

Modul Praktikum Pengendalian Motor Fan DC Dengan Metode PID Berbasis Arduino Uno Dan Web Serial Plotter

Sayed Munazzar¹, Idwar², Anita Yuniarti³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

¹sayedmunazzar@pnl.ac.id

Abstrak— Penelitian ini bertujuan untuk mendesain modul praktikum pengendalian motor fan dc berbasis Arduino Uno secara eksperimen pada skala laboratorium untuk mendapatkan data yang akan dianalisa, berupa respon yang sempurna pada proses sistem tanpa beresilasi dalam mengendalikan motor fan dc dengan metode *Proportional Integral Derivative* (PID) untuk temperatur *set point*: 38.19°C dan 40.12°C. Arduino Uno diprogram untuk pengendalian dan mentransfer data pengendalian ke: web Raspberry Pi dan serial plotter Arduino IDE. Pemilihan parameter PID menggunakan metode osilasi dan formula *Ziegler-Nichols*. Hasil pengendalian difokuskan pada pengendalian: *on/off*, *P-Controller*, *PI-Controller*, dan *PID-Controller* dengan kinerja pengendalian berdasarkan pada: waktu respon awal *steady state* dan *steady state error*. Hasil pengujian menunjukkan pengendalian *PID-Controller* memberikan tanggapan output paling bagus dengan waktu respon awal *steady state* 180 detik dan *steady state error* mendekati 0.245°C. Pengendalian *PI-Controller* memberikan waktu respon awal *steady state* 320 detik sampai 430 detik dan *steady state error* antara 0 sampai 0.245°C. *P-Controller* memberikan waktu respon awal *steady state* 170 detik sampai 230 detik dan *steady state error* antara 0.97°C sampai 2.90°C di bawah nilai *set point*. Pengendalian *on/off* memberikan waktu respon awal *steady state* 130 detik sampai 230 detik dan *steady state error* 0.97°C diatas dan dibawah nilai *set point*, dengan penggunaan: *ultimate period* (P_u) sebesar 100 dan 116 serta *ultimate gain* (K_u) sebesar 10 dan 15. Alat modul praktikum ini telah menunjukkan kinerja pengendalian PID yang bagus, sehingga layak digunakan sebagai alat modul praktikum sistem kendali cerdas dengan topik bahasan pengendalian PID pada Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe.

Kata kunci— Arduino UNO, PID, *Ziegler-Nichols*, waktu respon awal *steady state*, *steady state error*

Abstract— This study aims to design a dc fan motor control practicum module using Arduino Uno experimentally on a laboratory scale to obtain data to be analyzed, in the form of a perfect response to the system process without oscillating in controlling the dc fan motor with the *Proportional Integral Derivative* (PID) method for temperature. *Set point*: 38.19°C and 40.12°C. The Arduino Uno is programmed to control and transfer control data to: the Raspberry Pi web and the Arduino IDE serial plotter. Selection of PID parameters using the oscillation method and the *Ziegler-Nichols* formula. The control results are focused on control: *on/off*, *P-Controller*, *PI-Controller*, and *PID-Controller* with control performance criteria based on: initial *steady state response time* and *steady state error*. The test results show that the *PID-Controller* gives the best output response with an initial *steady state response time* of 180 seconds and a *steady state error* approaching 0.245 °C. The *PI-Controller* gives an initial *steady state response time* of 320 seconds to 430 seconds and a *steady state error* of 0 to 0.245 °C. The *P-Controller* provides an initial *steady state response time* of 170 seconds to 230 seconds and a *steady state error* of 0.97°C to 2.90°C below the *set point* value. The *on/off* control provides an initial *steady state response time* of 130 seconds to 230 seconds and *steady state error* 0.97 °C above and below the *set point* value, with the use of: *ultimate period* (P_u) of 100 and 116 and *ultimate gain* (K_u) of 10 and 15. This practicum module tool has shown good performance in PID control, so it is worthy to be used as an intelligent control system practicum module tool with the topic of PID control in the Department of Electrical Engineering, Lhokseumawe State Polytechnic. **Keywords**— Arduino UNO, PID, *Ziegler-Nichols*, *initial steady state response time*, *steady state error*

Keywords— Arduino UNO, PID, *Ziegler-Nichols*, *time respon*, *steady state*, *steady state error*

I. PENDAHULUAN

Alat modul praktikum sistem kendali cerdas merupakan salah satu alat peraga laboratorium untuk meningkatkan kemampuan keterampilan mahasiswa dalam hal penguasaan ilmu instrumentasi dan kontrol. Namun, harga alat peraga yang ada di pasaran umumnya sangat mahal. Untuk itu perlu dibuat sendiri alat peraga yang lebih murah, berkinerja bagus dan layak dipakai sebagai sarana praktikum di laboratorium, sehingga memudahkan mahasiswa untuk memahami konsep pengendalian, khususnya pengendalian PID. Sistem pengendalian motor dc pada media pemanas udara merupakan sistem yang sederhana, dan banyak dijumpai baik pada aplikasi rumah sakit maupun industri. Dalam skala rumah sakit, media ruang udara dengan pengendalian fan dc banyak dijumpai pada inkubator bayi [1]. Dalam skala industri, media ruang udara banyak dijumpai pada aplikasi pemanasan mesin penetas telur menggunakan lampu [2].

