

PENGENDALIAN SUHU PADA JAKET PENGHANGAT SUHU TUBUH MENGGUNAKAN KONTROLER PID BERBASIS ARDUINO

Yolanda Adi Setiawan¹, Ir.Purwanto,M.T.², Dr. Ir. Erni Yudaningtyas, M.T.³

¹ Mahasiswa Teknik Elektro Univ. Brawijaya, ^{2,3} Dosen Teknik Elektro Univ. Brawijaya
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

Email : yolandaadi2012@gmail.com

Abstrak

Suhu tubuh yang normal diperlukan untuk sel-sel tubuh agar dapat berfungsi secara efektif. Suhu tubuh mencerminkan keseimbangan antara pembentukan dan pengeluaran panas. Bila suhu turun dibawah suhu tertentu maka pembentukan panas ditingkatkan, laju metabolisme meningkat, otot-otot ditegangkan dan tubuh menggigil. Suhu tubuh yang terlalu ekstrim bisa menyebabkan kematian. Tubuh yang sehat mampu memelihara suhu tubuh secara konstan walaupun kondisi lingkungan berubah-ubah. Kulit mempunyai lebih banyak reseptor untuk dingin dan hangat dibanding reseptor pada bagian tubuh lain. Apabila suhu tubuh di bawah batas normal, kematian biasanya terjadi saat suhu tubuh turun hingga dibawah 34°C. Pada hipotermia berat, sleepines dan bahkan koma mungkin terjadi, yang selanjutnya menekan aktifitas mekanisme kontrol panas dan mencegah menggigil. Tanda-tanda klinis hipotermia adalah menggigil hebat, merasa dingin dan kedinginan, pucat, dingin kulit seperti lilin, hipotensi, keluaran urine menurun, koordinasi otot berkurang, disorientasi dan mengantuk yang mengarah ke koma. Seiring dengan perkembangan teknologi, dibuatlah suatu alat berupa jaket penghangat suhu tubuh dengan menggunakan kontroler PID berbasis Arduino untuk mengatasi masalah Hipotermia pada suhu udara yang sangat dingin.

Pada penggunaan kontroler PID didapatkan nilai parameter $K_p=70.2$, $K_i=17.5$, dan $K_d=70.2$, sehingga dapat mempercepat sistem untuk mencapai keadaan *steadystate* sesuai dengan *setpoint* yang telah ditentukan berupa suhu 40°C, 35°C, dan 30°C.

Kata Kunci: Jaket Pemanas, Suhu dingin, Kontroler PID, Ziegler Nichols 1.

Abstract

A normal body temperature is used for body cells to function effectively. A body temperature reflects a balance between formation and expulsion of heat. If the temperature is low under the significant temperature, the heat formation will be upgraded, the metabolism rate will rise, the muscle will be tensed, and the body will shiver. The body temperature which is too extreme can lead of death. The healthy body is able to keep body temperature constantly, despite the surroundings condition is inconsistent. A skin has more receptors in cold and heat than receptors in part of other bodies. When the body temperature is under normal restriction, commonly the death occurs when body temperature is under 34°C. In several hypothermia, sleepiness and coma are possible to happen which further suppress the activity of heat control mechanism and restrain the shiver. The clinical signs of hypothermia are shivering, feeling cold and chill, being pale, cold skin like wax, hypertension, decreasing urine production, reducing muscle coordination, being disorientation, and drowsiness leading to coma. Along with technology development, a heated jacket of body temperature using PID controller based on Arduino is made for solving Hypothermia problem at identical cold temperature.

In using PID controller, the amount of parameter is $K_p=70.2$, $K_i=17.5$, and $K_d=70.2$, so it can accelerate the system to complete steady state which is appropriate with set point which has been determined in the form of temperature 40°C, 35°C, and 30°C.

Keywords: heated jacket, cold temperature, PID controller, Ziegler Nichols 1.

