

ANALISA PENGATURAN ALIRAN MENGGUNAKAN METODE PID PADA FILTER *BACKWASH PUMP* DI PLTU UNIT 5 DAN 6 PAITON

Sulastri¹

Program Studi Teknik Elektro Universitas Nurul Jadid
Email: nonlastri5@gmail.com

Moh. Bachrudin¹

Program Studi Teknik Elektro Universitas Nurul Jadid
Email: udintf06@gmail.com

Safrudin¹

Program Studi Teknik Elektro Universitas Nurul Jadid
Email: safrudin89@gmail.com

ABSTRACTS : *Research on the flow of Backwash Pumps at PLTU Unit 5 and Unit 6 requires a flow rate control system so that there is no excess flow rate and minimize the deficiencies that occur. Therefore, the flow rate control system requires a set point value as the control limit. Control is generally used in the industrial sector, namely PID control. In this control system there are weaknesses, namely the control process is still carried out by trial and error and currently many are done manually by trial and error or trial and error methods so the results are not necessarily correct and you have to do various kinds of experiments to get the value and response well. To solve the problems that occur, it is necessary to do mathematical modeling of a plant in order to obtain a transfer function and an alternative approach is needed to obtain a better, faster, and ideal system value for carrying out the control process. The method used in the PID (Proportional-Integral-Derivative) control system is the Ziegler-Nichols method. The method in this study aims to maintain the stability of the flow rate system on the Backwash Pump filter according to the desired set-point. According to the simulation and analysis results, it is known that by using the Ziegler-Nichols setting calculation method, the value of $K_p = 1.812$, $T_i = 4.505$, $T_d = 1.126125$ with $Risetime = 1.82s$, $Peaktime = 4.6s$, $Settlingtime = 13.6$ and $Overshoot = 33.6\%$ is obtained. The method used can be seen from the response system in the Ziegler-Nichols setting calculation method. It appears that the results are better and ideal than other system responses. So it can be concluded according to the results of the parameters applied that the PID controller with the Ziegler-Nichols method is the ideal method for the flow rate control system on the Backwash Pump Filter.*

Keyword: *Control valve, flow transmitter, Backwash Pump, Ziegler-Nichols*

ABSTRAK: Penelitian aliran pada *Backwash Pump* di PLTU Unit 5 dan Unit 6, diperlukan suatu sistem pengendalian laju aliran supaya tidak terjadi laju aliran yang berlebih dan untuk meminimalisir kekurangan yang terjadi. Oleh karena itu sistem pengendalian laju aliran diperlukan nilai *set point* sebagai batas pengendali. Pengendalian pada umumnya digunakan pada sektor industri yaitu pengendalian PID. Pada sistem pengendalian ini terdapat suatu kekurangan yaitu proses pengendalian masih dilakukan dengan coba-coba dan saat ini lebih banyak dilakukan secara manual dengan metode *trial dan error* atau coba-coba sehingga untuk memperoleh hasilnya belum tentu benar dan harus melakukan berbagai percobaan untuk mendapatkan nilai dan respon yang baik. Untuk mengatasi masalah yang terjadi perlu dilakukan permodelan matematis pada suatu plant demi mendapatkan fungsi alih dan dibutuhkan suatu pendekatan alternatif untuk mendapatkan suatu nilai sistem yang lebih baik, lebih cepat, dan ideal untuk melakukan proses pengendalian. Metode yang digunakan pada sistem pengendalian PID (*Proporsional-Integral-Derivative*) yaitu dengan metode *Ziegler-Nichols*. Metode pada penelitian ini bertujuan untuk menjaga suatu kestabilan sistem laju aliran pada *Filter Backwash Pump* sesuai dengan *set-point* yang diinginkan. Sesuai dengan hasil simulasi dan analisis, diketahui bahwa menggunakan metode perhitungan setting *Ziegler-Nichols* memperoleh nilai besaran $K_p = 1.812$, $T_i = 4.505$, $T_d = 1.126125$ dengan $Risetime = 1.82s$, $Peaktime = 4.6s$, $Settlingtime = 13.6$ dan $Overshoot = 33.6\%$. Metode yang digunakan dapat dilihat dari sistem responnya pada metode perhitungan setting *Ziegler-Nichols* dapat dilihat hasilnya lebih baik dan ideal daripada respon sistem yang lainnya. Sehingga bisa disimpulkan sesuai dengan hasil parameter yang diterapkan bahwa Pengendali PID dengan menggunakan metode *Ziegler-Nichols* ialah metode yang ideal untuk sistem pengendalian laju aliran pada *Filter Backwash Pump*.

Kata Kunci: *Control valve, flow transmitter, Backwash Pump, Ziegler-Nichols*

PENDAHULUAN

Penelitian ini ditulis dengan kaidah sebagai berikut tentang suatu kendali PID yaitu kontroler suatu sistem untuk menentukan karakteristik umpan balik pada suatu sistem (*feedback*). Pengendali PID merupakan gabungan dari tiga macam pengendali, yaitu pengendali proporsional, pengendali integral, dan pengendali derivatif. Tujuan pengendali tersebut ialah untuk memperbaiki sebuah kinerja sistem yang masing-masing pengendali akan melengkapi serta menutupi kelemahan dan kelebihan masing

¹ Universitas Nurul Jadid, Karanganyar, Kecamatan Paiton, Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur 67292

masing. Karakteristik pengontrol PID sangat dipengaruhi oleh besar parameter ketiganya. Efek setiap pengontrol pada sistem *loop* tertutup disimpulkan dalam tabel berikut :

Tabel 1. Karakteristik gain pengontrol PID dan pengaruh terhadap sistem.

