

PENERAPAN REGRESI LINEAR BERGANDA DALAM PENENTUAN DOSIS KOAGULAN OPTIMAL PADA INSTALASI PENGOLAHAN AIR KALIGARANG III (STUDI KASUS: PERUMDA AIR MINUM TIRTA MOEDAL KOTA SEMARANG)

Salma Rahima Ahmad, Hery Suliantoro

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

Abstrak

Perumda Air Minum Tirta Moedal adalah Badan Usaha Milik Daerah yang menyediakan air bersih untuk masyarakat Kota Semarang. Proses pengolahan air bersih dilakukan di bagian Produksi I, yang dimulai dari intake air baku, koagulasi-flokulasi, sedimentasi, filtrasi, klorinasi, reservoir, hingga distribusi. Pada proses koagulasi-flokulasi, dilakukan penambahan koagulan berdasarkan Turbidity dan pH dengan dosis hasil Jar Test. Penentuan dosis koagulan yang optimal sangat penting karena kekurangan dosis akan menghasilkan air di bawah standar kualitas. Sedangkan dosis yang terlalu tinggi akan menyebabkan masalah Kesehatan dan peningkatan biaya. Jar test membutuhkan waktu yang lama sehingga dapat mempengaruhi efisiensi zat koagulan dan akurasi penentuan dosis. Oleh karena itu, dilakukan pemodelan untuk menentukan dosis koagulan optimal dengan Analisis Regresi Linear Berganda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model regresi linear bersifat BLUE (Best Linear Unbiased Estimators) dan dapat digunakan untuk melakukan prediksi dosis koagulan optimal. Hasil koagulasi-flokulasi dengan dosis berdasarkan model regresi mampu menjernihkan air sesuai standar air minum dengan efisiensi sebesar 94,72%. Parameter Turbidity (X_1) dan pH (X_2) secara signifikan dapat menerangkan dosis koagulan (Y) sebesar 73,378%. Setelah itu, dilakukan rekomendasi perbaikan untuk Perumda Air Minum dalam penentuan dosis koagulan pada proses koagulasi-flokulasi.

Kata kunci: koagulasi; flokulasi; dosis koagulan; regresi linear berganda

Abstract

Perumda Air Minum Tirta Moedal is a Regional Owned Enterprise (BUMD) that provides clean water for the people of Semarang City. The clean water treatment process is carried out in Production I, starting from raw water intake, coagulation-flocculation, sedimentation, filtration, chlorination, reservoir, to distribution. In the coagulation-flocculation process, a coagulant was added based on turbidity and pH with a dose of Jar Test results. Determination of the optimal coagulant dose is very important because lack of dose will result in water below quality standards. While doses that are too high will cause health problems and increase costs. Jar test takes a long time so that it can affect the efficiency of coagulant substances and accuracy of dose determination. Therefore, modeling was carried out to determine the optimal coagulant dose using Multiple Linear Regression Analysis. The results showed that the linear regression model was BLUE (Best Linear Unbiased Estimators) and could be used to predict the optimal coagulant dose. The results of coagulation-flocculation with a dose based on the regression model were able to purify water according to drinking water standards with an efficiency of 94.72%. Turbidity (X_1) and pH (X_2) parameters can significantly explain the coagulant dose (Y) of 73.378%. After that, recommendations were made for improvements to Perumda Air Minum in determining the dose of coagulant in the coagulation-flocculation process

Keywords: coagulation; flocculation ; coagulant dosing; multiple linear regression

1. Pendahuluan

Air merupakan salah satu sumber daya yang sangat dibutuhkan oleh manusia dalam kehidupan sehari – hari. Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) ditugaskan oleh pemerintah sebagai Badan Usaha Milik Daerah (BUMD) untuk menyelenggarakan dan menyediakan layanan air minum kepada masyarakat.

