

## PEMODELAN PREDIKTIF KEKERUHAN AIR HASIL FILTRASI SEBAGAI INSTRUMEN MITIGASI RESIKO KUALITAS AIR BERSIH BAGI KONSUMEN

### *PREDICTIVE MODELING OF FILTERED WATER TURBIDITY AS A RISK MITIGATION INSTRUMENT FOR CONSUMER WATER QUALITY*

Nelvidawati<sup>1</sup>, M Andre Kurnia Fresta<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Lingkungan Sarjana, Institut Teknologi Padang

Email korespondensi: [nelvidaus11@gmail.com](mailto:nelvidaus11@gmail.com)

#### ABSTRAK

**Latar belakang:** Kekерuhan merupakan parameter fisik krusial dalam media air yang dapat mempengaruhi efektivitas desinfeksi dan keamanan air minum masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan memodelkan hubungan kekeruhan air baku dan efluen unit akselerator terhadap kualitas air hasil filtrasi di IPA Gunung Pangilun, PDAM Kota Padang.

**Metode:** Penelitian ini menggunakan desain kuantitatif deskriptif dengan analisis regresi linier berganda untuk menganalisis hubungan kekeruhan dan membangun model prediksi filtrasi. Data dikumpulkan pada 1–5 Juni 2025 di tiga titik pengamatan (inlet, akselerator, dan filtrasi) menggunakan turbidimeter terkalibrasi sesuai SNI 8995:2021. Analisis meliputi statistik deskriptif, korelasi, regresi, serta validasi model dengan MAPE dan RMSE

**Hasil :** Hasil analisis deskriptif menunjukkan rata-rata kekeruhan air baku (4,00 NTU), unit akselerator (2,62 NTU), dan filtrasi (1,62 NTU) telah memenuhi standar Permenkes Nomor 2 Tahun 2023. Namun, ditemukan fluktuasi puncak pada unit filtrasi mencapai 3,68 NTU yang berpotensi menurunkan jaminan keamanan sanitasi. Analisis korelasi Pearson menunjukkan hubungan yang lemah antartahapan pengolahan ( $r < 0,3$ ). Model regresi linier berganda menghasilkan persamaan  $Y = 1,5268 - 0,0802X_1 + 0,1594X_2$  dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 6,29%, mengindikasikan bahwa variasi kualitas hasil filtrasi lebih dominan dipengaruhi oleh faktor operasional internal dibandingkan beban input. Validasi model menunjukkan nilai RMSE 0,52 dan MAPE 7,39%, yang berarti model memiliki akurasi sangat baik sebagai instrumen prediksi.

**Kesimpulan:** Rendahnya korelasi membuktikan sistem pengolahan berfungsi sebagai *buffer* yang efektif, namun pemantauan tren harian dan optimasi *backwash* tetap diperlukan untuk memitigasi risiko kesehatan masyarakat akibat lonjakan kekeruhan sesaat.

**Kata Kunci:** Kekерuhan, Regresi Linier Berganda, Kesehatan Masyarakat, IPA Gunung Pangilun.

#### ABSTRACT

**Background:** Turbidity is a crucial physical parameter in water media that can affect the effectiveness of disinfection and the safety of public drinking water. This study aims to analyze and model the relationship between raw water turbidity and accelerator unit effluent on the quality of filtered water at the Gunung Pangilun Water Treatment Plant (WTP), PDAM Padang.

**Methods:** This study used a descriptive quantitative design with multiple linear regression analysis to analyze the relationship between turbidity and filtration and develop a filtration prediction model. Data were collected from June 1–5, 2025, at three observation points (inlet, accelerator, and filtration) using a turbidimeter calibrated according to SNI 8995:2021. The analysis included descriptive statistics, correlation, regression, and model validation using MAPE and RMSE.

