

Evaluasi Teknis Instalasi Pengolahan Air Unit Ultrafiltrasi pada Instalasi Pengolahan Air (IPA) Siwalanpanji PDAM Sidoarjo

Fitriana Rachmawati dan Bowo Djoko Marsono

Departemen Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: bowodjok@enviro.its.ac.id

Abstrak—Salah satu Instalasi Pengolahan Air yang ada di Siwalan Panji menggunakan teknologi ultrafiltrasi. Pada umumnya air baku dengan kadar kekeruhan tinggi membutuhkan *pretreatment* pada unit ultrafiltrasi untuk mencegah *fouling* pada membran. Unit Ultrafiltrasi tersebut perlu dievaluasi kualitas, kuantitas dan operasi. Metoda evaluasi yang dilakukan dengan membandingkan kriteria teknis dan spesifikasi teknis pada setiap unit pengolahan, serta membandingkan dengan unit konvensional yang ada di Siwalan Panji. Sehingga dapat diketahui kondisi yang ada pada bangunan pengolahan air tersebut. Parameter kualitas air baku yang memenuhi syarat adalah temperatur, pH, TSS, NO₃N, dan PO₃P, sedangkan parameter yang lain tidak memenuhi standar baku mutu PP No. 22 Tahun 2021. Kualitas air produksi di IPA Siwalanpanji telah memenuhi standar baku mutu Permenkes RI No.492/MENKES/PER/IV/2010, kecuali untuk nilai zat organik. Evaluasi kinerja operasi pada tiap unit pengolahan yang berkaitan dengan unit membran pada Instalasi Pengolahan Air di Siwalanpanji sudah memenuhi kriteria desain. Namun, penggunaan unit ultrafiltrasi menghasilkan kualitas air olahan yang setara dengan unit pengolahan konvensional. Sehingga pada evaluasi ini didapatkan rekomendasi perlu adanya *pretreatment* yang lebih baik untuk air baku yang akan diolah menggunakan ultrafiltrasi.

Kata Kunci—Evaluasi, IPA, Kinerja Instalasi, Ultrafiltrasi.

I. PENDAHULUAN

SALAH satu instalasi di PDAM Sidoarjo adalah IPA Siwalanpanji, dimana IPA ini memiliki 5 instalasi pengolahan air yang terdiri dari 4 instalasi konvensional dalam bentuk paket dan 1 instalasi dengan *ultrafiltration* (UF) yang saling interkoneksi dengan kapasitas produksi mencapai 165 l/detik. Adapun pada proses dan pengoperasian unit ultrafiltrasi di IPA Siwalanpanji unit pengolahan yang digunakan terdiri dari unit *intake*, sumur pengumpul, bak prasedimentasi, dan bak pengumpul II. Sedangkan untuk air baku yang digunakan pada IPA Siwalanpanji merupakan air yang berasal dari *afvoer* Wilayut dimana berdasarkan penelitian kualitas air baku IPA Siwalanpanji pada tahun 2019 memiliki nilai BOD 5,78 mg/L, COD 26,3 mg/L dan TSS 35,94 mg/L [1]. Berdasarkan hal tersebut diketahui bahwa air baku memiliki kandungan COD dan BOD yang melebihi baku mutu air kelas 1 pada PP No. 22 Tahun 2021.

Unit membran ultrafiltrasi merupakan unit yang dapat dioperasikan sebagai *single operation* dimana artinya unit tersebut tidak memerlukan *pretreatment* kecuali adanya *screen filter* atau dioperasikan secara kombinasi dengan proses lainnya seperti koagulasi, dan adsorpsi [2]. Pada kasus dimana air baku yang digunakan memiliki tingkat kekeruhan yang tinggi atau kadar pencemaran yang tinggi penggunaan pengolahan air konvensional (adsorbs, koagulasi, oksidasi) diawal sangat membantu dalam

Tabel 1.

Matriks Analisis Data dan Pembahasan

Parameter Evaluasi	Metode yang Digunakan
Kualitas air baku dan produksi	Dibandingkan dengan baku mutu yang ada di PP No.22 Tahun 2021 untuk air baku dan Permenkes RI No.492/MENKES/PER/IV/2010 untuk air produksi
Kinerja dari unit instalasi	Dibandingkan dengan kriteria desain, spesifikasi teknis dan literatur
Kinerja unit ultrafiltrasi	Dibandingkan Volume produksi dan volume air pencuci unit membran dan dibandingkan instalasi membran ultrafiltrasi dengan unit pengolahan konvensional
Biaya operasi membran	Dibandingkan antara biaya operasi IPA keseluruhan dan biaya operasi membran

Tabel 2.

Hasil Analisis Air Baku IPA Siwalanpanji

Parameter	Satuan	Hasil Analisis Air Baku	Baku Mutu Air Baku Air Minum (PP No. 22 Th. 2021)
pH		7,4	6-9
E.Coli	MPN/100 mL	≥1600	1000

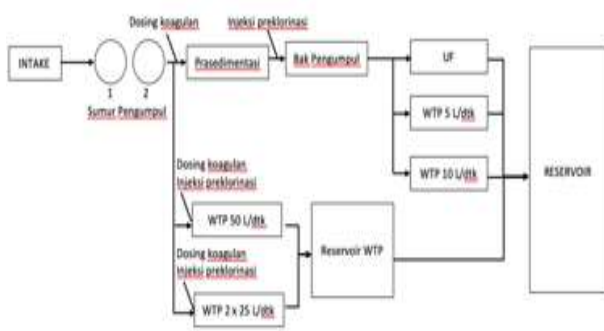
Tabel 3.