PDAM menjadi ukuran penting dan menjadi harapan bagi keberhasilan kebijakan sektor air bersih, termasuk infrastruktur pengolahan airnya (Akhirina et al., 2019) Perumda Air Minum Tirta Moedal adalah BUMD yang menyediakan air bersih untuk masyarakat Kota Semarang.

Proses pengolahan air pada Instalasi Pengolahan Air (IPA) Kaligarang III di Perumda Air Minum Tirta Moedal dilakukan secara konvensional atau *conventional water treatment*. Pengolahan air konvensional menggunakan kombinasi proses secara fisik, kimia, dan biologis (Pakharuddin et al., 2021). Pada dasarnya, proses pengolahan air yang paling utama yang dilakukan oleh PDAM adalah menjernihkan air baku di Instalasi Pengolahan Air (IPA) hingga tingkat kekeruhannya sesuai dengan standar air minum. Pengolahan air ini dimulai dari *intake* air baku, koagulasi & flokulasi, sedimentasi, filtrasi, klorinasi, reservoir hingga akhirnya didistribusikan ke pelanggan (Nasrullah & Oktawan, 2005).

Air baku mengandung beragam partikel yang berukuran sangat kecil dan tidak mudah mengendap sehingga perlu dilakukan penambahan zat koagulan pada proses koagulasi – flokulasi hingga air memenuhi standar kualitas air minum, misalnya tingkat kekeruhan (*Turbidity*) dan pH (EPA, 2014).

Turbidity atau tingkat kekeruhan adalah ukuran relatif kejernihan air. Kekeruhan disebabkan oleh partikel yang tersuspensi atau terlarut dalam air yang menyebarkan cahaya sehingga membuat air tampak keruh atau keruh. Partikel – partikel tersebut dapat berupa sedimen tanah liat, bahan organik dan anorganik halus, senyawa organik berwarna larut, ganggang, dan organisme mikroskopis lainnya (Peterson & Gunderson, 2008).

pH adalah derajat keasamaan air yang menyatakan logaritma dari kepekatan ion – ion hidrogen (H) yang terlepas dalam suatu cairan. pH dalam air merupakan salah satu faktor kimia yang sangat berpengaruh terhadap kehidupan organisme yang hidup dalam air. pH air dapat diukur dan memiliki skala pH yang berkisar antara 0 – 14 dengan nilai 7 menjadi nilai netral (Kemendikbud, 2013). pH air minum yang baik adalah antara 6 dan 8,5. World Health Organization (WHO) menemukan bahwa air minum yang terlalu basa (pH > 8,5) dan terlalu asam (pH < 4), hal yang sama terjadi dan tentunya dapat menyebabkan iritasi mata, kulit, jaringan, serta masalah pencernaan (J. Cotruvo et al., 2007).

Penentuan dosis zat koagulan dilakukan dengan proses *Jar Test* yaitu sebuah metode yang digunakan untuk mendapatkan proses koagulasi – flokulasi yang optimal dengan penambahan zat kimia pada dosis tertentu. Namun, pada umumnya data hasil *Jar Test* tidak selalu memberikan panduan yang akurat untuk penentuan dosis zat koagulan karena membutuhkan waktu yang cukup lama sekitar 15 – 30 menit, sedangkan air baku adalah sesuatu yang dinamis dimana keadaannya selalu berubah, seperti *turbidity* (tingkat kekeruhan air) dan pH sehingga dapat mempengaruhi efisiensi kerja zat koagulan dan akurasi hasil dari *Jar Test* (Haghiri et al., 2018).

Penentuan dosis optimal zat koagulan menjadi perhatian bagi PDAM untuk melakukan proses pengolahan air di IPA Kaligarang III. Penggunaan

dosis koagulan yang tidak tepat, misalnya terlalu banyak akan menyebabkan peningkatan biaya dan dapat menimbulkan kondisi yang berbahaya bagi kesehatan. Sedangkan jika dosis koagulan yang digunakan kurang dapat mengakibatkan penurunan kualitas yang diperlukan.

