

## PENGOPTIMALAN KINERJA WATER PUMP DENGAN ALGORITMA PID PADA MINI PDAM WATER TREATMENT

Muhammad Musi Akbar<sup>1</sup>, Suci Dwijayanti<sup>1</sup>, Nyiayu Aisyatul Adawiyah<sup>1</sup>, dan Bhakti Yudho Suprpto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Teknik Elektro, Universitas Sriwijaya, Palembang  
Corresponding author: bhakti@ft.unsri.ac.id

**ABSTRAK:** Sistem Kendali PID merupakan sistem kendali yang menerapkan algoritma PID. Algoritma PID tersebut bekerja untuk melakukan menghitung nilai error agar nilai output bisa mencapai nilai yang diinginkan oleh sistem. Untuk mengoptimalkan kinerja *water pump* yang meyedot air dari *water source* lalu disalurkan menuju *tank1* apabila saluran penyedotan pada *water source* tersumbat sehingga menghalangi air masuk dan berpengaruh pada perubahan debit air semakin kecil dan waktu yang dibutuhkan untuk mengisi *tank1* semakin lama. Dengan algoritma PID apabila debit air tidak sesuai dengan setpoint maka PID akan menaikkan nilai PWM yang diberikan kepada *water pump* sehingga kinerja waterpump dapat diatur melalui nilai PWM sesuai dengan perintah sistem kendali. Hasil dari penelitian ini ditemukan parameter PID yang optimum adalah  $KP=0.7$ ,  $KD=1$ ,  $KI=0.001$ . Setelah diterapkan Algoritma PID pada sistem kendali apabila terjadi sumbatan pada pipa penyedotan sistem kendali maka sistem akan menaikkan kinerja *water pump* sehingga nilai flow meter dapat mencapai nilai setpoint yang diinginkan sistem.

**Kata Kunci:** Pengoptimalan Kinerja, Algoritma PID, PWM.

**ABSTRACT:** The PID Control System is a control system that implements the PID algorithm. The PID algorithm works to calculate the error value so that the output value can reach the desired value by the system. To optimize the performance of the water pump that sucks in water from the water source then it is channeled to the tank1 if the suction channel in the water source is blocked so that it prevents water from entering and influences the change in the water discharge getting smaller and the time needed to fill the tank1 is longer. With the PID algorithm if the water discharge does not match the setpoint, the PID will increase the PWM value given to the water pump so that the performance of the waterpump can be adjusted through the PWM value according to the control system command. The results of this study found that the optimum PID parameters are  $KP = 0.7$ ,  $KD = 1$ ,  $KI = 0.001$ . After PID Algorithm is applied to the control system in the event of a blockage in the suction pipe of the control system, the system will increase the performance of the water pump so that the flow meter value can reach the desired set point value of the system.

**Keywords:** Performance Optimization, PID Algorithm, PWM.

### PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang semakin pesat telah membawa pengaruh pesat dalam berbagai aspek kehidupan terutama dibidang industri. Salah satu perkembangannya itu yaitu otomasi industri. Otomatisasi adalah suatu proses produksi banyak di kendalikan oleh sebuah sistem kendali yang berkerja sendiri. Salah satu keuntungan otomatisasi yaitu efisien dan efektif karna peran manusia tidak dominan didalam proses produksi.

Sistem kendali adalah bagian dari otomatisasi yang berupa suatu alat untuk memerintahkan, mengendalikan, mengatur keadan suatu sistem. Sistem kendali terbagi menjadi 2 jenis close loop dan open loop (Menteri Kesehatan 2010). Sistem kontrol yang sinyal keluarannya mempunyai pengaruh langsung pada aksi pengontrolan. Sistem kontrol loop tertutup juga merupakan sistem kontrol berumpan balik. Sinyal kesalahan penggerak, yang merupakan selisih antara sinyal masukan dan sinyal umpan balik yang dapat berupa sinyal keluaran atau suatu fungsi sinyal keluaran atau turunannya. Diumpangkan ke

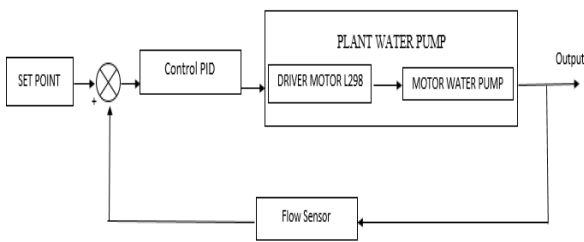
kontroler untuk memperkecil kesalahan dan membuat agar keluaran sistem mendekati nilai yang diinginkan.

