

ANALISIS PENGARUH PH DAN *TURBIDITY* AIR BAKU TERHADAP PENENTUAN DOSIS OPTIMUM KOAGULAN PADA IPA KALIGARANG IV PDAM TIRTA MOEDAL SEMARANG

Zam Zam Mu'arifah*, Hery Suliantoro

Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

Abstrak

PDAM Tirta Moedal Semarang menggunakan zat kimia atau koagulan berupa CMA (*chemical mix alum*) yang ditambahkan pada proses koagulasi. Dalam penentuan dosis optimum, PDAM Tirta Moedal Semarang menggunakan *jar test*. Namun, pada kenyataannya, *jar test* memiliki proses pelaksanaan yang bersifat manual dan membutuhkan waktu yang cukup lama sehingga tidak ideal untuk penentuan dosis optimum ketika ada perubahan yang signifikan pada parameter air baku. Berdasarkan hal tersebut, analisis regresi linear berganda dipilih sebagai metode yang membantu penyelesaian masalah tersebut dengan mengestimasi pengaruh dua parameter air baku, yaitu *turbidity* (X_1) dan pH (X_2) air baku terhadap penggunaan dosis koagulan optimal di IPA Kaligarang IV (Y) berdasarkan 365 data observasi. Dari perhitungan koefisien determinasi, nilai *Adjusted R Square* variabel dependen menunjukkan nilai sebesar 0,733 yang artinya penentuan dosis optimum koagulan IPA Kaligarang IV dipengaruhi sebesar 73,3% oleh variabel *turbidity* atau tingkat kekeruhan dan pH air baku, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain selain variabel dalam model regresi penentuan dosis optimal koagulan ini. Dalam uji *F Simultan* dan uji *T Paired* juga menunjukkan bahwa variabel X (*turbidity* dan pH) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel Y baik secara simultan maupun parsial.

Kata kunci : regresi linear berganda, pengolahan air, dosis koagulan, pH, *turbidity*

Abstract

[Analysis of the Effect of pH and Turbidity of Raw Water on Determining the Optimum Dose of Coagulants in IPA Kaligarang IV PDAM Tirta Moedal Semarang] PDAM Tirta Moedal Semarang uses a chemical substance or coagulant in the form of CMA (*chemical mix alum*) which is added to the coagulation process. In determining the optimum dose, PDAM Tirta Moedal Semarang uses the *jar test*. However, in reality, the *jar test* has a manual implementation process and takes a long time so it is not ideal for determining the optimum dose when there are significant changes in the raw water parameters. Based on this, multiple linear regression analysis was chosen as a method that helps solve this problem by estimating the effect of two parameters of raw water, namely *turbidity* (X_1) and pH (X_2) of raw water on the use of optimal coagulant doses in IPA Kaligarang IV (Y) based on 365 observation data. From the calculation of the coefficient of determination, the value of *Adjusted R Square* of the dependent variable shows a value of 0.733 which means that the determination of the optimum dose of the Kaligarang IV coagulant is influenced by 73.3% by the *turbidity* variable or the level of *turbidity* and pH of the raw water, while the rest is influenced by other factors other than the variables in the regression model for determining the optimal dose of this coagulant. The *Simultaneous F test* and *Paired T test* also showed that the X variable (*turbidity* and pH) had a significant effect on the Y variable either simultaneously or partially.

Keywords: multiple linear regression, water treatment, coagulant dose, pH, *turbidity*

1. Pendahuluan

Air bersih merupakan salah satu hal yang sangat penting bagi kehidupan manusia baik untuk memasak, mandi, mencuci, dan berbagai kegiatan manusia lainnya. Terlebih selama masa pandemi

COVID-19, penggunaan air bersih sangat krusial dalam pengendalian resiko penyebaran virus seperti mencuci tangan dan aktivitas sanitasi lainnya. Berdasarkan Buku Kinerja Perusahaan Air Minum (PDAM) yang diolah oleh Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas), konsumsi air domestik rata – rata meningkat, yaitu dari 147 liter per orang per hari pada tahun 2018 menjadi 157 liter per orang per hari pada

*Penulis Korespondensi.