Dalam *Advice Note No. 15* mengenai *Optimisation of Chemical Coagulant Dosing at Water Treatment Works* oleh *Environmental Protection Agency* (EPA), terdapat pemodelan yaitu *Feedforward Coagulant Control Systems* yang dapat digunakan untuk memprediksi dosis koagulan yang dibutuhkan berdasarkan pengukuran kualitas air baku dan data generik dan/atau nyata untuk instalasi pengolahan air dengan menggunakan algoritma sederhana berbasis persamaan linear dari fungsi regresi (EPA, 2014).

Oleh karena itu, dilakukan penelitian untuk diperlukan pemodelan untuk memprediksi dosis koagulan optimal yang digunakan untuk menjernihkan air di IPA Kaligarang III berdasarkan dua parameter, yaitu pH dan *Turbidity* (tingkat kekeruhan air) dengan menggunakan regresi linear berganda. Berikut merupakan tujuan dari penelitian ini.

1. Mengetahui pengaruh faktor pH dan *Turbidity* terhadap penentuan dosis zat koagulan.
2. Melakukan pemodelan untuk menentukan dosis optimal koagulan yang digunakan untuk menjernihkan air pada proses koagulasi – flokulasi.
3. Menerapkan persamaan regresi yang telah didapatkan untuk menentukan dosis koagulan pada IPA Kaligarang III dan IPA Kaligarang IV
4. Melakukan analisis perbandingan hasil dosis koagulan optimal yang digunakan pada IPA Kaligarang III dan IPA Kaligarang IV.

2. Metode Penelitian

Tahap pertama penelitian ini adalah melakukan studi lapangan dan eksplorasi secara internal dengan observasi ke Bagian Produksi I Perumda Air Minum Tirta Moedal dan wawancara dengan kepala sub bagian, operator, dan analis di bagian Produksi I Perumda Air Minum Tirta Moedal. Setelah itu, peneliti menyusun perumusan masalah dan tujuan dari penelitian ini. Penelitian ini termasuk dalam studi formal dan memiliki tujuan *causal – predictive*. Kemudian, peneliti melakukan studi pustaka menggunakan referensi atau literatur yang dapat mendukung dan menyelesaikan masalah yang ada di lapangan.

Setelah itu, melakukan pengumpulan data yang terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer berupa standar proses pengolahan air pada Instalasi Pengolahan Air (IPA). Data sekunder didapatkan dari Laboratorium *Quality Control* di bagian Produksi I Perumda Air Minum Tirta Moedal, yaitu data pH, data kekeruhan air baku instalasi Kaligarang dan dosis bahan kimia IPA Kaligarang III pada tanggal 1 Januari 2022 – 1 Februari 2022.

Data yang telah terkumpul kemudian dilakukan pembersihan data *outlier* dan transformasi

logaritma natural (ln) supaya data lolos uji asumsi klasik. Pengolahan data kemudian dilanjutkan dengan metode analisis regresi linear berganda yang dijabarkan sebagai berikut.

a. Korelasi

Koefisien korelasi Pearson adalah sebuah ukuran hubungan linear antara dua variabel X dan Y yang ditaksir dengan simbol r (Walpole & Myers, 1995).

b. Uji Asumsi Klasik

Uji asumsi klasik dilakukan untuk mengetahui apakah data bebas dari asumsi klasik yang terdiri atas uji linearitas, normalitas, heterokedastisitas, autokorelasi, dan multikolinearitas (Purnomo, 2016).

c. Regresi Linear Berganda

Analisis regresi linear berganda digunakan untuk mengetahui pengaruh antara dua atau lebih variabel dan melakukan prediksi terhadap variabel dependen berdasarkan parameter model regresi (Kurniawan, 2008). Berikut merupakan variabel yang digunakan dalam penelitian ini:

- Variabel Bebas : *turbidity* (X1) dan pH (X2)
- Variabel Terikat : dosis koagulan

d. Validasi

Validasi persamaan regresi linear berganda dengan menentukan koefisien determinasi, melakukan pengujian garis regresi, dan pengujian hasil regresi (Walpole & Myers, 1995).