I PENDAHULUAN

Suhu tubuh yang normal diperlukan untuk sel-sel tubuh agar dapat berfungsi secara efektif. Suhu tubuh mencerminkan keseimbangan antara pembentukan dan pengeluaran panas. Bila suhu turun dibawah suhu tertentu maka pembentukan panas ditingkatkan, laju metabolisme meningkat, otot-otot ditegangkan dan tubuh menggigil. Suhu tubuh yang terlalu ekstrim bisa menyebabkan kematian. Tubuh yang sehat mampu memelihara suhu tubuh secara konstan walaupun kondisi lingkungan berubah-ubah. Kulit mempunyai lebih banyak reseptor untuk dingin dan hangat dibanding reseptor pada bagian tubuh lain. Apabila suhu tubuh di bawah batas normal, kematian biasanya terjadi saat suhu tubuh turun hingga dibawah 35°C.^[2]

Hipotermia adalah suatu kondisi dimana mekanisme tubuh untuk pengaturan suhu kesulitan untuk mengatasi tekanan suhu dingin. Tubuh manusia mampu mengatur suhu pada suhu normal antara 36-37°C. Diluar suhu tersebut, respon tubuh

untuk mengatur suhu akan aktif menyeimbangkan produksi panas dan kehilangan panas dalam tubuh. Pada hipotermia berat, sleepines dan bahkan koma mungkin terjadi. Tanda-tanda klinis hipotermia adalah menggigil hebat, merasa dingin dan kedinginan, pucat, dingin kulit seperti lilin, keluaran urine menurun, koordinasi otot berkurang, disorientasi dan mengantuk yang mengarah ke koma.^[1]

Beberapa waktu terakhir banyak kasus-kasus Hipotermia yang sudah banyak memakan korban terutama pada para pendaki gunung. Pakaian yang tidak dapat melindungi tubuh secara maksimal dari udara dingin di gunung adalah salah satu penyebab Hipotermia di gunung yang terjadi saat ini. Seiring dengan perkembangan teknologi, dibuatlah suatu alat berupa jaket penghangat suhu tubuh dengan menggunakan kontroler PID berbasis Arduino untuk mengatasi masalah Hipotermia pada suhu udara yang sangat dingin.

¹ Yolanda Adi Setiawan adalah mahasiswa Teknik Elektro Universitas Brawijaya. Malang. Indonesia (No telepon korespondensi penulis 085748223686; email : yolandaadi2012@gmail.com)

² Ir.Purwanto, M.T. adalah dosen Teknik Elektro Universitas Brawijaya. Malang, Indonesia

³ Dr. Ir. Erni Yudaningtyas, M.T. adalah dosen Teknik Elektro Universitas Brawijaya. Malang, Indonesia

Oleh karena itu pada skripsi ini dibuatlah suatu alat yang membahas tentang pengontrolan suhu pada jaket penghangat suhu tubuh untuk mengatasi masalah Hipotermia pada suhu udara yang sangat dingin menggunakan kontroler PID, dimana sistem dengan menggunakan kontroler PID memiliki kesederhanaan struktur serta kemudahan dalam melakukan tuning parameter kontrolnya dengan menggunakan metode Ziegler Nichols 1.

II TINJAUAN PUSTAKA

A. Kontroler Proporsional Integral Differensial

Gabungan aksi kontrol proporsional, integral, dan differensial mempunyai keunggulan yang dapat saling menutupi kekurangan dan kelebihan dari masing-masing kontroler. Persamaan kontroler PID ini dapat dinyatakan sebagai berikut.

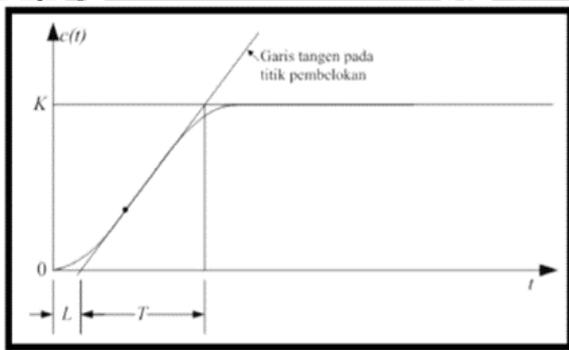
$$m(t) = K_p \cdot e(t) + \frac{K_p}{T_i} \cdot e(t)dt + K_p \cdot T_d \frac{de(t)}{dt} \dots\dots\dots(1)$$

