Sistem Pengaturan Tekanan *Feed pump* Terhadap Kekeruhan Air Pada Proses Depth Filtration

Dian Figana, Yogi Aditya

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta
Jl. Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus UI Depok 16425
Email dianfigana1985@gmail.com, dian.figana@elektro.pnj.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini membahas tentang sistem pengaturan tekanan *feed pump* terhadap kekeruhan air pada proses d*epth filtration*. Sistem penjernihan air menerapkan metode *depth filtration* dengan mengatur speed *feed pump* berdasarkan nilai kekeruhan air. Adapaun sensor yang digunakan yaitu pressure transmitter yang digunakan untuk mengukur tekanan inlet dan outlet filter, serta sensor turbidity dan conductivity. Untuk mengatur nilai kekeruhan air yang sesuai dengan stadar air bersih, speed *feed pump* di kontrol supaya air yang keluar dari outlet filter sesuai dengan standar air bersih. Pada sistem ini diterapkan kontrol PID dengan menggunakan tuning ciancone marlin dengan parameter PID yang didapat adalah Kc = 0.214779698, Ti = 0.39875, Td = 0.0625, dengan parameter tersebut untuk mencapai set point differential pressure membutuhkan waktu rata-rata rise time 9.5 detik, steady state 18.6 detik, Settling time 11.8 detik dan over shoot = 2.55% serta nilai kekeruhan air sebesar 16,36 NTU.

Kata kunci :

Depth Filtration, Kontrol PID, Ciancone Marlin.

ABSTRACT

This research discusses the feed pump pressure regulation system on water turbidity in the Depth Filtration process. The water purification system applies the depth filtration method by adjusting the speed of the feed pump based on the value of water turbidity. The sensors used are pressure transmitters which are used to measure the filter inlet and outlet pressures, as well as turbidity and conductivity sensors. To adjust the turbidity value of the water according to the clean water standard, the speed of the feed pump is controlled so that the water coming out of the filter outlet is in accordance with the clean water standard. In this system, PID control is applied using ciancone marlin tuning with PID parameters are Kc = 0.214779698, Ti = 0.39875, Td = 0.0625, with these parameters to reach the set point differential pressure requires an average rise time of 9.5 seconds, steady state 18.6 seconds, Settling time 11.8 seconds and over shoot = 2.55% and the value of water turbidity is 16.36 NTU.

Key Words

Depth Filtration, PID Control, Ciancone Marlin.

1. PENDAHULUAN

Sistem pengolahan air bersih semakin berkembang, seperti yang ada di Politeknik Negeri Jakarta saat ini. Pusat Unggulan Teknologi Otomasi Industri berbasis Teknologi Infomasi dan Komunikasi (*PUTOI-TIK*) dirancang sebagai pusat untuk pembelajaran mahasiswa (teori dan praktis). Sistem *PUTOI-TIK* merepresentasikan pengolahan air dengan skala industri dengan mengaplikasikan teknologi terkini. Membanding dari skala pengolahan air di *PUTOI-TIK*, sistem pengolahan air kotor menjadi air bersih penting untuk diteliti. Penelitian ini difungsikan untuk mendapatkan metode-metode yang efektif dan efisien dalam pengolahan air kotor menjadi air bersih terutama pada metode filtrasinya. Sehingga perlu dibuat rancang bangun mikro dari *PUTOI-TIK* dengan output modul latih pengolahan air bersih. Metode-metode pengolahan air bersih yang ada saat ini diantaranya; pengolahan air secara fisika (penyaringan, pengendapan, *absorbs* dan *adsorbs*), secara kimia (*Koagulsi* atau *Flokuasi*, *Aerasi*) dan pengolahan air secara konvensional (dipanaskan 100˚C). Teknologi dan metode yang digunakan pada sistem pengolahan air bergantung terhadap hasil akhir sifat air yang diolah. Semakin tinggi fungsi/sifat air, maka teknologi pengolahan airnya semakin kompleks. Penelitian ini terfokus pada pengolahan air kotor menjadi air bersih menggunakan metode penyaringan *depth filtration*.

