

EVALUASI PARAMETER PID PADA PERANCANGAN KENDALI CENTRIFUGE DENGAN SISTEM UMPAN BALIK

Sebastiana Paulina Paga, Her Gumiwang Ariswati, Torib Hamzah
Jurusan Teknik Elektromedik Poltekkes Kemenkes, Surabaya
Jl. Pucang Jajar Timur No. 10, Surabaya, 60245, Indonesia

Abstract— The performance of a centrifuge can be measured from several aspects, one of which is the stability of the motor rotation. To get a good level of motor rotation stability, a controller is needed, and in this study using a PID (Proportional Integrative Derivative) controller. This controller has controller parameters, namely Kp (Proportional Constant), Ki (Integral Constant), and Kd (Derivative Constant). The purpose of this study was to evaluate the PID parameters in the centrifuge control design. This study uses the tuning method to determine the value of Kp, Ki, Kd. The trick is by tuning the values one by one. Starting with the first Kp value, to find the fastest system response by minimizing the rise time value. After that, look for the Kd value to reduce the amplitude value so that the oscillations can be suppressed or even eliminated. Then the last process is to find the value of Ki, tuning Ki is needed if the system conditions have a steady-state error. The results that have been obtained from testing the best Kp, Ki, and Kd values are Kp = 3 at the 1500 setpoint, Kp 4 at the 2000 setpoint, Kp = 6 at the 3000 setpoints, Ki = 0.002 and Kd = 0.2 at all setpoints. By using the values of Kp, Kd, and Ki, good system response is obtained, as evidenced by the small error value in the calibration process, where the largest error average at the setpoint of 3000 is 0,86%. The results of this study show that using the PID controller in the design of the motor rotation centrifuge control is better.

Keywords— Centrifuge, PID Controller, Parameter PID

Abstrak— Kinerja sebuah alat centrifuge dapat diukur dari beberapa aspek salah satunya kestabilan putaran motor. Untuk mendapatkan tingkat kestabilan putaran motor yang baik dibutuhkan suatu kontroler dan dalam penelitian ini menggunakan kontroler PID (Propotional Integrative Derivative). Kontroler ini memiliki parameter – parameter pengontrol, yaitu Kp (Konstanta Proporsional), Ki (Konstanta Integral) dan Kd (Konstanta Derivatif). Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi parameter PID pada perancangan kendali centrifuge. Penelitian ini menggunakan metode tuning untuk menentukan nilai Kp, Ki, Kd. Caranya yaitu dengan melakukan tuning nilainya satu persatu. Dimulai dengan nilai Kp terlebih dahulu, untuk mencari respon sistem yang paling cepat dengan cara meminimalkan nilai rise time. Setelah itu mencari nilai Kd dengan tujuan untuk mengecilkan nilai amplitudo sehingga osilasi dapat diredam atau bahkan dihilangkan. Kemudian proses terakhir adalah mencari nilai Ki, tuning Ki diperlukan jika kondisi sistem memiliki steady state error. Hasil yang telah didapatkan dari pengujian nilai Kp, Ki dan Kd yang paling baik yaitu Kp=3 pada setpoint 1500, Kp 4 pada setpoint 2000, Kp=6 pada setpoint 3000, Ki=0,002 dan Kd=0,2 pada semua setpoint. Dengan menggunakan nilai – nilai Kp, Kd dan Ki tersebut didapatkan respon sistem yang baik, dibuktikan dari nilai error yang kecil pada proses kalibrasi, di man rata – rata error paling besar pada setpoint 3000 yaitu 0,86%. Hasil penelitian ini menunjukkan dengan menggunakan kontroler PID pada perancangan kendali centrifuge putaran mototr menjadi lebih baik. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kontroler PID dapat digunakan pada perancangan kendali centrifuge.

Kata Kunci— Centrifuge, Kontroler PID, Parameter PID

I. PENDAHULUAN

Centrifuge merupakan alat yang digunakan untuk memisahkan organel berdasarkan massa jenisnya melalui proses pengendapan. Dalam prosesnya, centrifuge menggunakan prinsip rotasi atau perputaran tabung yang berisi larutan agar dapat dipisahkan berdasarkan massa jenisnya. Gaya sentrifugal adalah gaya yang terjadi akibat adanya putaran, arah gayanya adalah dari titik pusat putaran keluar menuju jari-jari luar. Pemisahan menggunakan gaya ini pada penerapannya biasanya dikenakan pada pemisahan fasa padat

dengan fasa cair yang tercampur. Cairan ini merupakan cairan tubuh contohnya darah, serum, air, bahan reaksi, atau campuran dari kedua zat tua dengan zat tambahan lain[1] . Centrifuge menggunakan motor induksi (motor AC) satu phase yang dirancang untuk menggunakan suplai tegangan satu phase dan memiliki konstruksi satu yang terdiri atas dua komponen yaitu stator dan rotor [2]. Untuk mempertahankan putaran motor tetap stabil digunakanlah sistem kontrol PID yang merupakan sistem kontrol untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem tersebut [3]. Kontroler PID merupakan kombinasi

dari tiga pengendali, yaitu pengendali Proporsional (P), pengendali Integral (I), dan pengendali Diferensial (D). Ketiga jenis pengendali ini memberikan respon yang berbeda pada proses orde satu, proses orde dua, maupun proses orde banyak [4].