Dalam transformasi laplace dinyatakan sebagai berikut: [3]

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_p (1 + \frac{1}{T_i \cdot s} + T_d \cdot s) \dots\dots\dots(2)$$

B. Metode Ziegler-Nichols 1

Ziegler dan Nichols mengemukakan aturan-aturan untuk menentukan nilai dari gain proporsional K_p , waktu integral T_i , dan waktu derivatif T_d berdasarkan karakteristik respon transien dari *plant* yang diberikan. Penentuan parameter kontroler PID atau penalaan kontroler PID tersebut dapat dilakukan dengan bereksperimen dengan *plant*. [3]



Gambar 1. Kurva Respon yang berbentuk S

Kurva berbentuk S dalam Gambar 1 tersebut dapat dikarakteristikan menjadi dua konstanta yaitu waktu tunda L dan konstanta waktu T . Waktu tunda dan konstanta waktu ditentukan dengan menggambar sebuah garis tangen pada titik pembelokan dari kurva S, dan menentukan perpotongan antara garis tangen dengan sumbu waktu t dan sumbu $c(t) = K$, Fungsi alih $C(s)/U(s)$ dapat dilakukan pendekatan dengan sistem orde satu dengan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{C(s)}{U(s)} = \frac{Ke^{-Ls}}{Ts+1} \dots\dots\dots(3)$$

Ziegler dan Nichols menyarankan untuk menentukan nilai-nilai dari K_p , T_i dan T_d

berdasarkan pada formula yang ditunjukkan dalam Tabel 1. [3]

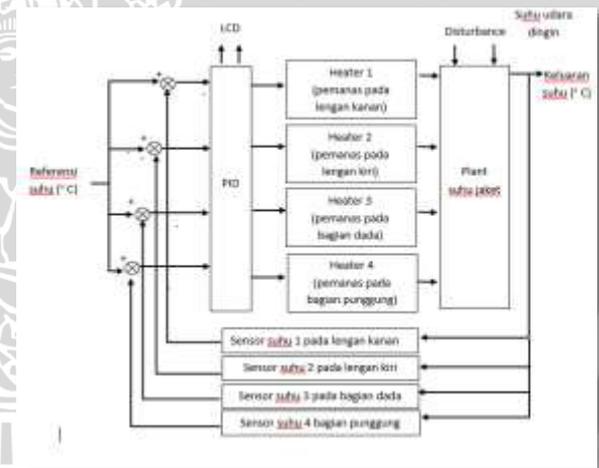
Tipe Kontrol	K_p	T_i	T_d
P	$\frac{T}{L}$	∞	0
PI	$0,9 \frac{T}{L}$	$\frac{L}{0,3}$	0
PID	$1,2 \frac{T}{L}$	$2L$	$0,5L$

Tabel 1 Rumus Metode Pertama Ziegler-Nichols

III METODOLOGI PENELITIAN

A. Diagram Blok Sistem

Pada pembuatan perangkat keras diperlukan perancangan blok diagram sistem yang dapat menjelaskan sistem secara garis besar dan diharapkan alat dapat bekerja sesuai dengan rencana.



Gambar 2. Blok Diagram Sistem Loop Tertutup

Keterangan dari diagram blok sistem dalam Gambar 2 adalah sebagai berikut:

- *Setpoint* sistem adalah suhu sebesar 40 °C yang dihasilkan oleh karakteristik pemanas kawat nikelin.
- Pusat pengendalian sistem adalah Arduino Uno yang memberikan sinyal PWM pada kawat nikelin melalui driver
- Aktuator menggunakan kawat nikelin yang berfungsi untuk pemanas pada jaket yang mendapat sinyal masukan dari *output* PWM driver
- Sensor suhu yang berfungsi sebagai *feedback* (umpan balik) agar suhu jaket sesuai dengan *setpoint* yang diinginkan dengan jarak rentang 30-40°C
- Kontroler yang digunakan adalah Kontrol PID dengan menggunakan



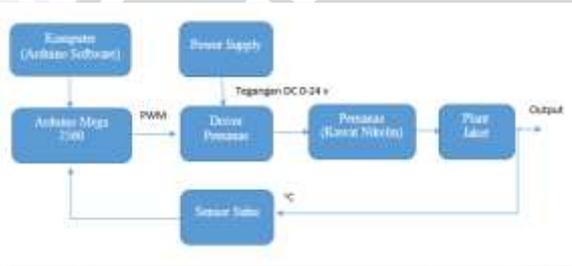
Arduino Uno R3 untuk mendapatkan parameter controller digunakan metode *Ziegler-nichols*.