E-mail: zammzammuarifah@gmail.com

tahun 2020 (Iswara, 2021). Namun, pengelolaan air tanah dan air baku menghadapi tantangan dengan tingginya pertumbuhan penduduk, eksploitasi air tanah dan pencemaran air pada sungai di Indonesia yang mengakibatkan kapasitas sistem penyediaan air minum tidak mampu mengimbangi tingginya kebutuhan air di masyarakat.

PDAM Tirta Moedal Semarang merupakan salah satu perusahaan penyedia air minum yang dikelola oleh pemerintah daerah Semarang. PDAM ini menggunakan sungai Garang sebagai sumber air baku dalam pengelolaan air minum. Air baku akan melalui bangunan utama yang menjadi tempat pertama masuknya air dari sumber air yang disebut *intake*. Kemudian air akan melalui proses koagulasi – flokulasi – sedimentasi – filtrasi – klorinasi yang kemudian ditampung di penyimpanan air sementara yang disebut reservoir sebelum dialirkan ke pelanggan. Koagulasi yaitu proses penambahan koagulan atau zat kimia dan pengadukan cepat yang menyebabkan destabilisasi partikel – partikel koloid. Flokulasi adalah proses pengadukan lambat yang memungkinkan terbentuknya flok – flok yang lebih besar untuk mempermudah pengendapan. Sedimentasi adalah proses pengendapan flok – flok atau lumpur sehingga air bersih akan terpisah dengan flok atau lumpur. Filtrasi adalah proses pemisahan atau penyaringan flok – flok yang halus pada air hasil sedimentasi melalui media pasir agar kualitas air minum yang didapatkan tinggi. Klorinasi ini merupakan proses desinfeksi dengan pembubuhan klorin yang bertujuan untuk membunuh bakteri patogen yang ada di dalam air sehingga air tidak terkontaminasi selama penyimpanan dan pendistribusian ke pelanggan (Spellman, 2003).

Dalam proses penjernihannya, PDAM Tirta Moedal Semarang menggunakan zat kimia atau koagulan berupa CMA (*chemical mix alum*) yang ditambahkan pada proses koagulasi. Namun, tingkat kekeruhan sungai Garang yang selalu berubah mengakibatkan penggunaan zat kimia atau koagulan yang terus disesuaikan untuk mengurangi kekeruhan air agar air minum yang dihasilkan memenuhi syarat PERMENKES Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010. Pemberian dosis koagulan pada air harus tepat, karena ketika dosis koagulan yang diberikan terlalu banyak, akan terjadi peningkatan biaya dan berbahaya bagi kesehatan. Sedangkan jika penggunaan dosis koagulan kurang, maka air minum yang dihasilkan tidak memenuhi persyaratan kualitas air minum.

Dalam penentuan dosis optimum, PDAM Tirta Moedal Semarang menggunakan *jar test*. *Jar test* adalah uji skala laboratorium yang secara umum digunakan oleh instalasi pengolahan air untuk menemukan dosis koagulan terbaik dan efisien dalam proses penjernihan air baku yang mensimulasikan proses koagulasi dan flokulasi. Namun, pada kenyataannya, *Jar test* memiliki beberapa kelemahan. Selain dari proses pelaksanaannya yang bersifat manual, proses *jar test* memakan waktu yang cukup lama sekitar 30 – 45 menit. Kondisi tersebut tidak ideal

untuk penentuan dosis optimum ketika ada perubahan yang signifikan pada parameter air baku, seperti *turbidity* (tingkat kekeruhan air) dan pH. Untuk itu, hasil *jar test* tidak selalu memberikan pedoman yang baik mengenai dosis koagulan yang dibutuhkan dalam proses pengolahan air (Narita, 2011).

Menurut EPA *Drinking Water Advice Note No.15* tentang *Optimisation of Chemical Coagulant Dosing at Water Treatment Works* terdapat suatu sistem kontrol untuk mengoptimalkan dosis koagulan kimia yaitu *feedforward coagulant control system* yang menggunakan algoritma dalam bentuk persamaan linear untuk menerjemahkan pengukuran (parameter) kualitas air baku menjadi dosis koagulan. Parameter kualitas air baku yang mungkin diperlukan untuk pengembangan persamaan dosis koagulan dalam sistem kontrol dosis koagulan diantaranya *UV Absorbance, Color (Warna Air), Turbidity, Temperature, Conductivity*, pH dan total *alkalinity*, serta *Coagulant dose* (EPA, 2014).