Pada tahun 2016, Ratih Putri Nastiti dkk melakukan penelitian tentang pengaturan kecepatan motor satu fasa dengan PID berbasis mikrokontroler menggunakan interface labview, hasil penelitian ini adalah ketika motor dengan sistem *open loop* menggunakan *set point* 2500 rpm diberikan beban maka kecepatan motor turun hingga berhenti sedangkan motor pada sistem *close loop* menggunakan PID dengan *set point* yang sama serta diberi beban, kecepatan motor juga turun akan tetapi dapat kembali ke nilai *set point* dengan nilai *rise time* 4 detik [5]. Pada tahun 2017, Yogie Sanjaya melakukan penelitian tentang induksi kecepatan motor satu fasa menggunakan kontrol, berdasarkan penelitian pada *set point* di kisaran 16.000 untuk 28.000 rpm menunjukkan bahwa sistem kontrol memiliki respon yang cepat. Selain itu, overshoot maksimum 345 rpm pada *set point* dari 24.000 rpm dan kesalahan steady-state maksimum 335 rpm pada *set point* dari 28.000 rpm [6]. Pada tahun 2015, Nurfaizah M. Dkk melakukan penelitian tentang pembuatan modul praktikum motor ac dengan aplikasi pengaturan posisi dengan menggunakan PID dengan hasil penelitian menunjukkan motor dapat berputar sesuai dengan *set point* dengan rata-rata error terbesar 2.6% serta terdapat kesalahan pembacaan posisi yang disebabkan kerusakan potensiometer [7]. Pada tahun 2014, Tirta Wasesa melakukan penelitian dengan merancang pengaturan kecepatan motor induksi satu fasa dengan PWM menggunakan pengendali PID berbasis arduino dengan hasil pengujian tanpa beban didapat *rise time* motor akan semakin cepat pada kecepatan referensi yang semakin kecil [8]. Pada tahun 2014, Ebtian Apriantoro melakukan penelitian dengan merancang mesin sentrifugasi berbasis kontrol PID untuk pembuatan Virgin Coconut Oil (Vco) dari santan kelapa dan didapatkan tanggapan sistem yang baik, cepat, dan stabil [9].

Pada tahun 2017, Eric Ristadiansyah melakukan penelitian dengan merancang modul centrifuge dengan sistem kontrol arduino, penelitian ini menggunakan sistem kontrol konvensional. Pada kecepatan 1000 rpm terdapat kesalahan sebesar 3,2% dan pengaruh tingkat kesalahan yang dihasilkan di penelitian ini disebabkan oleh kelinieran sensor pada alat [10]. Pada tahun 2017, Afifuddin Much melakukan penelitian dengan merancang alat centrifuge menggunakan kontrol PID, penelitian ini memiliki nilai error yang tertinggi saat kecepatan setting 2000 Rpm yaitu 3.7% dan kesalahan disebabkan oleh kurangnya kelinieran sensor pada alat [11].

Berdasarkan kelemahan dan batasan yang telah disebutkan oleh peneliti-peneliti terdahulu antara lain, nilai error yang cukup tinggi serta kontrol PID yang kurang stabil. Oleh karena itu pada penelitian ini dirancang Evaluasi Parameter PID Pada Perancangan Kendali Centrifuge Dengan Sistem Umpan Balik dengan tujuan mendapatkan putaran motor pada centrifuge yang lebih stabil. Penggunaan rancangan ini lebih efektif karena penulis akan melakukan penelitian pada nilai setiap

parameter PID sehingga didapat nilai parameter PID terbaik untuk mengontrol kecepatan motor pada centrifuge.

II Bahan-bahan dan Metode

A. Setting Percobaan

Penelitian ini menggunakan 3 setpoint pada pengukuran kecepatan motor centrifuge yaitu pada kecepatan 1500 rpm, 2000 rpm dan 3000 rpm.

