

PENGEMBANGAN INDEKS KEPATUHAN KUALITAS AIR UNTUK EVALUASI KINERJA INSTALASI PENGOLAHAN AIR DI KABUPATEN GORONTALO

*Aristi Ayuningsi Ode Asri¹ dan Dwianto²

^{1,2}Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia

*Corresponding Author, Received: Jan. 2026, Revised: Mar. 2026, Accepted: Jul. 2026

ABSTRACT: The performance of Water Treatment Plants (WTPs) is generally evaluated by assessing compliance with individual quality standards, without producing an integrated performance metric. As part of a Compliance-Based Evaluation Framework, this study developed the Water Quality Compliance Index (WQCI / Indeks Kepatuhan Kualitas Air, IKKA) to evaluate the performance of six WTPs in Gorontalo Regency: Pulubala, Tilango, Pilohayanga, Bulota, Tabongo, and Biyonga. Primary data consisting of laboratory test results for 11 physicals (5 parameters), chemical (4 parameters), and microbiological (2 parameters) quality parameters were compared against the standards set out in Minister of Health Regulation No. 2 of 2023. The WQCI for each WTP was calculated as an unweighted ratio of the number of parameters meeting quality standards to the total of 11 parameters evaluated, while aspect-level indices were calculated per parameter category across all six WTPs. Results showed that the chemical aspect achieved full compliance (100%; 24/24 evaluations), the physical aspect reached 83.3% (25/30), and the microbiological aspect was the weakest at 16.7% (2/12). Total coliform exceeded standards at all six WTPs, *E. coli* exceeded standards at four, and turbidity failed at five of six WTPs. WQCI values ranged from 72.7% to 90.9%, classified into three performance categories: "Satisfactory" (72.7%; Tilango, Pilohayanga, Bulota, Tabongo), "Good" (81.8%; Pulubala), and "Very Good" (90.9%; Biyonga), with a system-wide average WQCI of 77.3% ("Satisfactory"). The critical parameters identified were turbidity and coliform bacterial contamination. Technical recommendations therefore focused on optimizing filtration, strengthening disinfection, and controlling contamination in the distribution network.

Keywords: *water quality compliance index (WQCI); water treatment plant performance; drinking water quality standards; microbiological contamination; Turbidity, Kabupaten Gorontalo*

1. PENDAHULUAN

Air minum merupakan kebutuhan dasar yang memiliki peran penting dalam mendukung kesehatan masyarakat, pertumbuhan ekonomi, dan pembangunan berkelanjutan [1]. Penyediaan air minum yang aman merupakan salah satu target dalam Sustainable Development Goals (SDGs), khususnya Tujuan 6 yang menekankan pentingnya akses universal terhadap air minum yang aman dan terjangkau. Untuk mencapai target tersebut, sistem penyediaan air minum (SPAM) harus mampu menghasilkan air yang memenuhi persyaratan kualitas fisika, kimia, dan mikrobiologi sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Kualitas air yang tidak memenuhi standar dapat meningkatkan risiko penyebaran penyakit bawaan air (waterborne diseases), menurunkan tingkat pelayanan, serta mengurangi kepercayaan masyarakat terhadap penyelenggara layanan air minum [2].

Instalasi Pengolahan Air (IPA) merupakan komponen utama dalam SPAM yang berfungsi mengolah air baku menjadi air layak konsumsi melalui serangkaian proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan desinfeksi [3].

Keberhasilan setiap tahapan pengolahan sangat menentukan kualitas air yang didistribusikan kepada masyarakat. Oleh karena itu, evaluasi kualitas air hasil pengolahan menjadi bagian penting dalam menilai kinerja instalasi serta memastikan bahwa air yang diproduksi telah memenuhi standar kesehatan. Di Indonesia, persyaratan kualitas air minum diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan, yang menetapkan batas maksimum parameter fisika, kimia, dan mikrobiologi yang harus dipenuhi oleh penyelenggara SPAM [4].

Kualitas air hasil pengolahan dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain karakteristik air baku, efektivitas proses pengolahan, kondisi unit operasi, pemeliharaan instalasi, serta sistem distribusi. Parameter fisika seperti kekeruhan merupakan indikator penting yang menggambarkan efektivitas proses koagulasi, sedimentasi, dan filtrasi. Nilai kekeruhan yang tinggi dapat menurunkan efektivitas proses desinfeksi karena mikroorganisme dapat terlindungi oleh partikel

tersuspensi. Parameter mikrobiologi, terutama *Escherichia coli* dan total coliform, merupakan indikator utama keamanan air minum. Keberadaan bakteri tersebut menunjukkan adanya potensi kontaminasi biologis yang dapat terjadi akibat proses pengolahan yang belum optimal, kegagalan desinfeksi, maupun kontaminasi pada jaringan distribusi [5]–[7].