Dalam perkembangan teknologi mikrokontroller saat ini, Arduino Uno termasuk modul mikrokontroller yang mempunyai kinerja pengendalian yang cukup bagus. Arduino Uno berbasis sistem ATmega328 mempunyai 14 pin

input/output digital yang dapat dikonfigurasi, di mana 6 pin di antaranya dapat dipakai sebagai *Output Pulse width Modulation* (PWM) dan 6 pin lainnya sebagai input analog. Pengunggahan program yang ditulis dengan bahasa C pada komputer di transfer ke Arduino uno melalui port USB. Beberapa aplikasi Arduino yang telah dipakai sebagai alat bantu praktikum maupun untuk sistem pengendali PID adalah: alat peraga kendali pemanas udara berbasis Arduino Uno sebagai penunjang praktikum Laboratorium Kendali Politeknik Negeri Semarang [3].

Dari studi literatur diketahui bahwa pengendalian PID selalu didasari atas tinjauan terhadap karakteristik yang diatur (*Plant*). Perilaku *plant* harus diketahui terlebih dahulu sebelum penalaan parameter PID itu dilakukan. Karena kurumitan penyusunan model matematika, maka dikembangkan suatu metode eksperimental yakni metode *Ziegler-Nichols*. Dengan menggunakan metode ini, model matematika perilaku *plant* tidak diperlukan lagi [4].

Pengendalian PID memiliki tanggapan keluaran yang cepat dan *steady state error* nol, Keluaran sinyal pengendalian PID dirumuskan sebagai berikut [5]:

$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \cdot \int_0^t e(t) dt + K_d \cdot de(t)/dt \quad (1)$$

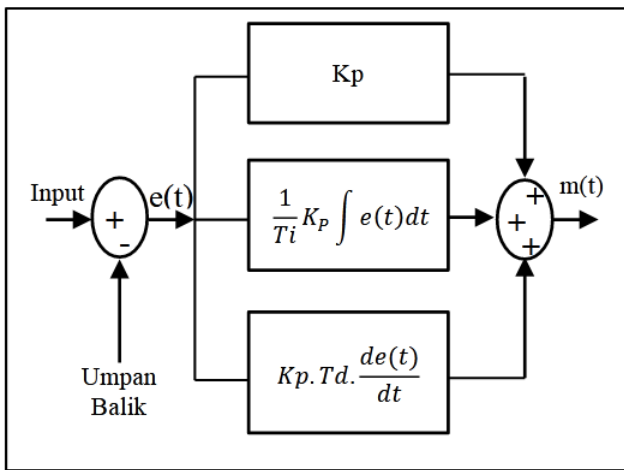
Dalam kawas waktu diskrit maka keluaran sinyal kendali dirumuskan:

$$u(k) = \frac{K_p \cdot [e(k) + K_i T_s e(k-1) + e(k)] + K_d \cdot [e(k) - e(k-1)]}{T_s} \quad (2)$$

Dengan :

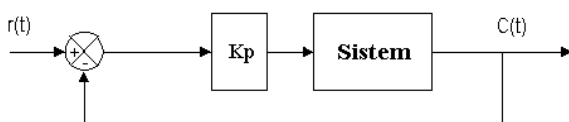
- $u(k)$ = sinyal keluaran kendali
- K_p = Konstanta proporsional
- K_i = Konstanta integral
- K_d = Konstanta *derivative*
- T_s = sampling time
- $E(k)$ = error

Keluaran controller PID merupakan penjumlahan dari keluaran kontroler proporsional, kontroler integral dan kontroler *derivative*. Karakteristik kontroler PID sangat dipengaruhi oleh kontribusi besar dari ketiga parameter P, I dan D. Penyetelan konstanta K_p , T_i , dan T_d akan mengakibatkan penjonolan sifat dari masing-masing elemen. Satu atau dua dari ketiga konstanta tersebut dapat disetel lebih menonjol dibanding yang lain [6].