<i>Closed- Loop Response</i>	<i>Rise time</i>	<i>Overshoot</i>	<i>Settling time</i>	<i>SS Error</i>
Kp	Berkurang	Bertambah	Minor Chage	Berkurang
Ti	Berkurang	Bertambah	Bertambah	Menghilangkan
Td	Minor Chage	Berkurang	Berkurang	Minor Change

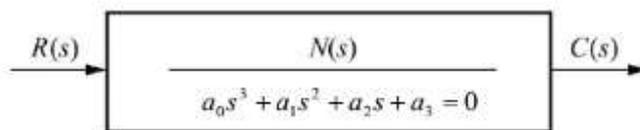
Kendali dapat bekerja dan bisa diimplementasikan baik itu secara terpisah maupun kombinasi secara bersamaan dengan tujuannya saling melengkapi diantara masing masing karakter tersebut [1]. Untuk menghasilkan sebuah nilai untuk pengendalian sistem yang ideal diperlukan perhitungan menggunakan metode ke-2 Ziegler-Nichols.

Pada metode ke-2, *tuning* dilakukan dalam *close loop* dimana input merupakan sinyal step. Pengendali pada metode ini hanya pengendali proporsional. Kp, dinaikkan dengan awalan 0 hingga nilai kritis (Kcr), sehingga diperoleh keluaran yang terus-menerus berosilasi dengan amplitude yang sama. Nilai kritis (Kcr) ini disebut sebagai *ultimate gain*. Terdapat juga parameter lain yakni *ultimate period* (Pcr), diperoleh setelah sistem mencapai kondisi yang terus menerus berosilasi [2]. Parameter-parameter seperti Tcr dan Kcr digunakan untuk menentukan konstanta-konstanta pengendali sesuai dengan tetapan empiris Ziegler-Nichols pada Tabel 2.

Tabel 2. Tuning Ziegler-Nichols Metode Ke-2

Pengendali	Kp	Ti	Td
P	Kcr/2	-	-
PI	0.45Kcr	(1/1.2)Pcr	-
PID	0.6Kcr	0.5Pcr	0.125Pcr

Selanjutnya dilakukan analisa kestabilan, Metode analisa kestabilan yang digunakan dalam sistem kendali *Ziegler-Nichols* yaitu kriteria *Routh-Hurwitz*. Kriteria ini menggunakan jumlah *pole* yang terdapat pada bidang kiri dan kanan dari sumbu imajiner ($j\omega$). Jumlah ditunjukkan oleh perubahan tanda negatif menjadi positif atau pada tabel *routh-hurwitz*. Metode ini membutuhkan dua langkah, pertama adalah membuat tabel data bernama *routh table*, lalu menginterpretasikan tabel tersebut untuk mendapatkan jumlah *pole* pada bidang bagian kiri dan kanan, seta pada sumbu imajiner[1].



Gambar 1. Blok diagram metode *Routh-Hurwitz*

Gambar 1. dapat digunakan untuk menjelaskan prosedur metode kriteria *Routh-Hurwitz* dimulai dengan memberikan label dari s dengan pangkat tertinggi hingga pangkat 0, blok diatas menggunakan kreteria kestabilan *Routh* untuk polinomial order tiga. Selanjutnya disusun kedalam bentuk tabel dengan kestabilan *routh* untuk *polinomial* order tiga berikut :

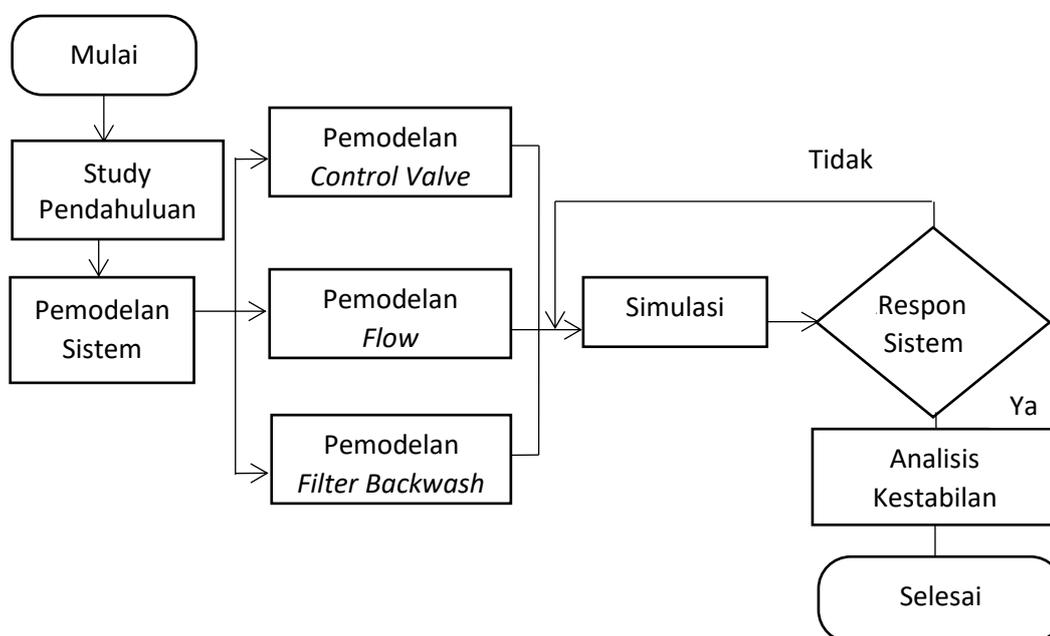
Tabel 3. Routh tabel polinomial orde tiga

s^3	a_1	a_2
s^2	a_1	a_3
s^1	$a_1 a_2 - a_0 a_3$	a_3
	a_1	
s^0	a_3	

Syarat agar semua koefisien pada kolom pertama menjadi positif haruslah $a_1 a_2 > a_0 a_3$ dan sistem akan stabil. Jika terdapat satu koefisien yang bernilai negatif maka sistem tidak akan stabil. Jumlah perubahan tanda koefisien pada deret pertama sebanding dengan jumlah akar positif dari persamaan sistem.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini digunakan diagram alir untuk mempermudah pemahaman menjadi lebih sederhana, inilah diagram alir selama proses penelitian yaitu :