1) Bahan dan Alat

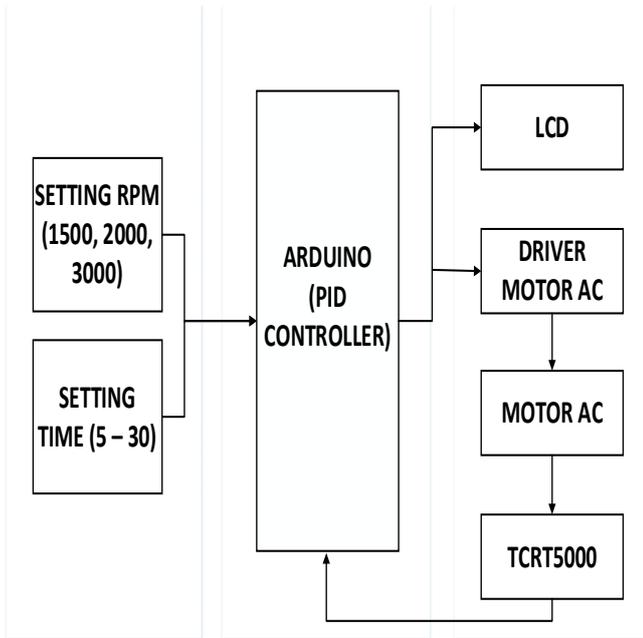
Penelitian ini menggunakan sensor TCRT5000 untuk membaca kecepatan motor centrifuge. Mikrokontroler Arduino Mega selain digunakan sebagai pengontrol PID juga digunakan untuk pembacaan grafik kestabilan dan waktu pencapaian kestabilan kecepatan motor centrifuge yang dapat dibaca dan dilihat pada serial monitor dan serial ploter. Tachometer digunakan sebagai pembandingan nilai kecepatan motor centrifuge yang dibaca oleh sistem.

2) Eksperimen

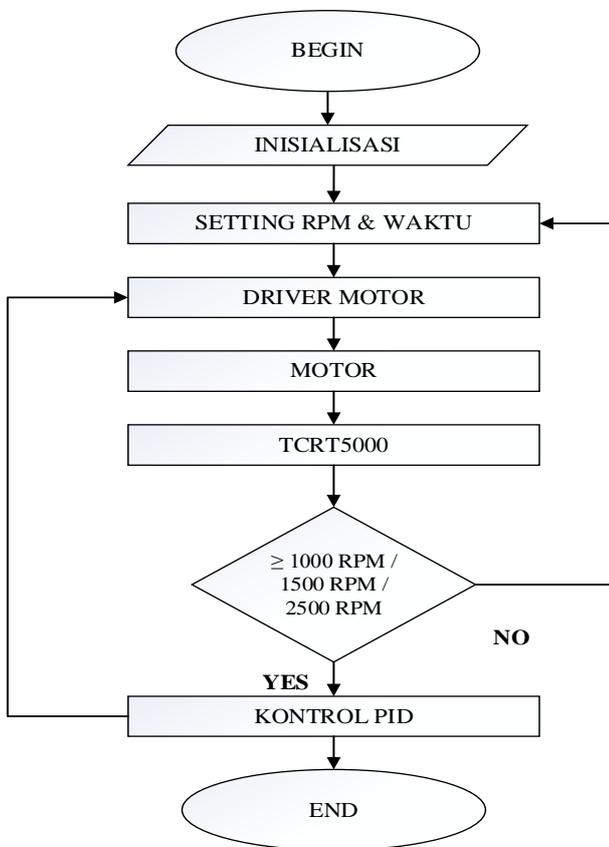
Dalam penelitian ini, untuk menentukan parameter PID menggunakan metode tunning. Caranya yaitu dengan melakukan tunning nilainya satu persatu. Dimulai dengan nilai K_p terlebih dahulu, untuk mencari respon sistem yang paling cepat dengan cara meminimalkan nilai *rise time*. Setelah itu mencari nilai K_d dengan tujuan untuk mengecilkan nilai amplitudo sehingga osilasi dapat diredam atau bahkan dihilangkan. Kemudian proses terakhir adalah mencari nilai K_i , tunning K_i diperlukan jika kondisi sistem memiliki steady state error. Hasil dan proses penelitian ini ditampilkan di serial monitor dan serial ploter pada arduino untuk melihat pengaruh masing – masing parameter PID pada grafik kestabilan dan waktu pencapaian kestabilan kecepatan motor centrifuge .

B. Diagram Balok

Pada saat tombol power ditekan, semua rangkaian mendapatkan tegangan, selanjutnya dilakukan pemilihan kecepatan dan waktu setting. Tombol setting akan memberikan inputan kepada arduino, arduino akan memberikan sinyal PWM kepada driver motor AC untuk mengatur kecepatan centrifuge. RPM yang dihasilkan oleh motor akan dibaca oleh TCRT5000 dan datanya dikirim ke arduino. LCD berfungsi menampilkan nilai setting dan hasil RPM centrifuge.



