hasil pengujian pengujian tanpa telur didalam wadah yang diuji

Dari gambar ini dapat dilihat bahwa sistem pengendali berfungsi dengan baik, namun perbedaan karakteristik terlihat antara dua posisi dimer. Posisi dimer disini mewakili besar energi pemanas dimana 0,25 memberi arti 25% dari besar energi pemanas dan 1 berarti 100% energi pemanas. Dari kedua posisi ini dapat dilihat bahwa respon perubahan waktu oleh penegndali ini lebih cepat terjadi pada posisi posisi dimer 1 tetapi terjadi overshoot sampai 0.3°C .

c) Pengujian tanpa telur didalam wadah yang diuji dan diletakkan satu nampun berisi air. Posisi dimer adalah 0.25, 0.5, 0.75, dan 1 beban.



Gambar 4.5. Grafik Respon waktu hasil pengujian pengujian tanpa telur didalam wadah yang diuji

Karakteristik sistem pengendali berdasarkan pengujian ini dapat dilihat dari respon waktunya seperti ditunjukkan oleh Gambar 4.5. Dari gambar ini dapat dilihat bahwa sistem pengendali tetap berfungsi dengan baik dan perbedaan karakteristik terlihat antara dua posisi dimer. Posisi dimer disini mewakili besar energi pemanas dimana 0,5 memberi arti 50% dari besar energi pemanas dan 1 berarti 100% energi pemanas. Dari kedua posisi ini dapat dilihat bahwa respon perubahan waktu oleh penegndali ini lebih cepat terjadi pada posisi dimer 0.5 dengan overshoot sampai 0.1°C , sedangkan pada posisi dimer 1 overshoot sebesar 0.2°C .

Dari hasil analisis ketiga metode pengujian diatas dapat dilihat karakteristik sistem pengendali *on-off*, yaitu: sistem tetap beroperasi dengan baik sesuai berfungsinya yaitu *on* pada 35°C dan *off* pada 40°C , sistem pengendali adalah linier, respon kenaikan temperatur bergantung pada besar energi pemanas dalam kasus ini ditunjukkan oleh posisi dimer, dan respon penurunan suhu (lama waktu pemanas *off*) bergantung pada besar beban didalam wadah yang dikendalikan yaitu telur dan air didalam wadah. Overshoot dapat terjadi oleh karena besar energi pemanas.

V. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem yang diuji beroperasi dengan baik sesuai berfungsinya yaitu *on* pada 35°C dan *off* pada 40°C .
2. Sistem pengendali adalah linier.
3. Respon kenaikan temperatur bergantung pada besar energi pemanas dalam kasus ini ditunjukkan oleh posisi dimer, dan respon penurunan suhu (lama waktu pemanas *off*) bergantung pada besar beban didalam wadah yang dikendalikan yaitu telur dan air didalam

wadah. Overshoot dapat terjadi oleh karena besar energi pemanas.

DAFTAR PUSTAKA

- Nise, N. 2000. *Control System Engineering*. Third Edition, John Wiley & Sons, Inc.
- Ogata, K. 1997. *Modern Control Engineering*. Third Edition, Prentice-Hall International. Inc.
- T.senbun, F. Tokyo 1991, Hanabuchi, *Instrumentation System, Fundamentals and Applications*, Yokogawa electric Corp.
- Luyben, W.L and Luyben M.L. 1997. *Essentials of Process Control*. International Edition, McGraw-Hill, Inc. New York.
- Luyben, W.L. 1990. *Process Modeling, Simulation and Control for Chemical Engineers*. McGraw-Hill, Inc. New York.
- Rumpumbo, N. 2009. Proses Pembuatan Mesin Penetas Telur Otomatis Tipe C100. Skripsi Program S1 Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Dien S. V. 2010. Perancangan Instrumentasi Sistem Pengendali Suhu Untuk Sistem Tetas Telur Otomatis. Skripsi Program S1 Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Mirinejad, H. Sadati, S.H. Hasanzadeh, S. Shahri, A.M. and Ghasemian, M. *Design and Simulation of an Automated System for Greenhouse using*