Penelitian kualitas air di berbagai lokasi, termasuk kawasan pesisir Leato Utara, IPA Unit Mukok, Hajimena, dan PERUMDA Tirta Khayangan, secara konsisten menunjukkan bahwa evaluasi keberhasilan pengolahan air masih terbatas pada pemenuhan parameter individual seperti TDS, kekeruhan, zat besi, dan bakteri koliform terhadap ambang batas regulasi pemerintah [8], [9]. Meskipun data lapangan seperti tingginya kontaminasi mikrobiologi di Leato Utara, kegagalan reduksi kekeruhan di IPA Unit Mukok, hingga ketidaklayakan parameter pH dan warna di IPA Kapur Tirta Raya memberikan konfirmasi spesifik mengenai parameter yang melampaui baku mutu, hasil studi tersebut berhenti pada kesimpulan deskriptif mengenai status kelayakan air tanpa memberikan bobot kepentingan yang berbeda antarparameter. Pendekatan ini belum mampu mengintegrasikan seluruh hasil pengujian menjadi satu nilai indeks kinerja yang komprehensif [10]–[12]. Akibatnya, hasil penelitian sering kali berhenti pada kesimpulan bahwa suatu parameter memenuhi atau tidak memenuhi baku mutu tanpa memberikan gambaran mengenai tingkat kinerja keseluruhan masing-masing instalasi pengolahan air.

Kabupaten Gorontalo memiliki enam IPA, yaitu IPA Pulubala, Tilango, Pilohayanga, Bulota, Tabongo, dan Biyonga, yang berperan dalam memenuhi kebutuhan air minum masyarakat. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan air domestik sebesar 47,2 juta liter per hari dan kebutuhan non-domestik sebesar 14,1 juta liter per hari, penyelenggaraan SPAM dituntut mampu menyediakan air minum yang tidak hanya mencukupi dari sisi kuantitas, tetapi juga memenuhi persyaratan kualitas. Namun demikian, pelayanan air minum di Kabupaten Gorontalo masih menghadapi berbagai kendala, ditandai dengan cakupan pelayanan perpipaan yang baru mencapai 17,75% dan tingkat kehilangan air (Non-Revenue Water/NRW) sebesar 38,17%, melebihi target nasional sebesar 25%. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya evaluasi terhadap kinerja instalasi pengolahan air sebagai bagian dari upaya peningkatan pelayanan SPAM. Rendahnya cakupan pelayanan perpipaan tersebut juga mendorong sebagian masyarakat memanfaatkan sumber air alternatif, antara lain melalui pemanenan air hujan, yang pada skala rumah tangga di Kota Gorontalo dilaporkan mampu memenuhi sekitar 80% kebutuhan air domestik [13]. Di sisi lain, kualitas

air baku di wilayah ini turut dipengaruhi oleh tingginya angkutan sedimen pada sungai-sungai yang bermuara ke Danau Limboto, sebagaimana ditunjukkan pada Sungai Alopohu [14], sehingga beban partikel tersuspensi yang masuk ke unit pengolahan berpotensi tinggi. Karakteristik hidrologis daerah tangkapan tropis yang responsif, dengan tenggang waktu antara puncak hujan dan puncak debit yang relatif singkat [15], menyebabkan perubahan kualitas air baku dapat berlangsung cepat dan sulit diantisipasi oleh operator instalasi. Dalam kerangka pengelolaan sumber daya air, keandalan penyediaan air minum tidak dapat dilepaskan dari keterpaduan antara ketersediaan dan kualitas air baku, kapasitas unit pengolahan, serta keandalan sistem distribusi, sehingga evaluasi kinerja instalasi perlu ditempatkan sebagai bagian dari pengelolaan sumber daya air secara menyeluruh [16].