Gambar 1. Blok Diagram Centrifuge



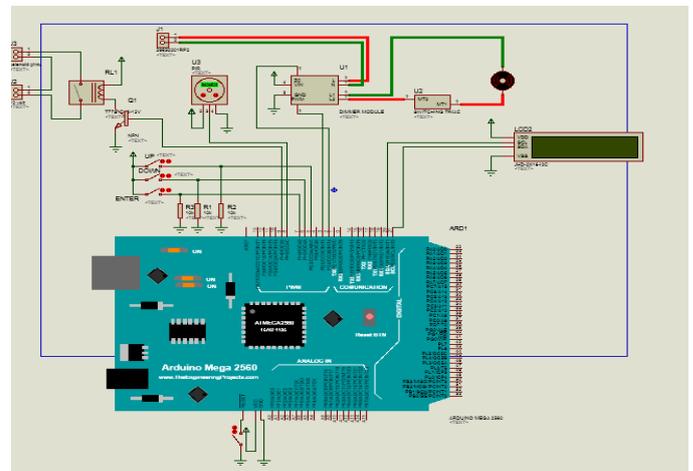
Gambar 2. Flowchart Program Arduino

C. Diagram Alir

Saat *start* (mulai) mikrokontroller akan melakukan inialisasi, selanjutnya *user* melakukan *setting* kecepatan dan *setting* waktu. Setelah mencapai 1000 RPM (untuk *setting* 1500 RPM), 1500 RPM (untuk *setting* 2000 RPM), dan 2500 RPM (untuk *setting* 3000 RPM), maka kontrol PID akan bekerja dan mengendalikan *driver* motor. Dimana jika kecepatan dibaca oleh TCRT5000 terdapat kesalahan (*error*) maka akan kembali ke kontrol PID untuk mengendalikan supaya OCR memelankan kecepatan pada motor *centrifuge* tersebut.

D. Rangkaian Analog

Ketika catu daya diberikan pada rangkaian mulai bekerja, arduino berjalan sesuai program yang diperintahkan, terdapat 4 tombol push button yaitu up, down, start dan reset yang dihubungkan pada pin 5,6,7 dan reset yang digunakan sebagai input perintah dalam program, sensor PIR akan membaca RPM dengan cara menghitung waktu pulsa High to High/ satu kali putaran kemudian sinyal akan dikirim ke arduino melalui pin 8, yang selanjutnya diolah menjadi nilai baca RPM, solenoid door lock terhubung pada pin 9 yang dikontrol dengan driver relay, dimmer modul terhubung pada pin 2 dan 3, yang mana nantinya modul tersebut akan mengatur besarnya RPM sesuai nilai setting dan PID dari program, LCD akan menampilkan nilai setting, timer dan PID yang dihubungkan pada pin SDA SCL.



Gambar 3. Rangkaian

II. HASIL

Hasil yang telah didapatkan dari pengujian nilai K_p, K_i dan K_d yang paling baik yaitu $K_p=3$ pada setpoint 1500, $K_p=4$ pada setpoint 2000, $K_p=6$ pada setpoint 3000, $K_i=0,002$ dan $K_d=0,2$ pada semua setpoint. Untuk lebih jelas, hasil dapat dilihat pada tabel berikut ini:

TABEL 1. HASIL PENGUJIAN PID

RPM	Kp	Ki	Kd	Steady State	Rise Time (s)	Settling Time (S)
1500	3	0,005	0	1538	2,1	2,6
	3	0,01	0	1538	1,7	1,7
	3	0,02	0	1538	1,1	1,2
2000	4	0,005	0	2000	3,6	3,7
	4	0,01	0	2000	2,5	3,1
	4	0,02	0	2000	1,3	1,3
3000	6	0,005	0	3076	4,7	5,1
	6	0,01	0	3076	4,1	4,8
	6	0,02	0	3076	2,8	2,8

Dengan menggunakan nilai – nilai Kp, Kd dan Ki tersebut didapatkan respon sistem yang baik, dibuktikan dari nilai error yang kecil pada proses kalibrasi menggunakan tachometer, di mana rata – rata error paling besar pada setpoint 3000 yaitu 1,01%. Hasil penelitian ini menunjukkan dengan menggunakan kontroler PID pada perancangan kendali centrifuge putaran motor menjadi lebih baik.

1) *Rancang Bangun Centrifuge dengan PI*

Alat centrifuge ini menggunakan Arduino mega sebagai mikrokontroler. Sensor TCRT5000 digunakan sebagai sensor untuk pembacaan kecepatan putaran motor centrifuge. Modul dimmer (Arduino Light Dimmer Modul) digunakan untuk mengatur tegangan inputan yang masuk arduino (mengontrol PWM). Regulator tegangan (TRIAC) mengatur besaran tegangan AC yang masuk ke motor.

2) *Listing Program*

Listing program 1. Program Inisialisasi

Ini adalah program untuk inisialisasi. Arduino Mega menggunakan TimerOne dan TimerThree sebagai interupt. Sensor dihubungkan pada Pin 8 arduino, AC/modul dimmer dihubungkan ke pin 3, tombol UP, Down dan start masing – masing terhubung pada pin 7, 6 dan 5.

```
#include <TimerOne.h>
#include <TimerThree.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F, 16, 2);
#define Sensor_Pin 8
#define AC_pin 3
const int UP_Pin = 7;
const int DOWN_Pin = 6;
const int START_Pin = 5;
```

Listing Program 2. Program untuk mengatur keluaran modul dimmer atau mengatur putaran PWM

Pada saat posisi start, maka ketika nilai $i \geq PWM$, modul dimmer (AC_pin) hidup, nilai i terus bertambah. Lalu saat nilai $i = 127$ modul dimmer (AC_pin) mati, lalu nilai i kembali ke 0. Kemudian modul dimmer (AC_pin) akan kembali hidup dan nilai i terus bertambah sampai $i = 127$. Dan akan terus berulang prosesnya.

```
void zero_cross_detect() {
    if (start == true) {
        if (i >= PWM) {
            digitalWrite(AC_pin, HIGH);
        }
        else {
            i++;
            if (i == 127) {
                i = 0;
                digitalWrite(AC_pin, LOW);
            }
            // increment time step counter
        }
    }
}
```

