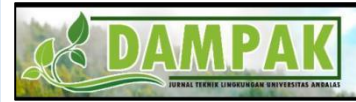


Terbit online pada laman web jurnal :<http://jurnaldampak.ft.unand.ac.id/>

Dampak: Jurnal Teknik Lingkungan Universitas Andalas

| ISSN (Print) 1829-6084 |ISSN (Online) 2597-5129|



Artikel Penelitian

Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Minum (IPA) Universitas Andalas

Puti Sri Komala ^{*}, *Ansiha Nur*, *Ridwan*, *Irna Rosa Fitria*.*Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Andalas, Padang, Indonesia***Koresponden: putisrikomala@eng.unand.ac.id*

Diterima: 13 Mei 2024

Diperbaiki: 10 Juni 2024

Disetujui: 01 Juli 2024

ABSTRACT

Universitas Andalas Water Treatment Plant (WTP Unand) is a water treatment plant that serves the drinking water needs of Universitas Andalas with a 90 L/second capacity. WTP Unand has been operating for decades so it is necessary to evaluate the performance and operation of the drinking water treatment system to ensure the quantity and quality of the treated water. This study aims to measure the performance of the Unand WTP unit, analyze the quality of production water produced based on Permenkes No.2/2023 standards for drinking water quality parameters, and analyze the design of the Unand WTP at development discharge. The future flow rate is determined based on the Master Plan of Universitas Andalas in 2030. Based on the analysis of current water demand (year 2023), the flow rate distributed is insufficient. Of the existing water treatment units in WTP Unand, only the Slow Sand Filter (SSF) unit meets the design criteria of the Indonesian National Standard (SNI) 3981: 2008, while the WTP package unit and the Rapid Sand Filter (SPC) unit do not meet the design criteria according to SNI 6774: 2008 at existing and future flow rates. The water quality analysis of WTP Unand found that Total Dissolved Solid (TDS), turbidity, and Total Coliform parameters did not meet the quality standards. The omission of coagulation and disinfection is one of the reasons why some water quality parameters are not compliant. Evaluation of the design criteria of the WTP unit at an increased discharge of 32 L/sec was not fulfilled, so further resizing and redesign of the treatment unit were required.

Keywords: *Drinking Water Quality, Evaluation, Performance, Water Treatment Plant (WTP)*

ABSTRAK

Instalasi Pengolahan Air Universitas Andalas (IPA Unand) merupakan instalasi pengolahan air yang melayani kebutuhan air bersih Universitas Andalas dengan kapasitas 90 L/detik. IPA Unand sudah beroperasi beberapa dekade sehingga perlu dilakukannya evaluasi kinerja serta operasional sistem pengolahan air minum untuk menjamin kuantitas dan kualitas air yang diolah. Penelitian ini bertujuan mengukur kinerja unit IPA Unand, analisis kualitas air produksi yang dihasilkan berdasarkan standar Permenkes No.2/2023 untuk parameter kualitas air minum dan analisis desain IPA Unand pada debit pengembangan. Debit pengembangan ditentukan berdasarkan Master Plan Universitas Andalas di tahun 2030. Berdasarkan analisis kebutuhan air Universitas Andalas eksisting, debit aliran air yang didistribusikan masih tidak mencukupi kebutuhan. Dari unit-unit pengolahan air yang ada di IPA Unand, hanya unit Saringan Pasir Lambat (SPL) yang memenuhi kriteria desain SNI 3981:2008, sementara pada unit paket IPA dan pada unit Saringan Pasir Cepat (SPC) tidak memenuhi kriteria desain menurut SNI 6774:2008 pada debit eksisting maupun pengembangan. Hasil analisis kualitas air pengolahan IPA Unand ditemukan parameter *Total Dissolved Solid (TDS)*, kekeruhan, dan *Total Coliform* tidak memenuhi baku mutu. Tidak dilakukannya koagulasi dan desinfeksi merupakan salah satu alasan mengapa beberapa parameter kualitas air tidak memenuhi syarat. Evaluasi kriteria desain unit IPA pada peningkatan debit sebesar 32 L/detik tidak terpenuhi, sehingga diperlukan perubahan dimensi dan desain ulang unit pengolahan lebih lanjut.

Kata Kunci: *Evaluasi, Kinerja, Kualitas Air Minum, Instalasi Pengolahan Air (IPA)*

1. PENDAHULUAN

Air merupakan aspek penting dalam menunjang keberlangsungan kehidupan. Meskipun begitu, pada tahun 2022 ditemukan hampir 800 juta masyarakat dunia tidak memiliki akses terhadap pasokan air bersih (Putri et al., 2022). Terutama untuk kawasan pedesaan yang hanya mendapat akses air minum sebesar 53% (Mendez-Ruiz et al., 2023). Kondisi ini akan memicu timbulnya penyakit dan menghambat pertumbuhan ekonomi (Purnama & Suharto, 2018). Komponen Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) terdiri dari sumber air minum, instalasi pengolahan air minum (IPA), jaringan distribusi air, serta pengguna sebagai konsumen (Sarbidi, 2018). Keandalan suatu SPAM dapat dilihat dari 3 aspek, yaitu kualitas, kuantitas, dan kontinuitas air yang diproduksi (Purnama & Suharto, 2018). Kondisi tersebut dapat tercapai apabila persyaratan teknis dan non-teknis terpenuhi. Namun kondisi tersebut dapat tidak terpenuhi, seperti pada musim hujan, dimana kekeruhan meningkat drastis. Selain itu, kegiatan operasional dan pemeliharaan unit yang tidak dilakukan sesuai standar, kebocoran yang sering terjadi dan sumber air baku yang tidak kontinu serta permasalahan distribusi lainnya (Djana, 2023).

Oleh karena itu, sangat penting untuk dilakukannya karakterisasi kualitas air produksi dan evaluasi kinerja serta operasional sistem pengolahan air minum untuk menentukan kualitas air yang didistribusikan (Bhaskoro & Ramadhan, 2018). Upaya yang dapat dilakukan dalam memenuhi penyediaan air minum salah satunya dengan analisis keandalan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) atau uji reliabilitas IPA dalam produksi air bersih. Analisis keandalan SPAM ini merupakan analisis debit yang tersedia untuk pemenuhan kebutuhan air pada jangka waktu tertentu. Analisis ini diperlukan untuk pengembangan sistem penyediaan air bersih yang diharapkan dapat memenuhi kebutuhan air masa mendatang dan mengatasi krisis kebutuhan air (Meiliani, 2016).

Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Universitas Andalas merupakan institusi yang melayani kebutuhan air bersih di kampus Universitas Andalas. SPAM ini dilengkapi dengan instalasi pengolahan yang terdiri dari Saringan Pasir Cepat (SPC), Saringan Pasir Lambat (SPL) dan paket Instalasi Pengolahan Air (IPA). Seiring dengan bertambahnya jumlah civitas akademika serta adanya penambahan jumlah pembangunan gedung, maka diperlukan evaluasi sistem penyediaan air untuk menjamin kualitas dan kontinuitas air yang didistribusikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kinerja tiap-tiap unit Instalasi Pengolahan Air Minum (IPA) Universitas Andalas dan membandingkan dengan standar Permenkes No.2/2023. Selain itu, juga dilakukan analisis desain unit-unit Instalasi Pengolahan Air Minum (IPA) baik pada debit eksisting maupun pada debit pengembangan berdasarkan *Master Plan* Universitas Andalas tahun 2030.

2. METODOLOGI

Pengumpulan data sekunder berupa data jumlah pengguna air, gedung dan bangunan perkantoran, peta dan jalur distribusi air, dan Master Plan Universitas Andalas 2020-2030 diperoleh dari pihak pengelola Air Bersih di bawah pimpinan Wakil Rektor II Universitas Andalas. Data-data primer diperoleh dari hasil pengukuran, pengujian laboratorium, dan observasi langsung di IPA Universitas Andalas. Parameter air yang dianalisis merujuk dari Permenkes No. 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan untuk Baku Mutu Air Minum.

2.1 Analisis Kualitas Air IPA Universitas Andalas

Pengambilan sampel air merujuk pada SNI 8995:2021 tentang Metode Pengambilan Contoh Uji Air untuk Pengujian Fisika dan Kimia. Sementara itu untuk pengambilan sampel air uji coliform (biologi) dilakukan berdasarkan SNI 9063:2022 tentang Metode Pengambilan Contoh Uji Air dan Air Limbah untuk Parameter Mikrobiologi. Parameter yang diuji dalam pengujian kualitas air di laboratorium yaitu parameter fisika, kimia, dan biologi sesuai dengan baku mutu air minum pada Permenkes No.2 Tahun 2023. Parameter fisika yang dianalisis yaitu Total Dissolved Solid (TDS), bau, rasa, kekeruhan, suhu, dan warna. Parameter biologi yang diuji yaitu total coliform dan E. Coli serta untuk parameter kimia diantaranya pH, besi (Fe), Mangan (Mn), Nitrat (NO₃), Nitrit (NO₂), Kromium (Cr⁶⁺), Fluorida (F), Kesadahan (CaCO₃), Kadmium (Cd), Timbal (Pb), dan Arsen (As) diuji di Laboratorium Air Departemen Teknik Lingkungan dan Laboratorium Dinas Kesehatan Provinsi Sumatera Barat.

2.2 Analisis Kriteria Desain Unit IPA Universitas Andalas

Analisis desain unit pengolahan air paket IPA dan Saringan Pasir Cepat (SPC) dilakukan berdasarkan kriteria desain SNI 6774:2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air. Sedangkan itu, untuk unit Saringan Pasir Lambat (SPL) berdasarkan SNI 3981:2008 tentang Perencanaan Instalasi Saringan Pasir Lambat. Analisis ini dilakukan berdasarkan debit eksisting dan debit pengembangan. Analisis debit eksisting dilakukan berdasarkan hasil pengamatan pemakaian air di reservoir dan dibandingkan terhadap debit kebutuhan air eksisting yaitu tahun 2023. Debit kebutuhan air mengacu pada standar kebutuhan air minum menurut Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 1996 tentang Kebutuhan Air Bersih untuk Domestik dan non-Domestik. Debit pengembangan ditentukan berdasarkan kebutuhan air sivitas akademik menurut *Master Plan* Universitas Andalas pada periode 2020-2030.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Profil IPA Universitas Andalas

Instalasi Pengolahan Air (IPA) Universitas Andalas merupakan sarana penyedia air bersih kampus Universitas Andalas yang terletak di Kelurahan Limau Manis Kecamatan Pauh Kota Padang Sumatera Barat dengan koordinat $0^{\circ}54'47''\text{S}$ $100^{\circ}28'13''\text{E}$ (**Gambar 1**). Unit pengolahan awal yang dibangun tahun 1984 yaitu sistem penyaringan pasir cepat (SPC) dan sistem penyaringan pasir lambat (SPL) dengan kapasitas masing-masing sebesar 15 L/detik dan 35 L/detik. Selanjutnya pada tahun 2016 dilakukan pembangunan paket Instalasi Pengolahan Air (IPA) dengan kapasitas 40 L/detik, maka keseluruhan IPA ini memiliki kapasitas sebesar 90 L/detik. Sumber air baku berasal dari Sungai Limau Manis dan Ladang Sikabau. IPA ini melayani beberapa gedung dan fakultas di antaranya: rumah sakit, asrama mahasiswa, pusat