Oleh karena itu, penelitian ini menerapkan Kerangka Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Berbasis Kepatuhan Kualitas Air (Compliance-Based Evaluation Framework for Water Treatment Plant Performance) yang dikembangkan menjadi sebuah Indeks Kepatuhan Kualitas Air (IKKA) untuk mengevaluasi kepatuhan parameter fisika, kimia, dan mikrobiologi terhadap baku mutu. Melalui indeks tersebut, kinerja setiap IPA dapat dinyatakan dalam satu nilai kuantitatif yang dapat diperbandingkan antarinstalasi. Pendekatan ini diharapkan mampu mengidentifikasi parameter kritis, menyusun profil kinerja setiap IPA, serta memberikan rekomendasi teknis dalam mendukung peningkatan kinerja SPAM di Kabupaten Gorontalo.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada enam IPA yang merupakan bagian dari Sistem Penyediaan Air Minum Kabupaten Gorontalo, yaitu IPA Pulubala, IPA Tilango, IPA Pilohayanga, IPA Bulota, IPA Tabongo, dan IPA Biyonga.

2.2 Jenis dan Sumber Data

Penelitian menggunakan data primer berupa hasil pengujian kualitas air hasil pengolahan yang dilakukan oleh laboratorium terakreditasi terhadap parameter fisika, kimia, dan mikrobiologi. Parameter yang dianalisis meliputi:

- a. Parameter fisika: bau, warna, kekeruhan, suhu, dan Total Dissolved Solid (TDS).
- b. Parameter kimia: kromium (Cr), besi (Fe), mangan (Mn), dan pH.
- c. Parameter mikrobiologi: *Escherichia coli* dan

total coliform.

Seluruh hasil pengujian dibandingkan dengan baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023.

2.3 Kerangka Evaluasi Kinerja IPA Berbasis Kepatuhan Kualitas Air

Penelitian menggunakan pendekatan *Compliance-Based Evaluation Framework* yang terdiri atas lima tahapan evaluasi.

1. Tahap Evaluasi Kepatuhan. Setiap parameter dibandingkan dengan nilai baku mutu. Hasil evaluasi diklasifikasikan menjadi dua kategori, yaitu memenuhi baku mutu (MS) dan tidak memenuhi baku mutu (TMS).
2. Tahap Evaluasi Berdasarkan Kelompok Parameter. Seluruh parameter dikelompokkan menjadi tiga aspek utama, yaitu aspek fisika, aspek kimia, dan aspek mikrobiologi. Setiap kelompok dianalisis untuk mengetahui tingkat kepatuhan dan mengidentifikasi parameter yang paling berpengaruh terhadap kinerja instalasi.
3. Tahap Penyusunan Profil Kinerja Instalasi. Hasil evaluasi tiap kelompok parameter digunakan untuk menyusun profil kinerja masing-masing IPA. Profil tersebut menunjukkan kekuatan dan kelemahan setiap instalasi berdasarkan aspek fisika, kimia, dan mikrobiologi.
4. Tahap Identifikasi Parameter Kritis. Parameter yang tidak memenuhi baku mutu diidentifikasi sebagai parameter kritis. Selanjutnya dilakukan analisis penyebab berdasarkan prinsip proses pengolahan air, seperti efektivitas koagulasi, sedimentasi, filtrasi, desinfeksi, maupun potensi kontaminasi pada sistem distribusi.
5. Tahap Penyusunan Rekomendasi Teknis. Berdasarkan parameter kritis yang ditemukan, disusun rekomendasi teknis untuk meningkatkan kinerja instalasi pengolahan air. Rekomendasi difokuskan pada perbaikan unit proses yang berkaitan langsung dengan parameter yang tidak memenuhi baku mutu.

2.4 Perhitungan Indeks Kepatuhan Kualitas Air (IKKA)

Untuk memperoleh ukuran kinerja yang terintegrasi, hasil evaluasi kepatuhan dikuantifikasi menjadi IKKA. Setiap parameter diberi skor biner, yaitu 1 apabila memenuhi baku mutu (MS) dan 0

apabila tidak memenuhi (TMS). IKKA dihitung sebagai rasio jumlah parameter yang memenuhi baku mutu terhadap total parameter yang diuji, dinyatakan dalam persen:

$$IKKA = \frac{\sum \text{parameter memenuhi baku mutu}}{\sum \text{total parameter diuji}} \times 100\%$$

Indeks yang sama dihitung pada tingkat aspek (fisika, kimia, mikrobiologi) untuk menilai kontribusi masing-masing kelompok parameter terhadap kinerja keseluruhan. Nilai IKKA kemudian diklasifikasikan ke dalam lima kategori kinerja sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Kategori Kinerja Berdasarkan Nilai IKKA