Listing Program 3. Program untuk mengatur tombol up dan down saat mengatur pemilihan RPM atau setpoint

Ketika tombol up ditekan maka program akan membaca input yang diberikan oleh pin 7 (UP_pin) lalu setting RPM yang bernilai di bawah 3000 (inisialisai nilai settingRPM=1500) akan terus bertambah dengan interval 500. Sedangkan ketika tombol down ditekan maka program akan membaca input yang diberikan oleh pin 6 (DOWN_pin) lalu setting RPM yang bernilai di atas 1500 akan terus berkurang dengan interval 500.

```
void loop(void) {
    UP = digitalRead(UP_Pin);
    DOWN = digitalRead(DOWN_Pin);
    START = digitalRead(START_Pin);
    if (start == false) {
        if (settime == false) {
            if (UP == HIGH && settingRPM < 3000) {
                settingRPM += 500; delay(600);
            }
            if (DOWN == HIGH && settingRPM > 1500) {
                settingRPM -= 500; delay(600);
            }
        }
    }
}
```

Listing Program 4. Program untuk mengatur tombol up dan down saat pemilihan pengaturan waktu

Ketika tombol up ditekan maka program akan membaca input yang diberikan oleh pin 7 (UP_pin) lalu settingtime yang bernilai di bawah 30 (inisialisai nilai settingtime=0) akan terus bertambah dengan interval 5. Sedangkan ketika tombol down ditekan maka program akan membaca input yang diberikan oleh pin 6 (DOWN_pin) lalu settingtime yang bernilai di atas 0 akan terus berkurang dengan interval 500.

```
if (settime == true) {
    if (UP == HIGH && settingtime < 30) {
        settingtime += 5; delay(600);
    }
    if (DOWN == HIGH && settingtime > 0) {
        settingtime -= 5; delay(600);
    }
}
```

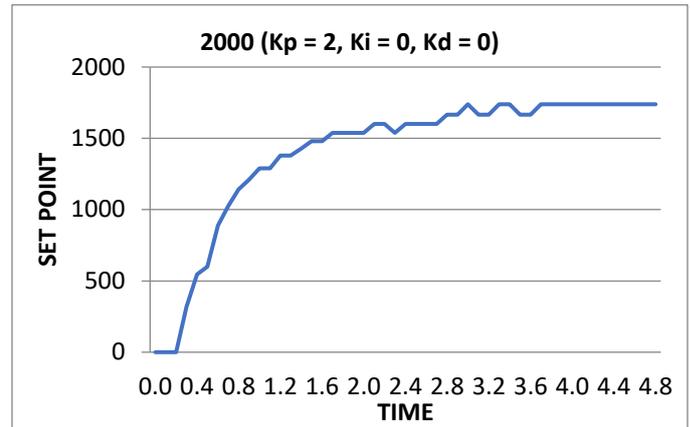
Listing Program 5. Program untuk pembacaan sensor

Ketika Sensor_Pin terbaca atau High maka nilai waktu rotasi akan terus bertambah seiring dengan perputaran motor. Pembacaan sensor ini adalah menghitung jarak dari posisi Sensor_Pin High pertama ke posisi Sensor_Pin High kedua, dan seterusnya. Ketika Sensor_Pin tidak terbaca atau Low maka nilai wakturotasi = 0.

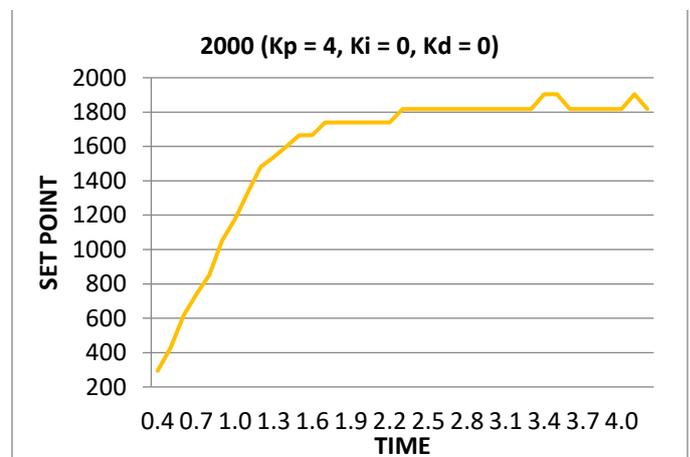
```
Sensor = digitalRead(Sensor_Pin);
if (Sensor == HIGH) {
    wakturotasi ++;
    rot = wakturotasi;
}
if (Sensor == LOW) {
    wakturotasi = 0;
    nilaiRPM = 40000 / rot;
}
```