Proses metode penyaringan *depth filtration* yaitu dengan mengalirkan zat padat yang terlarut bersama air dan ditahan untuk diendapkan pada setiap proses/partikel partikel filter yang dilewatkannya. Prinsip *biosand* sebagai jenis filter yang digunakan pada metode pengolahan air *depth filtration*. *Biosand* terdiri dari pertikel-pertikel seperti pasir, karbon aktif, zeolite yang disusun dalam satu tanki filtrasi. Parameter hasil akhir air diukur menggunakan sensor

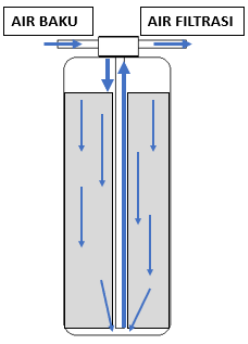
conductivity dan sensor *turbidity*. Sensor conductivity berfungsi untuk mengukur tingkat konduktivitas air/zat terlarut dalam air dengan satuan (*µsiemens/centimeter*). Sensor turbidity digunakan untuk mengukur parameter tingkat kekeruhan air dengan satuan *Nephelometric Turbidity Unit* (NTU). Tekanan pada *Feed pump* berpengaruh terhadap tingkat kekeruhan air yang dihasilkan. Tekanan pada *feed pump* diatur agar nilai air yang dihasilkan dan kondisi partikel filtrasi tetap dalam kondisi baik. Penggunaan sistem differential pressure berfungsi untuk mengetahui tekanan air dari pump dan tekanan setelah proses filtrasi, outputnya berupa sinyal analog yang dikirim ke *Programmable Logic Controller* (PLC). Sinyal tersebut diskalakan menjadi bentuk *Pounds per square* (Psi) dan dibandingkan dengan nilai kekeruhan air dan nilai konduktivitasnya sehingga tekanan *feed pump* dapat dikontrol dengan metode kontrol PID untuk mendapatkan keluaran air yang baik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Metode penyaringan *depth filtration* menggunakan biosand filter sebagai media penyaringan air. Partikel-partikel air diendapkan pada setiap proses filter yang dilalui seperti pasir, karbon aktif, zeolite dll. *Programmable Logic Controller* (PLC) sebagai kontroler yang digunakan pada plant *depth filtration*. Proses kontrol menggunakan kontrol PID dengan tuning Ciancone-Marlin.

2.1 Metode Depth Filtration

Metode *depth filtration* memiliki prinsip yang sama dengan sistem saringan pasir lambat [3]. Prinsip tersebut diniliai efektif untuk metode pengolahan air secara fisika, mikrobiologi, terkhusus untuk pengolahan air dipedesaan. Efisiensi dari metode filter pasir lambat bergantung terhadapa material filter dan kedalaman filter. Material-material dasar saringan pasir lambat [4] berupa bantalan saringan pasir (pasir halus dan pasir kasar), kerikil yang digunakan untuk menyangga pasir agar tidak masuk kedalam pipa.



Gambar 2.1. Metode *Depth Filtration*

Pendegradasian partikel organik dan inorganik dilakukan pada proses filtrasi secara fisika dan degradasi biologi dari setiap partikel filter yang dilewati air. Beberapa proses filter dengan saringan pasir menambahkan pertumbuhan biomass diatas layer saringan pasir lambat dengan biofilm. Penambahan biofilm digunakan untuk mendegradasi mikroorganisme yang terkandung pada air dan dapat menghilangkan bau dan rasa dari air yang difiltrasi.