Nilai IKKA (%)	Kategori Kinerja
$\geq 90,0$	Sangat Baik
80,0 – 89,9	Baik
70,0 – 79,9	Cukup
60,0 – 69,9	Kurang
$< 60,0$	Buruk

2.5 Analisis Data

Analisis dilakukan secara deskriptif komparatif dengan membandingkan hasil pengujian laboratorium terhadap baku mutu yang berlaku. Hasil analisis kemudian diinterpretasikan menggunakan Kerangka Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Berbasis Kepatuhan Kualitas Air untuk memperoleh gambaran menyeluruh mengenai kondisi masing-masing instalasi. Tahapan analisis menghasilkan tiga keluaran utama, yaitu:

1. Tingkat kepatuhan setiap parameter kualitas air
2. Profil kinerja masing-masing ipa berdasarkan aspek fisika, kimia, dan mikrobiologi, serta
3. Rekomendasi teknis sebagai dasar peningkatan pengelolaan spam di Kabupaten Gorontalo.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Uji Kualitas Air

Hasil pengujian kualitas air hasil pengolahan pada enam titik, yaitu IPA Pulubala, IPA Tilango, IPA Pilohayanga, IPA Bulota, IPA Tabongo, dan IPA Biyonga, disajikan pada Tabel 2 sampai dengan Tabel 7. Kolom keterangan menunjukkan status kepatuhan setiap parameter terhadap baku mutu Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023.

Tabel 2. Hasil Uji Kualitas Air IPA Pulubala

No	Parameter	Satuan	Hasil	Baku Mutu	Ket.
A. FISIKA					
1	Bau	-	Tidak berbau	Tidak berbau	MS
2	Warna	-	Tidak berwarna	Tidak berwarna	MS
3	Kekeruhan	NTU	9,36	< 3	TMS
4	Suhu	°C	24,9	suhu udara ± 3	MS
5	TDS	mg/L	242	< 300	MS
B. MIKROBIOLOGI					
1	E. coli	per 100 mL	0	0	MS
2	Total Coliform	per 100 mL	20	0	TMS
C. KIMIA					
1	Kromium (Cr)	mg/L	0	0,05	MS
2	Besi (Fe)	mg/L	0,01	0,3	MS
3	Mangan (Mn)	mg/L	0,02	0,1	MS
4	pH	-	7,6	6,5 - 8,5	MS

Tabel 3. Hasil Uji Kualitas Air IPA Tilango

No	Parameter	Satuan	Hasil	Baku Mutu	Ket.
A. FISIKA					
1	Bau	-	Tidak berbau	Tidak berbau	MS
2	Warna	-	Tidak berwarna	Tidak berwarna	MS
3	Kekeruhan	NTU	10,56	< 3	TMS
4	Suhu	°C	24,8	suhu udara ± 3	MS
5	TDS	mg/L	144	< 300	MS
B. MIKROBIOLOGI					
1	E. coli	per 100 mL	21	0	TMS
2	Total Coliform	per 100 mL	6	0	TMS
C. KIMIA					
1	Kromium (Cr)	mg/L	0,0002	0,05	MS
2	Besi (Fe)	mg/L	0,1796	0,3	MS
3	Mangan (Mn)	mg/L	0,0021	0,1	MS
4	pH	-	7,5	6,5 - 8,5	MS

Tabel 4. Hasil Uji Kualitas Air IPA Pilohayanga

No	Parameter	Satuan	Hasil	Baku Mutu	Ket.
A. FISIKA					
1	Bau	-	Tidak berbau	Tidak berbau	MS
2	Warna	-	Tidak berwarna	Tidak berwarna	MS
3	Kekeruhan	NTU	10,12	< 3	TMS
4	Suhu	°C	24,8	suhu udara ± 3	MS
5	TDS	mg/L	105	< 300	MS
B. MIKROBIOLOGI					
1	E. coli	per 100 mL	2	0	TMS
2	Total Coliform	per 100 mL	43	0	TMS
C. KIMIA					
1	Kromium (Cr)	mg/L	0,0057	0,05	MS
2	Besi (Fe)	mg/L	0,0001	0,3	MS
3	Mangan (Mn)	mg/L	0,0077	0,1	MS
4	pH	-	7,1	6,5 - 8,5	MS