3) Pengujian Nilai Kp, Ki da Kd

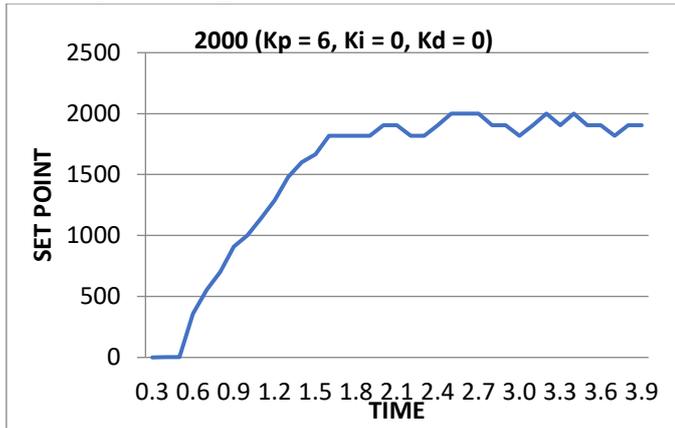
Pengujian Nilai Kp



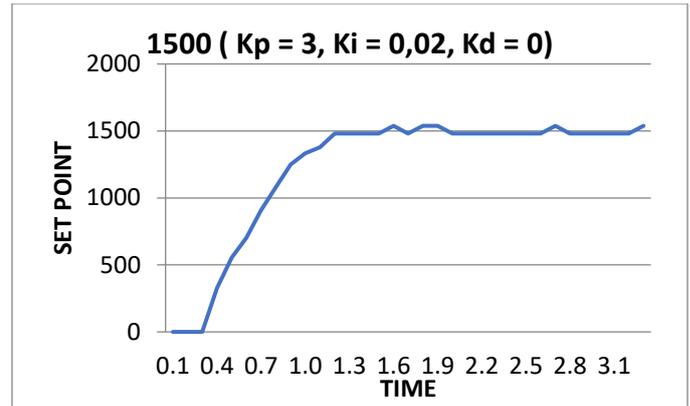
Gambar 4. Grafik Respon Motor dengan Kp 2, Ki 0, Kd 0



Gambar 5. Grafik Respon Motor dengan Kp 4, Ki 0, Kd 0

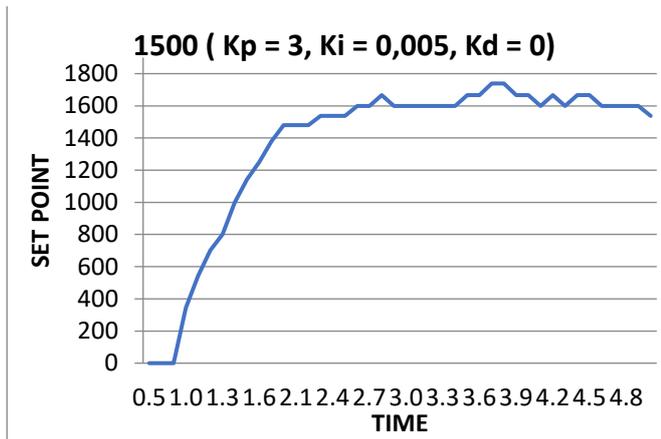


Gambar 6. Grafik Respon Motor dengan Kp 6, Ki 0, Kd 0



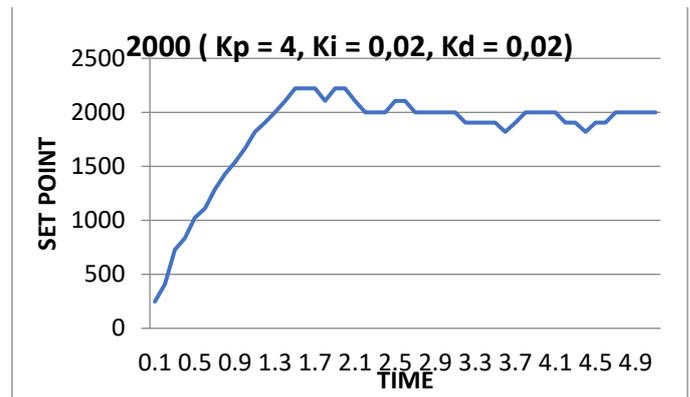
Gambar 9. Grafik Respon Motor dengan Kp 6, Ki 0,02 Kd 0