Gambar 1. Diagram blok kontroler PID [6]

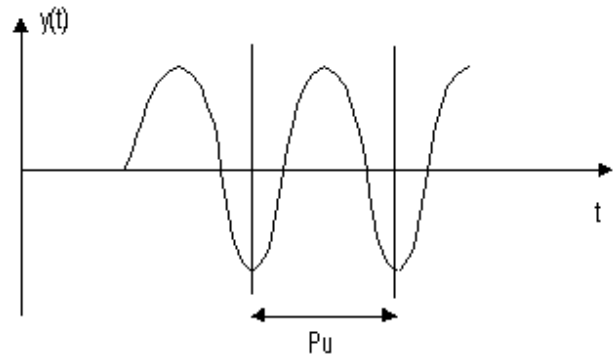
Metode *Ziegler-Nichols* didasarkan pada reaksi sistem plant lup tertutup (metode osilasi) yang disusun secara serial dengan kendali PID. Semula parameter parameter integrator diset tak berhingga dan parameter diferensial diset nol ($T_i = \infty$ atau $K_i = 0$; $T_d = 0$ atau $K_d = 0$). Parameter proporsional kemudian dinaikkan bertahap. Mulai dari nol sampai mencapai harga yang mengakibatkan reaksi sistem berosilasi. Reaksi sistem harus berosilasi dengan magnituda tetap. Gambar 2 menunjukkan rangkaian lup tertutup pada cara osilasi [4].



Gambar 2. Sistem untai tertutup dengan alat kontrol proporsional

Nilai penguatan proporsional pada saat sistem mencapai kondisi berosilasi dengan magnituda tetap (*sustained*

oscillation) disebut *ultimate gain* (K_u). Periode dari *sustained oscillation* disebut *ultimate period* (P_u). Gambar 3 menggambarkan kurva reaksi lup tertutup ketika berosilasi [4].



Gambar 3. Kurva Respon Sustained Oscillation

Penalaan parameter PID didasarkan terhadap kedua konstanta hasil eksperimen, K_u dan P_u . *Ziegler Nichols* menyarankan pengesetan nilai parameter K_p , T_i , dan T_d berdasarkan rumus yang diperlihatkan pada Tabel 1 [6].

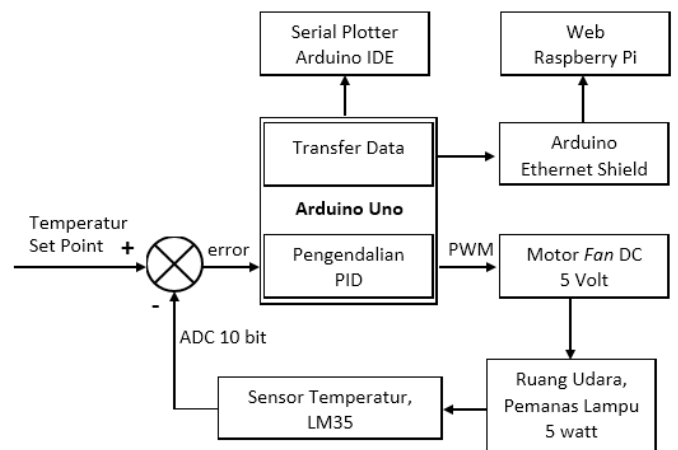
TABEL 1.
PENALAN PARAMATER PID DENGAN METODA OSILASI

Tipe Kontroler	K_p	T_i	T_d
P	$0,5 \cdot K_u$		
PI	$0,45 \cdot K_u$	$0,5 \cdot P_u$	
PID	$0,6 \cdot K_u$	$0,5 \cdot P_u$	$0,125 \cdot P_u$

Modul praktikum pengendalian motor fan dc berbasis Arduino Uno secara eksperimen pada skala laboratorium mempunyai temperatur *set point*: $38,19^\circ\text{C}$ dan $40,12^\circ\text{C}$. Hasil pengendalian difokuskan pada pengendalian: *on/off*, *P-Controller*, *PI-Controller*, dan *PID-Controller*. Pemilihan parameter awal dari PID berdasarkan pada hasil metode pengendalian *on/off* dan formula *Ziegler-Nichols*. Kriteria kinerja pengendalian menggunakan empat metode tersebut akan dibandingkan dan dianalisis berdasarkan pada nilai: waktu respon awal steady state dan steady state error. Arduino Uno diprogram untuk pengendalian PID dan mentransfer data pengendalian ke: web Raspberry Pi dan serial plotter Arduino IDE

II. METODOLOGI PENELITIAN

Secara diagram blok sistem yang telah dibuat diberikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Blok Sistem

Dari diagram blok Gambar 4 dapat diterangkan cara kerjanya:

Saat temperatur *set point* diberikan melalui nilai variabel diprogram (untuk menentukan temperatur yang diinginkan), maka oleh program akan dikurangi dengan membacaan sensor temperatur LM35 melalui input analog (ADC) Arduino Uno, selisih antara nilai *set point* dan ADC adalah *error* yang akan diproses oleh program pengendalian PID didalam Arduino Uno, sehingga menghasilkan output nilai tertentu yang akan dikirim ke PWM menjadi besaran tegangan analog untuk menggerakkan motor fan dc untuk menghasilkan hembusan udara keluar dari ruang udara yang menghasilkan udara panas dari lampu pijar 5 watt. Nilai set point dan nilai pembacaan input analog (temperatur ADC) akan dikeluarkan ke port serial sehingga dapat ditampilkan ke serial *plotter* Arduino IDE untuk menampilkan grafik respon sistem, sedangkan nilai variabel lain, diantaranya waktu, error, K_p , K_d , K_i , PWM, dan juga set point dan temperatur ADC di transfer data ke web Raspberry Pi untuk menampilkan tabel data.

A. Metode Penelitian

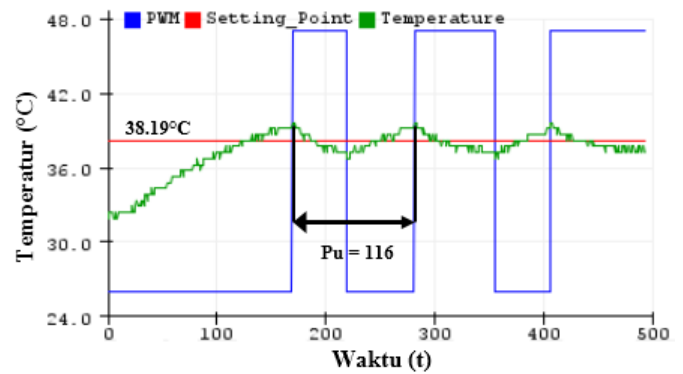
Metode penelitian ini mengacu pada urutan kerja yang dapat diterangkan sebagai berikut:

1. Tahap awal mengadakan kajian literatur yang berhubungan dengan pengendalian ruang udara menggunakan motor fan dc, terutama yang menggunakan metode PID.
2. Pembuatan desain mekanik, elektronik dan program Arduino.
3. Pembuatan prototipe untuk modul praktikum baik secara perangkat keras maupun perangkat lunak.
4. Pengujian rangkaian elektronik yang terdiri dari sensor temperatur dengan kalibrasi alat ukur standar, pengujian rangkaian *driver* motor fan dc.
5. Pengujian perangkat lunak yang melibatkan perangkat keras Arduino Uno, perangkat arduino uno juga harus mampu menampilkan data ke: serial plotter Arduino IDE, dan web Raspberry Pi.
6. Pengujian sistem keseluruhan untuk pengendalian: *on/off*, *P-Controller*, *PI-Controller*, dan *PID-Controller* dengan formula *Ziegler-Nichols*.
7. Pengumpulan data-data hasil pengujian dan menentukan level kinerja dari masing-masing metode pengendalian berdasarkan kriteria nilai: waktu respon awal *steady state* dan *steady state error*.
8. Berdasarkan pada level kinerja dari masing-masing pengendalian, maka data-data tersebut dibandingkan dan dianalisis agar didapatkan metode pengendalian yang menghasilkan respon output yang paling baik.

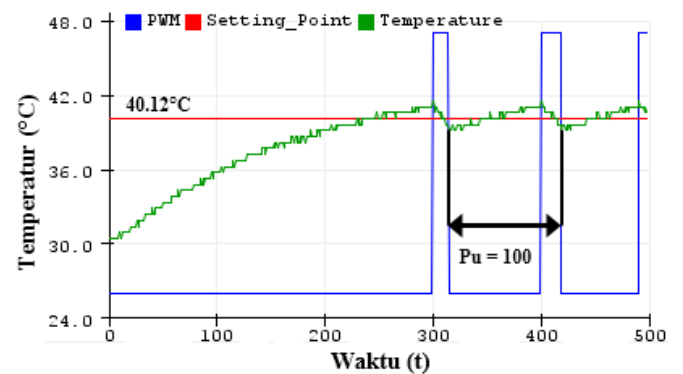
B. Menghitung Harga K_p K_i dan K_d dengan metode osilasi untuk formula *Ziegler-Nichols*

Sesuai dengan Gambar 3, penalaan parameter PID didasarkan terhadap kedua konstanta hasil eksperimen, K_u dan P_u . Dalam penelitian ini untuk mendapatkan kurva berisolasi maka didapatkan dengan melakukan eksperimen dengan pengendalian *on/off*, seperti hasil pengujian Gambar 5 dan Gambar 6. Gambar 5 menunjukkan hasil eksperimen dengan set point pada temperatur 38.19°C dengan nilai P_u yang dihasilkan sebesar 116 dan $K_u = 10$, sedangkan Gambar

6 hasil eksperimen dengan set point temperatur 40.12°C dengan nilai $P_u = 100$ dan $K_u = 15$.