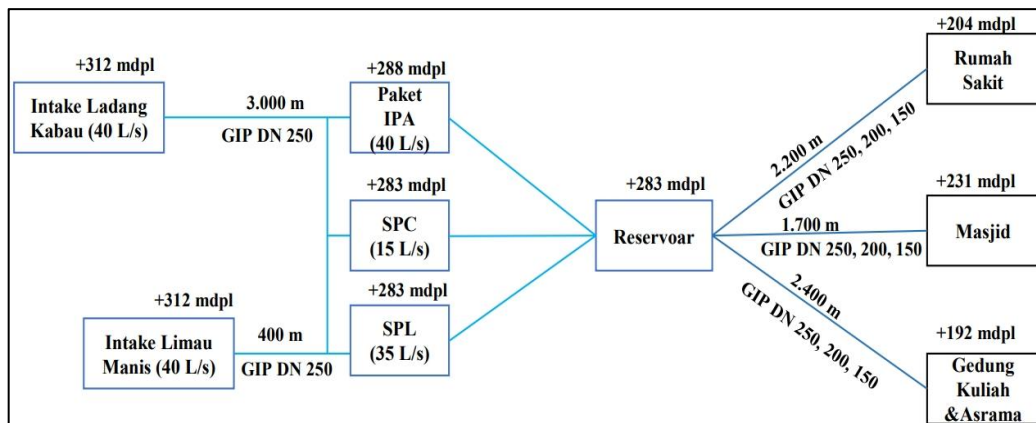
kegiatan mahasiswa, fakultas, rektorat dan beberapa bangunan atau fasilitas kampus lainnya. Skema unit pengolahan air minum Universitas Andalas dapat dilihat pada **Gambar 2**.

a. Paket Instalasi Pengolahan Air (IPA)

Paket IPA ini memiliki kapasitas 40 L/detik, berukuran panjang, lebar, dan tinggi yaitu 10 m x 2,5 m x 2,4 m terdiri dari unit pengadukan cepat (koagulasi) berupa pengadukan secara hidrolis dengan memanfaatkan turbulensi air. Namun unit ini tidak digunakan sesuai standar operasionalnya, sehingga saat hujan air yang diolah masih keruh dan mengandung padatan. Selanjutnya, unit sedimentasi atau pengendapan merupakan unit operasi untuk menghilangkan materi tersuspensi atau flok kimia secara gravitasi. Pada unit ini terjadi proses pemisahan suspensi padatan encer dan suspensi yang lebih pekat berdasarkan gaya gravitasi, sehingga larutan menjadi lebih jernih (Priambodo & Indaryanto, 2017).



Gambar 2. Lokasi IPA Unand



Gambar 2. Skema IPA Unand

IPA Unand tidak menambahkan koagulan pada unit koagulasi, sehingga bak pengendap tidak berfungsi dengan baik pada proses pemisahan material tersuspensi pada air yang diolah. Proses filtrasi adalah proses lanjutan dari sedimentasi dimana partikel yang tidak terendapkan pada proses sedimentasi akan dilakukan penyaringan menggunakan media berpori (Bhaskoro & Ramadhan, 2018). Proses penyaringan pada paket IPA Unand dilakukan dengan menerapkan 2 (dua) tahap penyaringan. Tahap pertama air yang diolah dilewatkan melalui media pasir silika, kemudian penyaringan akhir menggunakan media antrasit dengan proses penyaringan sistem *down flow* (mengalir dari atas ke bawah).

b. Saringan Pasir Cepat (SPC)

Filtrasi jenis ini umumnya digunakan untuk pengolahan air minum dan industri serta sering terjadi penyumbatan sehingga diperlukan pencucian menggunakan aliran berlawanan dengan arah penyaringan (Reynaldi & Radityaningrum, 2022). Saringan Pasir Cepat (SPC) memiliki kecepatan penyaringan sebesar 6-11 m/jam. Pencucian menggunakan sistem *surface wash* dengan kecepatan 36-50 m/jam (Okun & Shulz, 1984).

c. Saringan Pasir Lambat (SPL)

Proses pengolahan air bersih dengan saringan pasir lambat terdiri atas bangunan penyadap, bak penampung, saringan pasir lambat dan bak penampung air bersih (Reynaldi & Radityaningrum, 2022). SPL menggunakan tipe aliran *down-flow* dan dilengkapi dengan pipa inlet, pipa outlet, pipa *overflow* dan pipa penguras. Unit ini menggunakan media penyaring yaitu pasir dan media penyangga yaitu kerikil. Jumlah bak saringan pasir lambat adalah 1 bak. Saringan pasir lambat memiliki ukuran panjang 32 meter, lebar 15 meter dan tinggi 4 meter.

d. Reservoir

Air hasil pengolahan dari unit paket IPA, SPC, dan SPL ditampung di reservoir yang berkapasitas 1.000 m³ dengan 2 kompartemen. Distribusi air bersih menuju daerah pelayanan menggunakan tiga jenis pipa yaitu pipa GIP DN 250, 200 dan 150. Reservoir pada IPA Unand merupakan jenis *ground* reservoir yang terbuat dari beton. Reservoir merupakan tangki penampungan sementara air hasil olahan air baku sebelum didistribusikan ke konsumen. Fungsi dari reservoir adalah untuk

menampung air bersih yang telah diolah dan memberi tekanan (Reynaldi & Radityaningrum, 2022).

3.2. Analisis Kebutuhan Air Eksisting

Analisis kebutuhan air kampus Unand eksisting dihitung berdasarkan kebutuhan air civitas akademik pada tahun 2023 yang mengacu pada Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 1996 tentang Kebutuhan Air Bersih untuk Domestik dan non-Domestik. Kebutuhan air yang diperhitungkan adalah penggunaan air di fakultas, perkantoran, dan rumah sakit. Perhitungan kebutuhan air kampus Unand disajikan pada **Tabel 1** Hasil perhitungan kebutuhan air tahun 2023 diperoleh sebesar 2.532,46 m³/hari.

3.3 Kapasitas Produksi IPA Eksisting

Sistem jaringan prasarana utama air bersih Universitas Andalas dikembangkan berdasarkan pembagian daerah pelayanan gedung fakultas dan gedung di sekitar kampus. Penentuan debit pengolahan dilakukan dengan analisis kapasitas masing-masing unit pengolahan. Setelah dilakukan analisis, diperoleh debit pengolahan rata-rata pada IPA Unand adalah sebesar 0,09 m³/detik. Debit distribusi air bersih dari IPA Unand perharinya di tahun 2023 diketahui sebesar 1.146,528 m³/hari. Apabila dibandingkan dengan kebutuhan air bersih 2.532,46 m³/hari, menunjukkan air yang didistribusikan tidak mencukupi kebutuhan perharinya. Salah satu faktor yang menyebabkan tidak terpenuhinya debit distribusi air bersih ini adalah kebocoran pipa yang diperkirakan akibat umur pemakaian pipa yang sudah cukup lama.