**Results:** Descriptive analysis results showed that the average turbidity of raw water (4.00 NTU), accelerator unit (2.62 NTU), and filtration (1.62 NTU) complied with the standards of the Minister of Health Regulation Number 2 of 2023. However, a peak fluctuation in the filtration unit reached 3.68 NTU, which potentially reduces sanitation safety assurance. Pearson correlation analysis indicated weak relationships between treatment stages ( $r < 0.3$ ). The multiple linear regression model produced the equation  $Y = 1.5268 - 0.0802X_1 + 0.1594X_2$  with a coefficient of determination ( $R^2$ ) of 6.29%, indicating that variations in filtration quality are more dominantly influenced by internal operational

*factors than input loads. Model validation showed an RMSE of 0.52 and a MAPE of 7.39%, signifying that the model has excellent accuracy as a predictive instrument.*

**Conclusion:** *The low correlation proves that the treatment system functions as an effective buffer; nonetheless, daily trend monitoring and backwash optimization remain necessary to mitigate public health risks due to momentary turbidity spikes.*

**Keywords:** *Turbidity, Multiple Linear Regression, Public Health, Gunung Pangilun WTP.*

## PENDAHULUAN

Air bersih merupakan kebutuhan dasar manusia yang pemenuhannya harus menjamin aspek kuantitas dan kualitas sesuai standar kesehatan yang berlaku<sup>1</sup>. Kekeruhan (*turbidity*) menjadi parameter fisik utama dalam menentukan efektivitas pengolahan air, terutama pada sumber air permukaan yang rentan terhadap kontaminasi material organik dan anorganik<sup>2</sup>. Secara kesehatan lingkungan, tingkat kekeruhan yang tinggi bukan hanya masalah estetika, melainkan juga risiko bagi kesehatan masyarakat karena partikel tersuspensi dapat menjadi media pelindung bagi patogen mikrobiologis dari proses desinfeksi<sup>3</sup>. Oleh karena itu, pengendalian kekeruhan di Instalasi Pengolahan Air (IPA) sangat krusial untuk mencegah penularan penyakit bawaan air (*water-borne diseases*)<sup>4</sup>.

Instalasi Pengolahan Air (IPA) Gunung Pangilun PERUMDA Kota Padang merupakan fasilitas vital yang memanfaatkan Sungai Batang Kuranji sebagai sumber air baku utamanya. Karakteristik sungai ini memiliki fluktuasi kekeruhan yang sangat dinamis akibat curah hujan, perubahan musim, dan kondisi daerah tangkapan air<sup>5</sup>. Perubahan drastis pada kualitas air baku tersebut berdampak langsung terhadap efisiensi unit pengolahan, khususnya pada unit akselerator dan unit filtrasi yang memegang peranan kunci dalam reduksi kekeruhan<sup>6</sup>. Kegagalan dalam mengantisipasi lonjakan kekeruhan dapat menyebabkan air hasil olahan melampaui ambang batas aman yang ditetapkan dalam regulasi nasional.

Pentingnya pengendalian parameter ini ditegaskan dalam Peraturan Menteri Kesehatan (Permenkes) No. 2 Tahun 2023 mengenai standar baku mutu kesehatan lingkungan untuk media air<sup>7</sup>. Standar ini menuntut setiap penyelenggara air minum untuk menjaga kualitas air agar tetap aman bagi konsumsi manusia. Dalam konteks operasional di IPA Gunung Pangilun, hubungan antara tingkat

kekeruhan antar unit pengolahan seringkali tidak bersifat linier karena dipengaruhi oleh berbagai faktor teknis seperti dosis koagulan, laju alir, waktu tinggal, dan kondisi media filtrasi<sup>8</sup>. Tanpa adanya sistem monitoring yang terukur, risiko distribusi air yang tidak memenuhi syarat kesehatan menjadi sangat tinggi<sup>9</sup>.

Guna mengatasi kompleksitas tersebut, diperlukan pendekatan analisis dan pemodelan prediktif sebagai instrumen pengendalian mutu secara *real time*<sup>10</sup>. Pemodelan prediktif berfungsi untuk mengidentifikasi pola hubungan antar parameter dan membantu operator dalam pengambilan keputusan operasional yang lebih presisi, seperti penentuan dosis koagulan yang optimal<sup>11</sup>. Melalui pemodelan yang akurat, konsistensi mutu air dapat tetap terjaga meskipun terjadi fluktuasi kualitas pada air baku<sup>12</sup>. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan efisiensi proses pengolahan, tetapi juga menjamin perlindungan kesehatan masyarakat melalui penyediaan air yang stabil dan aman.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tren perubahan kekeruhan dan mengembangkan model prediksi menggunakan regresi linier berganda yang menghubungkan air baku, unit akselerator, hingga hasil filtrasi. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi data operasional harian sebagai dasar pembangunan model peringatan dini (*early warning system*) bagi pengelola instalasi. Manfaat penelitian ini diharapkan dapat memberikan landasan ilmiah bagi optimalisasi kinerja sistem pengolahan air di PERUMDA Kota Padang, sekaligus memastikan bahwa air yang didistribusikan senantiasa berada di bawah ambang batas aman kesehatan bagi seluruh pelanggan.