2.2 Metode Kontrol PID

Sistem pengendali PID umum digunakan dalam dunia industri berdasarkan survey yang dilakukan oleh *Honeywell* [1], 97% industri menggunakan pengendali PID berumpan balik karena pengendali PID mempunyai algorithma yang sederhana, stabil, handal, dan mudah diterapkan pada berbagai plant. Masing- masing parameter pada kontrol PID memiliki pengaruh pada sistem. Aksi dari pengendali *proposional* (*P*) memberikan keluaran (*output*) yang sebanding dengan besarnya masukan (*input*). Aksi pengendali *integral* (I) menghasilkan *output* lebih besar atau lebih kecil pada saat input (*error*) sama dengan nol dengan tujuan utamanya adalah menghilangkan offset. Sedangkan aksi pengendali derivatif (D) digunakan untuk mempercepat respon atau menstabilkan sistem. Secara matematika sistem kontrol PID dapat dirumuskan seperti pada persamaan [1] dibawah ini.

$$G_C(s) = K_C\left[E(s) + \frac{E(s)}{T_i s} + T_d s CV(s)\right]$$

Dimana:

Kc = Gain untuk proportional controller

Ti = Integral controller

Td = Derivative controller

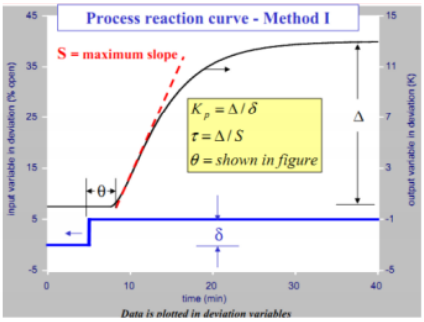
E(s) = Error

Gc(s) = Sinyal kontrol PID

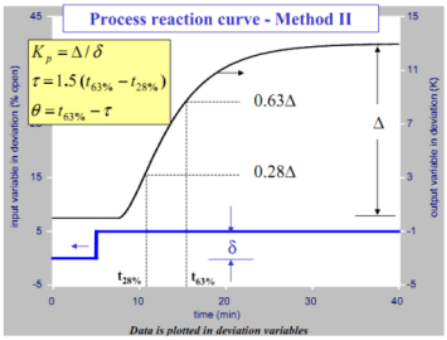
Dalam menentukan konstanta pada proses kontrol PID didapatkan dengan menggunakan beberapa tahapan proses dan metode tertentu.

2.3. Process Reaction Curve (PRC)

Process Reaction Curve (*PRC*) merupakan metode yang digunakan untuk memunculkan grafik/kurva keluaran sistem dari respon terhadap nilai masukan yang diterima oleh sistem [2]. Terdapat dua metode berbeda pada PRC yang terlihat pada Gambar 2.2 dan 2.3



Gambar 2.2. Process Reaction Curve – Method I



Gambar 2.3. Process Reaction Curve – Method II

Berdasarkan grafik pada Gambar 2.2 didapatkan persamaan *Process Reaction Curve* [2]

$$Gp(s) = \frac{Kp}{\tau(s)+1} e^{-\theta s}$$

Dimana:

Kp= Gain

Δ = Final Respon Value – Initial Respon Value

δ = Final Input Value – Initial Input Value

τ = Konstanta Waktu

θ = Transport Delay

t63% = Waktu pada saat 63% Δ

t28% = Waktu pada saat 28% Δ

Gp(s) = Fungsi Alih (Transfer Function)

2.4 Model FOPDT

Pada umumnya model matematis FOPDT (*First Order Plus Dead Time*) hanya dicirikan oleh tiga buah parameter, diantaranya:

a. Process transport delay (θ)

b. Process time constant (τ)

c. Process static gain (Kp)

Ketiga parameter tersebut menggambarkan dinamika proses yang mana ketiganya didapat atau diidentifikasi melalui percobaan lup terbuka (*open loop*) terhadap sistem secara manual [5].

2.5 Metode Ciancone Correlation

Metode *ciancone correlation* diciptakan oleh *Ciancone* dan *Marlin* pada tahun 1992 dengan menentukan setiap parameter PID berdasarkan grafik ciancone *correlations*. Langkah-langkah dalam menentukan parameter PID untuk dapat disesuaikan dengan grafik ciancone correlation set point yaitu dengan menghitung *fraction dead time* seperti pada persamaan [1] berikut ini.

$$\frac{\theta}{\theta+\tau}$$

Dimana:
θ = Transport delay
τ = Konstanta Waktu
Selanjutnya, setelah didapatkan nilai fraction dead time, dilanjutkan dengan menghitung nilai parameter PID, yaitu nilai Kc, Ti dan Td.