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

1. Studi Pendahuluan

a. Studi Literatur

Melakukan Kajian teori yang mendukung di peroleh dari hasil penelitian sebelumnya, Jurnal karya tulis ilmiah, Buku buku refrensi yang bisa mendukung untuk penelitian ini, sehingga diharapkan mampu memberi hasil yang lebih baik dan bermanfaat.

b. Observasi

Untuk memperoleh data yang akurat sesuai pokok permasalahan serta untuk menunjang penulisan laporan skripsi ini, maka dari itu penulis melakukan Pengumpulan Data. Dalam proses penentuan parameter PID, penulis melakukan studi pengumpulan data tentang kontrol PID, *handout* P&ID proses pada *loop* tersebut. Selanjutnya untuk pengambilan data dari alat instrumentasi yang digunakan pada *loop* tersebut agar dapat dirancang pemodelan sistemnya. Untuk mengkomparasi data hasil lapangan dengan metode *trial and error* dengan perhitungan manual menggunakan metode *Ziegler-Nichols* maka, dilakukan simulasi menggunakan Matlab.

2. Pemodelan Sistem

a. Pemodelan *Flow Transmitter*

Pada pemodelan ini, akan dilakukan perhitungan dari fungsi tranfer *transmitter* dapat dilihat dalam persamaan orde satu sebagai berikut [2] :

$$\frac{I(s)}{H(s)} = \frac{K_F}{1+T_F S} \dots\dots\dots(1)$$

Gain *transmitter* dapat didefinisikan sebagai span keluaran arus dibagi daya span masukan

$$K_F = \frac{\text{output}}{\text{input}} \dots\dots\dots(2)$$

Time constant elektrik transmitter dengan keluaran sinyal elektrik dapat dipilih sebesar 0.2 detik sesuai nilai yang ada di *plant*. Dengan mensubstitusikan gain dan *time constant* ke persamaan (3.1).

Maka didapatkan fungsi alih *flow transmitter* yang telah didapat melalui perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{I(s)}{H(s)} = \frac{0,05}{1 + 0.2S}$$

b. Pemodelan *Control Valve*

Fungsi tranfer dari *control valve* yaitu persamaan orde satu dengan gain dan *time constant* sebagai berikut [2]:

$$\frac{W(s)}{P(s)} = \frac{K_v}{1+T_v S} \dots\dots\dots(3)$$

Gain *control valve* adalah gabungan antara gain perubahan sinyal pada elemen I/P (K_1) dan gain perubahan dari sinyal pneumatic standar ke keluaran tipe aliran pada *control valve* (K_2). Gain perubahan sinyal pada elemen I/P adalah :

$$K_1 = \frac{\text{Span tekanan pneumatis}}{\text{Span arus}} \dots\dots\dots(4)$$

$$K_1 = \frac{15 - 3 \text{ psi}}{20 - 4 \text{ mA}} = \frac{12 \text{ psi}}{16 \text{ mA}} \frac{0.84 \text{ kg/cm}^2}{16 \text{ mA}} = 0.0525 \frac{\text{kg/cm}^2}{\text{mA}}$$

Laju aliran maksimum (F_{\max}) yaitu pada saat *control valve* terbuka penuh adalah 300 Ton/jam = 83,3 kg/s

$$K_2 = \frac{\text{laju aliran maksimum}}{\text{span tekanan pneumatis}} \dots\dots\dots(5)$$

$$K_2 = \frac{83.3 \text{ kg/s}}{15 - 3 \text{ psi}} = \frac{83.3 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{12 \text{ psi}} = \frac{83.3 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{0.84 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 99.2 \text{ cm}^2/\text{s}$$

Sehingga gain *control valve* totalnya adalah

$$K_v = K_1 \times K_2 = 0.0525 \times 99,2$$

$$K_v = 5,208$$

Besar *time constant control valve* yaitu :

$$\Delta V = \text{Fraksi massa perubahan control valve}$$

$$= \frac{\dot{m}_b \text{max} - \dot{m}_b \text{min}}{\dot{m}_b \text{max}}$$

$$= \frac{83.3 - 0 \text{ kg/s}}{83.3 \text{ kg/s}} = 1$$

$$R_v = \text{Perbandingan time konstan inherent dengan } t \text{ stroke}$$

$$= 0.03 \text{ (aktuator diaphragma)}$$

T_v diperoleh dari data *control valve*

$$T_v = 10 \text{ s}$$

$$\tau_{cv} = T_v (\Delta V + R_v)$$

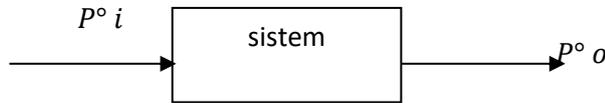
$$= 10 (1 + 0.03)$$

$$= 10.3 \text{ s}$$

Dengan memasukkan parameter-parameter gain dan *time constant* ke persamaan (3). Didapatkan fungsi alih dari *control valve* adalah :

$$\frac{W(s)}{P(s)} = \frac{5.208}{1 + 10.3 s}$$

c. Pemodelan Backwash Pump



Gambar 3. Pemodelan Matematis Filter Backwabs Pump

Dengan menggunakan pendekatan kesetimbangan massa, maka fungsi tranfer Filter Backwash Pump menjadi [3]:

Dimana fungsi *flow* dapat dinyatakan dengan

$$M \frac{dv}{dt} = A \cdot \Delta P \dots\dots\dots (6)$$

Dimana:

- M = Massa liquid pipa
- dv= Kecepatan fluida
- A = Luasan pipa (m²)
- ΔP = perbedaan tekanan

$$M = \rho \cdot A \cdot L \dots\dots\dots (7)$$

Dimana :