## METODE

Penelitian ini menggunakan desain kuantitatif deskriptif dengan pendekatan analisis statistik regresi linier berganda. Fokus utama penelitian adalah menganalisis interaksi antarparameter kekeruhan pada setiap tahapan proses pengolahan dan membangun model prediksi performa unit filtrasi menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel. Data penelitian diperoleh melalui monitoring kualitas air secara intensif pada tanggal 1 – 5 Juni 2025, dengan periode pengamatan mulai pukul 08.00 WIB hingga 17.00 WIB pada interval waktu satu jam<sup>13</sup>.

Guna menjamin validitas dan reliabilitas data sebelum dilakukan analisis statistik, prosedur pengambilan sampel air dilakukan secara sistematis pada tiga titik pengamatan yaitu air baku (*inlet*), keluaran unit akselerator, dan hasil proses filtrasi. Prosedur pengambilan dan penanganan sampel dilaksanakan berdasarkan standar SNI 8995:2021 mengenai metode pengambilan contoh uji air untuk pengujian fisika dan kimia. Pengukuran parameter kekeruhan dilakukan secara *in situ* menggunakan alat turbidimeter yang telah dikalibrasi, guna memastikan bahwa data yang digunakan mencerminkan kondisi aktual operasional di IPA Gunung Pangilun dan memenuhi standar validitas data kesehatan.

Variabel penelitian ini adalah variabel bebas 1 ( $X_1$ ) untuk data kekeruhan air baku, variabel bebas 2 ( $X_2$ ) untuk data kekeruhan setelah akselerator dan variabel terikat ( $Y$ ) untuk data kekeruhan setelah filtrasi. Beberapa analisis data yang dilakukan adalah:

1. Analisis deskriptif digunakan untuk mengetahui karakteristik umum data seperti nilai rata-rata, maksimum, minimum, dan standar deviasi<sup>14</sup>.
2. Uji korelasi dilakukan untuk mengetahui kekuatan hubungan antar parameter kekeruhan. Hubungan dianggap kuat apabila koefisien korelasi ( $r$ ) nya berada pada range  $0,5 < r \leq 0,75$  dan korelasi sangat kuat jika berada pada range  $0,75 < r \leq 0,99$ <sup>15</sup>.
3. Analisis regresi linear berganda digunakan untuk membangun hubungan antara 2 (dua) variabel  $X$  dan variabel  $Y$ <sup>16</sup> dalam hal ini kekeruhan setelah filtrasi sebagai variabel  $Y$  kekeruhan air baku sebagai variabel  $X_1$  dan kekeruhan setelah akselerator sebagai

variabel  $X_2$ . Bentuk umum persamaan regresi adalah:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2$$

Keterangan:

$Y$  = kekeruhan setelah filtrasi (NTU)

$X_1$  = kekeruhan air baku (NTU)

$X_2$  = kekeruhan setelah akselerator (NTU)

$a$  = konstanta (intercept)

$b_1, b_2$  = koefisien regresi

4. Validasi model dilakukan untuk menilai ketepatan dan keandalan model regresi<sup>17</sup>. Proses validasi melibatkan perbandingan antara nilai aktual ( $Y_{\text{aktual}}$ ) dan prediksi ( $Y_{\text{pred}}$ ) yang dihasilkan dari persamaan regresi menggunakan rumus :

$$Y_{\text{pred}} = a + b_1X_1 + b_2X_2$$

- a. Perhitungan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*)

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{Y_{\text{aktual},i} - Y_{\text{pred},i}}{Y_{\text{aktual},i}} \right| \times 100\%$$

Kriteria akurasi model berdasarkan nilai MAPE:

- $< 10\%$ , interpretasi model sangat akurat
- $10 - 20\%$ , interpretasi model baik
- $20 - 50\%$ , interpretasi model wajar
- $> 50\%$ , interpretasi model tidak akurat

- b. Perhitungan RMSE (*Root Mean Square Error*)

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum (Y_{\text{aktual}} - Y_{\text{pred}})^2}{n}}$$