3. METODA

Prinsip sederhana dari alat ini membuat sebuah proses sistem pengolahan air keruh menjadi air bersih. Kualitas air bersih diukur dan dibandingkan dengan standarisasi Peraturaan Menteri Kesehatan R.I No: 416/MENKES/PER/IX/1990.

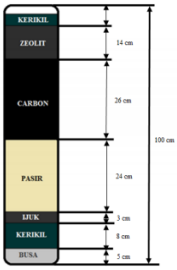
Tabel 3.1. Standarisasi Kualitas Air Bersih berdasarkan Peraturaan Menteri Kesehatan R.I No: 416/MENKES/PER/IX/1990.

Fisika				
No.	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
1.	Bau	-	-	Tidak Berbau
2.	Jumlah Zat Terlarut (TDS)	mg/L	1.500	-
3.	Kekeruhan	Skala NTU	25	-
4.	Rasa	-	-	Tidak Berasa

Berdasarkan (Tabel 3.1) tentang standarisasi kualitas air bersih yang digunakan sebagai acuan pembanding kualitas air pada sistem yang dibuat. Nilai jumlah zat padat terlarut (TDS) dan nilai kekeruhan (NTU) sebagai parameter dalam batasan masalah tugas akhir ini. Prinsip sederhana pengolahan air bersih pada sistem ini memanfaatkan media biosand filter sebagai partikel filtrasinya.

Gambar. 3.1. Prisip Penyaringan Air Keruh menjadi Air Bersih

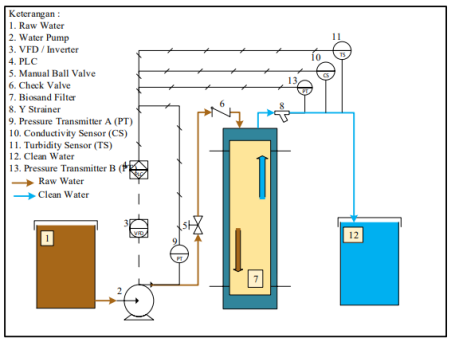
Biosand filter menggabungkan tumpukan pasir, karbon aktif dan filter batuan yang diletakkan secara berlapis. Desain biosand filter yang dibuat dapat dilihat pada (Gambar 3.2).



Gambar 3.2. Desain Sususan Pertikel Biosand Filter

Penyusunan partikel filter terlihat pada Gambar 3.2 tersebut difungsikan agar penyaringan air dimulai dari yang bersifat *makro* hingga ke *mikro*. Setiap tumpukan filter mempunyai sifat filtrasi berbeda. Pasir berfungsi untuk mengikat kotoran-kotoran *mikroorganisme* pada air. Karbon aktif berfungsi untuk pendegradasian bau, warna dan penghilang resin pada air. Zeolit digunakan sebagai penghilang polutan kimia dan juga pengikat bakteri *E. COLI*

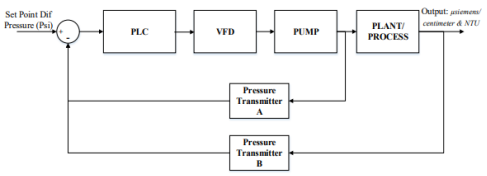
3.1 *P&ID* Sitem pengaturan tekanan *feed pump* Deskripsi cara kerja alat dijelaskan berdasarkan P&ID yang telah dibuat seperti pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. *P&ID* Sistem