- ρ = Density
- L = Panjang pipa
- Q = Debit flow

$$Q = A \cdot v \dots\dots\dots (8)$$

Dari persamaan (7) dan perasamaan (8) dimasukkan ke persamaan (6) sehingga persamaannya menjadi

$$\begin{aligned} \rho \cdot A \cdot L \frac{dv}{dt} &= A \cdot \Delta P \\ \frac{\rho \cdot A \cdot L}{A} \cdot \frac{dQ}{dt} &= A \Delta P \\ \frac{\rho \cdot L}{A} \cdot \frac{dQ}{dt} &= \Delta P \\ \frac{dv}{dt} &= \frac{\Delta P}{\rho \cdot L} \end{aligned}$$

Persamaan di atas diubah dalam bentuk laplace sehingga :

$$V(s) = \frac{\Delta P}{\rho \cdot L (s)}$$

$$V(s) = \frac{P^{\circ}i - P^{\circ}o}{\rho \cdot L (s)} \dots\dots\dots (9)$$

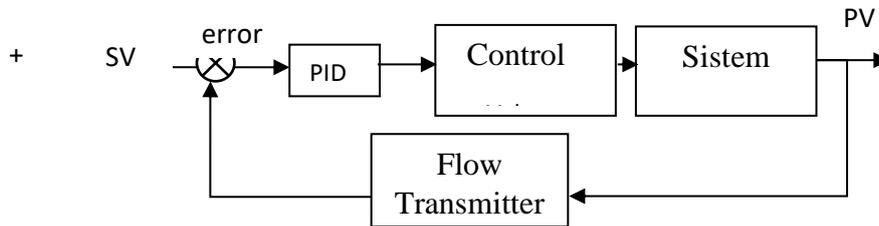
Dengan substitusi parameter-parameter di atas ke persamaan (9) maka fungsi alih Backwashpump menjadi :

$$V(s) = \frac{(3.5 - 1.4)bar}{10^3 \frac{Kg}{m^3} \times 3.3 m (s)}$$

$$V(s) = \frac{2.1 \times 10197.16 Kg/m^2}{10^3 \frac{Kg}{m^3} \times 3.3 m (s)}$$

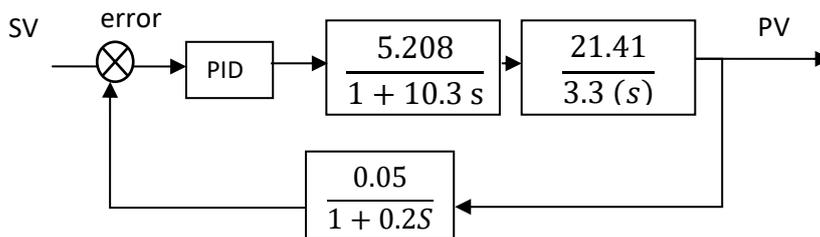
$$V(s) = \frac{21.41}{3.3 (s)}$$

d. Diagram Blok Sistem Pengendalian



Gambar 4. Diagram Blok Sistem Pengendalian *close loop*

Dengan mensubstitusi fungsi transfer dari masing-masing blok diagram maka didapatkan :



Gambar 5. Sistem Close Loop Filter Backwash Pump

Blok diagram digunakan untuk memetakan proses pada sistem dari *input* hingga menjadi *output* yang diharapkan. Blok sistem kontrol diatas dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Input dimasukkan ke dalam sistem kontrol melalui perangkat lunak atau *software*
- Parameter pada sistem kontrol terbagi menjadi tiga yaitu parameter control valve, flow transmitter dan *backwash pump* dengan menggunakan metode *ziegler-nichols*
- *Feedback sensor* yang digunakan pada sistem kontrol ini berupa sensor transmitter sebagai *detector*.

3. Simulasi

Dalam tahapan ini yaitu melakukan simulasi penerapan dari hasil permodelan nilai K_p , T_i , dan T_d Setelah mengetahui hasil masing-masing dilanjut melakukan konseptual awal untuk menggambar kondisi yang terjadi di tempat penelitian yang sesuai dengan beberapa teori yang dipakai pada penelitian ini, model tersebut dalam bentuk grafik. Grafik tersebut nantinya digunakan sebagai dasar untuk pengembangan model kemudian dilakukan proses simulasi menggunakan *software matlab R2014a* dengan menggunakan metode *Ziegler Nichols*.

Pada simulasi ini, dilakukan dengan berbagai perbandingan diantara lain yaitu :

- Simulasi perbandingan menggunakan parameter $K_p= 5$ dan $T_i=5$ sesuai kondisi *plant*
- Kedua menggunakan *trial-error* uji respon lambat dan stabil
- Ketiga menggunakan parameter dari hasil permodelan yang telah dihitung secara manual metode *Ziegler-Nichols* dengan berbagai macam fungsi tranfer untuk mendapatkan hasil parameter yang ideal.
- Terakhir Uji tracking menggunakan nilai *set point* yang berbeda

Hasil simulasi kemudian dilakukan validasi untuk memastikan model yang dibuat sudah sesuai dengan sistem respon yang ada di *plant* saat ini. Pembuatan grafik respon didasarkan pada hasil dari tahapan sebelumnya yaitu tahapan pengumpulan data dan permodelan sistem. Lalu, hasil *output* grafik dianalisa mengenai metode mana yang memiliki *overshoot* kecil, *rise time* cepat, *error* mendekati 0, dan osilasi tidak begitu besar.

4. Analisa Sistem

Tahapan yang terakhir ini yaitu menentukan sebuah grafik respon dari simulasi yang diterapkan melalui hasil permodelan untuk menentukan parameter tuning PID dan menunjukkan sebuah respon yang stabil sesuai dengan set point yang ditentukan. Dilanjutkan dengan analisa kriteria pengendalian yang dapat diketahui dari respon dengan set point 160 t/h yaitu nilai *maximum overshoot* (Mp) atau maksimum overshoot adalah nilai puncak maksimum dari tanggapan diukur dari sebuah nilai akhir tanggapan, *settling time* (Ts) adalah waktu yang dibutuhkan saat tanggapan mencapai suatu nilai akhir dan tetap berada pada sebuah nilai dalam range persentase dari nilai akhir, *peak time* (Tp) atau waktu puncak ialah waktu yang di butuhkan suatu tanggapan untuk mencapai sebuah nilai puncak dari overshoot pertama kali, *rise time* (Tr) atau waktu naik ialah waktu yang di butuhkan pada saat naik dari nilai akhir dari tanggapan. dan *error stady state* (ess) atau tanggapan keadaan tunak digunakan untuk menganalisa karakteristik sistem pada saat mencapai harga akhirnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil simulasi dengan menggunakan tuning PID untuk mengatur pembukaan *control valve* pada *filter backwashpump*. Simulasi dilakukan dengan menggunakan program Simulink yang terdapat pada software MATLAB R2014a.