Tabel 5. Hasil Uji Kualitas Air IPA Bulota

No	Parameter	Satuan	Hasil	Baku Mutu	Ket.
A. FISIKA					
1	Bau	-	Tidak berbau	Tidak berbau	MS
2	Warna	-	Tidak berwarna	Tidak berwarna	MS
3	Kekeruhan	NTU	6,02	< 3	TMS
4	Suhu	°C	24,1	suhu udara $\pm$ 3	MS
5	TDS	mg/L	167	< 300	MS
B. MIKROBIOLOGI					
1	E. coli	per 100 mL	6	0	TMS
2	Total Coliform	per 100 mL	41	0	TMS
C. KIMIA					
1	Kromium (Cr)	mg/L	0,0002	0,05	MS
2	Besi (Fe)	mg/L	0,0615	0,3	MS
3	Mangan (Mn)	mg/L	0,0021	0,1	MS
4	pH	-	6,5	6,5 - 8,5	MS

Tabel 6. Hasil Uji Kualitas Air IPA Tabongo

No	Parameter	Satuan	Hasil	Baku Mutu	Ket.
A. FISIKA					
1	Bau	-	Tidak berbau	Tidak berbau	MS
2	Warna	-	Tidak berwarna	Tidak berwarna	MS
3	Kekeruhan	NTU	8,00	< 3	TMS
4	Suhu	°C	24,5	suhu udara $\pm$ 3	MS
5	TDS	mg/L	267	< 300	MS
B. MIKROBIOLOGI					
1	E. coli	per 100 mL	4	0	TMS
2	Total Coliform	per 100 mL	125	0	TMS
C. KIMIA					
1	Kromium (Cr)	mg/L	0,0011	0,05	MS
2	Besi (Fe)	mg/L	0,0493	0,3	MS
3	Mangan (Mn)	mg/L	0,0021	0,1	MS
4	pH	-	6,5	6,5 - 8,5	MS

Tabel 7. Hasil Uji Kualitas Air IPA Biyonga

No	Parameter	Satuan	Hasil	Baku Mutu	Ket.
A. FISIKA					
1	Bau	-	Tidak berbau	Tidak berbau	MS
2	Warna	-	Tidak berwarna	Tidak berwarna	MS
3	Kekeruhan	NTU	0,30	< 3	MS
4	Suhu	°C	24,5	suhu udara $\pm$ 3	MS
5	TDS	mg/L	90	< 300	MS
B. MIKROBIOLOGI					
1	E. coli	per 100 mL	0	0	MS
2	Total Coliform	per 100 mL	57	0	TMS
C. KIMIA					
1	Kromium (Cr)	mg/L	0	0,05	MS
2	Besi (Fe)	mg/L	0,073	0,3	MS
3	Mangan (Mn)	mg/L	0	0,1	MS
4	pH	-	7,5	6,5 - 8,5	MS

Keterangan:

MS = memenuhi syarat; TMS = tidak memenuhi syarat. Satuan mikrobiologi distandarkan menjadi jumlah per 100 mL untuk memenuhi acuan baku mutu air minum.

3.2 Evaluasi Kepatuhan Berdasarkan Kelompok Parameter

Rekapitulasi kepatuhan parameter pada seluruh IPA diringkas menurut tiga aspek utama. Pada aspek fisika, parameter bau, warna, suhu, dan TDS memenuhi baku mutu pada seluruh instalasi. Sebaliknya, parameter kekeruhan menjadi satu-satunya parameter fisika yang bermasalah, dengan nilai yang melampaui baku mutu (< 3 NTU) pada lima dari enam IPA, yakni Pulubala (9,36 NTU), Tilango (10,56 NTU), Pilohayanga (10,12 NTU), Bulota (6,02 NTU), dan Tabongo (8,00 NTU). Hanya IPA Biyonga yang mencatat kekeruhan sangat rendah (0,30 NTU) dan memenuhi baku mutu.

Pada aspek kimia, seluruh parameter, yaitu kromium, besi, mangan, dan pH, memenuhi baku mutu pada keenam IPA. Nilai logam berat berada jauh di bawah ambang batas, sedangkan pH berada pada rentang 6,5–7,6 yang seluruhnya masih dalam kisaran yang dipersyaratkan. Aspek kimia dengan demikian menjadi aspek dengan kinerja paling stabil dan mengindikasikan bahwa karakteristik kimia air baku maupun proses pengolahan tidak menimbulkan permasalahan yang berarti.