Berdasarkan Gambar 3.3 cara kerja alat yaitu tanki *raw water* dipompa dengan frekuensi pompa yang telah ditentukan terlebih dahulu, contoh (60Hz), *pressure transmitter* mengukur tekanan air dari pompa. Air yang telah dipompa masuk kedalam tanki filtrasi. Keluaran air hasil filtrasi di ukur nilai konduktivitasny dengan *Conductivity sensor* dan kekeruhan airnya dengan *Turbidity sensor*. Nilai konduktivitas air dan kekeruhan air digunakan sebagai parameter untuk mengetahui nilai set point tekanan pompa yang baik dengan metode PID *Ciancone-Marlin*

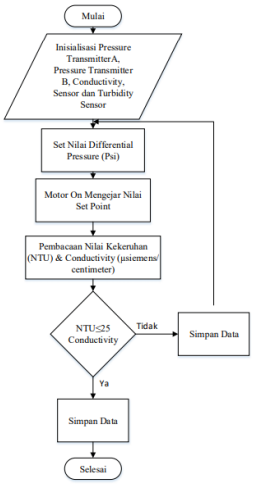
Berdasarkan P&ID sistem pada Gambar 3.3, maka dapat dibuat diagram blok sistem pengaturan tekanan pompa terhadap nilai konduktivitas air.



Gambar 3.4. Diagram Blok Sistem Pengaturan Tekanan *Feed pump*

3.2 *Flowchart Alat*/Sistem

Pada sistem pengaturan tekanan *feed pump* terhadap nilai kekeruhan air, kestabilan nilai tekanan dikendalikan menggunakan metode kontrol PID. Set point *Differential pressure* menjadi inputan untuk mendapatkan batas kestabilan kecepatan motor.



Gambar 3.5. Flowchart Sistem Pengaturan Tekanan *Feed pump*

Berdasarkan *flowchart* pada saat sistem dinyalakan *pressure transmitter* langsung membaca nilai tekanan antara PT_A dan PT_B dan *differential pressure* antara keduanya. *Conductivity* sensor langsung membaca nilai kondukitivitas (*µsiemens/centimeter*) dan *turbudity* sensor membaca nilai kekeruhan (NTU). Pada saat set point *differential pressure* dimasukkan nilainya sistem langsung menyala dengan inverter memberi frekuensi sesuai dengan respon nilai Kp, Ki, Kd yang telah dibuat dan mengejar nilai setpoint tersebut. Saat setpoint tercapai kecepatan motor menyesuaikan sistem agar kestabilan tekanannya dijaga. Selanjutnya nilai kekeruhan (NTU) dan zat pada terlarutnya (TDS) dapat dilihat sebagai paremeter, apabila nilai kekeruhan air belum baik maka setpoint diatur kembali untuk mendapatkan nilai kekeruhan dan zat pada terlarut yang baik. Setelah itu data dari setiap percobaan disimpan untuk dianalisa hasil pengujiannya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

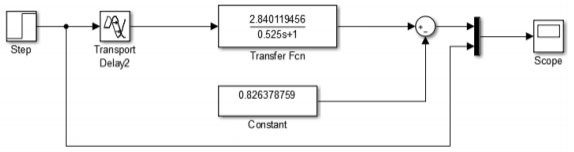
Hasil dari penelitian ini yaitu modul latih sistem modul latih sistem pengaturan tekanan *feed*

pump terhadap kekeruhan air pada proses depth filtration.

Gambar 4.1 Modul latih sistem pengaturan tekanan *feed pump*

Pada gambar 4.1 diatas terlihat modul latih sistem pengaturan tekanan *feed pump* terhadap kekeruhan air pada proses *depth filtration*. Proses yang terjadi pada sistem ini yaitu, mengolah air baku menjadi air bersih dengan menerapkan *depth filtration*. Selama proses filtrasi, digunakan kontrol PID untuk mengatur putaran motor dari *feed pump*, sehingga nilai kekeruhan air tetap rendah sesuai dengan standar air bersih.

Setelah menerapkan metode *process reaction curve* pada modul latih ini, di dapat *transfer function* yang tertampil pada gambar 4.2 di bawah ini.