B. Pembuatan Perangkat Keras

Pembuatan perangkat keras dilakukan sebagai langkah awal sebelum terbentuknya suatu sistem beserta pemrogramannya, hal ini dimaksudkan agar sistem pengontrolan suhu pada jaket pemanas seperti apa yang telah direncanakan seperti pada Gambar 3.

Pembuatan perangkat keras yang dilakukan meliputi:

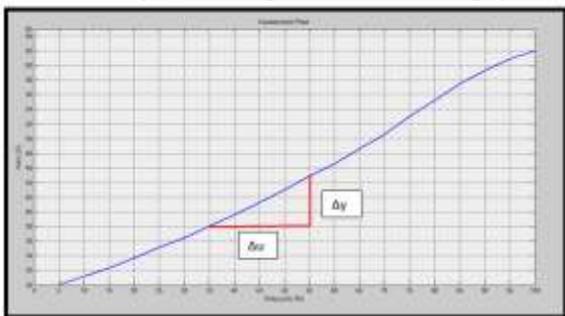
1. Skema pembuatan perangkat keras.
2. Penentuan modul elektronik yang digunakan:
 - Komputer atau PC
 - *Power Supply Unit* (PSU)
 - Mikrokontroler Arduino Uno.
 - Driver BTS7960 43A
 - Sensor suhu.
 - Kawat nikelin.



Gambar 3. Skema pembuatan perangkat keras (Sumber: Perancangan)

C. Pengujian *Steady State Gain* pada *Plant*

Steady state gain pada *plant* untuk menemukan fungsi alih *plant* dan mendapatkan karakteristik statis *gain* keadaan mantap dengan cara *plant* di rancang secara *open loop* dan diberikan unit step masukan *dutycycle* 0%–100% dan di lihat pada Gambar 4 bagaimana respon keadaan mantapnya.



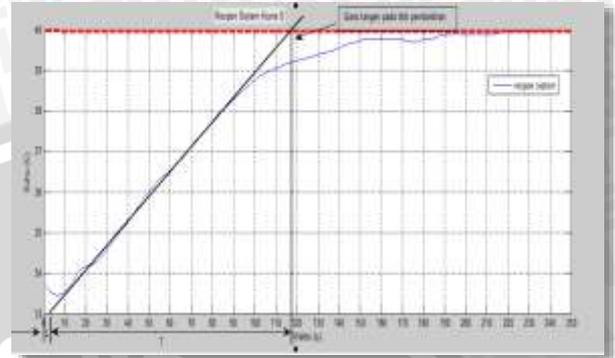
Gambar 4. Grafik Karakteristik statis *gain* keadaan mantap

Dari grafik diatas, dapat disimpulkan bahwa nilai *steady state gain* pada *plan* sebesar:

$$k = \frac{\Delta y}{\Delta u} = \frac{45 - 38}{55 - 35} = 0.35$$

D. Perancangan Kontroler PID

Berikut kurva hasil perancangan kontroler PID menggunakan metode *Ziegler-Nichols* 1, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.