Pada aspek mikrobiologi, ditemukan permasalahan yang paling menonjol. Total Coliform melampaui baku mutu (0 per 100 mL) pada seluruh IPA, dengan nilai tertinggi tercatat di IPA Tabongo (125 per 100 mL) dan terendah di IPA Tilango (6 per 100 mL). *Escherichia coli* terdeteksi melampaui baku mutu pada empat IPA, yaitu Tilango (21), Bulota (6), Tabongo (4), dan Pilohayanga (2), sedangkan IPA Pulubala dan IPA Biyonga tidak mengandung *E. coli*. Keberadaan bakteri koliform yang konsisten pada seluruh titik menegaskan adanya kontaminasi mikrobiologi yang meluas pada air hasil pengolahan.

Tabel 8. Indeks Kepatuhan Kualitas Air (IKKA) per Aspek

Aspek Parameter	Evaluasi Memenuhi	Total Evaluasi	IKKA Aspek (%)
Fisika	25	30	83,3
Kimia	24	24	100,0
Mikrobiologi	2	12	16,7

Total evaluasi = jumlah parameter dalam aspek $\times$ 6 IPA (fisika: 5×6 ; kimia: 4×6 ; mikrobiologi: 2×6).

Tabel 8 menegaskan pola kinerja sistem: aspek kimia sempurna (100%), aspek fisika tinggi (83,3%) namun tertahan oleh kekeruhan, dan aspek mikrobiologi sangat rendah (16,7%). Dengan demikian, mikrobiologi merupakan aspek yang paling menentukan rendahnya kualitas air hasil pengolahan di Kabupaten Gorontalo.

3.3 Profil Kinerja Instalasi Dan Nilai IKKA

Nilai IKKA masing-masing IPA dihitung dari total 11 parameter yang diuji. Rekapitulasi kepatuhan dan nilai indeks disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Nilai IKKA dan Kategori Kinerja Setiap IPA

IPA	Fisika (5)	Kimia (4)	Mikro (2)	IKKA (%)	Kategori
Pulubala	4	4	1	81,8	Baik
Tilango	4	4	0	72,7	Cukup
Pilohayanga	4	4	0	72,7	Cukup
Bulota	4	4	0	72,7	Cukup
Tabongo	4	4	0	72,7	Cukup
Biyonga	5	4	1	90,9	Sangat Baik

Angka pada kolom aspek menunjukkan jumlah parameter yang memenuhi baku mutu. Rata-rata IKKA sistem = 77,3% (kategori Cukup).

Berdasarkan Tabel 9, IPA Biyonga memiliki kinerja terbaik dengan IKKA 90,9% (kategori Sangat Baik) karena hanya satu parameter, yaitu Total Coliform, yang tidak memenuhi baku mutu. IPA Pulubala berada pada kategori Baik (81,8%) dengan dua parameter yang gagal, yakni kekeruhan dan Total Coliform. Empat instalasi lainnya, yaitu Tilango, Pilohayanga, Bulota, dan Tabongo, berada pada kategori Cukup (72,7%) karena secara konsisten gagal pada tiga parameter, yaitu kekeruhan, *E. coli*, dan Total Coliform. Secara keseluruhan, rata-rata IKKA sistem sebesar 77,3% menempatkan kinerja SPAM Kabupaten Gorontalo pada kategori Cukup, yang menandakan bahwa air hasil pengolahan belum sepenuhnya aman untuk dikonsumsi langsung tanpa perlakuan tambahan.

3.4 Identifikasi Parameter Kritis

Berdasarkan pola kepatuhan pada seluruh IPA, teridentifikasi dua parameter kritis yang menentukan rendahnya kinerja instalasi.

a. Kekeruhan. Nilai kekeruhan pada lima IPA berada di kisaran 6,02–10,56 NTU, jauh melampaui baku mutu < 3 NTU. Kekeruhan yang tinggi mengindikasikan belum optimalnya proses koagulasi–flokulasi dan filtrasi, sehingga partikel tersuspensi masih lolos ke air hasil olahan. Kondisi ini diperberat oleh karakteristik air baku di Kabupaten Gorontalo yang memiliki beban sedimen tinggi akibat angkutan sedimen sungai-sungai yang bermuara ke Danau Limboto, sehingga unit pengolahan menghadapi fluktuasi kekeruhan air masuk yang besar. Kondisi ini berbahaya karena partikel tersuspensi dapat melindungi mikroorganisme dari kontak dengan desinfektan sehingga menurunkan efektivitas desinfeksi.

b. Kontaminasi bakteri koliform (Total Coliform dan E. coli). Total Coliform melampaui baku mutu pada keenam IPA dan E. coli pada empat IPA. Menariknya, IPA Biyonga yang memiliki kekeruhan sangat rendah (0,30 NTU) dan bebas E. coli tetap mengandung Total Coliform (57 per 100 mL). Pola ini mengindikasikan bahwa sumber kontaminasi tidak semata berasal dari kegagalan unit pengolahan, tetapi juga berpotensi terjadi pada tahap pascadesinfeksi, yaitu pada reservoir maupun jaringan distribusi. Tingginya tingkat kehilangan air (NRW 38,17%) memperkuat dugaan adanya infiltrasi kontaminan melalui kebocoran pipa distribusi.