Gambar 4.2 Diagram Blok Simulasi Sistem Pengaturan Tekanan *Feed pump*

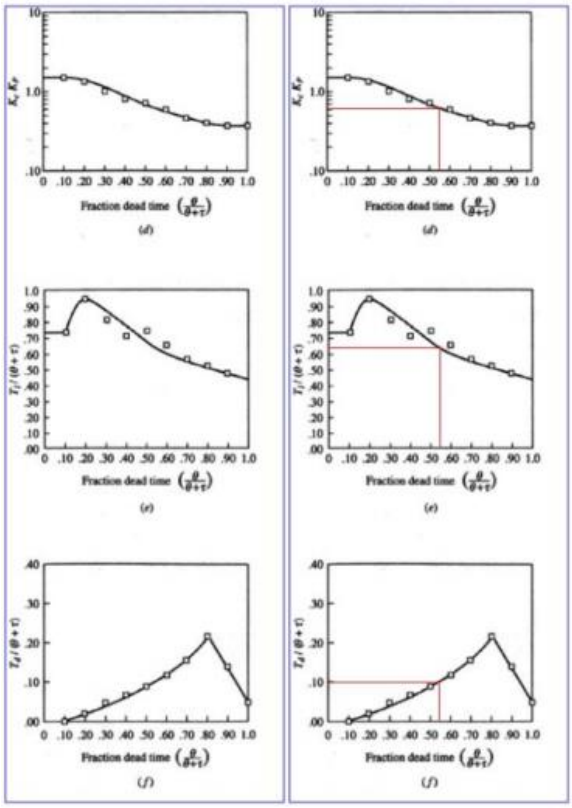
Setelah mendapatkan blok diagram yang merepresentasikan sistem (Gambar 4.2) selanjutnya nilai dapat diaplikasikan pada tuning chart.

Langkah-langkah melakukan *tuning chart* dengan pendekatan grafik *CianconeMarlin graphic*. Terlabih dahulu mencari nilai fraction dead time dengan.

- $\frac{\theta}{\theta+\tau} = \frac{0.625}{0.625+0.525}$

$=0.543478261$

Nilai fraction dead time = 0.543478261, nilai tersebut diaplikasikan pada grafik tuning chart *Ciancone-Merlin*. Grafik pendekatan *Ciancone-Marlin* dapat dilihat pada Gambar 4.3. berikut ini.



Gambar 4.3 Pendekatan *Tuning Ciancone Marlin*

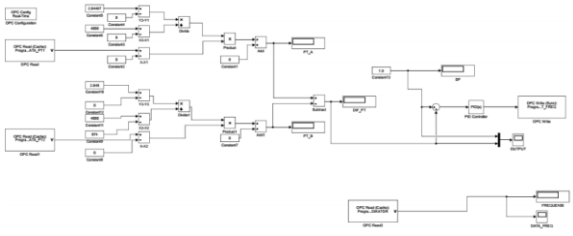
Setelah dilakukan perhitungan sesuai dengan nilai fraction dead time dari masing-masing grafik didapatkan hasil pada Tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Tuning PID Berdasarkan Metode *Ciancone Marlin*

Kc	Ti	Ki	Td	Kd
0.214779698	0.39875	2.5078369906	0.0625	0.0625

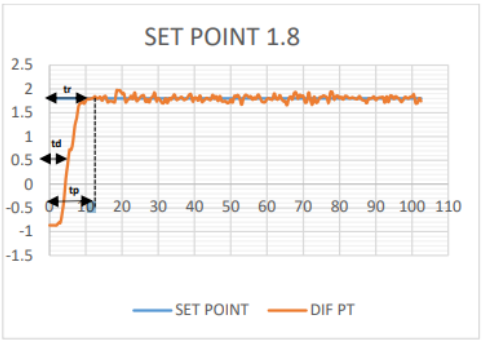
Tahap selanjutnya yaitu menginput nilai PID kedalam *function blok PID* pada Matlab Simulink. Nilai PID telah didapatkan berdasarkan perhitungan tuning chart sesuai Tabel 4.1

Langkah berikut nya yaitu memasukkan parameter PID pada PLC (*Programmable Logic Controller*) sebagai sistem control dari pengaturan tekanan *feed pump*. PLC terhubung dengan software matlab, dimana diagram blok dari sistem tersebut dapat dilihat pada gambar 4.4 dibawah ini.