Gambar 5. Karakteristik Open Loop Respon (Sumber: Perancangan)

Dari grafik *output plant* pada Gambar 5 didapatkan nilai:

$$\Delta u = \text{PWM } 102.00 \quad L = 2 \text{ s}$$

$$\Delta y = 40^\circ\text{C} \quad T = 117 \text{ s}$$

Setelah mendapatkan parameter yang dibutuhkan maka bias didapatkan fungsi alih *plant* seperti yang ditunjukkan dalam persamaan

$$G(s) = \frac{Ke^{-Ls}}{Ts+1} = \frac{0.35e^{-2s}}{117s+1}$$

Dan diperoleh nilai K_p , K_i , K_d :

$$K_p = 1.2 \times \frac{T}{L} = 1.2 \times \frac{117}{2} = 70.2$$

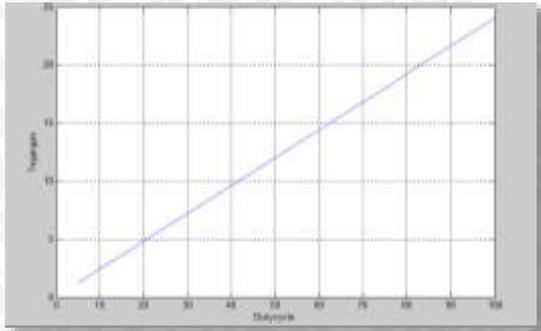
$$K_i = \frac{K_p}{T_i} = \frac{70.2}{70.2} = 1$$

$$K_d = K_p \times T_d = 70.2 \times (0.5 \times 2) = 70.2 \times 1 = 70.2$$

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Driver Motor

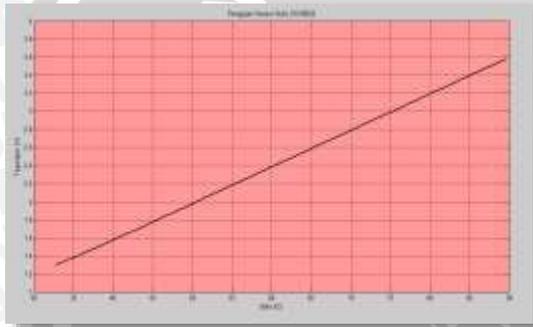
Pengujian ini bertujuan untuk Mengetahui kinerja dan respon rangkaian modul Driver BTS7960 dengan membandingkan *output* tegangan efektif driver dengan masukan *dutycycle* sinyal PWM yang diberikan oleh Arduino Uno. Grafik perubahan tegangan output DriverBTS7960 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik perubahan tegangan *output* Driver BTS7960 terhadap *input duty cycle*.

B. Karakteristik Sensor Suhu

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah sensor suhu yang dirancang dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan dengan cara membandingkan *input* berupa suhu saat diberi beban berupa kawat nikelin 24V dengan *output* sensor suhu dihubungkan dengan mikrokontroler Arduino Uno dengan rentang 0-5V, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7

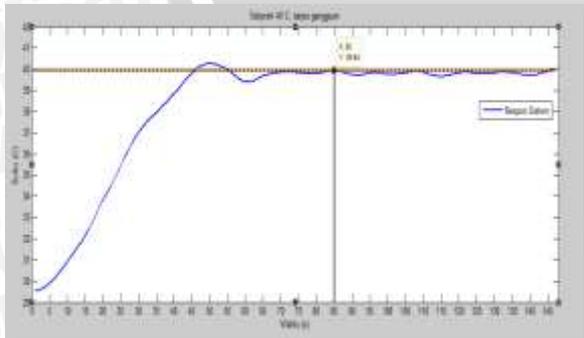


Gambar 7. Grafik perubahan tegangan *output* pada sensor suhu.

C. Pengujian Kontroler PID

Pengujian sistem dengan menggunakan kontroler PID dilakukan untuk mengetahui respon sistem serta penggunaan pemakaian daya elektrik dengan variasi beban maupun variasi beban dengan gangguan.

a) Pengujian pada *setpoint* 40 °C, tanpa gangguan.



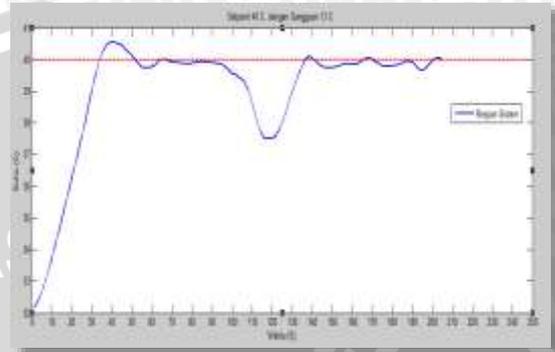
Gambar 8. Grafik respon sistem *setpoint* 40 °C tanpa gangguan.