Untuk itu, diperlukan metode yang dapat mengestimasi dosis optimum yang digunakan pada IPA Kaligarang IV PDAM Tirta Moedal Semarang berdasarkan parameter air baku. Berdasarkan hal tersebut, analisis regresi linear berganda dipilih sebagai metode yang membantu penyelesaian masalah tersebut. Analisis regresi berganda adalah metode statistika untuk mengestimasi ada atau tidaknya korelasi antara satu variabel dependen dan dua atau lebih variabel independen dan meramalkan pengaruh variabel independen terhadap variabel dependennya dalam bentuk pemodelan fungsi (Walpole & Myers, 1995).

Dalam analisis regresi linear, terdapat syarat – syarat yang harus dipenuhi agar model regresi tersebut menjadi valid sebagai alat untuk memprediksi sehingga menghasilkan estimasi tidak bias terbaik (*BLUE/ Best Linear Unbias Estimator*) jika semua uji asumsi klasik terpenuhi (Ghozali, 2018). Uji asumsi klasik yang sering digunakan yaitu uji normalitas, uji linearitas, uji heteroskedastisitas, uji autokorelasi dan uji multikolinearitas.

- a. Uji Linearitas, digunakan untuk mengetahui hubungan antar satu variabel dependen dengan variabel independen bersifat linier atau tidak. Variabel akan dinyatakan valid apabila mempunyai hubungan yang linier. Jika asumsi linearitas tidak terpenuhi, maka akan diperoleh hasil analisis regresi yang *underfitting* atau *overfitting* sehingga akurasi dalam estimasi parameter regresi rendah dan hasil estimasi menjadi bias (Walpole & Myers, 1995).
- b. Uji Normalitas, digunakan untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal atau tidak. Model regresi dikatakan valid ketika variabel residual memiliki distribusi normal (Ghozali, 2018).
- c. Uji Heteroskedastisitas, uji heteroskedastisitas bertujuan untuk menguji apakah dalam model regresi terjadi ketidaksamaan variansi dari

residual antara satu pengamatan ke pengamatan yang lain. Model regresi yang baik yaitu homoskedastisitas atau yang tidak terjadi heteroskedastisitas (Ghozali, 2018).

- d. Uji Autokorelasi, digunakan untuk mengetahui apakah terdapat korelasi variabel yang ada di dalam model regresi dengan perubahan waktu. Model regresi yang baik adalah model regresi yang bebas dari autokorelasi (Ghozali, 2018).
- e. Uji Multikolinearitas, bertujuan untuk menguji apakah pada model regresi terdapat korelasi antar variabel independen atau variabel bebas. Model regresi yang baik seharusnya tidak terjadi korelasi antar variabel independen (Purnomo, 2016).

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis hubungan antara tingkat kekeruhan dan pH terhadap dosis koagulan, menentukan dosis optimum koagulan yang perlu diinjeksikan pada proses koagulasi IPA Kaligarang IV, serta membandingkan dosis optimum koagulan hasil persamaan regresi antara IPA Kaligarang III dan IPA Kaligarang IV.

2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di PDAM Tirta Moedal Semarang yang dikhususkan pada Instalasi Pengolahan Air (IPA) Kaligarang IV. Pendekatan penelitian yang digunakan yaitu pendekatan campuran (*mixed*) yang merupakan kombinasi pendekatan kualitatif dan pendekatan kuantitatif. Penelitian ini dilakukan secara kualitatif dengan wawancara kepada tenaga kerja di bagian Instalasi Pengolahan Air sedangkan pendekatan kuantitatif dilakukan dengan mengumpulkan data *turbidity* (tingkat kekeruhan) air baku, pH air baku, dan dosis yang digunakan pada IPA Kaligarang IV dari tanggal 1 Januari 2022 hingga 31 Januari 2022 dan didapatkan data sebanyak 365 data.