Jika nilai RMSE kecil, maka nilai yang diprediksi dekat dengan nilai yang diamati dan jika besar, maka sebaliknya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan ini menyajikan hasil evaluasi terhadap kinerja Instalasi Pengolahan Air (IPA) Gunung Pangilun dalam mereduksi parameter kekeruhan dari hulu hingga hilir. Analisis diawali dengan pemaparan deskriptif untuk melihat karakteristik kualitas air pada setiap unit pengolahan, diikuti dengan analisis tren fluktuasi harian guna mengidentifikasi

stabilitas sistem pengolahan terhadap dinamika lingkungan. Selanjutnya, dilakukan analisis korelasi Pearson dan pemodelan regresi linier berganda untuk memahami interaksi antarparameter serta memprediksi efektivitas filtrasi. Seluruh hasil analisis ini kemudian diinterpretasikan berdasarkan standar kesehatan nasional untuk memberikan gambaran mengenai keamanan air minum bagi masyarakat secara berkelanjutan.

1. Analisis deskriptif data hasil pengukuran. Karakteristik fisik air pada Instalasi Pengolahan Air (IPA) Gunung Pangilun dianalisis melalui tiga titik pengamatan utama untuk mengevaluasi efisiensi penyisihan kekeruhan di setiap tahapan proses. Ringkasan statistik deskriptif dari hasil pemantauan selama lima hari disajikan pada Tabel 1.

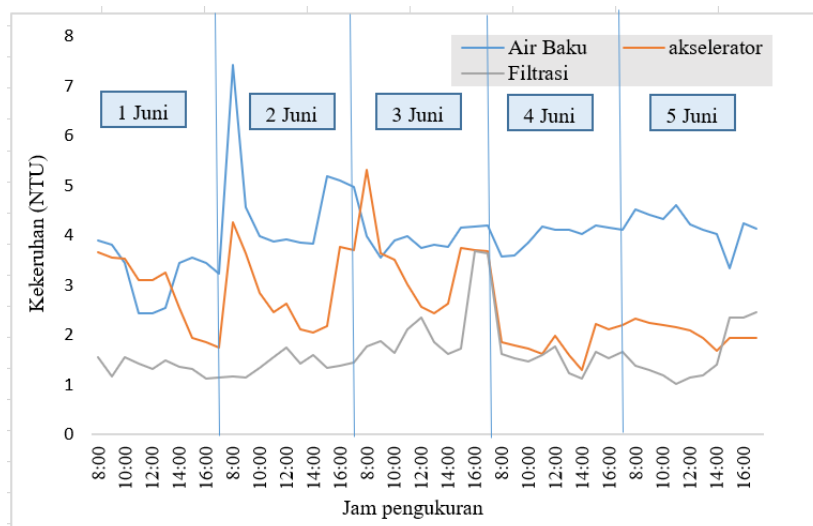
**Tabel 1. Ringkasan Statistik Deskriptif Kekeruhan pada Setiap Tahap Pengolahan**

Parameter Statistik	Air Baku (NTU)	Akselerator (NTU)	Filtrasi (NTU)
Rata-rata ( <i>Mean</i> )	4,00	2,62	1,62
Nilai Minimum	2,43	1,30	1,01
Nilai Maksimum	7,43	5,32	3,68
Standar Deviasi	0,73	0,86	0,54
Efisiensi Tahapan	-	34,50%	38,17%
Efisiensi Total	-	-	59,50%