Pengujian Nilai Ki

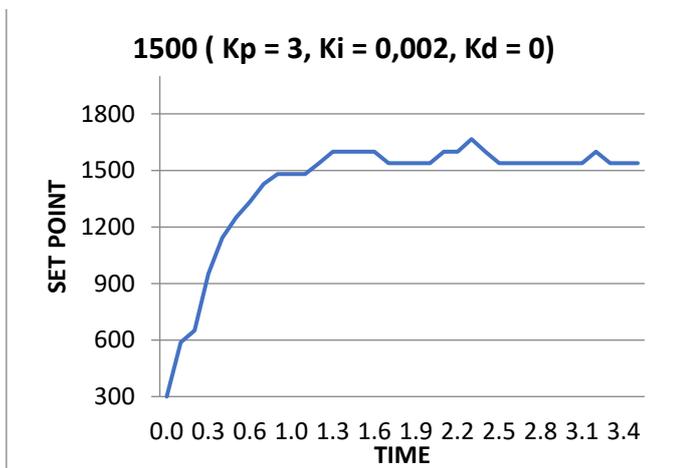


Gambar 7. Grafik Respon Motor dengan Kp 3, Ki 0,005, Kd 0

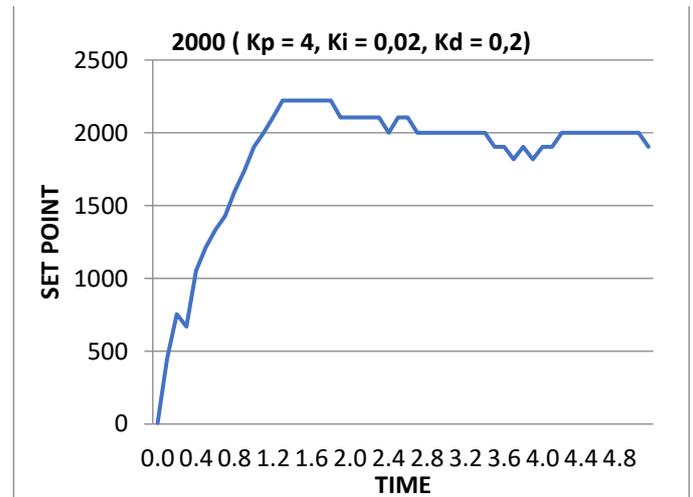
Pengujian Nilai Kd



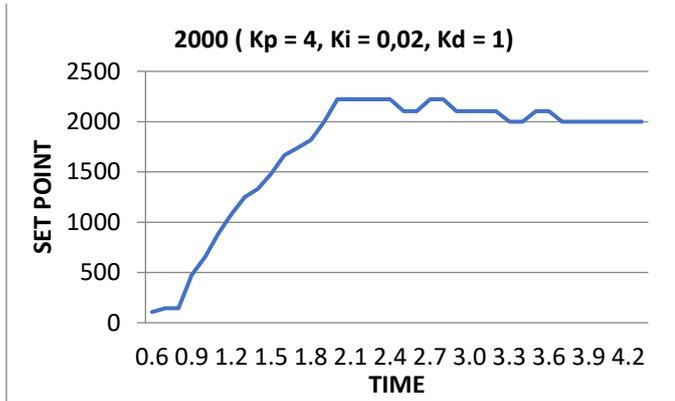
Gambar 10. Grafik Respon Motor dengan Kp 4, Ki 0,02, Kd 0,02



Gambar 8. Grafik Respon Motor dengan Kp 3, Ki 0,002, Kd 0



Gambar 11. Grafik Respon Motor dengan Kp 4, Ki 0,002, Kd 0,2



Gambar 12. Grafik Respon Motor dengan Kp 4, Ki 0,002, Kd 0,2

4) Error RPM (Rotation Per Minutes)

Pada penelitian ini menggunakan tachometer sebagai pembanding nilai kecepatan motor centrifuge dan setelah dibandingkan didapatkan nilai error dari setiap setpoint yang ditunjukkan pada tabel I.

TABEL 2. NILAI ERROR CENTRIFUGE

RPM	TACHOMETER	NILAI RATA - RATA	ERROR
1500	1054	1498,667	1,33
	1481		
	1505		
	1506		
	1492		
	1504		
2000	2003	2004,667	4,67
	1970		
	2045		
	2002		
	1967		
	2041		
3000	3116	3025,833	25,833
	3042		
	2959		
	3051		

2958
3029

III. PEMBAHASAN

Perancangan kendali centrifuge ini telah diuji secara lengkap pada penelitian ini. Berdasarkan perbandingan pengukuran pada alat pembanding yaitu tachometer, putaran motor pada alat centrifuge ini telah sesuai dengan setpoint, yaitu 1500 rpm, 2000 rpm dan 3000 rpm dengan waktu pengoperasian alat yaitu 5 menit, 10 menit, 15 menit, 20menit, 25 menit dan 30 menit.

Pada penelitian ini perancangan centrifuge menggunakan kontroler PID untuk mendapatkan kestabilan putaran motor yang sesuai dengan setpoint serta waktu pencapaian kestabilan yang lebih cepat. Dengan mengevaluasi pengaruh parameter PID pada kecepatan motor, dapat diketahui pengaruh kontroler PID pada kestabilan putaran motor centrifuge. Pengaruh konstanta parameter PID pada putaran motor yaitu

a) Setpoint 1500

Pada pengujian Kp, nilai Kp 3, Ki 0, Kd 0 respon sistem mampu mencapai keadaan steady state pada nilai 1081 rpm dalam waktu 3,4 detik. Lalu pada pengujian Ki, nilai Kp 3, Ki 0,02, Kd 0 respon sistem mampu menghilangkan steady state error dari 1081 rpm menjadi 1538 rpm dalam waktu yang lebih singkat yaitu 2,9 detik. Kemudian pada pengujian Kd, nilai Kp 3, Ki 0,02, Kd 0,2 respon sistem mampu mencapai keadaan steady state dalam waktu yang lebih cepat yaitu 2,6 detik dan putaran motor lebih stabil setelah mencapai keadaan steady state yaitu 1538 rpm.