1. Simulasi Tuning PID dengan Matlab

Nilai *tuning* didapatkan dari perhitungan sebagai berikut :

Dengan memisalkan controller dengan Ks maka didapatkan fungsi transfer dari sistem *close loop* adalah –

$$\begin{aligned} &= \frac{Ks \times \left(\frac{5.208}{1 + 10.3 s}\right) \times \left(\frac{21.41}{3.3 s}\right)}{1 + \left(\frac{0.05}{0.2s + 1}\right) \times Ks \times \left(\frac{5.208}{1 + 10.3 s}\right) \times \left(\frac{21.41}{3.3 s}\right)} \\ &= \frac{\left(\frac{111.50328 Ks}{33.99 s^2 + 3.3 s}\right)}{1 + \left(\frac{5}{0.2s + 1}\right) \left(\frac{111.50328 Ks}{33.99 s^2 + 3.3 s}\right)} \\ &= \frac{[Ks (111.50328 + 22.300656 s)]}{6.798 s^3 + 34.65 s^2 + 3.3 s + 5.575164 Ks} \end{aligned}$$

Untuk denumerator atau penyebut dihitung untuk mengidentifikasi kestabilan dari sistem, dengan menggunakan metode kriteria kestabilan Routh.

→ S ³	6.798	3.3
→ S ²	34.65	5.575164
→ S ¹	114.345 – 37.899965 Ks	
	34.65	
→ S ⁰	5.575164 Ks	

Dari kolom *Routh* tersebut, dicari nilai Kcr yang merupakan salah satu parameter perhitungan pada metode Ziegler-Nichols tipe 2. Dan nilai Kcr sebanding dengan nilai Ks

$$Kcr = Ks.$$

Terdapat 2 nilai Ks yaitu :

$$1) 5.575164 Ks = 0$$

$$Ks = 0$$

Sedangkan yang kedua adalah mencari Kcr dari perhitungan di bawah ini

$$\frac{114.345 - 37.899965 Ks}{34.65} = 0$$

$$Ks = 3.02$$

Sehingga $0 < Ks < 3.02$. Dengan kata lain nilai Ks yang dicari berada diantara 0 dan 3.02. Persamaan karakteristik sistem diubah menjadi persamaan lengkap dengan memasukkan nilai Ks.

$$6.798 s^3 + 34.65 s^2 + 3.3 s + 16.8369 = 0$$

Kemudian untuk mencari parameter kedua yakni Pcr, dilakukan dengan mengganti bentuk domain dari laplace menjadi domain frekuensi sehingga :

$$-6.798 j\omega^3 - 34.65 \omega^2 + 3.3 j\omega + 16.8369 = 0$$

Dengan memisahkan antara bilangan real dan imajiner didapatkan :

Imajiner :

$$j\omega(3.3 - 6.798 \omega^2) = 0$$

$$\omega = \sqrt{0.48} = 0.69$$

Real :

$$16.8369 - 34.65 \omega^2 = 0$$

$$\omega = \sqrt{0.48} = 0.69$$

Nilai ω dari kedua bilangan baik imajiner maupun real sama yakni 0.69 Selanjutnya nilai ω inilah yang dapat dipergunakan untuk menentukan sebuah parameter Pcr dengan persamaan berikut ini.

$$P_{cr1} = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2 \times 3,14}{0.69} = 9.01$$

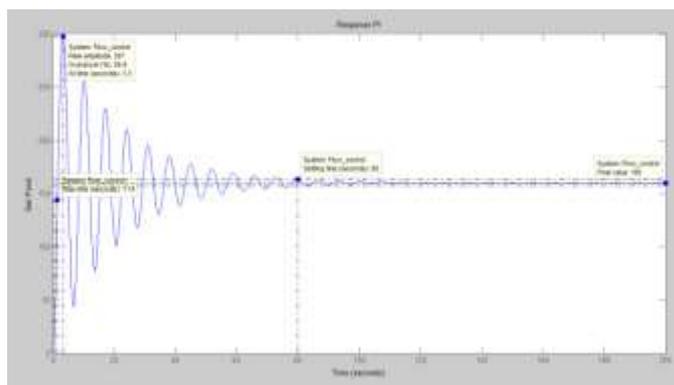
Kedua parameter tersebut kemudian disubstitusikan ke dalam tabel Ziegler-Nichols Tipe 2 sehingga nilai Kp, Ti dan Td dapat ditentukan, sesuai dengan Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Nilai Kp, Ti dan Td

Pengendali	Kp	Ti	Td
P	$K_{cr}/2 = 1.5$	-	-
PI	$0.45K_{cr} = 1.359$	$(1/1.2)P_{cr} = 7.51$	-
PID	$0.6K_{cr} = 1.812$	$0.5P_{cr} = 4.505$	$0.125P_{cr} = 1.12625$

Setelah itu, dilakukan simulasi dengan *plotting* menggunakan *software* MATLAB R2014a. Dengan *plotting* pada matlab, kita dapat menunjukkan parameter-parameter respon seperti *rise time*, *peak time*, *error steady state settling time*, dan *maximum overshoot*, parameter-parameter inilah yang akan menunjukkan tingkat keberhasilan kontroler dalam mengendalikan *flow* pada *Backwash Pump*. Hasil simulasi dengan metode Ziegler-Nichols ditunjukkan pada gambar di bawah ini.