Setelah tahap pengolahan data selesai dilakukan, langkah selanjutnya adalah menganalisis hasil perhitungan dilanjutkan dengan menyusun rekomendasi perbaikan untuk Perumda Air Minum Tirta Moedal. Terakhir, dilakukan penyusunan kesimpulan yang didapat dari hasil pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan sebelumnya dan memberikan saran kepada perusahaan terkait serta penelitian selanjutnya.

3. Hasil dan Pembahasan

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

3.1 Korelasi

Berikut merupakan perhitungan koefisien korelasi Pearson dari *Turbidity* (X₁), pH (X₂) dan dosis koagulan (Y).

Tabel 1. Koefisien Korelasi Pearson

	<i>Turbidity</i>	pH	Dosis
<i>Turbidity</i>	1		
pH	-0,047	1	
Dosis	0,855	0,016	1

Berdasarkan hasil perhitungan koefisien korelasi Pearson, diketahui bahwa variabel yang memiliki korelasi terkuat dengan dosis koagulan adalah *turbidity*. *Turbidity* dengan dosis koagulan memiliki nilai korelasi searah sebesar 0,855 dimana nilai ini menunjukkan korelasi yang sangat kuat. Sedangkan pH dengan dosis koagulan memiliki nilai korelasi searah sebesar 0,016 dimana nilai ini menunjukkan korelasi yang sangat lemah atau tidak memiliki korelasi.

3.2 Uji Asumsi Klasik

Model regresi linear wajib memenuhi asumsi klasik dengan tujuan agar model regresi yang diperoleh memiliki estimasi yang tidak bias dan pengujian dapat dipercaya (Purnomo, 2016).

Tabel 2. Uji Asumsi Klasik

Jenis Uji	Hasil	Kesimpulan
Uji Linearitas	Sig dev from linearity X1 = 0,377 > 0,05 Sig dev from linearity X2 = 0,162 > 0,05	Lolos
Uji Normalitas	Asymp.Sig = 0, 05	Lolos
Uji Autokorelasi	Durbin-Watson = dL < 1,949 < 4 - dL	Lolos
Uji Heterokedastisitas	sig X1 = 0,452 > 0,05 sig X2 = 0,557 > 0,05	Lolos
Uji Multikolinearitas	Tolerance = 0,998 > 0,01 VIF = 1,002 < 10	Lolos

Berdasarkan hasil perhitungan uji asumsi klasik, model regresi dinyatakan lolos dan memenuhi uji asumsi klasik yaitu data residual linear, terdistribusi normal, dan tidak terjadi gejala multikolinearitas, autokorelasi, serta heteroskedastisitas.

3.3 Regresi Linear Berganda

Analisis regresi linear berganda dilakukan terhadap data *turbidity* (X₁), pH (X₂), dan dosis koagulan (Y) dengan jumlah 366 data observasi. Berikut merupakan hasil dari pengolahan data dalam analisis regresi linear berganda dengan menggunakan software Excel.

Tabel 3. Koefisien Regresi Linear Berganda

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value
Intercept	0,982	1,036	0,948	0,344
<i>Turbidity</i>	0,212	0,007	31,626	0,000
pH	1,052	0,511	2,058	0,040

Berdasarkan *output* tersebut, didapatkan persamaan garis regresi dengan rumus $\hat{Y} = 0,982 + 0,212 X_1 - 1,052X_2$. Namun, persamaan tersebut masih dalam bentuk transformasi data logaritma natural (ln). Oleh karena itu, untuk memudahkan dalam proses perhitungan dosis koagulan persamaan ini dikembalikan ke dalam bentuk aslinya dengan rumus sebagai berikut. $\hat{Y} = e^{0,982+0,212 (\ln (X_1))-1,052 (\ln(X_2))}$ atau

$$\text{Dosis Koagulan IPA III} = e^{0,982+0,212 (\ln (\text{Turbidity}))-1,052 (\ln(\text{pH}))} \text{ ppm}$$