- a. Kualitas Air Baku dan Kepatuhan Regulasi Rata-rata kekeruhan air baku tercatat sebesar 4,00 NTU. Merujuk pada Peraturan Menteri Kesehatan No. 2 Tahun 2023 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air, nilai ini berada jauh di bawah ambang batas maksimal 25 NTU untuk keperluan higiene sanitasi. Meskipun demikian, fluktuasi sesaat mencapai 7,43 NTU menunjukkan adanya dinamika sedimen pada Sungai Batang Kuranji yang memerlukan kesiapan sistem pengolahan dalam mereduksi beban pencemar fisik secara konsisten.
  - b. Performa Unit Akselerator Pada unit akselerator, terjadi penurunan rata-rata kekeruhan menjadi 2,62 NTU dengan efisiensi penyisihan sebesar 34,50%. Unit ini berfungsi sebagai *primary barrier* yang krusial dan keberhasilan menurunkan kekeruhan di bawah 5 NTU sebelum memasuki unit filtrasi sangat penting untuk mencegah terjadinya perisai (*shielding*) bagi mikroorganisme patogen yang dapat mengganggu efektivitas proses klorinasi di tahap akhir.
  - c. Performa Unit Filtrasi dan Jaminan Kesehatan Masyarakat Tahap filtrasi sebagai benteng terakhir menunjukkan performa yang stabil dengan rata-rata efluen sebesar 1,62 NTU. Terjadi peningkatan efisiensi sebesar 38,17% dari tahap sebelumnya, sehingga secara total sistem IPA mampu mereduksi kekeruhan hingga 59,50%. Namun, perlu diperhatikan nilai maksimum pada unit filtrasi yang mencapai 3,68 NTU pada hari ketiga. Mengingat ambang batas Media Air Minum menurut Permenkes No. 2 Tahun 2023 adalah 3 NTU, maka lonjakan ini mengindikasikan adanya risiko kejenuhan media filter (*breakthrough*) pada waktu tertentu. Dari sisi teknis, kondisi ini mengharuskan adanya evaluasi jadwal cuci balik (*backwash*) yang lebih ketat guna menjamin kualitas air minum yang didistribusikan tetap berada dalam koridor aman bagi kesehatan masyarakat.
2. Analisis Tren Data Kekeruhan Analisis tren fluktuasi kekeruhan pada air baku, unit akselerator, dan proses filtrasi menunjukkan pola distribusi yang konsisten selama periode pengamatan. Secara harian, nilai kekeruhan tertinggi terdeteksi pada pagi hari antara pukul 08.00 WIB hingga

09.00 WIB, yang kemudian mengalami penurunan secara gradual hingga sore hari. Tren antarhari menunjukkan bahwa beban kekeruhan puncak pada air baku terjadi pada hari kedua pemantauan, yang diduga berkaitan dengan dinamika debit dan sedimen sungai akibat faktor cuaca. Memasuki hari kelima, tren penurunan kekeruhan menjadi lebih stabil, yang mengindikasikan adanya peningkatan efisiensi proses seiring dengan kestabilan kualitas air sumber. Unit akselerator dan

filtrasi secara konsisten menunjukkan tren reduksi yang signifikan di setiap tahap pengolahan, dengan performa penyisihan partikel tersuspensi mencapai titik optimal pada akhir periode pengamatan. Secara visual, pola penurunan bertahap dari air baku hingga efluen filtrasi ini memperlihatkan keberhasilan sistem *multi-barrier* di IPA Gunung Pangilun dalam menjaga kualitas fisik air, sebagaimana disajikan secara detail pada Gambar 1.



Gambar 1. Tren Data Kekeruhan Air Baku, Sesudah Proses Akselerator dan Filtrasi

### 3. Analisis korelasi

Analisis korelasi Pearson ( $r$ ) dilakukan untuk mengevaluasi kekuatan hubungan antar-tahapan pengolahan kekeruhan. Hasil analisis menunjukkan bahwa korelasi antara kekeruhan air baku dan unit akselerator sebesar 0,19, yang mengindikasikan adanya hubungan searah dengan kekuatan yang sangat lemah. Hal ini menunjukkan bahwa fluktuasi pada kualitas air baku hanya memberikan pengaruh minimal terhadap kinerja unit akselerator. Korelasi antara kekeruhan air baku dengan hasil filtrasi menunjukkan nilai -0,06, yang mengisyaratkan hampir tidak adanya hubungan linear, bahkan cenderung berlawanan arah secara insignifikan. Fenomena ini membuktikan bahwa variasi kualitas pada sumber air baku tidak secara langsung menentukan kualitas akhir air minum, selama sistem pengolahan bekerja sebagai *buffer*. Di sisi lain, hubungan antara unit akselerator dan filtrasi menunjukkan korelasi positif lemah sebesar 0,22. Nilai ini

mengindikasikan bahwa peningkatan kekeruhan pada efluen akselerator cenderung diikuti oleh peningkatan kekeruhan hasil filtrasi, meskipun kontribusinya tidak dominan.