Gambar 4.4 Implementasi Kontrol PID pada PLC Terintegrasi Matlab

Kontrol PID yang digunakan yaitu tipe PID Parallel dapat dilihat pada Gambar 4.5 dengan input set point = 1.8 Psi



Gambar 4.5 Respon Sistem Pengaturan Tekanan *Feed pump*

Berdasarakan Gambar 4.5 dengan sistem PID, respon sistem untuk mencapai setpoint *differential pressure* membutuhkan;

a. *Rise time* (tr) = membutuhkan waktu 11.5 detik dengan nilai *differential pressure* = 1.802 Psi dengan titik *steady state* = 1.8 Psi.

b. *Delay Time* (td) = membutuhkan waktu 5 detik dengan nilai *differential pressure* = 0.410 Psi.

c. *Overshoot* = berdasarkan pengujian pada sistem overshoot mencapai = 2.96%.

d. *Settling time* (ts) = waktu tunak respon membutuhkan = 13.5 detik.

e. Waktu Puncak (tp) = membutuhkan waktu 12.5 detik dengan nilai *differential pressure* = 1.844 Psi.

Tabel 4.2 Hasil Percobaan Kontrol PID dengan beragam Setpoin

Set Point Dif_PT (Psi)	*Rise time (tr)* detik	*Steady state* (detik)	Frekuensi Rata_Rata (Hz)	Kekeruhan (NTU)	Konduktivitas *µsiemens/ centimeter*	Jumlah Zat Terlarut (mg/L)
1,9	9,5	13	37,85	16,20	2317	1483,06
1,8	9	20.5	36,87	16,34	2315	1482,16
1,7	9	26	34,81	16,44	2317	1483,36
1,6	9	12.5	34,18	16,37	2320	1485,38
1,5	11	21	33,96	16,49	2314	1481,03

Data berdasarkan Tabel 4.2 dapat dianalisa berdasarkan pembuktian pengukurannya. *Tuning parameter* menggunakan metode *Ciancone-Marlin* yang didapat menghasilkan rata-rata rise time pengukuran pada pengujian sistem = 9.5 detik untuk mengejar set point, sedangkan rise time dengan simulasi sekitar = 2 detik. Rata-rata *overshoot* = 2.55 % sedangkan pada simulasi mencapai 45%. *Steady state* rata-rata pengukuran pada pengujian sistem sekitar = 18.6 detik dari titik t=0, sedangkan pada simulsi untuk mencapai *steady state* sekitar 10 detik. Perbedaan tersebut terjadi karena perhitungan pada simulasi dan permodelan matematis rancang bangun filter. Dilihat dari pengaruh kecepatan *feed pump* terhadap nilai kekeruhan dan zat padat terlarut sangat berpengaruh terhadap nilai hasil keluaran airnya. Berdasarkan data pengukuran *differential pressure* antara 1.5 Psi - 1.9 Psi memiliki rata-rata keluaran kekeruhan air = 16.36 NTU dan rata-rata zat terlarut = 1.482, apabila dibandingkan dengan standar air bersih dari PeraturaanMenteri Kesehatan R.I No: 416/MENKES/PER/IX/1990 hasil keluaran air pada sistem penyaringan dengan metode *depth filtration* dinilai baik untuk pengolahan air keruh/kotor menjadi air bersih.

Gambar 4.6 Perbandingan Air Baku Dengan Air Hasil Filtrasi

V. SIMPULAN

Pada riset ini telah dirancang modul latih sistem pengaturan tekanan *feed pump* terhadap kekeruhan air pada proses *depth filtration.* Dengan hasil riset sebagai berikut:

1. Rancang bangun metode *depth filtration* dengan Biosand filter dinilai efektif dalam proses filtrasi air.

2. Efektivitas dinilai terhadap nilai keluaran kekeruhan air sekitar = 16.36 NTU, apabila dibandingkan dengan nilai maksimum untuk kekeruhan air bersih = 25 NTU. Maka pada nilai kekeruhan dinyatakan “Baik”.