3.4 Validasi

Validasi dilakukan dengan Koefisien Determinasi, Uji F Simultan, Uji T Parsial. Berdasarkan tabel 3.3, dapat dilihat bahwa model regresi ini memiliki R-Square (Koefisien Determinasi) sebesar 0,73,378 sehingga dapat dikatakan bahwa *Turbidity* (X₁) dan pH (X₂) dapat menjelaskan variabel dosis koagulan (Y) sebesar 73,378%, sedangkan

sisanya dipengaruhi oleh variabel – variabel lain yang tidak dimasukkan dalam model regresi ini.

Tabel 4. Regression Statistics

Regression Statistics	
Multiple R	0,856607799
R Square	0,733776922
Adjusted R Square	0,732310128
Standard Error	0,140267271
Observations	366

Kemudian, dilakukan uji F simultan dengan menggunakan ANOVA pada yang ditunjukkan pada tabel 3.4 dan didapatkan bahwa Sig. F sebesar 0,000 yang berarti bahwa Turbidity (X1) dan pH (X2) berpengaruh signifikan secara bersama – sama terhadap variabel dosis koagulan (Y).

Tabel 5. ANOVA

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Sig F
Regression	2	19,685	9,843	500,259	0,000
Residual	363	7,142	0,020		
Total	365	26,827			

Setelah itu, dilakukan uji T Parsial dengan yang ditunjukkan pada tabel 3.2 dan didapatkan bahwa P-Value Turbidity sebesar 0,000 dan P-Value pH sebesar 0,04 dan keduanya kurang dari 0,05 yang berarti bahwa Turbidity (X1) dan pH (X2) berpengaruh signifikan secara parsial terhadap variabel dosis koagulan (Y).

3.5 Penggunaan Persamaan Regresi dalam Penentuan Dosis Koagulan Optimum di IPA Kaligarang III

Berikut merupakan perhitungan dosis koagulan optimum menggunakan persamaan regresi di IPA Kaligarang III jika diketahui *turbidity* sebesar 45,3 NTU dan pH sebesar 7,853.

$$\text{Dosis Koagulan IPA III} = e^{0,982+0,212 (\ln (\text{Turbidity})-1,052 (\ln (\text{pH})))} \text{ ppm}$$

$$\text{Dosis Koagulan IPA III} = e^{0,982+0,212 (\ln (45,3)-1,052 (\ln (7,853)))} \text{ ppm}$$

$$\text{Dosis Koagulan IPA III} = 52,38 \text{ ppm}$$

Berdasarkan persamaan regresi tersebut, didapatkan dosis koagulan IPA III sebesar 52,38 ppm. Kemudian, dilakukan *jar test* sebagai simulasi proses penjernihan air dengan menggunakan dosis tersebut dan didapatkan nilai *turbidity* sebesar 2,39 NTU dengan pH 7,396 dan dapat ditentukan efisiensi penggunaan dosis koagulan dari proses tersebut. Efisiensi atau kemampuan koagulan untuk menurunkan tingkat kekeruhan air pada proses koagulasi/flokulasi dapat dihitung dengan membandingkan kekeruhan air sebelum dan sesudah proses koagulasi/flokulasi (Sutapa, 2014). Berikut merupakan perhitungan efisiensi koagulasi.

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

$$\text{Efisiensi (\%)} = \frac{45,3 - 2,39}{45,3} \times 100 = 94,72\%$$

Berdasarkan perhitungan, dapat ditarik kesimpulan bahwa proses penjernihan air baku dengan *turbidity* sebesar 45,3 NTU dan pH sebesar 7,853 dengan dosis 52,38 ppm bekerja dengan efisiensi sebesar 94,72% sehingga didapatkan *turbidity* air

bersih sebesar 2,39 NTU dengan pH 7,396. *Turbidity* dan pH air bersih yang dihasilkan sudah memenuhi persyaratan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum dimana *turbidity* air minum harus kurang dari 5 NTU dengan pH diantara 6,5 hingga 8,5.