Sistem kendali di perusahaan air minum daerah sudah menggunakan Sistem kendali terdistribusi dimana semua kendali sudah bisa dimonitoring melalui aplikasi yang dibangun sehingga semua aktifitas produksi dipantau oleh satu operator di ruang control. Pada bagian penyedotan air dari sungai pdam menggunakan sebuah pompa, namun kinerja pompa tersebut secara konstan. Kinerja pompa tersebut apabila terjadi gangguan pada saat penyedotan yang menyebabkan mengurangi volume air kinerjanya tidak berpengaruh akan gangguan tersebut. Untuk mengoptimalkan kinerja pompa tersebut dibutuhkan sebuah algoritma cerdas pada sistem kontrolernya apabila terjadi sebuah gangguan atau terdapat sinyal error pada sistem algoritma tersebut akan menyelesaikan permasalahan tersebut.

Untuk menyelesaikan diatas sistem kontroler yang mengatur *water pump* yang mengambil air dari water source menuju tank 1 diterapkan algoritma PID untuk mengoptimalkan kinerja *water pump* ketika terjadi gangguan. Algoritma PID mampu bekerja secara optimal karena bekerja berdasarkan error yang terjadi pada sistem, sehingga kontrol PID dapat untuk menentukan presisi dari sistem yang dikendalikan (L.Chen, et al. 2010), (Abdurrohman and Agung 2017) . Sensor flowmeter akan memberikan feedback kepada sistem apabila ada nilai error dan kontrol PID akan merespon untuk mengoptimalkan kinerja *water pump* pada plant water treatmean jika terjadi perubahan debit air.

SISTEM PENGOPTIMALAN KINERJA WATER PUMP DENGAN ALGORITMA PID

Pengoptimalan kinerja water pump dengan algoritma PID termasuk sistem kendali *open loop* dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Block diagram pengoptimalan kinerja *water pump* dengan algoritma PID

A. Sistem Kendali PID

(Ogata 1997) Pada saat merancang sistem tidak semua dapat menghasilkan repon /output yang diinginkan atau sesuai dengan perancangan. Dibutuhkan suatu pengendalian untuk mengurangi error yang didapat agar sistem tetap stabil/sesuai dengan output yang diinginkan (setpoint). Sistem kendali digunakan agar hasil yang dirancang (respon/output) dengan hasil yang diinginkan

(setpoint) sesuai, dan mempercepat respon supaya mencapai hasil yang diinginkan (setpoint) secepat mungkin.

PID (Propotional, Integral, Derivative Controller) yaitu salah satu sistem kendali yang banayak digunakan di industri manufaktur. Sistem kendali ini dapat diaplikasikan pada sistem kendali tertutup (close loop) dan terbuka (open loop). Sistem kontrol PID merupakan kontroler untuk menentukan presisi suatu sistem intrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem tersebut. Sistem kontrol PID terdiri dari tiga buah parameter yaitu P (Proportional), D (Derivative), I (Integral) dimana masing-masing parameter tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan yaitu seperti tabel di bawah ini :

Tabel 1. Respon Kendali PID terhadap Perubahan Konstanta Parameter.

Parameter	Rise Time	Overshoot	Settling Time	S-s Error
Kp	Berkurang	Bertambah	Minor Change	Berkurang
Ki	Berkurang	Bertambah	Bertambah	Menghilang
Kd	Minor Change	Berkurang	Berkurang	Minor Change

Pengendali *Derivative* digabungkan dengan pengendali *Proportional* dimana variabel kendali didapatkan dari nilai yang diprediksi dari waktu  $t + T_d$  sehingga pengendali *derivative* disebut sebagai *anticipatory control* atau *rate action*.