Dari grafik *output* respon sistem yang ditunjukkan dalam Gambar 8 dapat disimpulkan waktu keadaan mantap (t_s) selama 70 detik, *error steady state* 0.86%, waktu naik (t_r) selama 46 detik,

waktu tunda (t_d) selama 26 detik, waktu puncak (t_p) selama 49 detik dan maksimum *overshoot* (M_p) sebesar 0.775 %. tanpa gangguan dan melakukan pengambilan data setiap 1 detik dengan waktu sampling 150 detik pada *setpoint* 40°C.

b) Pengujian pada *setpoint* 40 °C, dengan gangguan 13 °C

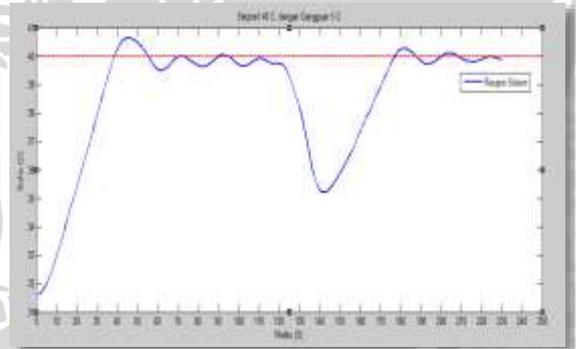
Gambar 9 Grafik *output plant* *setpoint* 40 °C dengan



gangguan suhu 13 °C.

Pada Gambar 9 grafik *output* respon sistem dapat disimpulkan, saat diberi gangguan selama 30 detik berupa udara dingin sebesar 13°C hingga *output* respon sistem sudah tidak adanya gangguan maka *output* respon sistem akan berusaha mempertahankan nilai *setpoint* dengan melakukan pengambilan data setiap 1 detik dengan waktu sampling 205 detik pada *setpoint* 40°C .

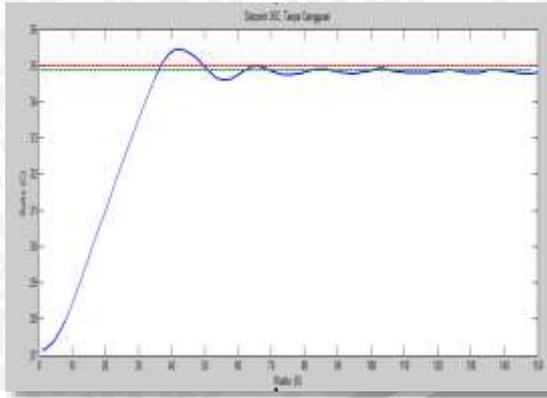
c) Pengujian pada *setpoint* 40°C, dengan gangguan 5°C.



Gambar 10 Grafik *output plant* *setpoint* 40 °C dengan gangguan suhu 5 °C.

Pada Gambar 10 grafik *output* respon sistem dapat disimpulkan, saat diberi gangguan selama 30 detik berupa udara dingin sebesar 5°C hingga *output* respon sistem sudah tidak adanya gangguan maka *output* respon sistem akan berusaha mempertahankan nilai *setpoint* dengan melakukan pengambilan data setiap 1 detik dengan waktu sampling 205 detik pada *setpoint* 40°C .

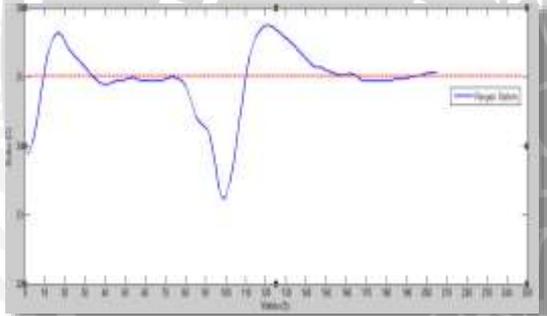
d) Pengujian pada *setpoint* 35°C, tanpa gangguan.