b) Setpoint 2000

Pada pengujian Kp, nilai Kp 4, Ki 0, Kd 0 respon sistem mampu mencapai keadaan steady state pada nilai 1818 rpm dalam waktu 3,3 detik. Lalu pada pengujian Ki, nilai Kp 4, Ki 0,02, Kd 0 respon sistem mampu menghilangkan steady state error dari 1818 rpm menjadi 2000 rpm dalam waktu yang lebih singkat yaitu 3,1 detik. Kemudian pada pengujian Kd, nilai Kp 4, Ki 0,02, Kd 0,2 respon sistem mampu mencapai keadaan steady state dalam waktu yang lebih cepat yaitu 2,5 detik dan putaran motor lebih stabil setelah mencapai keadaan steady state yaitu 2000 rpm.

c) Setpoint 3000

Pada pengujian Kp, nilai Kp 6, Ki 0, Kd 0 respon sistem mampu mencapai keadaan steady state pada nilai 2857 rpm dalam waktu 3,1 detik. Lalu pada pengujian Ki, nilai Kp 6, Ki 0,02, Kd 0 respon sistem mampu menghilangkan steady state error dari 2857 rpm menjadi 3076 rpm dalam waktu yang lebih singkat yaitu 2,8 detik. Kemudian pada pengujian Kd, nilai Kp 6, Ki 0,02, Kd 0,2 respon sistem mampu mencapai keadaan steady state dalam waktu yang lebih cepat yaitu 2,3 detik dan putaran motor lebih stabil setelah mencapai keadaan steady state yaitu 3076 rpm.

IV. KESIMPULAN

Hasil yang telah didapatkan dari pengujian nilai Kp, Ki dan Kd yang paling baik untuk perancangan kendali centrifuge pada penelitian ini yaitu Kp=3 pada setpoint 1500, Kp 4 pada setpoint 2000, Kp=6 pada setpoint 3000, Ki=0,002 dan Kd=0,2 pada semua setpoint. Dengan menggunakan nilai – nilai Kp, Kd dan Ki tersebut didapatkan respon sistem yang baik, dibuktikan dari nilai error yang kecil pada proses kalibrasi, di mana rata – rata error paling besar pada setpoint 3000 yaitu 0,86%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kontroler PID dapat digunakan pada perancangan kendali centrifuge. Untuk penelitian selanjutnya dapat dibuat centrifuge dengan kontrol PID dengan pengaturan PWM yang lebih baik agar menghasilkan putaran motor yang lebih stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Wibowo, “Centrifuge,” 2016.
- [2] S. Aji, “Pengertian Motor 1 Phase,” 2018.
- [3] I. Setiawan, *Kontrol PID Untuk Proses Industri*. 2008.
- [4] M. Sandy, “Slide Kontroler PID.” pp. 1–27, 2018.
- [5] R. P. Nastiti, W. Susanto, D. Pembimbing, A. Suhanto, and F. T. Industri, “Modul Pengaturan Kecepatan Motor Satu Fasa Dengan PID Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Interface Labview,” 2016.
- [6] Y. Sanjaya, A. Fauzi, D. Edikresnha, M. M. Munir, and K. Khairurrijal, “Single Phase Induction Motor Speed Regulation Using a PID Controller for Rotary Forc spinning Apparatus,” *Procedia Eng.*, vol. 170, no. December, pp. 404–409, 2017, doi: 10.1016/j.proeng.2017.03.065.
- [7] H. T. S. . S. Nurfaizah M. ., Didi Istardi . MSc .*, “Rancang Bangun Modul Pratikum Motor AC Dengan Aplikasi Pengaturan Posisi Dengan Menggunakan PID .*,” 2015.
- [8] T. Wisesa, “Perancangan Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Satu Fasa dengan PWM Menggunakan Pengendali PID Berbasis Arduino,” 2014.
- [9] E. Apriantoro, “Perancangan Mesin Sentrifugasi berbasis Kontrol PID dengan Menggunakan Mikrokontroler ATmega8535 untuk Pembuatan Virgin Coconut Oil (VCO) dari Santan Kelapa,” *Transient*, vol. 3, pp. 1–9, 2014.
- [10] Erik Ristadiansyah, “Centrifuge Dengan Sistem Kontrol Arduino (Eric Ristadiansyah, Torib Hamzah, Syaifudin) Jurusan Teknik Elektromedik Politeknik Kesehatan Surabaya Jln. Pucang Jajar Timur No. 10 Surabaya,” *Semin. Tugas Akhir*, vol. 3, pp. 1–7, 2017.
- [11] A. Much, “Centrifuge Menggunakan Kontrol PID (Propotional Integrative Derivative),” vol. 2, no. 7, pp. 1–7, 2017.