Pada penelitian ini, terdapat dua jenis variabel yaitu variabel independen dan variabel dependen. Tingkat kekeruhan (X_1) dan pH (X_2) air baku yang menjadi parameter dalam penentuan dosis optimum menjadi variabel independen. Sedangkan dosis optimum koagulan pada IPA IV yang digunakan (Y) sebagai variabel dependen. Skala pengukuran yang digunakan dalam variabel independen dan variabel dependen yaitu skala rasio.

Tahap pertama yang dilakukan yaitu melakukan studi lapangan yang dimaksudkan untuk observasi dan wawancara. Selanjutnya peneliti mengidentifikasi dan merumuskan masalah yang terjadi di PDAM Tirta Moedal Semarang serta menetapkan tujuan penelitian agar masalah dapat terselesaikan. Dalam menentukan metode yang tepat dalam memecahkan masalah, peneliti melakukan studi literatur dengan mencari referensi yang berupa buku, *e-book*, maupun jurnal ilmiah. Selanjutnya yaitu mengumpulkan data. Data yang digunakan yaitu data primer dari hasil wawancara dan data sekunder yang

berupa data historis tingkat kekeruhan air baku, pH air baku, dan jumlah dosis koagulan di IPA Kaligarang IV.

Setelah itu, akan dilakukan pengolahan data dengan tahapan berikut.

- a. Korelasi, untuk mengukur keeratan hubungan antara tingkat kekeruhan dengan dosis koagulan yang digunakan di IPA Kaligarang IV (X_1Y) dan hubungan antara pH dengan dosis koagulan yang digunakan di IPA Kaligarang IV (X_2Y)
- b. Uji Asumsi Klasik, antara lain uji linearitas, uji normalitas, uji heteroskedastisitas, uji autokorelasi, dan uji multikolinearitas, yang digunakan untuk mengetahui apakah data regresi yang digunakan dapat menghasilkan model regresi yang BLUE (*Best Linear Unbias Estimator*).
- c. Regresi Linear Berganda, untuk memprediksi hubungan antara tingkat kekeruhan dan pH air baku terhadap penentuan dosis koagulan IPA Kaligarang IV dalam bentuk fungsi atau persamaan.
- d. Validasi, untuk mengukur seberapa jauh hasil model regresi dapat sesuai dengan keadaan aktualnya yang dilakukan dengan menentukan koefisien determinasi, pengujian garis regresi dengan Uji F Simultan dan Uji T Paired, dan pengujian hasil regresi dengan simulasi *jarrest*.

Setelah dilakukan pengolahan data, selanjutnya yaitu dilakukan analisis dan pembahasan dari hasil pengolahan data. Tahap akhir yaitu menarik kesimpulan sesuai tujuan penelitian dan pemberian saran untuk perusahaan terkait dan penelitian selanjutnya.

3. Hasil dan Pembahasan

Berikut merupakan hasil dan pembahasan dari pengolahan data yang dilakukan pada penelitian ini.

3.1 Korelasi

Berikut merupakan perhitungan koefisien korelasi Pearson dari *turbidity* (X_1), pH (X_2) dan dosis koagulan (Y).

Tabel 1. Koefisien Korelasi Pearson

	<i>Turbidity</i> (X_1)	pH (X_2)	Dosis Koagulan (Y)
<i>Turbidity</i> (X_1)	1	0.016	0.850
pH (X_2)	0.016	1	0.123
Dosis Koagulan (Y)	0.850	0.123	1

Berdasarkan hasil output koefisien korelasi Pearson di atas, diketahui bahwa koefisien korelasi X_1Y atau pengaruh *turbidity* atau tingkat kekeruhan terhadap penentuan dosis optimum IPA Kaligarang IV sebesar 0,850 yang artinya terdapat hubungan linear positif yang sangat kuat antara *turbidity* dan dosis optimum IPA IV. Sedangkan X_2Y atau pengaruh pH terhadap penentuan dosis optimum IPA Kaligarang IV sebesar 0,123 yang artinya terdapat hubungan linear positif

yang lemah antara pH dan dosis optimum IPA Kaligarang IV.