3.4 Analisis Kriteria Desain Eksisting Unit Paket IPA

Hasil analisis kriteria desain pada unit paket IPA kapasitas 40 L/s dapat dilihat pada **Tabel 2**. Unit koagulasi pada paket IPA Unand yang menggunakan sistem hidrolis diperoleh waktu detensi (td) yang tidak sesuai standar akibat *headloss* yang terlalu kecil. Solusi untuk menghindari waktu detensi yang tinggi ini, dapat dilakukan dengan menurunkan gradien kecepatan tiap tahapannya melalui pengaturan katup aliran tiap kompartemen agar tinggi air dapat turun secara konstan (Kamulyan, 2018).

Tabel 1. Perhitungan Kebutuhan Air Universitas Andalas Tahun 2023

Keterangan	Jumlah (Orang)	*Debit Kebutuhan (L/Orang/hari)	Total Debit Kebutuhan (m ³ /hari)
Fakultas			
Mahasiswa	28.477	80	2.278,16
Tenaga Pendidik Prodi	2.084	50	104,2
Tenaga Pendidik non Prodi	572	50	28,6
Rumah Sakit			
Pasien	204	500	102
Tenaga Kerja	390	50	19,5
Total Debit Kebutuhan Air (m³/hari)			2.532,46

(Sumber: Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 1996)

Tabel 2. Evaluasi Kriteria Desain Paket IPA (40 L/s) Universitas Andalas Tahun 2023.

Parameter	Satuan	Standar	Nilai	Keterangan
Unit Koagulasi				
Gradien Kecepatan,G	det ¹	>750	872,242	M
Waktu Detensi, td	detik	1 – 5	21	TM
Unit Sedimentasi				
Beban permukaan	m ³ /m ² /jam	3,8 – 7,5	4,01	M
kedalaman	m	3 – 6	5,2	M
Waktu tinggal	jam	0,07	0,38	TM
Beban pelimpah	m ³ /m/jam	< 11	9	M
Bilangan Reynold		< 2.000	53,69	M
Bilangan Froude		> 10 ⁻⁵	2,5 x 10 ⁻³	M
Kemiringan dasar bak		45 – 60	60	M
Periode antar pengurasan lumpur	Jam	8 – 24	24	M
Kemiringan <i>tube/plate</i>		30 – 60	60	M
Unit Filtrasi				
Kecepatan penyaringan	(m/jam)	6 – 11	7,2	M
Pencucian:				
• Sistem pencucian	-	<i>Blower/surface wash</i>	<i>Surface wash</i>	M
• Kecepatan	(m/jam)	36 – 50		M
• Lama pencucian	(menit)	10 – 15	37	TM
• Periode antara dua pencucian	(jam)	18 – 24	30	M
• Ekspansi	(%)	30 – 50	10	M
			50	
Media pasir:				
• Tebal	(mm)	300 – 700	600	M
• Single media	(mm)	600 – 700	600	M
• Media ganda	(mm)	300 – 600	600	M
• Ukuran efektif (ES)	(mm)	0,3 – 0,7	0,7	M
• Koefisien keseragaman (UC)	-	1,2 – 1,4	1,2	M
• Berat jenis	(kg/dm ³)	2,5 – 2,65	2,5	M
• Porositas	-	0,4	0,4	M
• Kadar SiO ₂	%	>95	97	M
Media antrasit:				
• Tebal	(mm)	400 – 500	400	M
• ES	(mm)	1,2 – 1,8	1,2	M
• UC	-	1,5	1,5	M
• Berat jenis	(kg/dm ³)	1,35	1,35	M
• Porositas	-	0,5	0,5	M
Filter bottom/dasar saringan:				
1) Lapisan penyangga dari atas ke bawah				
• Kedalaman	(mm)	80 – 100	80	M
• Ukuran butir	(mm)	2 – 5	2	M
• Kedalaman	(mm)	80 – 100	80	M
• Ukuran butir	(mm)	5 – 10	5	M
• Kedalaman	(mm)	80 – 100	80	M
• Ukuran butir	(mm)	10 – 15	10	M
• Kedalaman	(mm)	80 – 150	80	M
• Ukuran butir	(mm)	15 – 30	15	M
2) Filter nozel				
• Lebar slot nozel	(mm)	< 0,5	0,2	M
• Persentase luas slot nozel terhadap luas filter	(%)	>4	7	M

(Sumber: SNI 6774:2008; Keterangan: TM = Tidak Memenuhi; M= Memenuhi)

Bak sedimentasi berbentuk persegi panjang dengan ukuran 5 m x 3 m dilengkapi dengan *gutter* sebagai saluran pelimpah dan saluran menuju bak filter. Kriteria desain unit sedimentasi untuk waktu tinggal belum memenuhi kriteria SNI 6774:2008. Nilai NRe dan Nfr dari hasil perhitungan berada pada rentang aliran laminar NRe < 2.000 dan Nfr > 10⁻⁵, sehingga kondisi aliran laminar pada unit sedimentasi sudah terpenuhi (Waluyo &

Riris, 2017). Pada unit filtrasi menggunakan media penyaring pasir cepat menunjukkan durasi pencucian pada unit filtrasi belum memenuhi kriteria SNI 6774:2008. Kendala lainnya yang ditemukan pada sistem ini yaitu *nozzle* yang sering mengalami penyumbatan oleh media pasir, sehingga menyebabkan pasir masuk ke dalam reservoir.

3.5 Analisis Kriteria Desain Eksisting Unit Saringan Pasir Cepat (SPC)

Unit Saringan Pasir Cepat (SPC) merupakan unit pengolahan tersendiri yang menggunakan media antrasit berupa pasir silika. Unit SPC ini terdiri dari 5 buah bak yang terbuat dari beton dan memiliki ukuran panjang x lebar x tinggi, 9,3 m x 5,8 m x 6 m, luas bak saringan 3,8 m x 5 m. Proses *backwash* (pencucian filter) dilakukan pengaturan secara otomatis untuk membuka dan menutup katup. Pencucian filter dilakukan selama 10 menit dalam 24 jam. Unit SPC belum memenuhi kriteria SNI 6774:2008 pada kriteria kecepatan filtrasi dan pencucian yang ditampilkan pada **Tabel 3**. Kondisi ini dapat menyebabkan proses penyaringan air serta pencucian filter tidak berjalan secara optimal.