Secara keseluruhan, seluruh variabel memiliki kekuatan hubungan yang lemah ( $r < 0,3$ ). Kondisi ini mengindikasikan bahwa kualitas air hasil filtrasi lebih dipengaruhi oleh faktor-faktor teknis operasional dibandingkan karakteristik air input, seperti akurasi dosis koagulan, stabilitas debit aliran, maupun kondisi saturasi media filter. Dari aspek prasyarat statistik, rendahnya nilai korelasi antara variabel independen (air baku dan akselerator sebesar 0,19) memastikan bahwa tidak terdapat masalah multikolinearitas yang serius dalam model. Oleh karena itu, data tersebut memenuhi syarat untuk dilanjutkan ke tahapan analisis regresi linier berganda<sup>4</sup>.

### 4. Analisis Regresi

Analisis regresi dilakukan untuk memodelkan hubungan antara variabel

independen, yaitu kekeruhan air baku ( $X_1$ ) dan kekeruhan efluen akselerator ( $X_2$ ), terhadap kekeruhan hasil filtrasi ( $Y$ ) sebagai variabel dependen. Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan Microsoft Excel, diperoleh persamaan regresi sebagai berikut:

$$Y = 1,5268 - 0,0802X_1 + 0,1594X_2$$

Hasil analisis menunjukkan nilai koefisien korelasi ( $R$ ) sebesar 0,2507 dan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,0629. Hal ini mengindikasikan bahwa hanya sebesar 6,29% variasi kekeruhan air hasil filtrasi yang dapat dijelaskan oleh kombinasi variabel air baku dan unit akselerator. Sisanya, sebesar 93,71%, dipengaruhi oleh variabel lain di luar model, seperti kondisi degradasi media filter, fluktuasi laju filtrasi, efektivitas pencucian balik (*backwash*), serta parameter kualitas air lainnya yang tidak terukur dalam penelitian ini.

Nilai *Adjusted R<sup>2</sup>* sebesar 0,0221 mengonfirmasi bahwa model regresi ini memiliki kemampuan prediktif yang sangat terbatas. Hal ini menunjukkan bahwa variasi hasil filtrasi di IPA Gunung Pangilun lebih dominan dipengaruhi oleh faktor teknis operasional alat dibandingkan sekadar kualitas input air baku. Berdasarkan uji ANOVA, diperoleh nilai  $F_{hitung}$  sebesar 1,5427 dengan tingkat signifikansi 0,2247 ( $p > 0,05$ ). Secara statistik, hal ini berarti variabel kekeruhan air baku dan efluen akselerator secara simultan tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap kekeruhan hasil filtrasi. Selanjutnya, untuk mengevaluasi pengaruh masing-masing variabel secara parsial, dilakukan uji  $t$ . Hasil uji ini memberikan gambaran lebih mendalam mengenai kontribusi tiap tahapan pengolahan terhadap kualitas akhir air minum, seperti yang terlihat dalam Tabel 2.

**Tabel 2 Ringkasan Hasil Uji  $t$**

Variabel	Koefisien	$t$ hitung	P-value	Keterangan
Intercept	1.5268	3.3617	0.0016	Signifikan
$X_1$ (Air Baku)	-0.0802	-0.7528	0.4554	Tidak signifikan
$X_2$ (Akselerator)	0.1594	1.7041	0.0951	Hampir signifikan

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 2, hasil uji  $t$  memberikan gambaran pengaruh masing-masing variabel independen terhadap kualitas air hasil filtrasi. Kekeruhan air baku ( $X_1$ ) memiliki nilai  $p$ -value sebesar 0,455 ( $p > 0,05$ ), sehingga dapat disimpulkan bahwa variasi pada air baku tidak berpengaruh signifikan secara statistik terhadap kekeruhan hasil filtrasi. Fenomena ini mengindikasikan bahwa fluktuasi kualitas pada sumber air telah tereduksi secara efektif melalui proses koagulasi dan sedimentasi di unit akselerator, sehingga perubahan beban pada *intake* tidak langsung mendistorsi kualitas akhir air minum.

Di sisi lain, kekeruhan efluen akselerator ( $X_2$ ) memiliki nilai  $p$ -value sebesar 0,095 ( $p < 0,10$ ), yang menunjukkan signifikansi pada taraf kepercayaan 90%. Koefisien regresi positif pada  $X_2$  (0,159) mengimplikasikan bahwa setiap peningkatan 1 NTU kekeruhan pada unit

akselerator akan menaikkan kekeruhan hasil filtrasi sebesar 0,159 NTU, dengan asumsi variabel lain konstan. Hal ini selaras dengan prinsip disain bahwa filtrasi sangat bergantung pada beban partikel tersuspensi yang masuk ke media filter.