3. Efektivitas dinilai terhadap nilai keluaran zat padat terlarut = 1482 mg/L, apabila dibandingkan dengan nilai maksimum zat padat terlarut = 1500 mg/L. maka pada nilai konduktivitasnya dinyatakan “Baik”.

4. Tuning parameter PID dengan menggunakan metode *Cioncone-Marlin* dinilai cocok diterapkan untuk mengendalikan tekanan *feed pump* pada proses *differential pressure*. Parameter PID yang didapat adalah Kc = 0.214779698, Ti = 0.39875, Td = 0.0625, dengan parameter tersebut untuk mencapai *set point differential pressure* membutuhkan waktu rata-rata *rise time* 9.5 detik, *steady state* 18.6 detik, *Settling time* 11.8 detik dan *over shoot* = 2.55%.

VI. SARAN

Untuk penyempurnaan riset ini, ada bebrapa hal teknis yang dapat dilakukan, untuk hasil dan metoda control yang lebih baik, yaitu:

1. Menggunakan motor 3 phasa dan VFD yang yang lebih besar, pada riset ini spesifikasi motor yang digunakan yaitu 1HP, 0.75 Kw, 60Hz. Apabila diaplikasikan ke sistem *depth filtrartion* yang telah dibuat, hanya menghasilkan *output pressure* setelah melewati tanki filter sebesar 0.87 Psi. Dengan penambahan spesifikasi motor diharapkan keluaran *pressure* menjadi lebih tinggi sehingga pengaturan *setpoint pressure* ke dua (setelah tanki filter) dan *range* nilai *differential pressure* lebih dari 2 Psi.
2. Menggunakan *pressure transmitter* dengan *range* pengukuran yang lebih besar, spesifikasi *pressure transmitter* yang digunakan sekarang dapat mengukur tekanan maksimal sampai 2.845 Psi. Sedangkan apabila frekuensi motor diberikan nilai maksimal yaitu 60 Hz menghasilkan *pressure* yang lebih dari 2.845 Psi. Berdasarkan percobaan untuk mencapai *pressure* 2.845 Psi membutuhkan frekuensi 40 Hz, sehingga apabila frekuensi diberikan lebih dari 40 Hz nilai *pressure* yang dibaca tetap 2.845 Psi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian berhasil dilakukan berkat bantuan berbagai pihak, sehingga penulis mengucapkan terima kasih ke semua pihak yang membantu terutama kepada Yogi Aditya, Reza Agustian Hidayat, dosen JTE serta PLP.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Dwiyaniti, M dan Nitisasmita, K. D. 2013. "*Tuning Parameter PID Dengan Metode Ciancone Pada Plant Heat Exchanger*". Jurnal Politeknologi. Vol.12. 101-106.

[2] Kholis, I. 2017. :"*Pemodelan Sistem Pengendali PID Dengan Metode Ciancone Berbasis Matlab Simulink Pada Sistem Pressure Process Rig 38-714*". Jurnal Teknik dan Ilmu Komputer. Vol. 06, No. 23, 257-268.

[3] Fadaei, Abdolmajid. 2015. "*Comparison of the Efficiency of Physical and Biological Treatment of Slow Sand Filter in Kahkash (Samaan) Treatment Plant"*. Resources and Environment 2015, 5(4): 107–109.

[4] Guchi, Ephrem. 2015. "*Review on Slow Sand Filtration in Removing Microbial Contamination and Particles from Drinking Water*". American Journal of Food and Nutrition, 2015, Vol. 3, No. 2, 47-55.

[5] Kristianto, A. dkk. 2012. "*Pengendalian PH Air Dengan Metode PID pada Model Tambak Udang*". Jurnal TRANSMISI, Vol. 14, No. 4, 120.