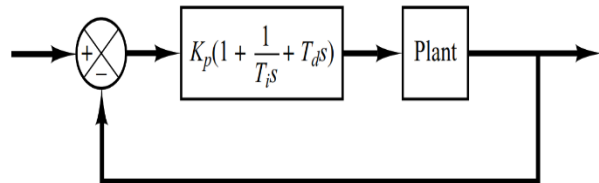
Ketiga parameter tersebut dapat digunakan secara bersamaan atau terpisah seperti pengendali *Proportional*, *Proportional – Derivative* atau *Proportional – Integral*.

$$U(s) = K_p + K_i \frac{1}{s} + K_D s = K_p \left( 1 + \frac{1}{T_i s} + T_D s \right) \tag{1}$$

$$u(t) = ke(t) + k_i \int_0^t e(\tau) d\tau + k_d \frac{de}{dt} \tag{2}$$

$$u(t) = k \left( e(t) + \frac{t}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau + T_d \frac{de(t)}{dt} \right) \tag{3}$$

Perumusan (1), (2) dan (3) didapatkan dari diagram blok pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram blok sistem kendali PID

B. Water Flow Sensor

Sensor aliran air ini terbuat dari plastik dimana didalamnya terdapat rotor dan sensor hall effect. Saat mengalir melewati rotor, rotor akan berputar. Kecepatan putaran ini akan sesuai dengan besarnya aliran air. Sensor berbasis hall effect ini dapat digunakan untuk mendeteksi aliran air hingga 30 liter/menit (1.800 L/hour), dapat digunakan dalam pengendalian aliran air pada sistem distribusi air, sistem pendinginan berbasis air, dan aplikasi lainnya yang membutuhkan pengecekan terhadap debit air (Mulmane and Khamitkar 2015).

Prinsip kerja sensor ini adalah dengan memanfaatkan fenomena hall effect ini didasarkan pada efek medan magnetik terhadap partikel bermuatan yang bergerak. Ketika ada arus listrik yang mengalir pada divais hall effect yang ditempatkan dalam medan magnet yang arahnya tegak lurus arus listrik, pergerakan pembawa muatan akan berbelok ke salah satu sisi dan menghasilkan medan listrik. Medan listrik terus membesar hingga gaya Lorentz yang bekerja pada partikel menjadi nol. Perbedaan potensial antara kedua sisi divais tersebut disebut potensial Hall. Potensial Hall ini sebanding dengan medan magnet dan arus listrik yang melalui divais.

Ketika mengukur aliran bahan yang mempunyai tekanan, aliran volumetrik tidak terlalu berarti, kecuali kepadatan adalah konstan. Ketika kecepatan (volumetric aliran) dari cairan mampat diukur, faktor gelembung udara akan menyebabkan kesalahan, karena itu, udara dan gas harus dipindahkan sebelum mencapai fluida meter, Tidak semua fluida yang berpindah dinamakan fluida bergerak. Yang dimaksud fluida bergerak adalah jika fluida tersebut bergerak lurus terhadap sekitar. Aliran fluida dikatakan aliran garis lurus apabila aliran fluida yang mengalir mengikuti suatu garis (lurus melengkung) yang jelas.



Gambar 3. Sensor flow Ysf-201

C. Driver Motor BTS 7960

Driver motor BTS 7960 merupakan suatu IC yang dapat mengontrol kecepatan motor dan juga dapat merubah arah putaran dari motor. Driver Motor BTS 7960 mendapat perintah dari Arduino Mega 2560 dalam bentuk Pulse atau biasa dikenal dengan PWM (pulsa With Modulation).