2. Simulasi Pengendalian parameter PI dengan nilai Kp= 5 dan Ti=5 berdasarkan nilai Plant



Gambar 6.

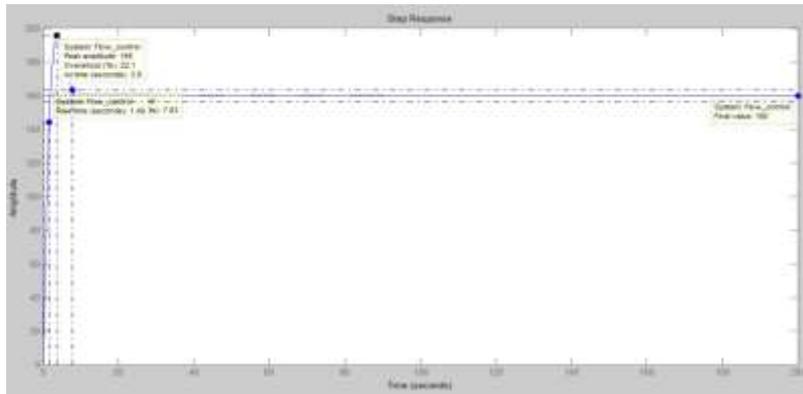
PI sesuai nilai Plant

Parameter Respon

Pada grafik respon diatas sesuai dengan nilai Kp dan Ti kondisi saat ini yang menggunakan data percobaan dan permodelan yang dilakukan, terdapat overshoot yang terlalu tinggi dan error steady state yang kurang maksimal dilihat dari grafik respon diatas serta berisikasi terlalu banyak. Oleh karena itu, akan di rancang pengendalian PID dengan penambahan parameter D dengan menggunakan metode *Ziegler-Nichols* untuk memperbaiki respon yang kurang stabil. Pada simulasi berikutnya akan digunakan *set point* yang sama dengan mencoba simulasi menggunakan metode *trial error* sebagai

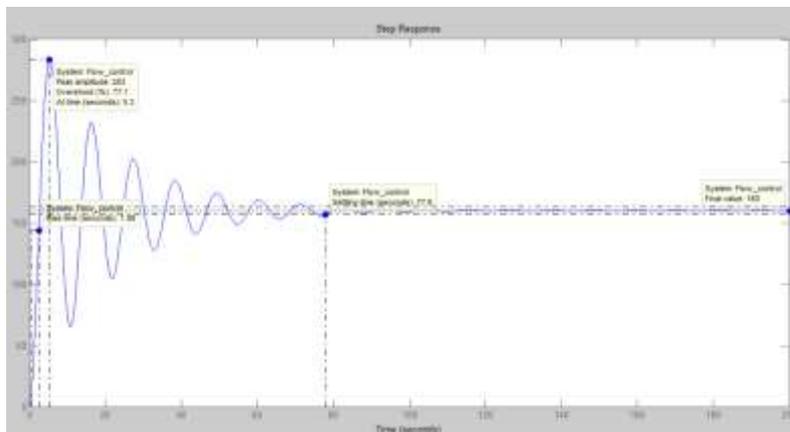
perbandingan dan perbandingan parameter P, PI dan PID dengan menggunakan permodelan yang sudah dianalisa sesuai dengan data yang didapat.

3. Simulasi Pengendalian parameter PID *Trial Error* dengan nilai $K_p=2$, $T_i=10$, dan $T_d=0$.



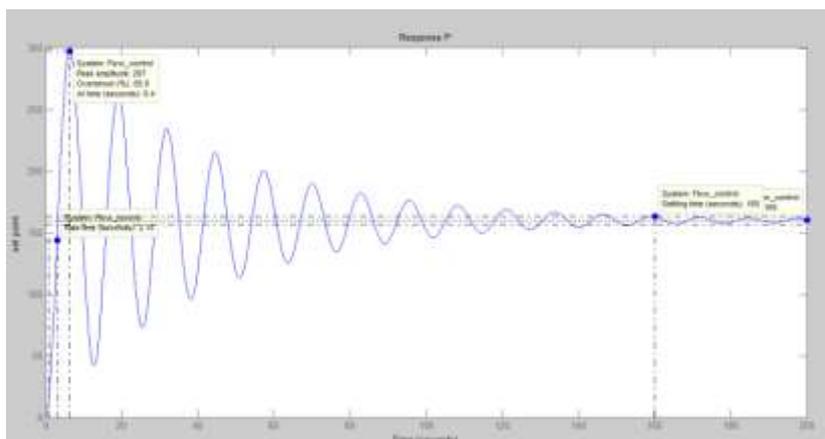
Gambar 7. Parameter respon PID *trial-error* respon stabil

4. Simulasi Pengendalian PID metode *trial-error* respon lambat dengan nilai $K_p=2$, $T_i=10$, dan $T_d=0.1$



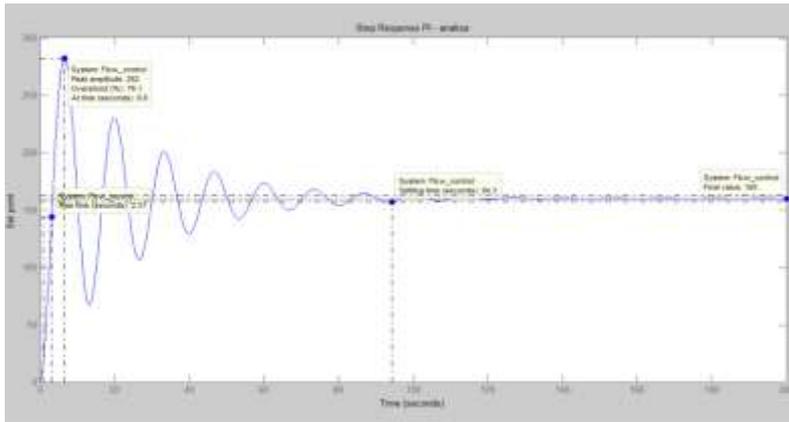
Gambar 8. Parameter PID metode *trial-error* respon lambat