3.2 Uji Asumsi Klasik

Uji Asumsi Klasik adalah syarat – syarat statistik yang harus dipenuhi pada analisis regresi linier berganda yang berbasis *ordinary least square* (OLS) agar model regresi tersebut menjadi valid sebagai alat untuk memprediksi dan menghasilkan estimasi tidak bias terbaik (BLUE/ *Best Linear Unbias Estimator*) jika semua uji asumsi klasik terpenuhi (Ghozali, 2018).

Berikut merupakan uji asumsi klasik yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 2. Uji Asumsi Klasik

Jenis Uji	Hasil	Kesimpulan
Uji Linearitas	<i>sig dev from linearity</i> X1: 0,243 > 0,05 <i>sig dev from linearity</i> X2: 0,283 > 0,05	Terpenuhi
Uji Normalitas	<i>asympt. sig (2 tailed):</i> 0,065 > 0,05	Terpenuhi
Uji Autokorelasi	<i>asympt. sig (2 tailed):</i> 0,134 > 0,05	Terpenuhi
Uji Heteroskedastisitas	<i>sig</i> X1: 0,298 > 0,05 <i>sig</i> X2: 0,369 > 0,05	Terpenuhi
Uji Multikolinearitas	<i>VIF</i> : 1 < 10 <i>Tolerance</i> : 1 > 0,1	Terpenuhi

Berdasarkan tabel 3.2, diketahui bahwa model regresi memenuhi semua uji asumsi klasik, diantaranya yaitu data bersifat linear, terdistribusi normal, tidak terjadi autokorelasi, tidak terjadi heteroskedastisitas atau data bersifat homoskedastisitas, serta tidak terjadi multikolinearitas atau tidak adanya korelasi antar variabel independen.

3.3 Regresi Linear Berganda

Berikut ini merupakan hasil pengolahan data analisis regresi linear berganda untuk mengestimasi dosis koagulan IPA Kaligarang IV (Y) berdasarkan parameter *turbidity* air baku (X1) dan pH air baku (X2).

Tabel 3. Regresi Linear Berganda

	<i>Coeff</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t stat</i>	<i>Sig.</i>
(Constant)	-1.002	1.050	-.954	.341
X1	.210	.007	30.633	.000
X2	2.042	.519	3.935	.000

Dari perhitungan pada tabel 3.3, diperoleh persamaan garis regresi sebagai berikut:

$$\hat{Y} = -1,002 + 0,210X_1 + 2,042X_2 \dots (1)$$

Namun, persamaan diatas masih dalam bentuk transformasi data logaritma natural (ln) sehingga perlu dikembalikan ke bentuk awal untuk memudahkan dalam penentuan dosis optimum koagulan pada IPA Kaligarang IV menjadi berikut.

$$\hat{Y} = e^{-1,002+0,210(\ln(X_1))+2,042(\ln(X_2))} \dots (2)$$

3.4 Validasi

Validasi pada penelitian ini dilakukan dengan menentukan koefisien determinasi, pengujian garis regresi dengan Uji F Simultan dan Uji T Paired, dan pengujian hasil regresi dengan simulasi *jartest*.

Tabel 4. Koefisien Determinasi

<i>Model Regression Summary</i>	
<i>R</i>	0.857
<i>R Square</i>	0.734
<i>Adjusted R Square</i>	0.733
<i>Std. Error of the Estimate</i>	0.139

Koefisien determinasi menunjukkan seberapa besar kontribusi atau pengaruh yang diberikan variabel independen kepada variabel dependen. Berdasarkan tabel 3.4, *Adjusted R Square* variabel dependen menunjukkan nilai sebesar 0,733 yang artinya penentuan dosis optimum koagulan IPA Kaligarang IV dipengaruhi sebesar 73,3% oleh variabel *turbidity* atau tingkat kekeruhan dan pH air baku, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain selain variabel dalam model regresi penentuan dosis optimal koagulan ini.

Selanjutnya dilakukan pengujian garis regresi menggunakan uji F *Simultan* dan Uji T *Paired* sebagai berikut.