3.6 Analisis Kriteria Desain Eksisting Unit Saringan Pasir Lambat (SPL)

Saringan Pasir Lambat (SPL) menggunakan media penyaring pasir dan media penyangga kerikil. Unit ini menyaring air baku dari *intake*. Jumlah bak saringan adalah 1 bak. SPL memiliki ukuran panjang 32 m, lebar 15 m dan tinggi 4 m. SPL menggunakan tipe aliran *down-flow* dan dilengkapi dengan pipa inlet, pipa outlet, pipa *overflow* dan pipa penguras. Unit SPL sudah memenuhi kriteria desain SNI 3981:2008 pada debit eksisting seperti yang dapat dilihat pada **Tabel 4**.

3.7 Analisis Parameter Kualitas air IPA Universitas Andalas

Hasil pengujian laboratorium terhadap sampel air yang diperoleh dari saluran inlet dan outlet reservoir disajikan dalam **Tabel 5**.

Tabel 3. Evaluasi Kriteria Desain Unit SPC (15 L/s) Tahun 2023

Parameter	Satuan	Standar	Nilai	Keterangan
Jumlah bak saringan	-	Minimum 5 bak	5 bak	M
Kecepatan penyaringan	(m/jam)	6 – 11	2,52	TM
Pencucian:				
• Sistem pencucian	-	<i>Blower/surface wash</i>	<i>Surface wash</i>	M
• Kecepatan	(m/jam)	36 – 50	3,24	TM
• Lama pencucian	(menit)	10 – 15	10	M
• Periode antara dua pencucian	(jam)	18 – 24	24	M
• Ekspansi	(%)	30 – 50	50	M
Media pasir:				
• Tebal	(mm)	300 – 700	300	M
• Single media	(mm)	600 – 700	600	M
• Media ganda	(mm)	300 – 600	300	M
• Ukuran efektif (ES)	(mm)	0,3 – 0,7	0,7	M
• Koefisien keseragaman (UC)	-	1,2 – 1,4	1,2	M
• Berat jenis	(kg/dm ³)	2,5 – 2,65	2,65	M
• Porositas	-	0,4	0,42	M
• Kadar SiO ₂	%	>95	97	M
Media antrasit:				
• Tebal	(mm)	400 – 500	400	M
• ES	(mm)	1,2 – 1,8	1,3	M
• UC	-	1,5	1,5	M
• Berat jenis	(kg/dm ³)	1,35	1,35	M
• Porositas	-	0,5	0,5	M
Filter <i>bottom</i> /dasar saringan:				
1) Lapisan penyangga dari atas ke bawah				
• Kedalaman	(mm)	80 – 100	80	M
• Ukuran butir	(mm)	2 – 5	2	M
• Kedalaman	(mm)	80 – 100	80	M
• Ukuran butir	(mm)	5 – 10	5	M
• Kedalaman	(mm)	80 – 100	80	M
• Ukuran butir	(mm)	10 – 15	10	M
• Kedalaman	(mm)	80 – 150	80	M
• Ukuran butir	(mm)	15 – 30	15	M
2) Filter nozel				
• Lebar slot nozel	(mm)	< 0,5	0,2	M
• Persentase luas slot nozel terhadap luas filter	(%)	>4	5	M

(Sumber: SNI 6774:2008; Keterangan: TM = Tidak Memenuhi; M= Memenuhi)

Tabel 4. Evaluasi Kriteria Desain Unit SPL (35 L/s) Tahun 2023

Parameter	Satuan	Standar	Nilai	Keterangan
Kecepatan penyaringan	(m/jam)	0,1 – 0,4	0,15	M
Jumlah bak	-	Minimal 2 bak	2	M
Kedalaman:				
Tinggi bebas (<i>freeboard</i>)	(m)	0,2 – 0,3	0,3	M
Tinggi air di atas media pasir	(m)	1 – 1,5	1	M
Tebal pasir penyaring	(m)	0,6 – 1	1	M
Tebal kerikil penahan	(m)	0,15 – 0,3	0,2	M
Saluran pengumpul bawah	(m)	0,1 – 0,2	0,2	M
Media penyaring:				
Kadar SiO ₂	%	< 90	95	M
Diameter efektif (ES)	(mm)	0,2 – 0,3	0,23	M
Koefisien keseragaman UC	(mm)	2 – 3	2	M
Berat jenis	(gr/cm ³)	2,55 – 2,65	2,65	M
Pencucian pasir:				
Debit pencucian	L/detik	≥3	3	M
Pompa	-	Tersedia pompa	Ada	M
Katup	-	Dilengkapi katup	Ada	M

(Sumber: SNI 3981:2008; Keterangan: TM = Tidak Memenuhi; M= Memenuhi)

Tabel 5. Hasil Pengujian Kualitas Air IPA Unand

Parameter	Satuan	Standar ⁽¹⁾	Inlet	Outlet	Keterangan
Fisika					
TDS	mg/L	0	74	73	TM
Bau	-	tidak berbau	tidak berbau	tidak berbau	M
Rasa	-	tidak berasa	tidak berasa	tidak berasa	M
Kekeruhan	NTU	<3	37,67	12,3	TM
Suhu	°C	+3	25,2	25,1	M
Warna	Pt-Co unit	10	4,30	<0,378	M
Kimia					
pH	-	6,5-8,5	8,3	8,0	M
Besi (Fe)	mg/L	0,2	<0,0433	<0,0433	M
Mangan (Mn)	mg/L	0,1	<0,0239	<0,0239	M
Nitrat (NO ₃)	mg/L	20	0,564	0,560	M
Nitrit (NO ₂)	mg/L	3	<0,002	<0,002	M
Kromium (Cr ⁶⁺)	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	M
Fluorida (F)	mg/L	1,5	0,049	0,052	M
Kesadahan (CaCO ₃)	mg/L	500	42,0	48,0	M
Kadmium (Cd)	mg/L	0,003	<0,00093	<0,00093	M
Timbal (Pb)	mg/L	0,01	<0,0037	<0,0037	M
Arsen (As)	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	M
Biologi					
Total <i>Coliform</i>	CFU/100mL	0	7.600	300	TM
<i>E. Coli</i>	CFU/100mL	0	5.500	0	M