Hasil Analisis Air Produksi di IPA Siwalanpanji

Parameter	Satuan	Hasil Analisis Air Produksi	Baku Mutu (PerMenKes No. 492 Th. 2010)
pH		7,3	6,5 - 8,5
Warna	TCU	9,3	15
Kekeruhan	NTU	1,43	5
Sisa Klor	mg/L	5,32	250
Zat Organik (KMnO ₄)	mg/L	13,69	10
E.Coli	Jumlah per 100 mL sample	0	0

meningkatkan efisiensi dari kinerja dari unit ultrafiltrasi [3]. Pada pengolahan air menggunakan membran, *pretreatment* juga merupakan salah satu cara untuk mengurangi *fouling*, dengan tidak adanya *pretreatment* yang memadai dapat menyebabkan *fouling* terjadi lebih cepat dan sering yang akan membuat unit membran cepat rusak [4].

Berdasarkan hal-hal tersebut maka diperlukan suatu identifikasi kualitas air baku dan air produksi yang dibandingkan dengan baku mutu yang ada, beserta evaluasi kinerja operasi dari instalasi yang berkaitan dengan unit ultrafiltrasi pada Instalasi Pengolahan Air (IPA) Siwalanpanji PDAM Sidoarjo yang dibandingkan dengan kriteria desain. Sehingga dapat diketahui kondisi-kondisi yang ada pada bangunan pengolahan air tersebut. Adapun nantinya



Gambar 1. Alur Proses Produksi IPA Siwalanpanji Secara Umum.

Tabel 4. Perbandingan Kualitas Air Baku dan Outlet Unit Prasedimentasi

Parameter	Satuan	Air Baku	Outlet Prasedimentasi
pH		7,4	7,8
Warna	TCU	144,3	90,7
Kekeruhan	NTU	47,7	2,4
Sisa Klor	mg/L	0,0	2,95
Zat Organik (KMnO ₄)	mg/L	27,4	17,9
E.Coli	100 mL/sample	≥1600	33,7

diharapkan hasil dari evaluasi dapat memberikan kontribusi informasi/ identifikasi dan rekomendasi untuk meningkatkan kinerja operasi IPA Siwalanpanji PDAM Kabupaten Sidoarjo.

II. METODE PENELITIAN

A. Pengumpulan Data Penelitian

Data yang digunakan dalam analisa kualitas air baku dan produksi IPA Siwalanpanji adalah :

1) Data Primer

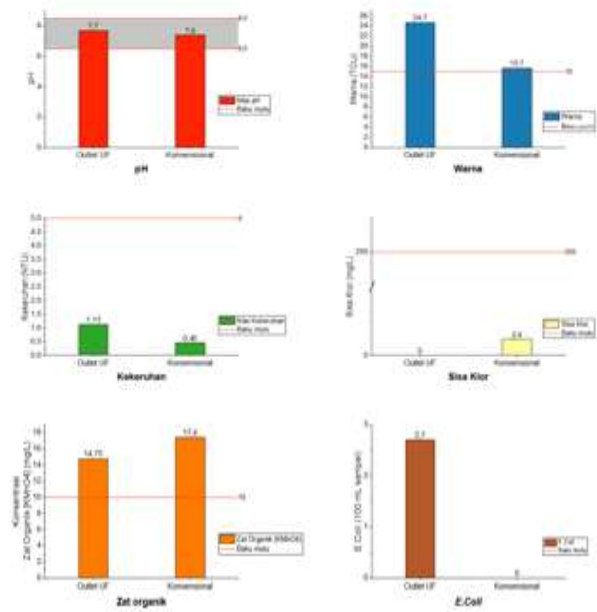
Data primer didapat dari pengambilan sampel di 5 titik pada lokasi penelitian yaitu IPA Siwalanpanji. Sampel yang diambil dianalisis untuk 6 jenis parameter yakni pH, kekeruhan, warna, sisa klor, zat organik, dan e.coli.

2) Data Sekunder

Data sekunder yang dibutuhkan adalah sistem pengolahan air di lokasi, dimensi unit IPA, kualitas air baku dan produksi dan spesifikasi unit ultrafiltrasi.

B. Analisis Data dan Pembahasan

Data yang telah dikumpulkan akan dianalisis dan dibahas secara keseluruhan kemudian hasilnya dibandingkan dengan baku mutu yang telah ditetapkan dan kriteria desain pada literatur. Analisis dan pembahasan dilakukan agar hasil dari proses pengolahan data tersebut dapat dibandingkan dengan konsep dan teori yang mendasari ruang lingkup penelitian yang diperoleh dari studi literatur. Langkah pertama adalah mengevaluasi kualitas air baku dengan PP No. 22 Tahun 2021 dan air produksi dengan membandingkan dengan baku mutu yang ada di Permenkes RI No.492/MENKES/PER/IV/2010, kemudian menganalisis nilai parameter dari air outlet instalasi, lalu mengevaluasi kinerja operasi dari setiap instalasi untuk mengetahui kinerja instalasi yang tidak memenuhi kriteria desain dari berbagai literatur, selain itu juga mengevaluasi biaya operasi dari kinerja instalasi dengan



Gambar 2. Grafik Hasil Analisa Kualitas Outlet Unit Ultrafiltrasi dan Konvensional.

Tabel 5. Hasil Kualitas Outlet Unit Ultrafiltrasi dan Unit Konvensional

Parameter	Satuan	Hasil Analisis		Baku Mutu (PerMenKes No. 492 Th. 2010)
		Outlet UF	Konvensional	
pH		7,7	7,4	6,5 - 8,5
Warna	TCU	24,7	15,7	15
Kekeruhan	NTU	1,13	0,45	5
Sisa Klor	mg/L	0	2,4	250
Zat Organik (KMnO ₄)	mg/L	14,75	17,4	10
E.Coli	100 mL sample	2,7	0	0

membandingkan antara biaya operasi IPA keseluruhan dan biaya operasi membran. Sehingga dari evaluasi tersebut dapat dicapai suatu rekomendasi kinerja operasi unit membran ultrafiltrasi pada Instalasi Pengolahan Air (IPA) Siwalanpanji. Matriks Metode evaluasi dapat dilihat pada Tabel 1.