Tabel 5. Uji ANOVA

<i>ANOVA^a</i>					
<i>Model</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
Regression	18.555	2	9.277	478.981	0.000
Residual	6.721	347	0.019		
Total	25.276	349			

a. Dependent Variable: Y_DosisIPAIV

b. Predictors: (Constant), X2_pH, X1_Turbidity

Berdasarkan hasil uji F pada tabel 3.5, diketahui bahwa nilai sig. sebesar 0.000 yang kurang dari 0,05 yang artinya bahwa model regresi berganda ini layak digunakan karena variabel independen yang meliputi *turbidity* dan pH memiliki pengaruh secara signifikan terhadap variabel dependen yaitu dosis optimum koagulan pada IPA Kaligarang IV.

Selanjutnya, berdasarkan hasil uji F yang ditunjukkan pada tabel 3.3, diketahui bahwa nilai sig. *Turbidity* (X1) dan pH (X2) sebesar 0,000 dan kurang dari 0,05 sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh antara variabel *turbidity* (X1) dan pH (X2) air baku terhadap variabel dosis koagulan IPA Kaligarang IV (Y).

Kemudian dilakukan pengujian hasil regresi menggunakan *jartest* untuk mengetahui efisiensi dari persamaan regresi. Berdasarkan uji laboratorium pada sampel air baku, diketahui bahwa *turbidity* air baku sebesar 45,3 NTU dan pH air baku sebesar 7,853. Dari *turbidity* dan pH air baku tersebut, dosis koagulan untuk IPA Kaligarang IV yang digunakan sebesar 55 ppm yang dihitung menggunakan persamaan (2). Setelah itu, dilakukan *jartest* sebagai simulasi proses

koagulasi dan flokulasi skala laboratorium dan didapatkan nilai *turbidity* menjadi 1,67 NTU dan pH menjadi 7,267. Untuk menentukan efisiensi penggunaan dosis koagulan dalam menurunkan tingkat kekeruhan (*turbidity*) air baku dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Sutapa I. D., 2010).

$$Efisiensi (\%) = \frac{T_0 - T_1}{T_0} \times 100 \dots\dots\dots(3)$$

Berdasarkan perhitungan persamaan (3), diketahui bahwa *turbidity removal* atau yang didapatkan dari hasil *jartest* sebesar 96,31% yang artinya dosis koagulan 55 ppm dapat menurunkan *turbidity* awal air baku sebanyak 96,31% sehingga didapatkan *turbidity* akhir sesuai dengan standar air baku yang telah ditetapkan yaitu kurang dari 5 NTU. Sedangkan untuk pH, sebelum dan sesudah *jartest* memiliki pH yang tidak jauh berbeda yang masing – masing-masing berada dalam persyaratan kualitas air minum (6,5 – 8,5). Untuk itu, dosis koagulan hasil persamaan regresi dapat menghasilkan *turbidity* dan pH air bersih yang memenuhi persyaratan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.

3.5 Perbandingan Dosis Koagulan IPA Kaligarang III dan IPA Kaligarang IV

Dengan variabel independen dan dependen yang sama, didapatkan persamaan garis regresi dosis optimum koagulan untuk masing-masing IPA Kaligarang III dan IPA Kaligarang IV, sebagai berikut.

Tabel 1. Perbandingan Persamaan Garis Regresi

Persamaan Garis Regresi	
IPA Kaligarang III	$\hat{Y} = e^{-0,982+0,212(\ln(X_1))-1,052(\ln(X_2))}$
IPA Kaligarang IV	$\hat{Y} = e^{-1,002+0,210(\ln(X_1))+2,042(\ln(X_2))}$

Berdasarkan persamaan garis regresi tersebut, ketika sampel air baku yang digunakan sama, yaitu *turbidity* sebesar 45,3 NTU dan pH sebesar 7,853, IPA Kaligarang III membutuhkan dosis koagulan sebesar 52,38 ppm dan IPA Kaligarang IV membutuhkan dosis koagulan sebesar 55 ppm.