Rendahnya nilai  $R^2$  menunjukkan bahwa variasi kualitas hasil filtrasi tidak sepenuhnya ditentukan oleh karakteristik air input, melainkan lebih dominan dipengaruhi oleh faktor internal unit pengolahan. Faktor-faktor tersebut meliputi kondisi fisik media filter (tingkat kejenuhan, ketebalan lapisan pasir, dan distribusi ukuran butir), serta efektivitas operasional seperti frekuensi *backwash* dan stabilitas laju filtrasi (*flow rate*). Secara teoritis, unit filtrasi bekerja optimal apabila beban partikel masuk relatif konstan, beban yang terlalu tinggi akan mempercepat penyumbatan pori media (*clogging*), yang berisiko menurunkan kualitas air hasil olahan.

## 5. Validasi Model

Untuk mengukur keandalan model dalam memprediksi kualitas air, dilakukan uji validasi menggunakan parameter *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Hasil validasi menunjukkan nilai RMSE sebesar 0,52, yang menandakan deviasi antara nilai prediksi dan nilai aktual sangat rendah. Selain itu, nilai MAPE sebesar 7,39% (< 10%) mengategorikan model ini memiliki tingkat ketelitian yang sangat baik.

Meskipun hubungan antar parameter tergolong lemah secara korelasi, hasil validasi mengonfirmasi bahwa model regresi ini masih sangat layak dan akurat untuk digunakan sebagai instrumen prediksi kekeruhan air dalam kondisi operasional serupa di IPA Gunung Pangilun, PDAM Kota Padang. Antisipasi terhadap penurunan kualitas air sebelum didistribusikan merupakan bagian penting dalam manajemen risiko kesehatan masyarakat.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa hubungan antara parameter fisis air baku dengan tingkat kekeruhan pada unit akselerator dan filtrasi di IPA Gunung Pangilun tergolong lemah. Hal ini dibuktikan dengan nilai korelasi Pearson kekeruhan air baku dan efluen akselerator terhadap hasil filtrasi yang masing-masing hanya sebesar -0,06 dan 0,22. Analisis regresi linear berganda menghasilkan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,0629, yang mengindikasikan bahwa hanya 6,29% variasi kekeruhan hasil filtrasi yang dipengaruhi oleh kedua variabel bebas tersebut secara simultan. Meskipun uji ANOVA menunjukkan model belum signifikan secara statistik ( $p > 0,05$ ), hasil validasi model memberikan nilai RMSE sebesar 0,52 NTU dan MAPE sebesar 7,39%. Angka tersebut menunjukkan bahwa tingkat kesalahan prediksi model sangat rendah dengan akurasi pada kategori sangat baik, sehingga model tetap layak digunakan sebagai instrumen estimasi dalam kondisi operasional serupa.

Secara implikasi operasional, rendahnya korelasi ini menunjukkan bahwa unit pengolahan di IPA Gunung Pangilun memiliki resiliensi yang baik dalam meredam fluktuasi

kualitas air baku (sebagai *buffer*), di mana efisiensi filtrasi lebih dominan dipengaruhi oleh faktor teknis internal dibandingkan beban input. Dari aspek kesehatan lingkungan, stabilitas hasil filtrasi yang rata-rata mencapai 1,62 NTU memastikan bahwa air yang didistribusikan telah memenuhi standar Permenkes No. 2 Tahun 2023 (maksimal 3 NTU). Hal ini sangat krusial untuk menjamin efektivitas proses desinfeksi akhir, karena terjaganya nilai kekeruhan di bawah ambang batas akan meminimalisir risiko perisai (*shielding*) bagi mikroorganisme patogen, sehingga keamanan air minum bagi masyarakat tetap terjamin secara konsisten.