Gambar 11 Grafik *output plant* setpoint 35°C, tanpa gangguan.

Dari grafik *output respon* sistem yang ditunjukkan dalam Gambar 11 dapat disimpulkan waktu keadaan mantap (*ts*) selama 65 detik, *error steady state* 0.62%, waktu naik (*tr*) selama 37 detik, waktu tunda (*td*) selama 28 detik, waktu puncak (*tp*) selama 43 detik dan maksimum *overshoot* (*Mp*) sebesar 1.42 %. tanpa gangguan dan melakukan pengambilan data setiap 1 detik dengan waktu sampling 150 detik pada *setpoint* 35°C.

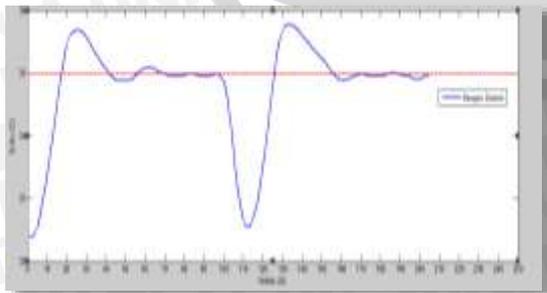
e) Pengujian pada *setpoint* 35°C, dengan gangguan 13 °C.



Gambar 12 Grafik *output plant* setpoint 35°C, dengan gangguan 13°C

Pada Gambar 12 grafik *output respon* sistem dapat disimpulkan, saat diberi gangguan selama 30 detik berupa udara dingin sebesar 13°C hingga *output respon* sistem sudah tidak adanya gangguan maka *output respon* sistem akan berusaha mempertahankan nilai *setpoint* dengan melakukan pengambilan data setiap 1 detik dengan waktu sampling 205 detik pada *setpoint* 35°C .

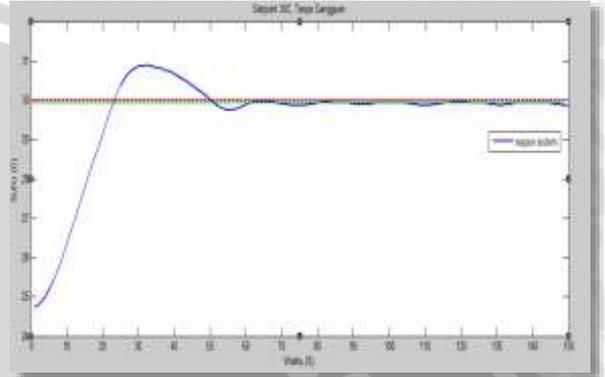
f) Pengujian pada *setpoint* 35°C, dengan gangguan 5°C.



Gambar 13 Grafik *output plant* setpoint 35°C, dengan gangguan 5°C

Pada Gambar 13 grafik *output respon* sistem dapat disimpulkan, saat diberi gangguan selama 30 detik berupa udara dingin sebesar 5°C hingga *output respon* sistem sudah tidak adanya gangguan maka *output respon* sistem akan berusaha mempertahankan nilai *setpoint* dengan melakukan pengambilan data setiap 1 detik dengan waktu sampling 205 detik pada *setpoint* 35°C .

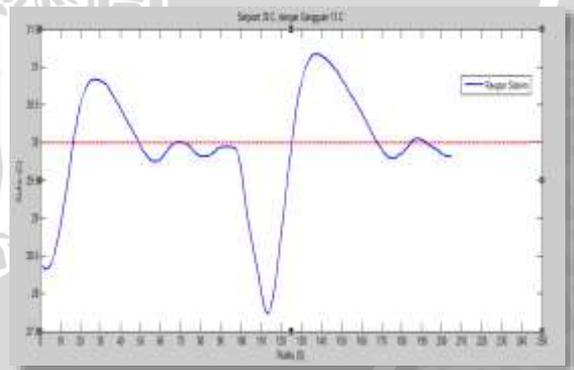
g) Pengujian pada *setpoint* 30°C, tanpa gangguan.