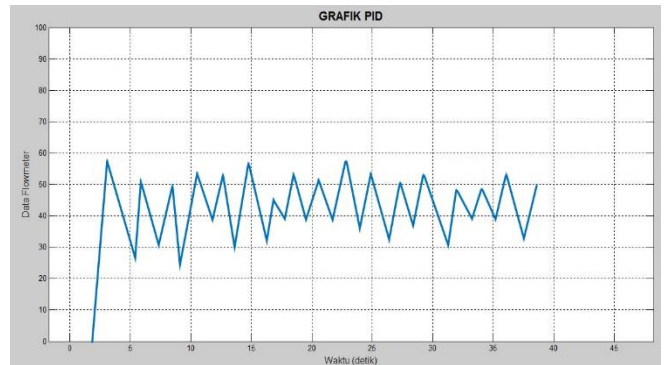


Gambar 4. Driver motor bts 7960

D. Tuning parameter PID

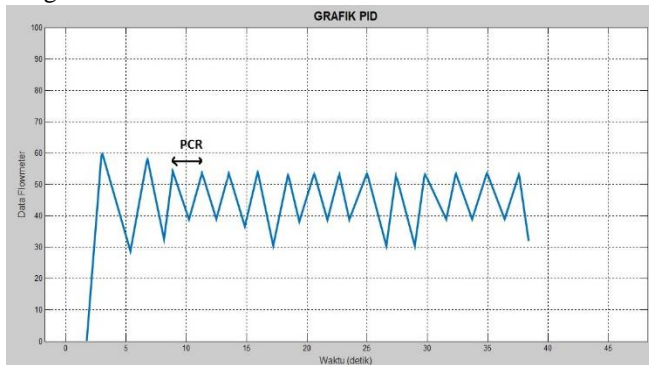
Tuning parameter berfungsi untuk melakukan penyesetan terhadap parameter-parameter PID ( $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$ ) dan juga parameter-parameter lainnya seperti *time sampling*, penentuan *set point*, dll. Langkah metode tersebut ialah (1) Buat suatu sistem loop tertutup dengan kontroler P dan plant di dalamnya. (2) Kemudian hanya dengan menggunakan tindakan kontrol proposional, dengan  $K_i=0$ ,  $K_d=0$  harga ditingkatkan dari nol ke suatu nilai kritis  $K_{cr}$ , disini bermula-mula keluaran memiliki osilasi yang berkesinambungan. (3) Dari keluaran yang berosilasi secara berkesinambungan penguatan kritis  $K_{cr}$  dan periode  $P_{cr}$  dapat ditentukan. (4) Menghitung nilai  $K_p$ ,  $T_i$  dan  $T_d$  sesuai dengan aturan dari Ziegler-Nichols, yaitu  $K_p=0,6 \times K_{cr}$ ,  $T_i=0,5 \times P_{cr}$  dan  $T_d=0,125 \times P_{cr}$ . (5) Nilai  $K_i$  dan  $K_d$  didapatkan dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut  $K_p=\frac{K_p}{T_i}$  dan  $K_d=K_p \times T_d$ .

Pengujian terhadap kontrol water pump dengan PID melalui flow value dan setpoint dimuali dengan memberikan nilai 0 pada parameter  $T_i$  dan  $T_d$ . Sedangkan nilai  $K_p$  sedikit demi sedikit hingga didapatkan grafik yang berosilasi berkesinambungan. Hasil pengujian untuk respon water pump dengan menggunakan kontrol proposional dengan nilai 1 ( $K_p=1$ ) dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik respon kinerja water pump terhadap flow value dengan  $K_p=1$

Terlihat di grafik bahwa respon respon *water pump* terdapat debit air yang dibaca sensor flow mengalami osilasi tetapi belum berkesinambungan sehingga masih perlu ditambahkan nilai  $K_p$ . Hasil pengujian dengan menggunakan dengan nilai 2 ( $K_p=2$ ) dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik respon kinerja water pump terhadap flow value dengan  $K_p=2$ .

Pada pengujian dengan menggunakan nilai  $K_p=2$  terlihat bahwa respon respon sudah mengalami osilasi kesinambungan pada detik ke 12 . Terlihat bahwa pada saat kontroler proposional bernilai 2 dapat membentuk osilasi berkesinambungan dibandingkan dengan  $k_p=1$  sehingga dari grafik diatas dapat dihitung nilai  $K_{cr}$  dan  $P_{cr}$  yaitu,