3.6 Perbandingan Penggunaan Dosis Koagulan di IPA Kaligarang III dan IPA Kaligarang IV.

Berdasarkan perhitungan persamaan regresi, didapatkan bahwa persamaan dosis koagulan optimum untuk IPA Kaligarang III adalah *Dosis Koagulan IPA III* = $e^{0,982+0,212 (\ln (\text{Turbidity})-1,052 (\ln (\text{pH})))}$ ppm, sedangkan persamaan dosis koagulan optimum untuk IPA Kaligarang IV adalah *Dosis Koagulan IPA IV* = $e^{-1,002+0,210 (\ln (\text{Turbidity})+2,042 (\ln (\text{pH})))}$ ppm.

Berdasarkan kedua persamaan tersebut, dapat ditentukan dosis koagulan yang digunakan untuk pengolahan air baku dengan *turbidity* sebesar 45,3 NTU dan pH sebesar 7,853 IPA Kaligarang III membutuhkan dosis koagulan sebesar 52,38 ppm, sedangkan IPA Kaligarang IV membutuhkan dosis koagulan sebesar 55 ppm pada IPA Kaligarang IV.

Penggunaan dosis koagulan pada IPA Kaligarang III berbeda dengan IPA Kaligarang IV karena beberapa faktor. Pertama, sistem pengolahan air pada IPA Kaligarang III berbeda dengan IPA Kaligarang IV. IPA Kaligarang III menggunakan sistem pengolahan air secara *rectangular clarifier* dengan kapasitas produksi 282 liter per detik, sedangkan IPA Kaligarang IV menggunakan sistem *circular clarifier* dengan kapasitas produksi 278 liter per detik.

Secara umum, perbedaan bentuk *clarifier* tidak mempengaruhi kinerja atau performansi dari pengolahan air. Namun, *rectangular clarifier* menyediakan jalur yang lebih panjang untuk aliran air dan partikel tersuspensi untuk bergerak pada proses koagulasi dan flokulasi dibandingkan *circular clarifier*. Oleh karena itu, penggunaan dosis koagulan pada *circular clarifier* lebih tinggi dibandingkan *rectangular clarifier* supaya proses koagulasi dan flokulasi koagulan lebih optimal (Brentwood Industries, 2017).

Selain itu, dosis yang dihasilkan dengan persamaan regresi dipengaruhi oleh data historis dimana pada perhitungan *setting* pompa dosing, dosis koagulan berbanding terbalik dengan debit air sehingga apabila debit air kecil maka dosis koagulan akan meningkat. Debit air pada IPA Kaligarang IV cenderung lebih kecil daripada debit air pada IPA Kaligarang III sehingga dosis koagulan optimal IPA Kaligarang IV akan lebih besar daripada dosis koagulan IPA Kaligarang III.

3.7 Usulan Perbaikan

Usulan rekomendasi yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah Perumda Air Minum Tirta Moedal Kota Semarang dapat menggunakan persamaan regresi ini sebagai pertimbangan praktis penentuan dosis

koagulan yang digunakan dalam Instalasi Pengolahan Air (IPA) Kaligarang III. Selain itu, Perumda Air Minum Tirta Moedal Kota Semarang dapat melakukan peninjauan kembali dan mengevaluasi parameter – parameter air minum lainnya, seperti suhu, alkalinitas, UV *absorbance*, dalam penentuan dosis koagulan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan koefisien korelasi Pearson, diketahui bahwa variabel yang memiliki korelasi terkuat dengan dosis koagulan adalah turbidity. Turbidity dengan dosis koagulan memiliki nilai korelasi searah yang sangat kuat sebesar 0,855. Sedangkan, pH dengan dosis koagulan memiliki nilai korelasi searah yang sangat lemah sebesar 0,016.