5. Simulasi pengendalian P sesuai Metode *Ziegler Nichols* dengan nilai $K_p = 1.5$



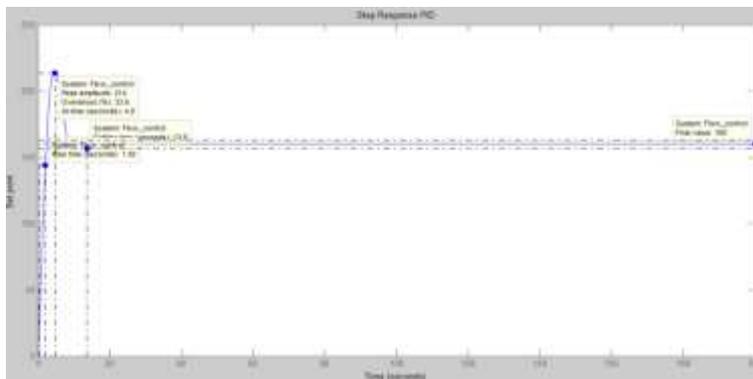
Gambar 9. Parameter respon dengan menggunakan parameter P

6. Simulasi Pengendalian PI Metode *Ziegler Nichols* dengan nilai $K_p = 1.359$, $T_i = 7.51$



Gambar 10. Parameter respon dengan menggunakan parameter PI

7. Simulasi Pengendalian PID Metode *Ziegler-Nichols* nilai $K_p = 1.812$, $T_i = 4.505$, $T_d = 1.126125$.

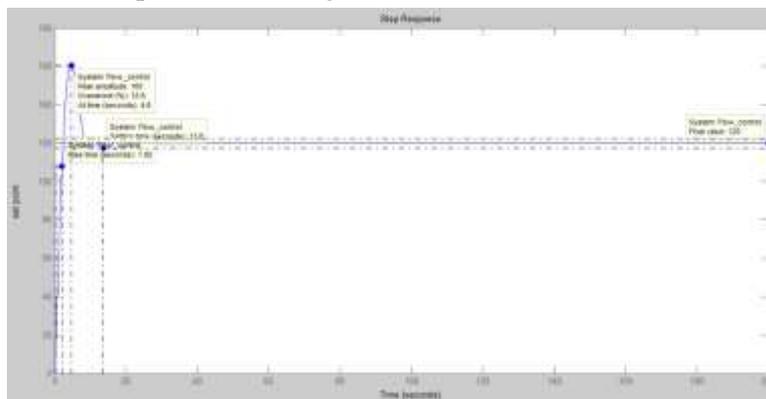


Gambar 11. Parameter respon dengan menggunakan parameter PID

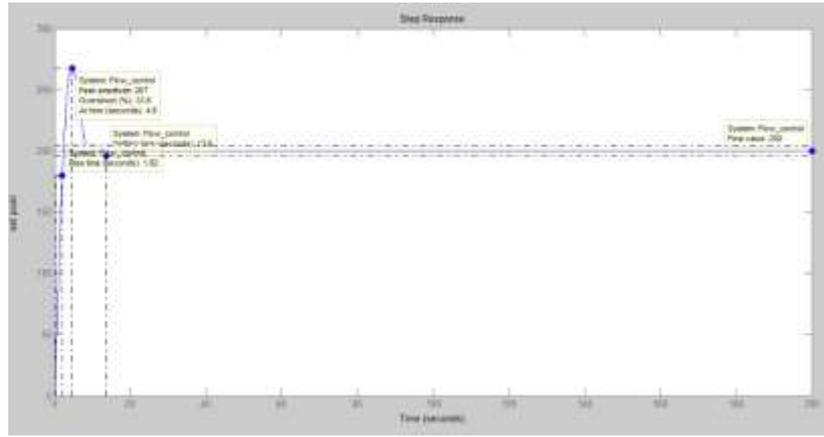
Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa terdapat perbaikan pada *rise time*, *peak time*, nilai *overshoot* dan *settling time* dari sistem. Hal ini menunjukkan bahwa *tuning* dengan menggunakan parameter lengkap P-I-D menunjukkan hasil respon yang lebih ideal sesuai dengan perhitungan permodelan yang telah dihitung menggunakan fungsi alih. Penyesuaian parameter PID dapat menghasilkan respon yang diinginkan serta untuk memperbaiki respon steady state.

8. Uji tracking setpoint dengan PID sesuai metode *Ziegler-Nichols*

Akan dilakukan perbandingan parameter nilai PID sebesar $K_p = 1.812$, $T_i = 4.505$, $T_d = 1.126125$ dengan perbedaan menggunakan *setpoint* yang berbeda yaitu menggunakan *setpoint* 120 t/h dan 200t/h. Menmghasilkan respon sistem sebagai berikut :



Gambar 12. Parameter *Tuning* PID *setpoint* 120t/h metode *Ziegler Nichols*



Gambar 13. Parameter *tuning* PID *setpoint* 200t/h metode *Ziegler-Nichols*

Disimpulkan bahwa tanggapan dari respon PID menggunakan *setpoint* yang berbeda dengan menggunakan nilai analisa perhitungan yang telah dihitung secara manual, menghasilkan suatu respon yang baik dan ideal. Dilihat dengan menggunakan dua perbandingan *setpoint* 200 t/h dan 120 t/h diatas dan dibawah nilai *setpoint* yang ditentukan 160t/h grafik respon tetap dalam kondisi yang stabil.