$$K_{cr} = 2$$

$$P_{cr} = (14-12) \times \text{Time Sampling}$$

$$= 2 \times 1 \text{ s} = 2 \text{ s}$$

$$K_p = 0,6 \times K_{cr}$$

$$= 0,6 \times 2 = 1,2$$

$$T_i = 0,5 \times P_{cr}$$

$$= 0,5 \times 2 \text{ s} = 1 \text{ s}$$

$$T_d = 0,125 \times P_{cr}$$

$$= 0,125 \times 2 \text{ s} = 0,25$$

$$K_i = \frac{K_p}{T_i} = \frac{1,2}{1} = 1,2$$

$$K_d = K_p \times T_d$$

$$= 1,2 \times 0,25 = 0,3$$

Sehingga didapatkan nilai parameter awal didapatkan nilai parameter  $K_p=1,2$  ,  $K_i= 1,2$  dan  $K_d= 0,3$ . Nilai parameter tersebut sebagai nilai awal dalam percobaan dalam sistem sehingga masih menggunakan metode *try and error* untuk mendapatkan nilai- nilai parameter yang sesuai dengan kebutuhan sistem control pengotimalan kinerja *water pump*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun yang akan dibahas adalah bagaimana perbedaan kinerja *water pump* yang telah diterapkan Algoritma PID dan kinerja *water pump* tanpa diterapkannya Algoritma PID. Kinerja *water pump* sangat berhubungan dengan debit air yang akan dibaca oleh sensor flow karena sensor flow membaca debit air yang dikeluarkan oleh *water pump*.

Pengujian *water pump* dan driver motor bertujuan untuk mengetahui untuk mengetahui output dari driver motor BTS 7790 apabila diberi input yang berbeda-beda. Pada pengujian ini akan mengambil data Pulse Width Modulation (PWM) yang berfungsi sebagai mengatur daya yang akan diberikan kepada *water pump*. Setiap nilai pwm yang diberikan akan memberikan tegangan pada *water pump* sehingga keluaran *water pump* yang berupa debit air harus diukur melalui sensor flow. Berikut adalah data pengujian driver motor BTS 7790:

Tabel 2. Data Pengujian Driver Motor terhadap Water Pump

PWM	Voltage	Flow
10	0,43 V	0
20	0,88 V	0
30	1,38	0
60	2,79 V	0
70	3,25 V	0
80	3,71 V	16
90	4,17 V	19
100	4,63 V	22
110	5,10 V	24
120	5,56 V	26
130	6,02 V	28
140	6,48 V	31
150	6,94 V	35
160	7,40 V	39
170	7,84 V	42
180	8,33 V	44
190	8,79 V	48
200	9,26 V	51
210	9,72 V	53
220	10,17 V	55
230	10,61 V	55
240	11,05 V	57
250	11,59 V	59
255	11,73 V	62

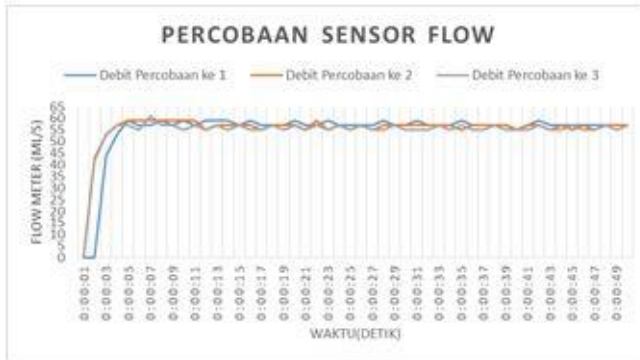
Pengujian berikutnya adalah pengujian debit air berdasarkan pembacaan sensor flow. Pengujian dilakukan setiap proses pada sistem secara urut sesuai dengan ketentuan dari apa yang telah dirancang sebelumnya. Pada pengujian ini, data akan diambil adalah data berupa hasil pembacaan debit air dari sensor flow meter pada Arduino Mega 2560. Dimana pada pengujian akan dilakukan pada *water source* yang berukuran panjang 63 cm lebar 21 cm tinggi 10 cm. Pada pengujian pertama *water source* diisi air dengan ketinggian 7 cm sehingga didapat volume air sekitar 9,26 liter.