Gambar 5. Eksperimen Kendali *on/off* Set Point 38.19°C



Gambar 6. Eksperimen Kendali *on/off* Set Point 40.12°C

Dari Gambar 5 didapatkan $P_u = 116$ dan $K_u = 10$, sehingga jika menggunakan parameter PID dengan metode osilasi seperti Tabel 1 diperoleh konstanta K_p , T_i dan T_d seperti Tabel 2.

Untuk Gambar 6 didapatkan $P_u = 100$ dan $K_u = 15$, dengan memasukan nilai ini kedalam parameter PID metode osilasi Tabel 1 maka diperoleh konstanta untuk K_p , T_i dan T_d seperti Tabel 3.

TABEL 2.
PARAMATER PID DENGAN METODA OSILASI K_u 10 DAN P_u 116

Tipe Kontroler	K_p	T_i	T_d
P	5		
PI	4.5	58	
PID	6	58	14.5

TABEL 3.
PARAMATER PID DENGAN METODA OSILASI K_u 15 DAN P_u 100

Tipe Kontroler	K_p	T_i	T_d
P	7.5		
PI	6.75	50	
PID	9	50	12.5

Dengan menggunakan parameter PID dari Tabel 2 dan Tabel 3 dapat dihitung nilai K_p , K_i , dan K_d dengan hasil ditunjukkan pada Tabel 4 dan Tabel 5.

TABEL 4.
PARAMETER PID UNTUK SET POINT 38.19°C

Tipe Kontroler	K_p	K_i	K_d
P	5		
PI	4.5	0.077	
PID	6	0.103	87

TABEL 5.
PARAMETER PID UNTUK SET POINT 40.12°C

Tipe Kontroler	K_p	K_i	K_d
P	7.5		
PI	6.75	0.135	
PID	9	0.180	112.5

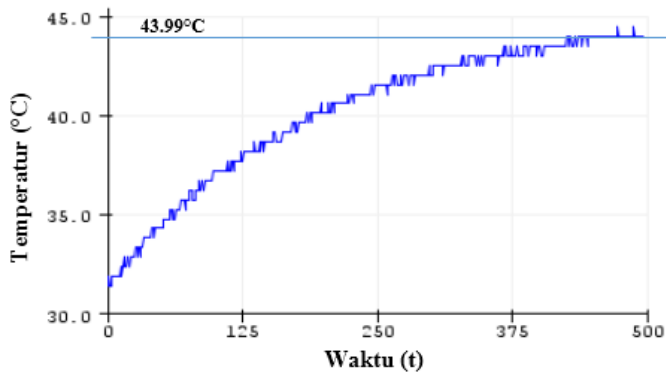
TABEL 6.
PARAMETER SET POINT TEMPERATUR

Set Point Temperatur	Minimum	Maksimum
Hasil Pengujian	38.67°C	43.99°C
Penerapan Program	38.19°C	40.12°C

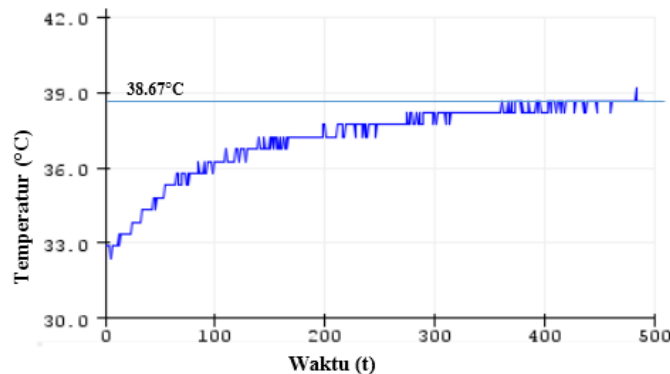
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kriteria nilai set point

Untuk mendapatkan nilai set point minimum dan maksimum, maka perlu dilakukan eksperimen terdapat hasil perancangan ruang udara dari prototipe yang dibuat, dengan dua kali pengujian yang dilakukan: pertama untuk kondisi fan dc dealam keadalam off, dan kedua untuk kondisi fan dc dalam keadaan on, maka diperoleh hasil seperti Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7. Respon Prototipe Fan DC Off