III. GAMBARAN UMUM DAERAH PENELITIAN

Instalasi Pengolahan di IPA Siwalanpanji terdiri dari 5 instalasi secara konvensional dan 1 instalasi menggunakan membran ultrafiltrasi (UF). Saat ini instalasi yang beroperasi di IPA Siwalanpanji hanya 4 instalasi konvensional (IPA Paket 5 L/detik, 10 L/detik, 2x25 L/detik, dan 50 L/detik) serta 1 instalasi dengan membran ultrafiltrasi (UF). Instalasi konvensional di IPA Siwalanpanji merupakan instalasi paket dimana pada instalasi 50 L/dt dan 2 x 25 L/dtk terdapat unit koagulasi-flokulasi, unit sedimentasi, dan unit filter pasir cepat didalamnya. Sedangkan untuk instalasi 5 L/dtk dan 10 L/dtk merupakan *clearator*. Alur proses pengolahan dapat dilihat pada Gambar 1.

Proses pengolahan di IPA Siwalanpanji secara umum adalah sebagai berikut, air baku yang berasal dari intake dialirkan ke sumur pengumpul 1 dan dilanjutkan ke sumur pengumpul 2. Kemudian dari sumur pengumpul dialirkan ke

Tabel 6.
Efisiensi Penyisihan Tiap Unit Bangunan

No.	Unit Bangunan	Parameter	
		Kekeruhan	Zat Organik
1	Prasedimentasi	95%	35%
2	Ultrafiltrasi	53%	18%
3	Konvensional	89%	37%

Tabel 7.
Analisa Data Sekunder Rata-Rata Nilai Kualitas Air Baku IPA Siwalanpanji

Parameter	Satuan	Nilai Rata-rata	Baku Mutu Air Baku Air Minum (PP No 22 Tahun 2021)	Keterangan Baku Mutu
			Dev 3*	
Temperatur	°C	29,07	Dev 3*	Perbedaan dengan suhu udara di atas permukaan air
pH	mg/L	6,86	6-9	Batas minimal
DO	mg/L	2,89	6	
BOD	mg/L	5,78	2	
COD	mg/L	26,3	10	
TSS	mg/L	35,94	40	
NO ₃ N	mg/L	1,02	10	
NO ₂ N	mg/L	0,29	0,06	
NH ₃ N	mg/L	0,36	0,1	
PO ₃ P	mg/L	0,1	0,2	
Minyak & Lemak	mg/L	1,09	1	

Tabel 8.
Perhitungan Parameter Kinerja Unit Sumur Pengumpul

Unit Bangunan	Parameter	Hasil Perhitungan	Kriteria Desain*	Keterangan
Sumur Pengumpul	Waktu detensi	8,79	< 10 menit	memenuhi

bak prasedimentasi. Pada bak prasedimentasi diberi koagulan PAC. Setelah itu, air olahan menuju ke bak pengumpul, sebelum masuk bak pengumpul dilakukan pre-klorinasi dengan gas klor. Dari bak pengumpul, air kemudian dipompa ke 4 instalasi konvensional dan 1 instalasi dengan *ultrafiltration* (UF). Air dari instalasi konvensional 50 L/dtk dan 2 x 25 L/dtk di kumpulkan dulu ke reservoir ipa paket. Kemudian aliran menyatu kembali ke reservoir utama dimana dilakukan *post*-klorinasi yang bersifat opsional berdasarkan kondisi air di reservoir.

IV. PEMBAHASAN

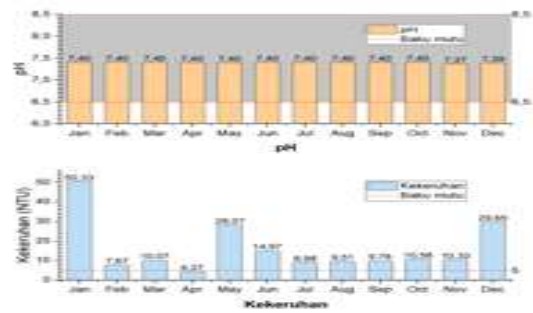
A. Evaluasi Kualitas air

Terdapat dua data yang digunakan dalam analisa kualitas air yaitu data primer dan data sekunder, dari data tersebut kemudian dianalisa. Berdasarkan hasil analisa sampel air, kemudian dilakukan evaluasi terhadap unit bangunan pengolahan yang berkaitan dengan ultrafiltrasi di IPA Siwalanpanji PDAM Sidoarjo.

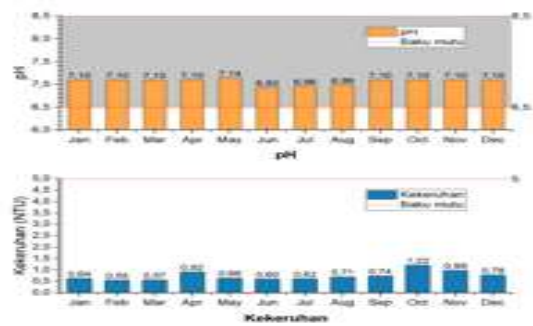
1) Analisa Data Primer

a. Analisa air baku

Hasil analisa kualitas air baku dibandingkan dengan PP No. 22 Tahun 2021 mengenai kualitas badan air kelas I sebagai air yang digunakan untuk air baku air minum. Analisa kualitas air baku dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 3. Grafik Data Sekunder Analisa Kualitas Air Baku Bulan Januari - Desember Tahun 2020 di IPA Siwalanpanji.



Gambar 4. Grafik Data Sekunder Analisa Kualitas Air Produksi Bulan Januari - Desember Tahun 2020 di IPA Siwalanpanji.