Pada pengujian ini disimulasikan *water pump* mengambil air dari *water source* yang berisi 9,26 liter air yang didistribusikan menuju tank 1. Sensor flow akan membaca debit air yang dilewati aliran tersebut melalui pipa. Pengambilan data pada volume 9,26 liter dilakukan perulangan sebanyak 3 kali supaya mendapatkan hasil dari pengukuran yang lebih



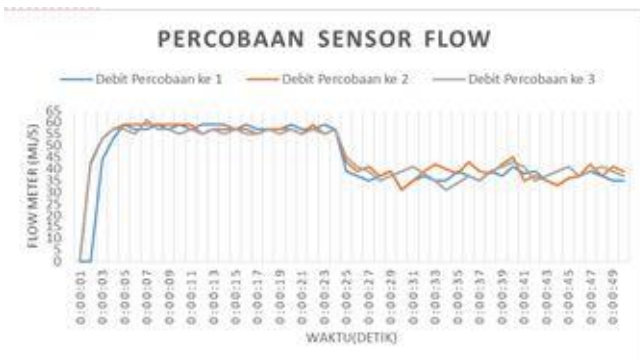
mendapatkan hasil pengukuran yang lebih mendekati pada hasil pengukuran yang sebenarnya.

Berikut adalah data dari pengukuran pembaca dari Volume Air yang memiliki volume sebesar 9,26 liter yang terbaca dengan arduino mega 2560 dengan menggunakan flow meter



Gambar 7. Grafik pembacaan data volume air

Berikut adalah data dari pengukuran pembaca dari Volume Air yang memiliki volume sebesar 9,26 liter yang terbaca dengan arduino mega 2560 dengan menggunakan flow meter pada percobaan ini pada detik ke 30 diberi gangguan pada saluran pipa menuju *water pump* dari proses penyedotan air di *water source*.



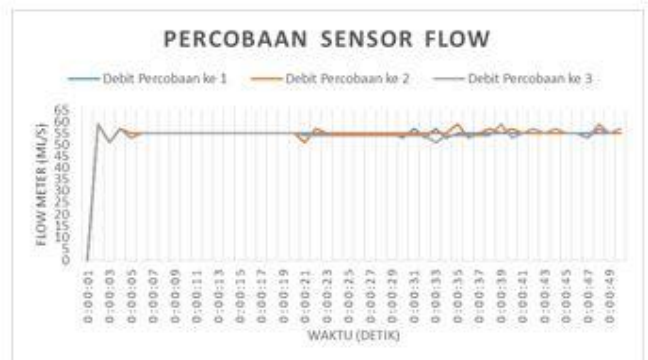
Gambar 8. Grafik pembacaan volume air diberi gangguan

Pengujian pada sistem keseluruhan adalah pengabungan pengujian yang telah dilakukan sebelumnya seperti pengujian flow meter, driver motor, Algoritma PID. Pada pengujian ini, sistem akan menentukan setpoint debit air. Setpoint ini merupakan nilai yang dikehendaki suatu sistem. Jika setpoint debit air telah ditentukan oleh sistem maka sistem akan mengatur kinerja keluaran *water pump* yang berupa debit air untuk mencapai yang diinginkan oleh sistem. Apabila nilai debit air yang dibaca oleh sensor flow tidak sesuai dengan setpoint debit air yang diatur maka Algoritma PID akan mengelolah error tersebut sehingga keluaran *water pump* pada proses selajutnya mencapai setpoint yang diinginkan oleh sistem.

Pengujian sistem keseluruhan akan dilakukan pada perangkat simulasi Mini PDAM Water plant. Pada

pengujian keseluruhan water source yang berukuran panjang 63 cm lebar 21 cm tinggi 10 cm, water source diisi air dengan ketinggian air 7 cm sehingga didapat volume air sekitar 9,26 liter.

Pada pengujian sistem keseluruhan ini akan dilakukan 2 simulasi percobaan. Pada simulasi pertama saluran atau pipa penyedotan air di water source tidak mendapat gangguan. Pada simulasi kedua saluran atau pipa penyedotan air di water source diberi gangguan seolah pipa atau saluran tersebut menghalangi masuknya air sehingga berpengaruh terhadap air yang akan disedot oleh *water pump*. Pada pengujian simulasi percobaan sistem secara keseluruhan dilakukan sebanyak 3 kali.