Penelitian lanjutan disarankan untuk mengembangkan model prediktif yang lebih kompleks dengan melibatkan variabel operasional tambahan, seperti laju filtrasi, efektivitas dosis koagulan, dan durasi saturasi media filter. Penggunaan metode statistik lanjutan seperti regresi non-linear yang dapat dipertimbangkan untuk menangkap karakteristik data yang bersifat dinamis. Selain itu, optimalisasi jadwal pencucian balik (*backwash*) berbasis data prediksi sangat direkomendasikan bagi pihak pengelola IPA guna mencegah potensi kebocoran partikel (*breakthrough*) yang dapat menurunkan kualitas air hasil olahan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Dinka, M. O. Safe Drinking Water: Concepts, Benefits, Principles and Standards. *Water Challenges an Urban. World* <https://doi.org/10.5772/intechopen.71352> (2018) doi:10.5772/intechopen.71352.
2. Tamjidillah, M., Ramadhan, M. N., Setiawan, M. F. & Iberahim, J. Characteristics Of Raw Water Sources And Analysis Of The Optimal Model Of The Mixing Process With Parameter Design In Clean Water Pump Installations. *Eastern-European J. Enterp. Technol.* **5**, 6–14 (2021).
3. Obayomi, O. V. *et al.* Exploring emerging water treatment technologies for the removal of microbial pathogens. *Curr. Res. Biotechnol.* **8**, 100252 (2024).
4. Milla Karunia Candra, Elvania, N. C. & Purwaningrum, S. I. Analisis Efektivitas

- Kinerja Instalasi Pengolahan Air (IPA) PDAM Tirta Buana Bojonegoro. *J. EnviScience (Environment Sci.* **9**, 154–166 (2025).
5. Al Sawaf, M. B., Kawanisi, K. & Bahreinimotlagh, M. Examining the Relationship between Rainfall, Runoff, and Turbidity during the Rainy Season in Western Japan. *GeoHazards* **5**, 176–191 (2024).
  6. Nu'aimah Zena & Hendrasarie Novirina. Efektivitas Unit Clarifier, Filtrasi, Desinfeksi dan Reservoir di Instalasi Pengolahan Air (IPA) 2 Krian. *J. Serambi Eng.* **X**, 14412–14420 (2025).
  7. Kementerian Kesehatan. Permenkes No. 2 Tahun 2023. *Kemendes Republik Indones.* 1–175 (2023).
  8. Sheng, D. P. W., Bilad, M. R. & Shamsuddin, N. Assessment and Optimization of Coagulation Process in Water Treatment Plant: A Review. *ASEAN J. Sci. Eng.* **3**, 79–100 (2023).
  9. Odhiambo, M., Viñas, V., Sokolova, E. & Pettersson, T. J. R. Health risks due to intrusion into the drinking water distribution network: hydraulic modelling and quantitative microbial risk assessment. *Environ. Sci. Water Res. Technol.* **9**, 1701–1716 (2023).
  10. Sari, A. F., Panjaitan, S. D. & Sanjaya, B. W. Optimasi Pemantauan Kualitas Air Baku Dengan Metode Arima dan Teknologi IOT pada Bak Sedimentasi IPA III. *J. Teknol. Lingkung. Lahan Basah* **12**, 720–729 (2024).
  11. Papageorgiou, N., Pournara, D., Apostolou, D. & Mentzas, G. Managing industrial water treatment processes knowledge with knowledge graphs. *Intell. Decis. Technol.* **19**, 687–717 (2025).
  12. Zainurin, S. N. *et al.* Advancements in Monitoring Water Quality Based on Various Sensing Methods: A Systematic Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **19**, (2022).
  13. Fresta, M. A. K. Tinjauan Sistem Kerja Bak Accelator Pada Instalasi Pengolahan Air (IPA) Gunung Pangilun PDAM Kota Padang, *Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang.* (2025).
  14. Putu Gede Subhaktiyasa, Sang Ayu Ketut Candrawati, N. Putri Sumaryani, Ni Wayan Sunita & Abd. Syakur. Penerapan Statistik Deskriptif: Perspektif Kuantitatif dan Kualitatif. *Emasains J. Edukasi Mat. dan Sains* **14**, 96–104 (2025).
  15. Mundir. Buku Statistik Pendidikan. *Deepulish (Grup Penerbitan CV Budi Utama)* (2017).
  16. Notoatmodjo. *Metodologi Penelitian Kuantitatif Dan Kualitatif Pada Penelitian Kesehatan.* Cv Science Techno Direct (2020).
  17. Chicco, D., Warrens, M. J. & Jurman, G. The coefficient of determination R-squared is more informative than SMAPE, MAE, MAPE, MSE and RMSE in regression analysis evaluation. *PeerJ Comput. Sci.* **7**, 1–24 (2021).