Berdasarkan Tabel 2 untuk nilai kualitas air baku yang dibandingkan dengan PP No 22 Tahun 2021 dengan nilai yang dibandingkan adalah parameter pH dan E.coli, diketahui bahwa hasil analisis air baku untuk nilai pH memenuhi baku mutu sedangkan untuk e.coli tidak memenuhi baku mutu yang tertera pada PP No 22 Tahun 2021.

b. Analisa air produksi

Hasil Analisa kualitas air produksi dibandingkan dengan PERMENKES No. 492 Tahun 2010. Analisa kualitas air produksi dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3 untuk nilai kualitas air produksi yang dibandingkan dengan PERMENKES No. 492 Tahun 2010 sudah memenuhi baku mutu yang berlaku kecuali untuk nilai parameter dari zat organik (KMnO₄) dimana hasil analisis menunjukkan rata-rata nilai zat organik (KMnO₄) adalah 13,69 mg/L sedangkan nilai baku mutunya adalah 10 mg/L.

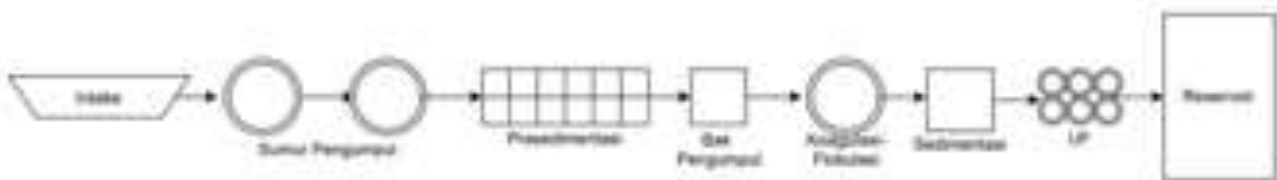
c. Analisa air outlet prasedimentasi

Hasil dari outlet unit prasedimentasi dibandingkan dengan air baku yang digunakan di IPA Siwalanpanji. Tabel perbandingan hasil dari outlet unit prasedimentasi dan air baku dapat dilihat pada Tabel 4.

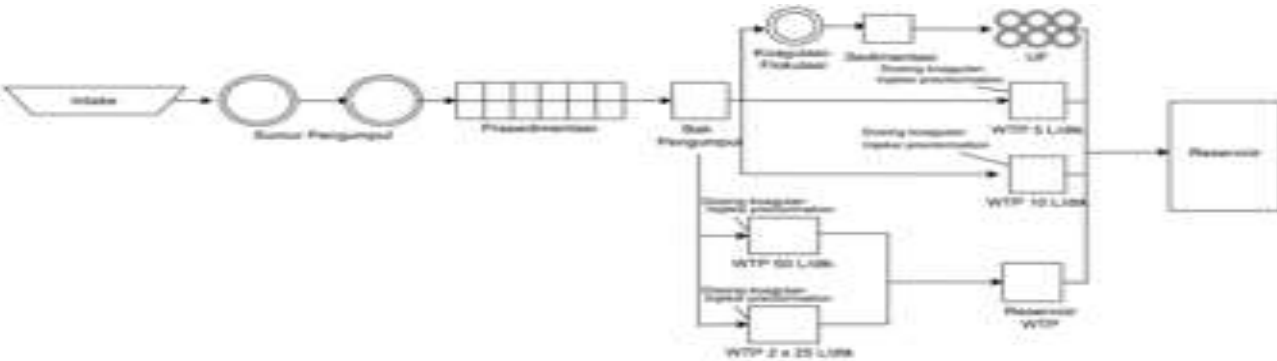
Perbandingan ini dapat memperlihatkan presentase efisiensi penyisihan pada unit prasedimentasi di IPA Siwalanpanji. Berdasarkan Tabel 4 penyisihan efisiensi unit prasedimentasi tinggi dimana efisiensi penyisihan kekeruhan adalah 95% dan zat organik 35 %. Hasil Outlet dari unit prasedimentasi ini belum memenuhi baku mutu standar air minum, karena unit prasedimentasi merupakan salah satu unit *pretreatment*, sehingga air yang sudah diolah perlu diolah lagi dengan *secondary treatment*, sehingga air yang dihasilkan dapat didistribusikan.

d. Analisa perbandingan air outlet unit ultrafiltrasi dan unit konvensional

Hasil dari outlet unit ultrafiltrasi dan outlet unit konvensional dibandingkan dengan dibandingkan dengan



Gambar 5. Diagram Alir Rekomendasi Pengolahan Menggunakan Ultrafiltrasi.



Gambar 6. Alur Proses Produksi IPA Siwalanpanji Secara Umum Apabila Terdapat Setelah Penambahan Unit Rekomendasi.

PERMENKES No. 492 Tahun 2010. Analisa kualitas *outlet* unit ultrafiltrasi dan *outlet* unit konvensional dapat dilihat pada Tabel 5.

Berdasarkan Tabel 5 untuk nilai kualitas air yang dihasilkan antara *outlet* unit ultrafiltrasi dan konvensional dibuat grafik hasil Analisa yang dapat dilihat pada Gambar 2.

Berdasarkan hasil analisis kualitas *outlet* unit ultrafiltrasi dan konvensional dibandingkan dengan PERMENKES No. 492 Tahun 2010 sudah memenuhi baku mutu yang berlaku kecuali untuk nilai parameter warna dan zat organik (KMnO₄). Namun, *outlet* unit ultrafiltrasi pada hasil analisis ini nilai e.coli juga belum memenuhi baku mutu.

Adapun dari hasil analisa data primer tersebut dapat dilihat efisiensi penyisihan dari unit bangunan. yang dapat dilihat pada Tabel 6. Pada Tabel 6 presentasi efisiensi yang digunakan adalah kekeruhan dan zat organik.