Penggunaan dosis koagulan yang berbeda antara IPA Kaligarang III dan IPA Kaligarang IV, disebabkan oleh debit aliran dan bentuk sistem pengolahan air. Debit aliran memiliki hubungan negatif atau berbanding terbalik dengan dosis optimum koagulan yang artinya semakin tinggi debit aliran maka semakin rendah dosis optimum koagulan yang diinjeksikan. Hal ini didasarkan pada persamaan dalam perhitungan konsentrasi koagulan pada pompa dosing. Debit aliran air baku pada IPA Kaligarang III lebih tinggi daripada debit aliran air baku pada IPA Kaligarang IV dikarenakan IPA Kaligarang memiliki kapasitas produksi air minum yang lebih besar daripada

IPA Kaligarang IV, sehingga membutuhkan debit aliran air yang lebih tinggi.

Disamping itu, bentuk sistem pengolahan air pada IPA Kaligarang III berbeda dengan IPA Kaligarang IV. Bak sedimentasi yang digunakan pada IPA Kaligarang III menggunakan *clarifier rectangular* sedangkan pada IPA Kaligarang IV menggunakan *clarifier circular*. *Clarifier rectangular* memiliki bentuk persegi panjang atau kotak yang cocok digunakan untuk produksi dalam jumlah besar karena membutuhkan biaya yang lebih murah. Sedangkan *clarifier circular* memiliki dua cincin, dengan cincin bagian dalam digunakan untuk proses koagulasi dan flokulasi dan cincin bagian luar digunakan untuk proses sedimentasi (Patel, Ruparelia, & Barve, 2021). Bentuk *clarifier rectangular* menyediakan jalur yang lebih panjang untuk aliran air baku dan padatan tersuspensi untuk mengalir sehingga lumpur yang mengendap lebih banyak dibandingkan dengan *clarifier circular*. Untuk itu, penggunaan koagulan pada *clarifier circular* lebih banyak dibandingkan *clarifier rectangular* untuk mengoptimalkan proses sedimentasi atau pengendapan (Bentwood, 2017).

3.6 Usulan Rekomendasi Perbaikan

Usulan perbaikan yang dapat diberikan dari penelitian ini untuk perusahaan yaitu Perumda Air Minum Tirta Moedal Kota Semarang dapat mempertimbangkan untuk menggunakan persamaan regresi ini sebagai metode dalam penentuan dosis koagulan yang digunakan dalam IPA Kaligarang III maupun IPA Kaligarang IV. Namun, dalam penerapannya, perusahaan perlu melakukan evaluasi secara berkala pada model regresi agar model regresi tetap dapat mengestimasi dosis optimum koagulan sesuai dengan kondisi sebenarnya pada proses produksi air minum. Selain itu, perusahaan juga perlu meninjau kembali parameter – parameter kualitas air serta menambahkan parameter yang harus diukur dalam penentuan dosis optimum koagulan yang digunakan dalam proses pengolahan air.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menggunakan tingkat kekeruhan (*turbidity*) dan pH air baku sebagai variabel independen untuk menentukan variabel dependennya yaitu dosis optimum koagulan IPA Kaligarang IV. Setelah dilakukan perhitungan koefisien korelasi Pearson, didapatkan koefisien korelasi X1Y atau pengaruh tingkat kekeruhan air baku terhadap penentuan dosis optimum IPA Kaligarang IV sebesar 0,850 yang berarti terdapat hubungan linear yang sangat kuat antara tingkat kekeruhan air baku dan dosis optimum IPA Kaligarang IV. Sedangkan koefisien korelasi X2Y atau pengaruh pH terhadap penentuan dosis optimum IPA Kaligarang IV sebesar 0,123 yang artinya terdapat hubungan linear positif yang lemah antara pH dan dosis optimum IPA Kaligarang IV.

Persamaan regresi yang didapatkan pada penelitian ini untuk menentukan dosis optimum koagulan pada IPA Kaligarang IV yaitu $\hat{Y} =$

$e^{-1,002+0,210(\ln(X_1))+2,042(\ln(X_2))}$ dengan error sebesar 0,139. Persamaan regresi tersebut sudah memenuhi uji asumsi klasik diantaranya uji linearitas, normalitas, autokorelasi, heteroskedastisitas, dan multikolinearitas sehingga model regresi dapat dikatakan valid sebagai alat untuk memprediksi dan menghasilkan estimasi yang BLUE (Best Linear Unbias Estimator).