3.5 Pembahasan

Hasil penelitian ini memperkuat temuan studi terdahulu bahwa evaluasi berbasis parameter tunggal cenderung berhenti pada pernyataan memenuhi atau tidak memenuhi baku mutu tanpa menggambarkan tingkat kinerja instalasi secara utuh [8]–[12]. Dengan mengembangkan Indeks Kepatuhan Kualitas Air, penelitian ini mampu menyatakan kinerja setiap IPA dalam satu nilai yang dapat diperbandingkan, sekaligus memperlihatkan aspek mana yang menjadi penyebab utama penurunan kinerja. Pendekatan indeks ini memberikan nilai tambah dalam pengambilan keputusan karena pengelola dapat langsung mengidentifikasi instalasi dan aspek yang memerlukan prioritas perbaikan.

Konsistensi kepatuhan aspek kimia pada seluruh IPA menunjukkan bahwa permasalahan kualitas air di Kabupaten Gorontalo bukan bersumber dari cemaran kimia, melainkan dari aspek fisika (kekeruhan) dan mikrobiologi (koliform). Temuan ini sejalan dengan pola umum permasalahan air minum perpipaan di banyak daerah, yaitu dominasi permasalahan mikrobiologi sebagai indikator utama risiko kesehatan [6], [7]. Oleh karena itu, upaya perbaikan sebaiknya diarahkan pada penguatan proses filtrasi dan desinfeksi serta pengendalian kualitas pada jaringan distribusi, bukan pada penambahan unit pengolahan kimia.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan dan menerapkan Indeks Kepatuhan Kualitas Air (IKKA) untuk mengevaluasi kinerja enam Instalasi Pengolahan Air di Kabupaten Gorontalo. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa aspek kimia memenuhi baku mutu pada seluruh instalasi (IKKA aspek 100%), aspek fisika tergolong tinggi (83,3%) dengan kekeruhan sebagai satu-satunya parameter bermasalah pada lima dari enam IPA, sedangkan aspek mikrobiologi menjadi titik terlemah dengan tingkat kepatuhan hanya 16,7%. Total Coliform

melampaui baku mutu pada keenam IPA dan Escherichia coli pada empat IPA, sehingga seluruh sampel mengindikasikan adanya kontaminasi mikrobiologi.

Nilai IKKA berkisar antara 72,7% hingga 90,9%, dengan IPA Biyonga sebagai instalasi berkinerja terbaik (Sangat Baik), IPA Pulubala pada kategori Baik, dan empat IPA lainnya pada kategori Cukup. Rata-rata IKKA sistem sebesar 77,3% menempatkan kinerja SPAM Kabupaten Gorontalo pada kategori Cukup. Parameter kritis yang teridentifikasi adalah kekeruhan dan kontaminasi bakteri koliform. Berdasarkan temuan tersebut, rekomendasi teknis yang diusulkan meliputi: (1) optimalisasi proses koagulasi–flokulasi dan filtrasi untuk menurunkan kekeruhan; (2) penguatan sistem desinfeksi, termasuk pengendalian dosis dan waktu kontak desinfektan; serta (3) perbaikan dan pengendalian kontaminasi pada reservoir dan jaringan distribusi guna menekan tingkat kehilangan air sekaligus mencegah infiltrasi kontaminan mikrobiologi. Penerapan IKKA disarankan dilakukan secara periodik agar dapat memantau tren kinerja dan mengukur efektivitas intervensi perbaikan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Fatristya, W. Saimah, I. Hadi, and E. Aryanti, “Peran Air Bersih dan Sanitasi dalam Meningkatkan Kualitas Hidup: Tinjauan Literatur terhadap Pencapaian Tujuan SDGs 2030,” vol. 6, no. 1, 2025.
- [2] B. D. Putri and M. A. Samsuddin, “Pengaruh Akses Air Minum Layak dan Akses Sanitasi Layak terhadap Tingkat Kemiskinan: Studi Panel Kabupaten di Jawa Barat Tahun 2020-2024,” vol. 3, pp. 140–156, 2025.
- [3] M. Sholikhah and R. D. Afrianisa, “Evaluasi Unit Koagulasi , Flokulasi , Sedimentasi , dan Filtrasi pada Instalasi Pengolahan Air (IPA) Semanggi Perumda Air Minum Toya Wening Kota Surakarta,” in *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan XI 2023*, 2023, pp. 1–9.
- [4] M. K. R. Indonesia, *PERATURAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR 2 TAHUN 2023 TENTANG PERATURAN PELAKSANAAN PERATURAN PEMERINTAH NOMOR 66 TAHUN 2014 TENTANG KESEHATAN LINGKUNGAN*, no. 55. 2023.
- [5] L. Adymanggina, R. Legrans, and A. Tunga, “Analisis Efektivitas Pengolahan Air Baku Untuk Meningkatkan Kualitas Air Bersih Di IPA Lotta Kecamatan Pineleng,” vol. 24, no. 96, 2026.
- [6] A. Febriyossa and P. Rhamadani,