Hasil efisiensi yang dapat dilihat pada Tabel 6 menunjukkan bahwa nilai efisiensi untuk unit ultrafiltrasi tidak lebih baik dibandingkan dengan konvensional, dimana nilai penyisihan kekeruhan dari unit ultrafiltrasi lebih rendah dibandingi *outlet* konvensional. Perbandingan yang digunakan pada studi ini yaitu unit konvensional 50 L/detik, dimana unit konvensional ini terdiri dari unit koagulasi-flokulasi, sedimentasi dan filter pasir cepat. Perbedaan efisiensi ini dapat disebabkan karena kurangnya *pretreatment* pada unit ultrafiltrasi, dimana pada pengolahan air menggunakan unit ultrafiltrasi di IPA Siwalanpanji, *outlet* dari prasedimentasi langsung dimasukkan ke unit ultrafiltrasi. Sedangkan untuk unit konvensional didalamnya masih terdapat *pretreatment* lain salah satunya penambahan bahan kimia.

pengolahan air minum menggunakan ultrafiltrasi terdapat syarat penting untuk pengaplikasiannya yaitu perlu adanya penambahan bahan kimia seperti koagulan atau bubuk karbon di awal treatment untuk mengilangkan/mengurangi kontaminan yang lebih kecil seperti bahan organik alami atau mikropolutan *pretreatment* untuk air yang masuk ke membran ini juga sebagai sebagai salah satu cara untuk

mengurangi *fouling* yang dapat menyebabkan turunnya performasi dari membran [4-5].

2) Analisa Data Sekunder

Data sekunder yang didapatkan dari laboratorium yang ada di IPA Siwalanpanji PDAM Sidoarjo, dari data yang ada didapat parameter kualitas air yang digunakan tiap unit bangunan antara lain pH dan kekeruhan. Data terbaru yang didapat adalah data tahun 2020. Data grafik yang ada diambil dari data sekunder perhari yang dirata-rata sehingga didapatkan angka untuk parameter kekeruhan dan pH setiap bulan.

a. Analisa air baku

Hasil analisa kualitas air baku dibandingkan dengan PP No. 22 Tahun 2021 mengenai kualitas badan air kelas I sebagai air yang digunakan untuk air baku air minum. Grafik data sekunder analisa kualitas air baku dapat dilihat pada Gambar 3. Berdasarkan grafik pada Gambar 3 diketahui kekeruhan air baku cukup tinggi antara 5 – 50 NTU dengan pH rata-rata 7,4.

b. Analisa air produksi

Hasil Analisa kualitas air produksi dibandingkan dengan PERMENKES No. 492 Tahun 2010. Grafik data sekunder analisa kualitas air produksi dapat dilihat pada Gambar 4. Berdasarkan Gambar 4 diketahui kualitas air produksi sudah memenuhi baku mutu baku mutu Permenkes RI No.492/MENKES/PER/IV/2010 untuk parameter kekeruhan dan pH, dengan nilai kekeruhan rata-rata 0,75 dan pH 7,1.

Adapun selain data sekunder dari laboratorium yang ada di IPA Siwalanpanji PDAM Sidoarjo, terdapat pula data sekunder yang berasal dari literatur. Hasil dari analisa Laboratorium Lingkungan PJT I untuk rata-rata nilai kualitas air baku yang digunakan di IPA Siwalanpanji dapat dilihat pada Tabel 7.

Berdasarkan Tabel 7 nilai kualitas air baku di IPA Siwalanpanji parameter yang memenuhi standard baku mutu adalah temperature, pH, TSS, NO₃N, dan PO₃P. Sedangkan untuk parameter yang lain tidak memenuhi standart baku

Tabel 9.
Perhitungan Parameter Kinerja Unit Prasedimentasi

Unit Bangunan	Parameter	Hasil Perhitungan	Kriteria Desain*	Keterangan
Prasedimentasi	Perbandingan panjang dan lebar	1 : 3	1 : 5	memenuhi
	waktu detensi	7,89 jam	1,5 – 3 jam	lebih baik
	kedalaman	5 m	3 – 5m	memenuhi
	Beban permukaan	0,63 m ³ /m ² .jam	0,83 – 2,5 m ³ /m ² .jam	lebih baik
	Bilangan Reynold	1185	2000	memenuhi
	Kecepatan horisontal	5,5 x 10 ⁻⁴ m/detik		
	Bilangan Fraud	1,7 x 10 ⁻⁸	>10 ⁻⁵	Tidak memenuhi

Tabel 10.
Perhitungan Parameter Kinerja Unit Bak Pengumpul

Unit Bangunan	Parameter	Hasil Perhitungan	Kriteria Desain*	Keterangan
Bak Pengumpul	Waktu detensi	20,5 menit	< 10 menit	Tidak memenuhi

Tabel 11.
Perhitungan Parameter Kinerja Unit Ultrafiltrasi

Unit Bangunan	Parameter	Hasil Perhitungan	Kriteria Desain*	Keterangan
Ultrafiltrasi	Fluks	2,98 m ³ /jam	2,8 – 8,4 m ³ /jam	memenuhi
	Volume air pencuci	0,01%		

Tabel 12.
Perbandingan Air Pencuci Unit Ultrafiltrasi dan Filter Konvensional

Unit	Volume air produksi	Volume air pencuci	Persentase air pencuci
Membran UF	2592 m ³ /hari	0,24 m ³ /hari	0,01 %
Filter Konvensional	852,43 m ³ /hari	28,08 m ³ /hari	3,29 %

mutu PP No. 22 Tahun 2021 untuk air yang digunakan sebagai air baku untuk air minum

B. Evaluasi Kinerja Instalasi yang Berkaitan dengan Unit Membran Ultrafiltrasi

Unit-unit yang dievaluasi antara lain unit sumur pengumpul, unit prasedimentasi, dan unit bak pengumpul. Dari hasil evaluasi diharapkan dapat diketahui efektivitas dari kinerja unit-unit pengolahan dan memberikan saran terhadap unit yang tidak memenuhi kriteria desain, sehingga tidak hanya kualitas air yang memenuhi baku mutu tetapi unit pengolahan juga memenuhi kriteria desain.