Gambar 9. Penerapan algoritma PID pada vol 9 liter

Berikut adalah data pengukuran pada simulasi percobaan pertama, debit air yang dibaca oleh sensor flow dengan setpoint debit air 55 ml/s. Nilai parameter dari Algoritma PID  $KP=0.7$ ,  $KD=1$ ,  $KI=0,001$ .

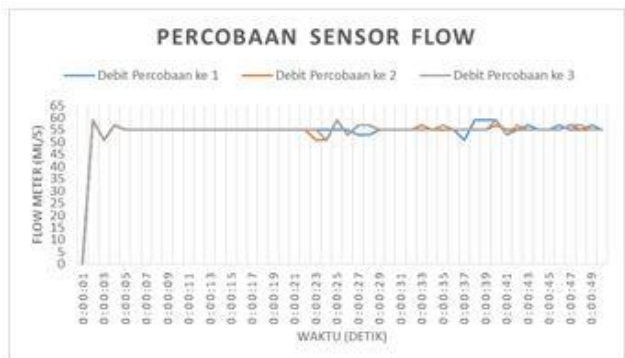
Dari gambar grafik diatas dapat dianalisa untuk kinerja pengoptimalan *water pump* dengan Algoritma PID dengan rumus sebagai berikut.

$$T_s = 6s$$

$$Error \ steady \ state = \frac{57-55}{55} \times 100 \% = 3,63\%$$

$$Maximum \ Overshoot \ (MP) = \frac{66-54}{54} \times 100 \% = 2,2\%$$

Berikut adalah data pengukuran pada simulasi percobaan kedua pada detik ke-30 diberi gangguan pada saluran atau pipa penyedotan pada water source, debit air yang dibaca oleh sensor flow dengan setpoint debit air 55 ml/s. Nilai parameter dari Algoritma PID  $KP=0.7$ ,  $KD=1$ ,  $KI=0,001$ .



Gambar 10. Penerapan algoritma PID pada vol 9 liter dengan gangguan.

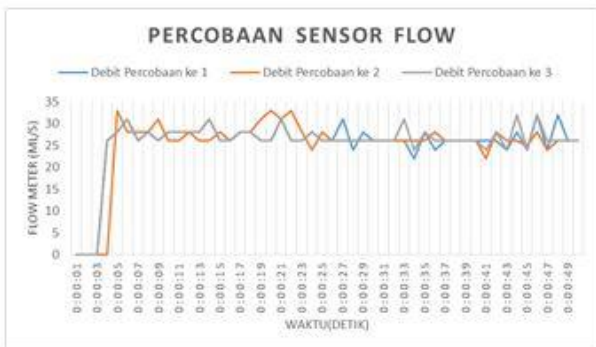
Dari gambar grafik diatas dapat dianalisa untuk kinerja pengoptimalan *water pump* dengan Algoritma PID dengan rumus sebagai berikut.

$$T_s = 4s$$

$$Error \ steady \ state = \frac{57-55}{55} \times 100 \% = 7.2\%$$

$$Maximum \ Overshoot \ (MP) = \frac{59-55}{55} \times 100 \% = 1,8\%$$

Berikut adalah data pengukuran pada simulasi percobaan ketiga, debit air yang dibaca oleh sensor flow dengan setpoint debit air 55 ml/s pada volume water source 3 liter. Nilai parameter dari Algoritma PID KP=0.7 , KD=1, KI=0,001.



Gambar 11. Penerapan algoritma PID pada vol 3 liter.

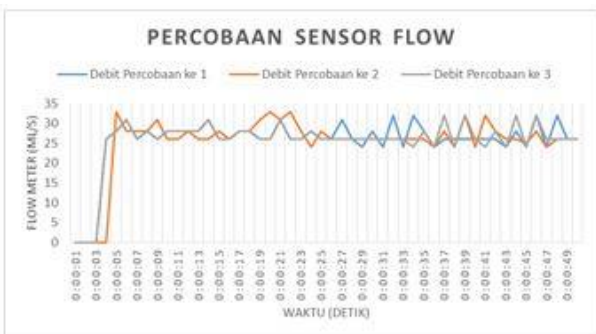
Dari gambar grafik diatas dapat dianalisa untuk kinerja pengoptimalan *water pump* dengan Algoritma PID dengan rumus sebagai berikut.