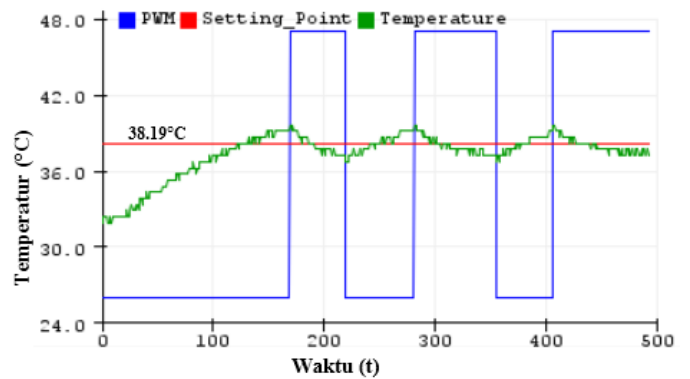


Gambar 8. Respon Prototipe Fan DC On

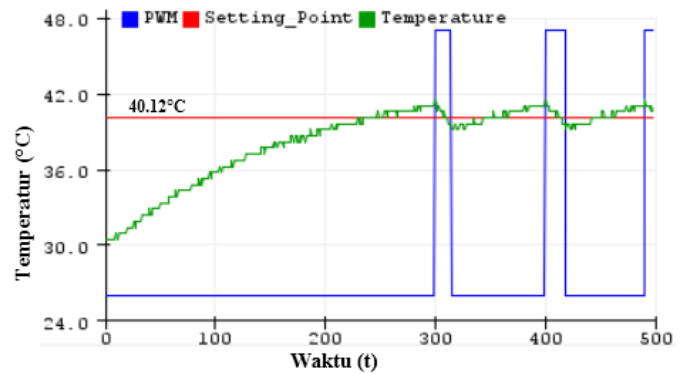
Dari Gambar 7 dan Gambar 8 dapat diperoleh parameter nilai untuk set point temperatur yang tergambarakan seperti Tabel 6.

B. Pengendalian on/off

Tanggapan sistem kendali on/off fan dc dengan set point 38.19°C dapat dilihat pada Gambar 9. Dan untuk set point 40.12°C dapat dilihat pada Gambar 10. Kendali on/off ini tidak mampu mengendalikan output temperatur tetap di titik set point, karena temperatur melebihi dan di bawah nilai set point



Gambar 9. Respon Kendali on/off Set Point 38.19°C



Gambar 10. Respon Kendali on/off Set Point 38.19°C

Dari tanggapan output Gambar 9 dan Gambar 10, diperoleh kinerja pengendalian berdasarkan: waktu respon awal steady state dan steady state error pada Tabel 7.

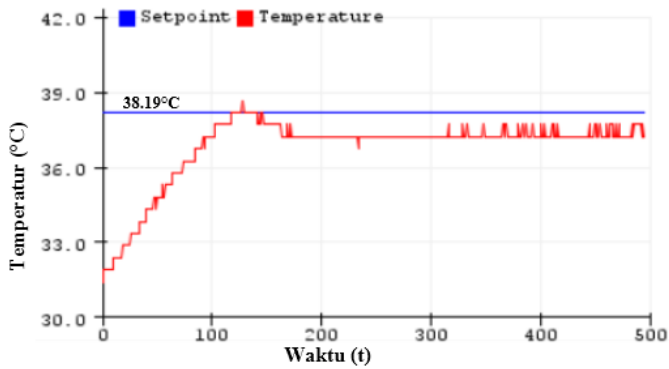
TABEL 7.
TANGGAPAN OUTPUT PENGENDALIAN ON/OFF

Set Point Temperatur	Respon Waktu Awal Steady State	Steady State Error
38.19°C	130 detik	± 0.97°C
40.12°C	230 detik	± 0.97°C

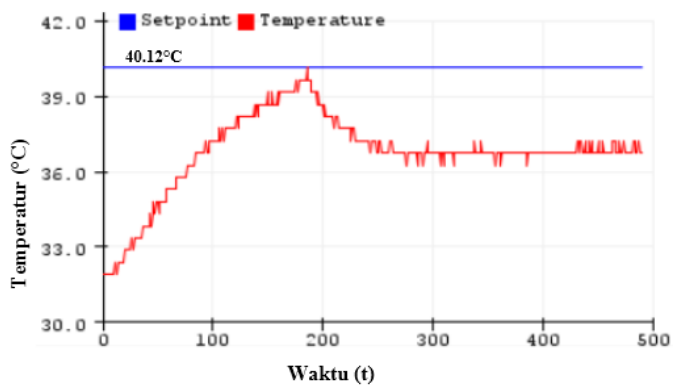
C. Pengendalian P-Controller

Pengendalian P-Controller menggunakan parameter Tabel 4 dan Tabel 5 untuk tipe kontroler P dengan set point

temperatur 38.19°C dan 40.12°C. Hasil tanggapan output ditunjukkan pada Gambar 11 dan Gambar 12 berikut:



Gambar 11. Respon Kendali P-Controller Set Point 38.19°C



Gambar 12. Respon Kendali P-Controller Set Point 40.12°C

Dari tanggapan output Gambar 11 dan Gambar 12, diperoleh kinerja pengendalian berdasarkan pada: waktu respon awal *steady state* dan *steady state error* seperti Tabel 8 berikut:

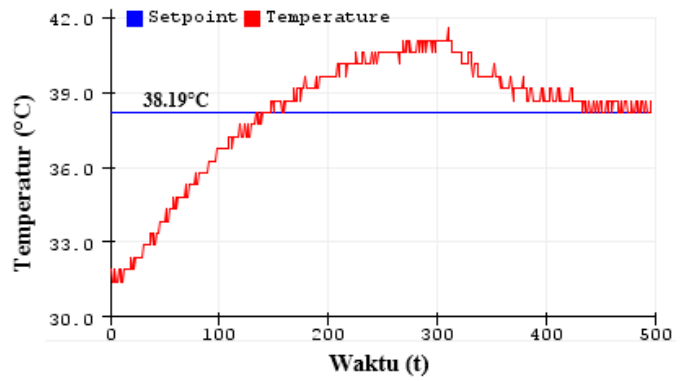
TABEL 8. TANGGAPAN OUTPUT PENGENDALIAN P-CONTROLLER

Set Point Temperatur	Respon Waktu Awal Steady State	Steady State Error
38.19°C	120 detik	- 0.97°C
40.12°C	185 detik	- 2.90°C

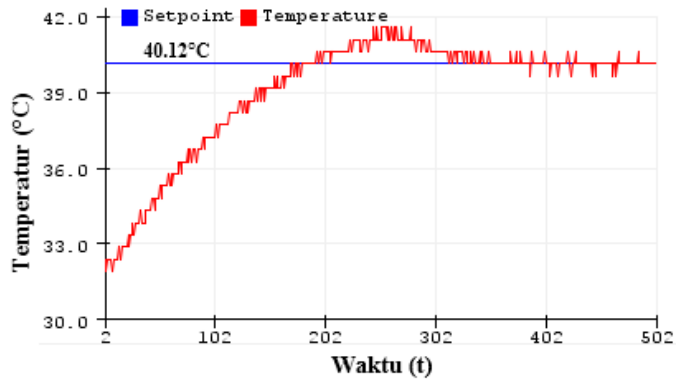
Kendali P-Controller hanya mampu mencapai titik *set point* sesaat, setelah itu output temperature turun di bawah nilai *set point* temperature. Output turun secara perlahan menuju ke temperatur konstan 37.22°C

D. Pengendalian PI-Controller

Pengendalian PI-Controller menggunakan parameter Tabel 4 dan Tabel 5 untuk tipe kontroler PI dengan *set point* temperatur 38.19°C dan 40.12°C. Hasil tanggapan output ditunjukkan pada Gambar 13 dan Gambar 14 berikut:



Gambar 13. Respon Kendali PI-Controller Set Point 38.19°C



Gambar 14. Respon Kendali PI-Controller Set Point 40.12°C

Dari tanggapan output Gambar 13 dan Gambar 14, diperoleh kinerja pengendalian berdasarkan pada: waktu respon awal *steady state* dan *steady state error* seperti Tabel 9 berikut:

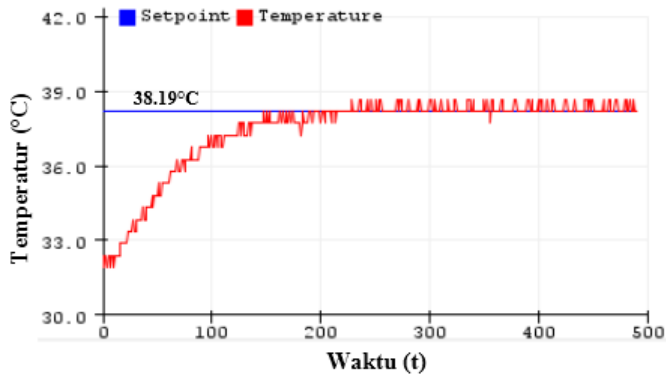
TABEL 9. TANGGAPAN OUTPUT PENGENDALIAN PI-CONTROLLER

Set Point Temperatur	Respon Waktu Awal Steady State	Steady State Error
38.19°C	430 detik	0.245°C
40.12°C	320 detik	0 – 0.245°C

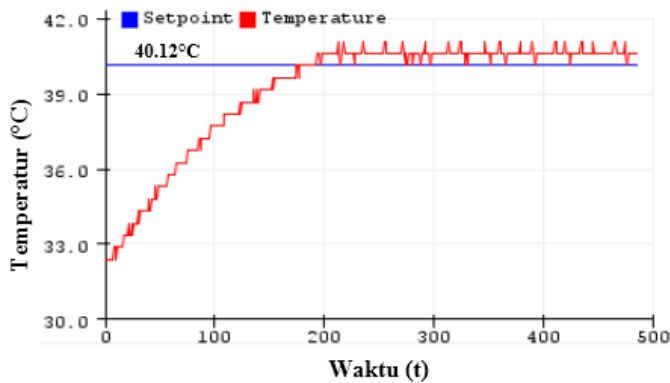
Pada Pengendalian PI-Controller Mempunyai respon waktu awal untuk mencapai *steady state* yang besar yaitu di tas 320 detik, namun setelah itu *steady state error* hampir mendekati pada 0°C.