1) Sumur Pengumpul Setelah Intake

Sumur pengumpul berguna untuk tempat penampungan sementara air dari intake yang kemudian akan disalurkan menggunakan pompa ke unit prasedimentasi atau ke unit konvensional paket yang ada. Pada IPA Siwalanpanji PDAM Sidoarjo terdapat 2 buah sumur pengumpul yang saling berhubungan. Hasil evaluasi unit sumur pengumpul dapat dilihat pada Tabel 8. Berikut diuraikan data mengenai bangunan sumur pengumpul:

- a. Diameter (d) = 4,85 meter
- b. Kedalaman (t) = 5 meter
- c. Debit (Q) = 175 l/detik = 0,175 m³/detik

Perhitungan waktu detensi unit sumur pengumpul adalah sebagai berikut.

$$\text{Volume (V)} = \frac{\pi}{4} \times d^2 \times t$$

$$\text{Volume (V)} = \frac{3,14}{4} \times 4,85^2 \times 5 \tag{1}$$

$$\text{Volume (V)} = 92,33 \text{ m}^3$$

$$\text{Td} = \text{V/Q}$$

$$\text{Td} = \frac{92,33 \text{ m}^3}{0,175 \text{ m}^3/\text{detik}} \tag{2}$$

$$\text{Td} = 527,58 \text{ detik}$$

$$\text{Td} = 8,79 \text{ menit}$$

Berdasarkan hasil evaluasi, didapatkan waktu detensi pada sumur pengumpul adalah 8,79 menit, hal tersebut memenuhi kriteria desain dari sumur pengumpul.

2) Prasedimentasi

Bak Prasedimentasi pada IPA Siwalanpanji merupakan pengolahan setelah air intake masuk ke sumur pengumpul. Pada bangunan ini terdapat 12 bak dalam satu bangunan. Bak prasedimentasi ini pada bulan februari 2021 mengalami perubahan sistem operasional, dimana dalam bangunan prasedimentasi terdapat 2 bak lain yaitu sebagai bak aerasi dan pengolahan biologis menggunakan bio-ball. Penggunaan bak aerasi dan bio-ball adalah untuk memperbaiki hasil outlet dari bak prasedimentasi. Hasil evaluasi unit prasedimentasi dapat dilihat pada Tabel 9.

Berikut merupakan data mengenai unit prasedimentasi:

- a. Debit (Q) = 175 L/detik = 0,175 m³/detik
- b. Panjang (p) = 15,5 m
- c. Lebar (l) = 5,5 m
- d. Kedalaman (t) = 5 m
- e. Jumlah bak = 12
- f. T = 29 °C
- g. v = 8,21 x 10⁻⁷ m³/detik
- h. g = 9,81 m/detik
- i. Sg = 2,65
- j. Ukuran partikel (d) = 0,2 mm
- k. ρ = 995,97 kg/m³
- l. μ = 0,8181 x 10⁻³ N.det/m²

Perhitungan parameter kinerja unit prasedimentasi:

m. Q per bak = 0,015 m³/detik

$$\text{Volume per bak} = p \times l \times t$$

$$\text{Volume per bak} = 15,5 \times 5,5 \times 5 \tag{3}$$

$$\text{Volume per bak} = 426,25 \text{ m}^3$$

$$\text{Td} = \text{V/Q} \tag{4}$$

Tabel 13.
Penggunaan Pompa di IPA Siwalanpanji

Penggunaan	Tipe	Kapasitas (L/dtk)	Daya (KW)
Pompa Intake	EBARA P 0127844	50	11
	EBARA P 0127844	50	11
	Grundfos OPQ8220174	80	37
Pompa WTP	Grundfos NK 125 - 250 / 269 AH - F - B - BAOE	100	75
	Ebara 150X125 FSLA	50	55
	EBARA 100x80 FSJA	25	30
Pompa UF	Ebara 150X125 FSLA	50	55
	Ebara 150X125 FSLA	50	55
	Ebara 150X125 FSLA	50	55

$$Td = \frac{426,25 \text{ m}^3}{0,015 \text{ m}_3} / \text{detik}$$

$$Td = 28,416 \text{ detik}$$

$$Td = 7,89 \text{ jam}$$

$$So = \frac{\text{Debit}}{\text{Luas permukaan}}$$

$$So = \frac{0,015 \text{ m}^3 / \text{detik}}{85,25 \text{ m}^2} \tag{5}$$

$$So = 0,000176 \text{ m}^3 / \text{m}^3 \cdot \text{detik}$$

$$So = 0,63 \text{ m}^3 / \text{m}^3 \cdot \text{jam}$$

$$Vh = \frac{Q}{Ac}$$

$$Vh = \frac{0,015 \text{ m}^3 / \text{detik}}{(5,5 \times 5) \text{ m}^2} \tag{6}$$

$$Vh = 5,5 \times 10^{-4} \text{ m} / \text{detik}$$

$$R = \frac{(l \times t)}{(2t + 1)} \tag{7}$$

$$R = 1,77 \text{ m}$$

$$Nre = \frac{\rho \times R \times Vs}{\mu}$$

$$Nre = \frac{995,97 \times 1,77 \times 5,5 \times 10^{-4}}{0,8181 \times 10^{-3}} \tag{8}$$

$$Nre = 1185$$

$$Nfr = \frac{Vh^2}{g \times r}$$

$$Nfr = \frac{(5,5 \times 10^{-4})^2}{9,81 \times 1,77} \tag{9}$$

$$Nfr = 1,7 \times 10^{-8}$$

Berdasarkan hasil evaluasi unit prasedimentasi, didapatkan hasil perbandingan panjang dan lebar, waktu detensi, kedalaman, beban permukaan, dan bilangan Reynold yang sesuai dengan kriteria desain yang ada. Sedangkan untuk nilai bilangan Fraud tidak memenuhi kriteria desain.