$$T_s = s$$

$$Error \ steady \ state = \frac{28-55}{55} \times 100 \% = -49\%$$

$$Maximum \ Overshoot \ (MP) = \frac{31-55}{55} \times 100 \% = -43,6\%$$

Berikut adalah data pengukuran pada simulasi percobaan Keempat pada detik ke-30 diberi gangguan pada saluran atau pipa penyedotan pada water source, debit air yang dibaca oleh sensor flow dengan setpoint debit air 55 ml/s pada volume water source 3 liter. Pada Nilai parameter dari Algoritma PID KP=0.7 , KD=1, KI=0,001.



Gambar 12. Penerapan algoritma PID pada vol 3 liter dengan gangguan.

Dari gambar grafik diatas dapat dianalisa untuk kinerja pengoptimalan *water pump* dengan Algoritma PID dengan rumus sebagai berikut.

$$T_s = s$$

$$Error \ steady \ state = \frac{26-55}{55} \times 100 \% = -52,72\%$$

$$Maximum \ Overshoot \ (MP) = \frac{31-55}{55} \times 100 \% = -56.36\%$$

Berdasarkan gambar 9 dan gambar 10 sistem kendali PID mengatur *setpoint flow sensor* agar debit air yang dikeluarkan oleh water pump stabil, Kestabilan debit air memperengaruhi kinerja water pump. Setiap terdapat *error* pada pembacaan sensor debit air yang dikeluarkan oleh *water pump* diperbaiki oleh algoritma PID sehingga debit air sesuai dengan *setpoint flow* pada sistem. Jumlah volume yang didapat apabila diberi gangguan tidak jauh beda dengan jumlah volume tanpa diberi gangguan.

Berdasarkan gambar 11 dan gambar 12 volume pada water source sangat berpengaruh terhadap kinerja *water pump*. apabila volume pada water source banyak dan ketinggian air lebih tinggi dari pipa penyedotan air di *water source* maka kinerja water pump tidak terlalu berat untuk melakukan penyedotan air. Kinerja water pump tidak berat dikarenakan mendapat gaya dorong dari tekanan ketinggian air.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penggunaan kontrol PID menghasilkan nilai parameter yang sesuai kepada sistem dengan memberikan respon lebih cepat untuk keadaan stabil. Apabila terdapat error yang dihasilkan dari pembacaan nilai flow value terhadap setpoint ditentukan oleh sistem maka kontrol PID memperbaikinya sampai nilai flow value sama dengan nilai setpoint. Dengan parameter PID yang dipakai adalah Kp=0,7 , Ki=0,7 dan Kd=,0,005. Volume pada water source sangat berpengaruh terhadap kinerja *water pump*. apabila volume pada water source banyak dan ketinggian air lebih tinggi dari pipa penyedotan air di water source maka kinerja *water pump* tidak terlalu berat untuk melakukan penyedotan air. Kinerja *water pump* tidak berat dikarenakan mendapat gaya dorong dari tekanan ketinggian air.

## DAFTAR PUSTAKA

- B. S. Abdur Rohman , M. Agung Prawira Negara, “Sistem Pengaturan Laju Aliran Air pada Plant Water Treatment Skala Rumah Tangga dengan Kontrol Fuzzy-Pid,” vol. 1, pp. 29–34, 2017.
- D. R. Mulmane and R. S. Khamitkar, “Automation of Water pump Controller for Irrigation Using ATMEGA 16,” *Iosr-Jece*, vol. 1, no. 1, pp. 128–134, 2015.
- L. Chen, Y. Liu, L. Sun, D. Qu, and J. Min, “Intelligent

*control of piezoelectric micropump based on MEMS flow sensor,” IEEE/RSJ 2010 Int. Conf. Intell. Robot. Syst. IROS 2010 - Conf. Proc., pp. 3055–3060, 2010.*

Menteri Kesehatan, 2010. Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum Nomer492/MENKES/PER/IV/2010.

Ogata, K., 1997, Modern Control Engineering, Prentice-Hall International, London.