Keterangan: TM = tidak memenuhi; M = Memenuhi

Sumber: ⁽¹⁾Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 2 Tahun 2023 tentang Baku Mutu Air Minum

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Baku Mutu Air Minum sebagian besar parameter kualitas air telah terpenuhi, namun masih terdapat beberapa parameter yang belum memenuhi baku mutu yaitu parameter *Total Dissolved Solid* (TDS) dan kekeruhan serta parameter biologi yaitu total *coliform*. Tidak terpenuhinya parameter tersebut, diperkirakan akibat tidak adanya unit koagulasi dan unit disinfeksi dalam pengolahan. Operasional IPA sebaiknya dilaksanakan sesuai dengan standar yaitu dengan menambahkan koagulan pada unit koagulasi dan desinfektan sebelum dialirkan ke reservoir. Kegagalan

pengolahan air dapat terjadi karena proses koagulasi, filtrasi, dan disinfeksi yang tidak memadai. Koagulasi dan filtrasi sangat penting untuk menghilangkan bahan organik alami (NOM), alga, dan parasit protozoa yang resisten terhadap klorinasi (Gheraout dkk., 2014; Reynolds dkk., 2008).

3.8 Evaluasi Unit-unit IPA pada Debit Pengembangan

Analisis debit pengembangan IPA disesuaikan dengan jumlah pertambahan sivitas akademika pada *Master Plan* Universitas Andalas pada periode desain tahun 2020-2030.

Proyeksi total jumlah keseluruhan mahasiswa, dosen, dan tenaga pengajar Universitas Andalas di tahun 2030 sebanyak ± 33.637 orang dengan laju pertumbuhan sivitas akademik 1% setiap tahunnya. Berdasarkan perhitungan dan proyeksi tersebut diperoleh kebutuhan air bersih pada tahun 2030 sebesar $2.691 \text{ m}^3/\text{hari}$. Kebutuhan air tersebut

lebih besar dibandingkan dengan debit distribusi eksisting IPA tahun 2023 yaitu $1.146,528 \text{ m}^3/\text{hari}$, sehingga diperlukan penambahan debit produksi. Kebutuhan air tersebut belum memperhitungkan kebutuhan air untukantisipasi kebakaran.

Tabel 6. Evaluasi Kriteria Desain Paket IPA (40 L/s) pada Debit pengembangan (32 L/s) Tahun 2030

Parameter	Satuan	Standar	Eksisting	Pengembangan	Keterangan
Unit Koagulasi					
Gradien Kecepatan, G	det^{-1}	>750	872,242	529	TM
Waktu Detensi, t_d	detik	1 – 5	21	32	TM
Unit Sedimentasi					
Beban permukaan kedalaman	$\text{m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$	3,8 – 7,5	4,01	3,376	M
Waktu tinggal	m	3 – 6	5,2	5,2	M
Beban pelimpah	jam	0,07	0,38	4,798	TM
Bilangan Reynold	$\text{m}^3/\text{m}/\text{jam}$	< 11	9	12,71	TM
Bilangan fraude		< 2.000	53,69	231	M
Kemiringan dasar bak		> 10^{-5}	$2,5 \times 10^{-3}$	$3,3 \times 10^{-3}$	M
Periode antar pengurasan lumpur	Jam	45 – 60	60	60	M
Kemiringan <i>tubel/plate</i>		8 – 24	24	24	M
		30 – 60	60	60	M
Unit Filtrasi					
Kecepatan penyaringan	(m/jam)	6 – 11	7,2	8,367	M
Pencucian:			<i>Surface wash</i>	<i>Surface wash</i>	
• Sistem pencucian	-	<i>Blower/surface wash</i>			M
• Kecepatan	(m/jam)	36 – 50		37	M
• Lama pencucian	(menit)	10 – 15	37	30	TM
• Periode antara dua pencucian	(jam)	18 – 24	30	24	M
• Ekspansi	(%)	30 – 50	24	50	M
			50		
Media pasir:					
• Tebal	(mm)	300 – 700	600	600	M
• Single media	(mm)	600 – 700	600	600	M
• Media ganda	(mm)	300 – 600	600	600	M
• Ukuran efektif (ES)	(mm)	0,3 – 0,7	0,7	0,7	M
• Koefisien keseragaman (UC)	-	1,2 – 1,4	1,2	1,2	M
• Berat jenis	(kg/dm^3)	2,5 – 2,65	2,5	2,5	M
• Porositas	-	0,4	0,4	0,4	M
• Kadar SiO_2	%	>95	97	97	M
Media antrasit:					
• Tebal	(mm)	400 – 500	400	400	M
• ES	(mm)	1,2 – 1,8	1,2	1,2	M
• UC	-	1,5	1,5	1,5	M
• Berat jenis	(kg/dm^3)	1,35	1,35	1,35	M
• Porositas	-	0,5	0,5	0,5	M
Filter bottom/dasar saringan:					
1) Lapisan penyangga dari atas ke bawah					
• Kedalaman	(mm)	80 – 100	80	80	M
• Ukuran butir	(mm)	2 – 5	2	2	M
• Kedalaman	(mm)	80 – 100	80	80	M
• Ukuran butir	(mm)	5 – 10	5	5	M
• Kedalaman	(mm)	80 – 100	80	80	M
• Ukuran butir	(mm)	10 – 15	10	10	M
• Kedalaman	(mm)	80 – 150	80	80	M
• Ukuran butir	(mm)	15 – 30	15	15	M
2) Filter nozel					
Lebar slot nozel	(mm)	< 0,5	0,2	0,2	M
Persentase luas slot nozel terhadap luas filter	(%)	>4	7	7	M

(Sumber: SNI 6774:2008; Keterangan: TM = Tidak Memenuhi; M= Memenuhi)