Gambar 14 Grafik *output plant* setpoint 30°C, tanpa gangguan.

Dari grafik *output respon* sistem yang ditunjukkan dalam Gambar 14 dapat disimpulkan waktu keadaan mantap (*ts*) selama 65 detik, *error steady state* 0.41 %, waktu naik (*tr*) selama 23 detik, waktu tunda (*td*) selama detik, waktu puncak (*tp*) selama 31 detik dan maksimum *overshoot* (*Mp*) sebesar 3.13 %. tanpa gangguan dan melakukan pengambilan data setiap 1 detik dengan waktu sampling 150 detik pada *setpoint* 30°C.

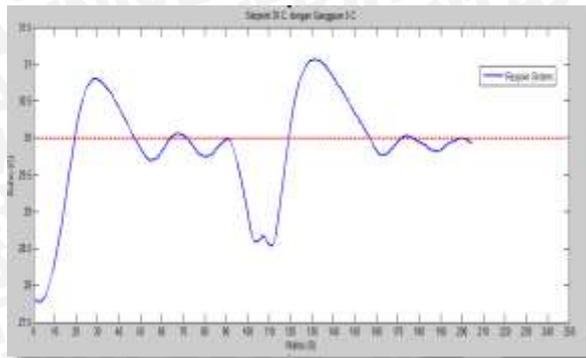
h) Pengujian pada *setpoint* 30°C, dengan gangguan 13°C.



Gambar 15 Grafik *output plant* setpoint 30°C, dengan gangguan 13°C.

Pada Gambar 15 grafik *output respon* sistem dapat disimpulkan, saat diberi gangguan selama 30 detik berupa udara dingin sebesar 13°C hingga *output respon* sistem sudah tidak adanya gangguan maka *output respon* sistem akan berusaha mempertahankan nilai *setpoint* dengan melakukan pengambilan data setiap 1 detik dengan waktu sampling 205 detik pada *setpoint* 30°C .

i) Pengujian pada *setpoint* 30°C, dengan gangguan 5°C.



Gambar 16 Grafik *output plant* setpoint 30°C, dengan gangguan 5°C.

Pada Gambar 16 grafik *output* respon sistem dapat disimpulkan, saat diberi gangguan selama 30 detik berupa udara dingin sebesar 5°C hingga *output* respon sistem sudah tidak adanya gangguan maka *output* respon sistem akan berusaha mempertahankan nilai *setpoint* dengan melakukan pengambilan data setiap 1 detik dengan waktu sampling 205 detik pada *setpoint* 30°C .

V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari perancangan, pengujian dan pengamatan yang telah dilakukan pada sistem pengendalian suhu pada jaket penghangat suhu tubuh maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan metode 1 Ziegler-Nichols untuk menentukan nilai parameter kontroler PID, maka didapatkan nilai $K_p=70.2$, $K_i=17.55$, dan $K_d= 70.2$ setelah diimplementasikan, sistem dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan.
2. Setelah sistem diberi kontroler PID, maka didapatkan respon sistem lebih cepat dari pada *open loop*, yaitu saat *open loop* setting time sebesar 150 detik menjadi 70 detik saat diberi kontroler PID. Hal ini membuktikan bahwa kontroler PID dapat mempercepat respon sistem.

B. Saran

Saran- saran dalam pengimplementasian maupun peningkatan untuk kerja sistem ini dapat diuraikan sebagai berikut.

1. Pemilihan sensor suhu yang presisi dan tahan terhadap air sangat menunjang sistem dapat bekerja dengan baik sesuai data yang sebenarnya.
2. Perlu adanya daya cadangan seperti solar cell dikarenakan pemakaian jaket yang di luar ruangan, apabila hanya memakai baterai akan membutuhkan daya yang besar dan pemakaian tidak bertahan lama.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Elsevier & Rose Mary Pudner. 2005. *Nursing the Surgical Patient (Second Edition)*. Jakarta EGC
- [2]. Guyton C Arthur. 2012. *Fisiologi Kedokteran*.elsevier:Missisipi
- [3]. Ogata, K. 2002. *Modern Control Engineering*. New Jersie : Prentice- Hall, Inc.