3) Bak Pengumpul Setelah Prasedimentasi

Bak pengumpul di IPA Siwalanpanji berfungsi sebagai pengumpulan sementara hasil dari prasedimentasi yang kemudian akan dipompa dan disalurkan ke unit selanjutnya, yaitu unit ultrafiltrasi dan unit konvensional yang lainnya. Hasil evaluasi unit bak pengumpul dapat dilihat pada Tabel 10. Berikut diuraikan mengenai dimensi bangunan bak pengumpul:

- a. Panjang (p) = 9 meter
- b. Lebar (l) = 6 meter
- c. Kedalaman (t) = 4 meter
- d. Debit (Q) = 175 l/detik = 0,175 m³/detik

Perhitungan waktu detensi unit bak pengumpul adalah sebagai berikut.

$$\text{Volume (V)} = p \times l \times t$$

$$\text{Volume (V)} = 9 \times 6 \times 4 \tag{10}$$

$$\text{Volume (V)} = 216 \text{ m}^3$$

$$Td = V/Q$$

$$Td = \frac{216 \text{ m}^3}{0,175 \text{ m}_3} / \text{detik} \tag{11}$$

$$Td = 1234,28 \text{ detik}$$

$$Td = 20,5 \text{ menit}$$

Berdasarkan hasil evaluasi, didapatkan waktu detensi pada sumur pengumpul adalah 20,5 menit. Hal tersebut tidak memenuhi kriteria desain, namun dikarenakan adanya sistem pompa pada bak pengumpul sehingga perbedaan waktu detensi tidak menjadi masalah.

C. Evaluasi Unit Ultrafiltrasi

Terdapat 2 skit unit ultrafiltrasi di IPA Siwalanpanji yang digunakan, masing-masing skit sendiri terdiri dari 36 modul tabung ultrafiltrasi. Ultrafiltrasi yang digunakan di IPA Siwalanpanji yakni berasal dari *Deerfos membrane* dengan jenis *Hollow-Fiber Membrane Module* tipe DFU-0870AD. Berdasarkan spesifikasi pabrik dari membran kondisi operasi yang digunakan adalah sebagai berikut.

- a. *Max. Inlet Pressure* (kPa) = 300
- b. *Max Operating TMP* (kPa) = 200
- c. *Max. Temperatur* (°C) = 40
- d. pH = 2 – 9
- e. *filtrate turbidity* (NTU) = < 0,1

Berikut spesifikasi mengenai membran modul yang digunakan:

- a. *Effective surface area* (m²) = 70
- b. *Desain Flux* (m³/jam) = 2,8 – 8,4
- c. *Dimensi* (φ x Hmm) = 216 x 2,275
- d. *Material dari membran* = PVDF
- e. *Ukuran pori* = 0,07 um

Hasil evaluasi unit ultrafiltrasi dapat dilihat pada Tabel 11. Berikut merupakan data mengenai unit ultrafiltrasi:

- a. *Debit (Q)* = 30 L/detik
- b. *Jumlah modul* = 36 modul

Perhitungan parameter kinerja unit ultrafiltrasi:

$$\text{Debit per modul} = \frac{Q}{\text{Jumlah modul}} \tag{12}$$

$$\text{Debit per modul} = \frac{30 \text{ L/detik}}{36}$$

Debit per modul = 0,83 L/detik

Debit per modul = 2,9 m³/jam

Fluks membran = V/t

$$\text{Fluks membran} = \frac{2,98 \text{ m}^3}{1 \text{ m}_3} / \text{detik} \quad (13)$$

Fluks membran = 2,98 m³/jam

$$\text{Volume air pencuci} = \frac{\text{air pencuci}}{\text{air produksi}} \times 100\%$$

$$\text{Volume air pencuci} = \frac{0,24 \text{ m}^3/\text{hari}}{2592 \text{ m}^3/\text{hari}} \quad (14)$$

Volume air pencuci = 0,01%

Berdasarkan hasil evaluasi nilai fluks membran yang memenuhi kriteria dari membran itu sendiri, dengan presentase volume air pencuci membran 0,01 %.

D. Analisa Kinerja Unit Ultrafiltrasi pada Instalasi Pengolahan Air Minum (IPA) Siwalanpanji PDAM Sidoarjo

Pada penelitian ini dibuat perbandingan operasional antara unit ultrafiltrasi dengan unit konvensional 50 L/detik, dari hasil perbandingan ini akan diketahui keefektifan penggunaan unit ultrafiltrasi di IPA Siwalanpanji. Perbandingan operasional yang digunakan adalah persentase air pencuci membran dan air pencuci filter. Pada pembahasan sebelumnya diketahui persentase air pencuci membran adalah 0,01 %, sedangkan untuk air persentase air pencuci filter Pasir adalah sebagai berikut.

- Volume air backwash = 28,08 m³/jam
- Durasi filtrasi tiap filter Pasir = 40 jam

Volume air produksi = debit filtrasi × durasi filtrasi

$$\text{Volume air pencuci} = 21,31 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times 40 \text{ jam} \quad (15)$$

Volume air pencuci = 852,42 m³/hari

$$\text{Presentase air backwash} = \frac{\text{volume air backwash}}{\text{volume air produksi}} \times 100\%$$

$$\text{Presentase air backwash} = \frac{28,08 \text{ m}^3/\text{hari}}{852,43 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 100\% \quad (16)$$

Presentase air backwash = 3,29 %

Perbandingan hasil perhitungan presentase air pencuci dapat dilihat pada Tabel 12.

Berdasarkan persentase air pencuci yang digunakan dibandingkan dengan air yang diproduksi, penggunaan membran UF lebih efektif dikarenakan volume air pencuci yang digunakan sedikit dibandingkan dengan volume air yang dapat diproduksi oleh unit membran ultrafiltrasi yaitu 0,01 %. Sedangkan untuk unit konvensional membutuhkan volume air pencuci yang lebih banyak apabila dibandingkan dengan volume air yang dihasilkan yaitu 3,29 %.