3.9 Analisis Kriteria Desain unit IPA Unand

Berdasarkan *Master Plan* Universitas Andalas tahun 2020-2030 terdapat peningkatan jumlah pengguna/kebutuhan air sehingga perlu dilakukan analisis kemampuan masing-masing unit pengolahan air yang ada dalam memasok kebutuhan tersebut. Hasil perhitungan terkait proyeksi kebutuhan air di Universitas Andalas tahun 2030 adalah sebesar 2.691 m³/hari (32 L/detik). Nilai debit ini dua kali lipat lebih besar dari kebutuhan air di tahun 2023 (eksisting). Analisis kemampuan unit pengolahan air IPA dilakukan terhadap unit Saringan Pasir Cepat (SPC), Saringan Pasir Lambat (SPL), dan paket Instalasi Pengolahan Air (IPA) yang terdiri atas unit koagulasi, sedimentasi, filtrasi dan reservoir. Hasil analisis terhadap debit pengembangan 32

L/detik pada unit paket IPA yang ditampilkan pada **Tabel 6**. Hasil evaluasi menunjukkan pada unit koagulasi, gradien kecepatan (G) dan waktu detensi tidak terpenuhi. Hal ini mengindikasikan bahwa energi pengadukan pada bak koagulasi tidak dapat menghasilkan pengadukan yang optimal. Beban pelimpah dan waktu tinggal pada unit sedimentasi juga tidak memenuhi standar serta durasi pencucian filter pada unit filtrasi juga tidak terpenuhi. Evaluasi desain unit Saringan Pasir Cepat (SPC) dapat dilihat pada **Tabel 7**. Kurangnya kontrol dosis koagulan yang tepat, pencucian filter yang tidak memadai, dan pelatihan staf yang tidak memadai merupakan faktor kunci yang berkontribusi terhadap kegagalan pengolahan air (Momba et al., 2005).

Tabel 7. Evaluasi Kriteria Desain Unit SPC (15 L/s) pada Debit pengembangan (32 L/s) Tahun 2030

Parameter	Satuan	Standar	Eksisting	Pengembangan	Keterangan
Jumlah bak saringan	-	Minimum 5 bak	5 bak	5 bak	M
Kecepatan penyangkiran	(m/jam)	6 – 11	2,52	3,44	TM
Pencucian:		<i>Blower/surface</i>	<i>Surface</i>		
• Sistem pencucian	-	<i>wash</i>	<i>wash</i>	<i>Surface wash</i>	M
• Kecepatan	(m/jam)	36 – 50	3,24	19,44	TM
• Lama pencucian	(menit)	10 – 15	15	15	M
• Periode antara dua pencucian	(jam)	18 – 24	24	24	M
• Ekspansi	(%)	30 – 50	50	50	M
Media pasir:					
• Tebal	(mm)	300 – 700	300	300	M
• Single media	(mm)	600 – 700	600	600	M
• Media ganda	(mm)	300 – 600	300	300	M
• Ukuran efektif (ES)	(mm)	0,3 – 0,7	0,7	0,7	M
• Koefisien keseragaman (UC)	-	1,2 – 1,4	1,2	1,2	M
• Berat jenis	(kg/dm ³)	2,5 – 2,65	2,65	2,65	M
• Porositas	-	0,4	0,42	0,42	M
• Kadar SiO ₂	(%)	>95	97	97	M
Media antrasit:					
• Tebal	(mm)	400 – 500	400	400	M
• ES	(mm)	1,2 – 1,8	1,3	1,3	M
• UC	-	1,5	1,5	1,5	M
• Berat jenis	(kg/dm ³)	1,35	1,35	1,35	M
• Porositas	-	0,5	0,5	0,5	M
Filter <i>bottom</i> /dasar saringan:					
1) Lapisan penyangga dari atas ke bawah					
• Kedalaman	(mm)	80 – 100	80	80	M
• Ukuran butir	(mm)	2 – 5	2	2	M
• Kedalaman	(mm)	80 – 100	80	80	M
• Ukuran butir	(mm)	5 – 10	5	5	M
• Kedalaman	(mm)	80 – 100	80	80	M
• Ukuran butir	(mm)	10 – 15	10	10	M
• Kedalaman	(mm)	80 – 150	80	80	M
• Ukuran butir	(mm)	15 – 30	15	15	M
2) Filter nozel	(mm)	< 0,5	0,2	0,2	M
Lebar slot nozel	(%)	>4	5	5	M
Persentase luas slot nozel terhadap luas filter					

(Sumber: SNI 6774:2008; Keterangan: TM = Tidak Memenuhi; M= Memenuhi)

Sementara itu, evaluasi disain unit Saringan Pasir Lambat (SPL) diperlihatkan pada **Tabel 8**. Hasil evaluasi unit SPL memperlihatkan bahwa unit ini masih dapat beroperasi sesuai dengan standar. Dari aspek kuantitas, pada saat pengembangan pada tahun 2030 dengan kapasitas produksi air 32 L/detik, diperlukan kapasitas reservoir sebesar 824,88 m³. Jumlah ini masih dapat ditampung dengan kapasitas reservoir yang tersedia yaitu 1.000 m³. Perlunya penyesuaian hidrolis juga dilaporkan dari penelitian di Instalasi pengolahan air Ekuador yang gagal memenuhi standar kualitas air, sehingga membutuhkan perubahan ukuran hidrolis pada unit pengolahan (Mendez-Ruiz dkk., 2023). Unit-unit pengolahan, seperti flokulator, saringan pasir cepat, dan tangki penyimpanan, perlu diubah ukurannya untuk memenuhi perkembangan populasi di masa depan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis debit kebutuhan air Universitas Andalas ditemukan debit distribusi pada tahun 2023 tidak mencukupi kebutuhan. IPA Unand tidak mampu memenuhi debit kebutuhan eksisting di tahun 2023 sebesar 13,3 L/detik maupun debit pengembangan sebesar 32 L/detik di tahun 2030. Hasil evaluasi kriteria