Penentuan dosis optimal koagulan yang digunakan untuk menjernihkan air pada proses koagulasi – flokulasi pada IPA Kaligarang III dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut

$$\text{Dosis Koagulan IPA III} \\ = e^{0,982+0,212 (\ln (\text{Turbidity})-1,052 (\ln(\text{pH}))} \text{ ppm}$$

Model regresi ini telah lolos uji asumsi klasik yang terdiri atas, uji linearitas, uji normalitas, uji heterokedastisitas, uji autokorelasi, dan uji multikolinearitas sehingga dapat dikatakan model regresi telah bersifat BLUE (Best Linear Unbiased Estimators) dan dapat digunakan untuk melakukan prediksi dosis koagulan optimal.

Berdasarkan perhitungan persamaan regresi, proses pengolahan air baku dengan turbidity sebesar 45,3 NTU dan pH sebesar 7,853 membutuhkan dosis koagulan sebesar 52,38 ppm pada IPA Kaligarang III dengan turbidity akhir sebesar 2,39 NTU dan pH sebesar 7,396 sehingga diperoleh efisiensi sebesar 94,72%.

Penggunaan dosis koagulan pada IPA Kaligarang III lebih kecil dibandingkan dengan IPA Kaligarang IV karena sistem pengolahan air pada IPA Kaligarang III berbeda dengan IPA Kaligarang IV, debit air IPA Kaligarang III lebih besar dibandingkan IPA Kaligarang IV, dan dosis yang dihasilkan dengan persamaan regresi dipengaruhi oleh data historis dimana pada perhitungan setting pompa dosing, dosis koagulan berbanding terbaik dengan debit air sehingga apabila debit air kecil maka dosis koagulan akan meningkat.

Daftar Pustaka

Akhirina, C. N., Gumilar, N. A., Sianturi, C., Surya, R.

A., Wistyani, M. I., Baknur, F., Kristina, Y., & Elmy Diah Larasati. (2019). *PDAM Sehat dan Mandiri Melalui Kerjasama Investasi*. BPPSPAM.

Brentwood Industries. (2017). Rectangular vs. Circular Clarifiers: Which is better? *Brentwood Learning Center*, 1–5. <https://www.brentwoodindustries.com/resources/learning-center/water-wastewater/rectangular-vs-circular-clarifiers/>

EPA. (2014). *Optimisation of Chemical Coagulant Dosing at Water Treatment Works*. 15.

Haghiri, S., Daghighi, A., & Moharramzadeh, S. (2018). Optimum coagulant forecasting by modeling jar test experiments using ANNs. *Drinking Water Engineering and Science*, 11(1), 1–8. <https://doi.org/10.5194/dwes-11-1-2018>

J. Cotruvo, Fawell, J. K., Giddings, M., Jackson, P., Magara, Y., & E. Ohanian. (2007). pH in Drinking-water. In *WHO Guidelines for Drinking-water Quality* (Vol. 2, Issue 2). http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/ph_revised_2007_clean_version.pdf

Kemendikbud. (2013). *Pengelolaan Kualitas Air. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan*, 1–247.

Nasrullah, & Oktiawan, W. (2005). *Bahan Ajar Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Minum*. Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro.

Pakharuddin, N. H., Fazly, M. N., Ahmad Sukari, S. H., Tho, K., & Zamri, W. F. H. (2021). Water treatment process using conventional and advanced methods: A comparative study of Malaysia and selected countries. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 880(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/880/1/012017>

Peterson, F., & Gunderson, L. (2008). *Turbidity: Description, Impact on Water Quality, Sources, Measures -A General Overview*. March.

Sutapa, I. D. A. (2014). Optimalisasi dosis koagulan aluminium sulfat dan poli-aluminium plorida (PAC) untuk pengolahan air Sungai Tanjung dan Krueng Raya. *Jurnal Teknik Hidraulik*, 5(1), 29–42.

Walpole, R. E., & Myers, R. H. (1995). *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan* (4th ed.). Penerbit ITB.