Kemudian, membandingkan energi yang dibutuhkan untuk operasional membran dengan energi untuk keseluruhan operasional IPA Siwalanpanji. Perbandingan kebutuhan energi didapatkan dari kebutuhan energi dari pompa yang digunakan, hal ini dapat dilihat pada spek pompa. Pada pengoperasian keseluruhan unit di IPA Siwalanpanji dibutuhkan 8 pompa, dimana dijelaskan dalam Tabel 13.

Berdasarkan Tabel 13 diketahui pompa UF memiliki daya yang cukup besar dibandingkan dengan daya yang digunakan untuk keseluruhan IPA yaitu sebesar 33 % penggunaan daya dari keseluruhan daya yang dibutuhkan.

E. Rekomendasi Kinerja Operasi Unit Membran Ultrafiltrasi

Berdasarkan analisa kondisi eksisting dan didukung oleh data primer berupa hasil analisis perbandingan unit ultrafiltrasi dengan unit konvensional sebelumnya, dimana hasil outlet konvensional dengan adanya pretreatment tambahan setelah unit prasedimentasi yaitu koagulasi-flokulasi dan sedimentasi, memiliki kualitas outlet yang lebih baik dibanding outlet ultrafiltrasi yang tidak terdapat pretreatment lain setelah unit prasedimentasi. Berdasarkan hal tersebut diketahui bahwa operasi dari unit ultrafiltrasi kurang baik karena tidak lengkapnya pretreatment yang ada, sehingga perlu diadakannya pretreatment sebelum masuk ke unit ultrafiltrasi, diagram alir rekomendasi pengolahan dapat dilihat pada Gambar 5.

Pada diagram alir tersebut dijelaskan untuk pretreatment yang akan dilakukan adalah koagulasi-flokulasi kemudian masuk ke bak sedimentasi. Pengadaan bangunan untuk koagulasi-flokulasi agar koloid yang masih ada pada air dapat dikurangi konsentrasinya sehingga kinerja membran UF tidak berat dan juga tidak sering terjadi fouling. Berdasarkan penelitian adanya proses koagulasi-flokulasi menggunakan PAC sebelum ultrafiltrasi dapat meningkatkan efisiensi penyisihan kekeruhan hingga 99 % [6]. Selain itu penggunaan PAC juga dapat meningkatkan efisiensi penyisihan bahan organik humic acid hingga 90% dibandingkan dengan tidak menggunakan PAC hanya 40% [7].

Berdasarkan diagram alir alternatif pengolahan dapat dilihat bahwa proses koagulasi-flokulasi dan sedimentasi dilakukan sebelum masuk UF. Selain hal tersebut penambahan koagulan juga dilakukan sebelum masuk ke masing-masing WTP. Sehingga alur proses produksi menjadi, setelah bak pengumpul air akan dipecah menjadi 5 yaitu, ke unit koagulasi-flokulasi dan sedimentasi sebelum masuk UF, ke unit WTP 5 L/dtk, WTP 10 L/dtk, 50 L/dtk dan 2x25 L/dtk. WTP 5 L/dtk dan 10 L/dtk merupakan unit clearator sehingga sebelum masuk WTP akan ditambahkan koagulan terlebih dahulu, begitupun dengan WTP 50 L/dtk dan 2x 25 L/dtk yang bentuk unitnya merupakan IPA paket dengan unit koagulasi-flokulasi, sedimentasi, dan filter pasir cepat. Hal ini lebih efektif karena menghindari penambahan koagulan berlebihan seperti pada pengolahan sebelumnya dimana terdapat 2 kali penambahan koagulan yaitu diprasedimentasi dan sebelum masuk WTP. Perbedaan gambaran penambahan koagulan sesudah adanya rekomendasi kinerja dapat dilihat pada Gambar 6.

V. KESIMPULAN/RINGKASAN

Kesimpulan evaluasi kinerja unit Ultrafiltrasi pada IPA Siwalan Panji sebagai berikut: (1) Kualitas air hasil pengolahan untuk parameter zat organik melebihi baku mutu, sehingga perlu pengolahan lanjutan. (2) Unit ultrafiltrasi menghasilkan fluks sesuai spesifikasi pabrik yaitu 2,98 m³/jam. Kemudian, unit UF lebih efisien dari pengolahan konvensional dengan kebutuhan air pencuci 0,01 % air

produksi. Sedangkan untuk energi yang dibutuhkan mencapai 33% dari total kebutuhan energi seluruh IPA Siwalanpanji.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Josopandojo, "Studi Kemampuan Instalasi Pengolahan Air untuk Meminimalisasi Trihalometana (Studi Kasus IPA Siwalanpanji Kabupaten Sidoarjo)," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2020.
- [2] M. Clever, F. Jordt, R. Knauf, N. Rübiger, M. Rüdibusch, and R. Hilker-Scheibel, "Process water production from river water by ultrafiltration and reverse osmosis," *Desalination*, vol. 131, no. 1–3, pp. 325–336, 2000.
- [3] I. G. Wenten, "Membrane in Water and Wastewater Treatment," Institut Teknologi Bandung, 2008.
- [4] I. Koyuncu, R. Sengur, T. Turken, S. Guclu, and M. E. Pasaoglu, "Advances in water treatment by microfiltration, ultrafiltration, and nanofiltration," *Adv. Membr. Technol. water Treat.*, pp. 83–128, 2015.
- [5] J. Davey and A. Schäfer, "Ultrafiltration to supply safe drinking water in developing countries: A review of opportunities," *J. Eng.*, 2009.
- [6] S. Xia, Y. Liu, L. I. Xing, and J. Yao, "Drinking water production by ultrafiltration of Songhuajiang River with PAC adsorption," *J. Environ. Sci.*, vol. 19, no. 5, pp. 536–539, 2007.
- [7] M. Tomaszewska and S. Mozia, "Removal of organic matter from water by PAC/UF system," *Water Res.*, vol. 36, no. 16, pp. 4137–4143, 2002.