desain Paket IPA pada debit eksisting maupun pengembangan, parameter yang tidak memenuhi di antaranya adalah waktu tinggal dan gradien kecepatan pada unit koagulasi, waktu tinggal pada unit sedimentasi, serta kecepatan penyaringan maupun pencucian pada unit filtrasi. Kecepatan penyaringan dan pencucian pada unit Saringan Pasir Cepat (SPC) SNI 6774:2008, sementara unit Saringan Pasir Lambat (SPL) masih memenuhi SNI 3981:2008. Kualitas air pengolahan IPA Unand berdasarkan Permenkes No. 2 Tahun 2023 ditemukan beberapa parameter yang tidak memenuhi baku mutu yaitu *Total Dissolved Solid* (TDS), kekeruhan, dan total *coliform*. Untuk memperbaiki kualitas dan kinerja IPA Unand direkomendasikan untuk melakukan pembubuhan koagulan dan desinfektan sebelum air dialirkan ke reservoir, selain melakukan pemeliharaan masing-masing unit secara rutin.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Andalas melalui skema Riset Penugasan *Green Campus* dengan No. T/5/UN.16.19/PT.01.03/IS-RPGC/2023.

Tabel 8. Evaluasi Kriteria Desain Unit SPL (35 L/s) pada Debit Pengembangan (32 L/s) Tahun 2030

Parameter	Satuan	Standar	Eksisting	Pengembangan	Keterangan
Kecepatan penyaringan	(m/jam)	0,1 – 0,4	0,15	0,202	M
Jumlah bak	-	Minimal 2 bak	2	2	M
Kedalaman:					
Tinggi bebas (<i>freeboard</i>)	(m)	0,2 – 0,3	0,3	0,3	M
Tinggi air di atas media pasir	(m)	1 – 1,5	1	1	M
Tebal pasir penyaring	(m)	0,6 – 1	1	1	M
Tebal kerikil penahan	(m)	0,15 – 0,3	0,2	0,2	M
Saluran pengumpul bawah	(m)	0,1 – 0,2	0,2	0,2	M
Media penyaring:					
Kadar SiO ₂	%	< 90	95	95	M
Diameter efektif (ES)	(mm)	0,2 – 0,3	0,23	0,23	M
Koefisien keseragaman UC	(mm)	2 – 3	2	2	M
Berat jenis	(gr/cm ³)	2,55 – 2,65	2,65	2,65	M
Pencucian pasir:					
Debit pencucian	L/detik	≥3	3	1,194	TM
Pompa	-	Tersedia pompa	Ada	Ada	M
Katup	-	Dilengkapi katup	Ada	Ada	M

(Sumber: SNI 3981:2008; Keterangan: TM = Tidak Memenuhi; M = Memenuhi)

DAFTAR PUSTAKA

- Bhaskoro, R. G. E., & Ramadhan, T. (2018). Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Karangpilang I PDAM Surya Sembada Kota Surabaya Secara Kuantitatif. *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 15(2), 62–68.
- Djana, M. (2023). Analisis Kualitas Air dalam Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih di Kecamatan Natar Hajimena Lampung Selatan. *Jurnal Online Universitas PGRI Palembang*, 8(1), 81–87.
- Ghernaout, D., Moulay, S., Messaoudene, N.A., Aichouni, M., Naceur, M.W., & Boucherit, A. (2014). Coagulation and chlorination of NOM and algae in water treatment: A review. *International Journal of Environmental Monitoring and Analysis*, 2, 23.
- Kamulyan, P. (2018). *Evaluasi Keberlanjutan Pengelolaan Sistem Penyediaan Air Minum Berbasis Masyarakat di Kota Blitar*. Thesis. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Meiliani, S. (2016). Kajian Keandalan Tampung Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Aik Membedin Kecamatan Sijuk. *Jurnal Fropil*, 4(2), 175–187.
- Mendez-Ruiz, J. I., Barcia-carreño, M. B., Mejia-Bustamante, L. J., Cornejo-pozo, Á. K., Salas-Vazquez, C. A., & Valverde-Armas, P. E. (2023). Assessment of the Performance of a Water Treatment Plant in Ecuador : Hydraulic Resizing of the Treatment Units. *Sustainability*, 15(1235), 1–23. <https://doi.org/doi.org/10.3390/su15021235>.
- Momba, M.N., Makala, N.R., Zani, B., & Brouckaert, B.M. (2005). Key Causes of Drinking Water Quality Failure in a Rural Small Water Supply of South Africa.
- Okun, D. A., & Shulz, C. A. (1984). *Surface Water Treatment for Communities in Developing Countries* (29th ed.). Arlington: Springer International Publishing.
- Priambodo, E. A., & Indaryanto, H. (2017). Perancangan Unit Instalasi Pengolahan Air Minum Kampus Institut Teknologi Sepuluh Nopember. *Jurnal Teknik ITS*, 6(1), 1–6.
- Purnama, A., & Suharto. (2018). Perencanaan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Untuk Perumahan Baiti Jannati Sumbawa. *Jurnal Riset Kajian Teknologi Dan Lingkungan (JRKTL)*, 1(1), 40–51.
- Putri, F. E., Fitri, A., & Andiatama, M. D. (2022). Analisis Kualitas Air Perusahaan Umum Daerah Air Minum Tirta Khayangan Kota Sungai Penuh. *Jurnal Ilmu Kesehatan*, 6(1), 85–92. <https://doi.org/10.33757/jik.v6i1.494.g217>.
- Reynaldi, B., & Radityaningrum, A. D. (2022). Evaluasi Sistem Instalasi Pengolahan Air Minum di Perusahaan Umum Daerah Air Minum Maja Tirta Kota Mojokerto. *Environmental Engineering Journal ITATS*, 2(1), 35–44.
- Reynolds, K.A., Mena, K.D., & Gerba, C.P. (2008). Risk of Waterborne Illness Via Drinking Water in the United States. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 192, 117 - 158.
- Sarbidi. (2018). Kajian Non-Teknis Penerapan Uprating Instalasi Pengolahan Air pada Sistem Penyediaan Air Minum. *Jurnal Permukiman*, 13(1), 1–12.
- Waluyo, S., & Riris, R. (2017). Analisis Kinerja Distribusi Instalasi Pengolahan Air (IPA) (Studi Kasus IPA Daerah Pejompongan I). *Jurnal Teknik*, 2(2), 29–53.