- “Pengujian Cemaran Bakteri Coliform dan Escherichia coli Pada Air Minum Dalam Kemasan,” vol. 02, no. 02, 2024.
- [7] S. Hagai, M. Lusno, M. A. H. Utama, and S. Nurhayati, “EVALUASI KEPATUHAN KUALITAS AIR HASIL PROSES PENGOLAHAN DI WATER TREATMENT PLANT KALIMAS TERHADAP STANDAR BAKU MUTU KESEHATAN LINGKUNGAN,” vol. 6, no. September, pp. 11548–11555, 2025.
- [8] M. Djana, “Analisis Kualitas Air dalam Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih di Kecamatan Natar Hajimena Lampung Selatan,” vol. 8, no. 32, pp. 81–87, 2023.
- [9] F. E. Putri, Hubaybah, A. Fitri, and M. D. Anditama, “Analisis Kualitas Air Perusahaan Umum Daerah Air Minum Tirta Khayangan Kota Sungai Penuh,” *J. Ilmu Kesehat.*, vol. 6, no. 1, pp. 85–92, 2022.
- [10] M. Hutabarat and Arifin, “Analisis Kualitas Air Baku pada Instalasi Pengolahan Air (IPA) Kapur Tirta Raya 20 liter / detik Kabupaten Kubu Raya,” *J. Teknol. Lingkungan. Lahan Basah*, vol. 12, no. 2, pp. 536–540, 2024.
- [11] I. I. Koem, A. Alitu, and M. Mahmud, “Analisis Kualitas Air Tanah Dangkal dan Kebutuhan Air pada Kawasan Pesisir Leato Utara,” *Compos. J.*, vol. 6, no. 1, pp. 11–19, 2026.
- [12] U. Atikah, R. Purnaini, and G. C. Asbanu, “Analisis Kualitas Air Baku dan Kualitas Air Hasil Produksi pada Instalasi Pengolahan Air (IPA) Unit Mukok PDAM Tirta Pancur Aji Kota Sanggau,” *J. Teknol. Lingkungan. Lahan Basah*, vol. 11, no. 2, pp. 297–303, 2023.
- [13] A. A. O. Asri and S. N. J. Patunrangi, “ANALISIS POTENSI RAINWATER HARVESTING UNTUK KEBUTUHAN DOMESTIK DI KAWASAN PERKOTAAN,” *P4I*, vol. 5, no. 2, pp. 55–61, 2025, doi: <https://doi.org/10.51878/vocational.v5i4>.
- [14] A. A. O. Asri, R. Husnan, and K. A. Utama, “Analisis Transpor Sedimen Dasar Sungai Alopohu yang Bermuara di Danau Limboto,” *Rekonstruksi Tadulako*, vol. 6, no. 2, pp. 121–128, 2025.
- [15] A. A. O. Asri, F. Rohmat, H. Kardhana, A. A. Kuntoro, and M. Farid, “Analyzing lead time for flood early warning system in the upstream Citarum River,” *E3S Web Conf.*, vol. 467, pp. 1–6, 2023, doi: 10.1051/e3sconf/202346702004.
- [16] A. A. O. Asri *et al.*, *Hidrologi dan Pengelolaan Sumber Daya Air dalam Teknik Sipil*. 2026.

Copyright © Composite Journal. All rights reserved, including the making of copies unless permission is obtained from the copyright proprietors.