9. Analisis Data dan Pembahasan

Telah dilakukan simulasi *tuning* PID sistem pengendalian *flow* pada *Bakwash Pump* dengan metode *Ziegler-Nichols* tipe 2, dengan membandingkan antara respon yang diberikan kontrol P, PI dan PID. Dari data yang diperoleh, berikut nilai-nilai respon yang telah dihasilkan dari beberapa percobaan simulasi

Tabel 5. Nilai tanggapan Parameter Respon Tuning PI sesuai nilai plant

Parameter	RiseTime	PeakTime	SettlingTime	Overshoot	Ess	Final Value
Nilai	1.14 s	3.3 s	80 s	85.9 %	-	160 s

Tabel 6. Analisa tanggapan respon parameter PID *trial-error* respon stabil

Parameter	RiseTime	PeakTime	SettlingTime	Overshoot	Ess	Final Value
Nilai	1.49 s	3.8 s	7.83 s	22.1 %	-	160s

Tabel 7. Analisa respon parameter PID metode *trial error* respon lambat

Parameter	RiseTime	PeakTime	SettlingTime	Overshoot	Ess	Final Value
Nilai	1.85 s	5.3 s	77.9 s	77.1 %	-	160s

Tabel 8. Analisa respon parameter PID metode *Ziegler-Nichols*

Parameter	RiseTime	PeakTime	SettlingTime	Overshoot	Ess	Final Value
P	2.15 s	6.4 s	160s	85.8%	-	160s
PI	2.31 s	6.6 s	94.3 s	76.1 %	-	160s
PID	1.82 s	4.6 s	13.6 s	33.6 %	-	160s

Tabel 9. Analisa tanggapan respon PID dengan *setpoint* yang berbeda

Parameter	Rise Time	Peak Time	Settling Time	Overshoot	Ess	Final Value
<i>Set point</i> 120 t/h	1.82 s	4.6 s	13.6 s	33.6 %	-	120
<i>Set point</i> 200 t/h	1.82 s	4.6 s	13.6 s	33.6 %	-	200

Dengan parameter-parameter yang didapatkan dari kontrol P, PI, dan PID jika dibandingkan antara hasil respon tersebut yang paling baik dan ideal ditunjukkan oleh kontroller PID metode *Ziegler Nichols* dengan *rise time* yang lebih cepat, *maximum overshoot* yang lebih kecil dengan waktu yang singkat dan *setting time* (waktu untuk mencapai kondisi) lebih cepat. Pengujian kendali PID menggunakan metode *Ziegler-Nichols* dimana perhitungannya lebih unggul dan terbaik dibuktikan dengan nilai PID dan set point yang dirubah rubah menghasilkan respon yang baik dengan perhitungan permodelan yang telah

diteliti sesuai dengan data yang ada. Sehingga bisa disimpulkan bahwa metode *Ziegler-Nichols* merupakan pengendali PID ideal bagi sistem pengendalian.

KESIMPULAN

Setelah melakukan pengujian dan analisis, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengendali PID (*Proportional Integral Derivative*) dapat digunakan pada pengendalian flow pada filter backwash pump dan bisa digunakan sebagai suatu metode perhitungan setting untuk mendapatkan respon sistem agar sesuai dengan *set point* yang diberikan.
2. Pada metode perhitungan setting *Ziegler-Nichols* menghasilkan sistem yang stabil dengan lewatan maksimum $M_p = 33.6\%$, waktu naik $t_r = 1.82$ detik waktu puncak $t_p = 4.65$ s detik dan waktu penetapan $t_s = 13.6$ detik.
3. Dari metode yang digunakan dimana performansi respon sistem pada metode perhitungan setting *Ziegler-Nichols* hasilnya lebih unggul dan terbaik untuk diaplikasikan dengan menambahkan *kontrol PID*.
4. Maka dari hasil pengujian dan analisis performansi sistem dapat dilihat bahwa metode perhitungan setting *Ziegler-Nichols* pengendali PID (*Proportional Integral Derivative*) merupakan sistem ideal bagi sistem pengendali flow water pada filter backwash pump di PLTU unit 5 dan unit 6.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. I. W. R. Ardana and I. P. Sutawinaya, "Pemodelan sistem kontroler logika fuzzy pada pengaturan kecepatan motor induksi menggunakan perangkat lunak matlab / simulink," vol. 7, no. 1, pp. 1–6, 2017.
- [2]. A. Prasetyo, "STUDI SISTEM PENGENDALIAN LEVEL CO2 ABSORBER (E1C-2) DI PT. BADAK NGL BONTANG KALIMANTAN TIMUR," INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER, 2019.
- [3]. N. Yaiumardan Utomo, "Perancangan Sistem Pengendalian Tekanan dan Laju Aliran pada Pipa Bahan Bakar untuk Kebutuhan Awal Pembakaran Gas Turbin," vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2012.
- [4]. Allu, N., & Salu, S. (2018). Aplikasi Penalaan Dengan Metode Ziegker Nichols di Perancangan Motor DC. *Prosiding Seminar Nasional 2018, 1*(April), 71–77.
- [5]. Aripin, P. T., Wati, E. K., & Santoso, H. H. (2015). Rancang Bangun Sistem Pengendalian Level pada Knock Out Gas Drum Menggunakan Pengendali PID di Plant LNG. *Jurnal Ilmiah GIGA, 18*(1), 43–50. <https://doi.org/10.3762/bjnano.5.12>
- [6]. Irhsan, M., Kamal, M., & Instrumentasi, P. (2018). *STUDI PENGENDALIAN FLOW LIQUID PADA SCRUB TOWER C-4501 DI PT PERTA ARUN GAS. 1*(2).
- [7]. Radita, A. (2017). Penalaan Kendali PID untuk pengendali proses. *Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Mercu Buana, 8*(2), 109–116.
- [8]. Wardhana, D. W. (2016). *PENGENDALI SUMBU AZIMUTH TURRET PADA TURRET-GUN KALIBER 20MM PENGENDALI SUMBU AZIMUTH TURRET PADA*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- [9]. Wibowo, S. P., & Novita, R. (2020). *Penentuan Parameter PID Dengan Metode Ziegler-Nichols Untuk Pengendalian Flow Indicator Controller 12 – FIC – 219 Pada Control Valve 12 – FV – 219. 5, 1–8.*