E. Pengendalian PID-Controller

Pengendalian PI-Controller menggunakan parameter Tabel 4 dan Tabel 5 untuk tipe kontroler PID dengan *set point* temperatur 38.19°C dan 40.12°C. Hasil tanggapan output ditunjukkan pada Gambar 15 dan Gambar 16 berikut:



Gambar 15. Respon Kendali PID-Controller Set Point 38.19°C



Gambar 16. Respon Kendali PID-Controller Set Point 40.12°C

Dari tanggapan output Gambar 15 dan Gambar 16, diperoleh kinerja pengendalian berdasarkan pada: waktu respon awal *steady state* dan *steady state error* seperti Tabel 10 berikut:

TABEL 10.
TANGGAPAN OUTPUT PENGENDALIAN PID-CONTROLLER

Set Point Temperatur	Respon Waktu Awal Steady State	Steady State Error
38.19°C	180 detik	0.245°C
40.12°C	180 detik	0.245-0.49°C

Pada Pengendalian PID-Controller Mempunyai respon waktu awal untuk mencapai *steady state* yang konstan untuk *set point* yang berbeda yaitu berkisar 180 detik dan *steady state error* hampir mendekati pada 0°C.

IV. KESIMPULAN

Penelitian pembuatan modul peraga praktikum sistem kendali cerdas dengan topik pengendalian PID pada motor fan dc berbasis Arduino Uno sebagai penunjang praktikum Laboratorium pada Program Studi Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe telah dilaksanakan dengan hasil yang memuaskan. Hasil pengujian menunjukkan pengendalian PID-Controller memberikan tanggapan output paling bagus dengan waktu respon awal *steady state* 180 detik dan *steady state error* mendekati 0.245°C. Pengendalian PI-Controller memberikan waktu respon awal *steady state* 320 detik sampai 430 detik dan *steady state error* antara 0 sampai 0.245°C. P-Controller memberikan waktu respon awal *steady state* 170 detik sampai 230 detik dan *steady state error* antara 0.97°C sampai 2.90°C di bawah nilai *set point*. Pengendalian on/off memberikan waktu respon awal *steady state* 130 detik sampai 230 detik dan *steady state error* 0.97°C diatas dan dibawah nilai *set point*, dengan penggunaan: *ultimate period* (Pu) sebesar 100 dan 116 serta penggunaan *ultimate gain* (Ku) sebesar 10 dan 15. Didalam percobaan pengendalian PID menunjukkan bahwa pemilihan parameter PID berdasarkan metode osilasi dan formula Ziegler-Nichols untuk respon waktu awal *steady state* yang rendah dapat diterima dengan baik, serta Mempunyai respon waktu awal untuk mencapai *steady state* yang konstan untuk *set point* yang berbeda yaitu berkisar 180 detik dan *steady state error* hampir mendekati pada 0°C.

REFERENSI

- [1] N. Y. D. Setyaningsih, I. A. Rozaq. "Kendali Suhu Inkubator Bayi Menggunakan PID". Jurnal SIMETRIS. Vol. 7, No. 2. Kudus, 2016.
- [2] S. Ubaidillah, dkk. "Sistem Kendali Otomatis Mesin Penetas Telur Menggunakan Kontroler PID". Jurnal TEKNO Vol. 27 Issue 2, p116-124, Malang, 2020.
- [3] B Supriyo, dkk, "Alat Peraga Kendali Pemanas Udara Berbasis Arduino Uno Sebagai Penunjang Praktikum Laboratorium Kendali Politeknik Negeri Semarang". FaST - Jurnal Sains dan Teknologi. Vol. 1 No. 1. Semarang. November 2017.
- [4] T. Y. Putro, "Studi Optimalisasi Metoda Penalaan Ziegler-Nichols pada Pengendalian Level Air Sistem Couple-Tank Menggunakan Kendali PID Digital". ELEKTRAN, VOL. 2, NO. 1. Bandung. JUNI 2012.
- [5] Z. Jamal, "Implementasi Kendali PID Penalaan Ziegler-Nichols Menggunakan Mikrokontroler", Jurnal Informatika, Vol.15, No.1, Manado, Juni 2015.
- [6] G. E. Setyawan, dkk. "Sistem Kendali Ketinggian Quadcopter Menggunakan PID". Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIIK). Vol.2, No. 2, hlm. 125-131. Oktober 2015.