Berdasarkan model regresi yang diperoleh, air baku dengan *turbidity* sebesar 45,3 NTU dan pH sebesar 7,853 membutuhkan dosis koagulan sebesar 52,38 ppm pada IPA Kaligarang III dalam pengolahannya, sehingga didapatkan *turbidity* akhir sebesar 2,39 NTU dan pH sebesar 7,396 dengan efisiensi sebesar 94,72%. Sedangkan pada IPA Kaligarang IV, dengan *turbidity* dan pH air baku yang sama, dosis koagulan yang dibutuhkan sebesar 55 ppm sehingga didapatkan *turbidity* akhir sebesar 1,67 NTU dan pH sebesar 7,267 dengan efisiensi sebesar 96,31%.

Ketika diberikan tingkat kekeruhan (X_1) dan pH (X_2) yang sama, hasil penentuan dosis optimum dari persamaan garis regresi IPA Kaligarang IV akan lebih tinggi dibandingkan dari IPA Kaligarang III. Hal tersebut disebabkan oleh perbedaan debit aliran air baku yang masuk ke IPA dan bentuk sistem pengolahan air pada IPA Kaligarang III dan IPA Kaligarang IV. IPA Kaligarang III memiliki kapasitas yang lebih besar dibandingkan IPA Kaligarang IV sehingga membutuhkan debit aliran yang lebih tinggi. Namun, debit aliran memiliki hubungan yang berbanding terbalik dengan dosis koagulan sehingga semakin tinggi debit maka dosis koagulan semakin rendah, dan sebaliknya. Selain itu, perbedaan pada sistem pengolahan air terletak pada bentuk bak sedimentasi, pada IPA Kaligarang III menggunakan *clarifier rectangular* sedangkan IPA Kaligarang IV menggunakan *clarifier circular*.

Daftar Pustaka

- Bentwood. (2017). Rectangular VS. Circular Clarifiers: Whis is Better? *Tank Enviro System*.
- Chamdan, A., & Purnomo, A. (2013). Kajian Kinerja Teknis Proses dan Operasi Unit Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi pada Instalasi Pengolahan Air (IPA) Kedunguling PDAM Sidoarjo. *Jurnal Teknik ITS*, 2(2), D118-D123. Retrieved from <https://ejournal.its.ac.id/index.php/teknik/article/download/4427/1158>
- Crosby, P. B. (1979). *Quality is free : The Art of Making Quality Certain*. New York: New American Library.
- EPA. (2014). *EPA Drinking Water Advice Note No. 15: Optimisation of Chemical Coagulant Dosing at Water Treatment Works*.
- Ghozali, I. (2018). *Aplikasi Analisis Multivariate Dengan Program IBM SPSS 25*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Iswara, M. A. (2021, April 19). *Krisis Air Bersih Yang Kian Memburuk Saat Pandemi Menerjang*. Retrieved Januari 30, 2022, from tito.id:

- <https://tirto.id/krisis-air-bersih-yang-kian-memburuk-saat-pandemi-menerjang-gcmz>
- Montgomery, D. C., Peck, E. A., & Vining, G. G. (2012). *Introduction to Linear Regression Analysis (Fifth Edition)*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Narita, K. (2011). Penerapan Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Penentuan Dosis Tawas Pada Proses Koagulasi Sistem Pengolahan Air Bersih.
- Patel, N., Ruparelia, J., & Barve, J. (2021). Experimental and simulation study of rectangular and circular primary clarifier for wastewater treatment. *Environmental Technology & Innovation*, 1-12.
- Purnomo, R. A. (2016). *Analisis Statistik Ekonomi dan Bisnis dengan SPSS. Cetakan 1*. Yogyakarta: Fadilautama.
- Spellman, F. R. (2003). *Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations*. United State of America: CRC Press LLC.
- Sutapa, I. D. (2010). Efisiensi Proses Koagulasi di Kompartemen Flokulator Tersusun Seri Dalam Sistem Pengolahan Air Bersih. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*, (pp. 1-7). Yogyakarta.
- Walpole, R. E., & Myers, R. H. (1995). *Ilmu Peluang dan statistika untuk Insinyur dan Ilmuan Edisi 4 Alih Bahasa : Sembiring*. Bandung: Penerbit ITB.