

Uprating Instalasi Pengolahan Air Minum Konstruksi Baja

Amanda Marini Hariono dan Bowo Djoko Marsono
Departemen Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: bowodjok@enviro.its.ac.id

Abstrak—Seiring bertambahnya tahun, jumlah penduduk terus meningkat. Hasil proyeksi menunjukkan jumlah penduduk Indonesia akan meningkat dari 270,2 juta jiwa pada tahun 2020 menjadi 318,9 juta jiwa pada tahun 2045. Sedangkan, total kapasitas Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) di Indonesia sebesar 100.000 liter/detik atau setara melayani sekitar 100 juta penduduk. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kebutuhan air minum jauh melampaui kapasitas IPAM. Untuk itu perlu dilakukan peningkatan kapasitas produksi air minum salah satunya dengan *uprating* IPAM, yang dapat menambah volume atau debit produksi hingga dua kali volume atau debit awal. Mekanisme dan volume pekerjaan *uprating* IPAM dapat disesuaikan kembali sesuai masalah layanan air minum masing-masing. Kajian ini membahas mekanisme *uprating* pada unit koagulasi-flokulasi, sedimentasi, dan filtrasi pada IPAM berdasarkan kombinasi kriteria desain *uprating* pada SNI 6774:2008 dengan kriteria desain lain yang memenuhi ketentuan. Kajian dilanjutkan dengan simulasi perencanaan *uprating* unit pengolahan air minum pada instalasi pengolahan air paket 50 L/detik IPAM Siwalanpanji Sidoarjo. Didapatkan hasil bahwa dengan *uprating* pada tiap unit pengolahan air, debit IPAM yang semula 36 L/detik dapat ditingkatkan hingga dua kali lipat yakni menjadi 72 L/detik dengan mekanisme dan kriteria desain *uprating* yang memenuhi. Mekanisme *uprating* yang dilakukan pada simulasi ini antara lain mempersingkat waktu detensi (td) dan menambah 1 unit koagulasi-flokulasi dan sedimentasi. Sedangkan, debit pada unit filtrasi ditingkatkan dengan mengganti ukuran masing-masing media filter (antrasit dan pasir silika).

Kata Kunci—Instalasi Pengolahan Air Minum, Kapasitas Pengolahan, *Uprating*.

I. PENDAHULUAN

JUMLAH penduduk di Indonesia terus meningkat seiring bertambahnya tahun. Hasil sensus penduduk pada tahun 2020 menunjukkan jumlah penduduk Indonesia sebesar 270,2 juta jiwa [1]. Bila dibandingkan dengan hasil sensus penduduk pada tahun 2010, jumlah penduduk bertambah sebanyak 32,56 juta jiwa. Hasil proyeksi menunjukkan jumlah penduduk Indonesia akan mencapai 318,9 juta jiwa pada tahun 2045 [2].

Pertumbuhan penduduk yang disertai oleh aktifitas penduduk ini mengakibatkan kebutuhan air minum juga meningkat terutama kota besar dan metropolitan. Sedangkan disebutkan bahwa total kapasitas IPAM di Indonesia sebesar 100.000 liter/detik yang setara untuk melayani kebutuhan air minum sekitar 100 juta penduduk [3]. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kebutuhan air minum jauh melampaui kapasitas IPAM yang menyebabkan ketidakseimbangan pelayanan air minum [4].

Untuk mengatasi ketidakseimbangan pelayanan air minum, dapat dilakukan pembangunan IPAM baru. Namun, untuk mendirikan sebuah IPAM baru dibutuhkan lahan yang cukup besar. Unit paket IPAM berkapasitas 40-80 liter/detik

membutuhkan lahan minimal sebesar 3000 m² [5]. Adapun solusi dari ketidakseimbangan pelayanan air minum selain pembangunan IPAM baru adalah teknologi *uprating* IPAM yang dapat meningkatkan kinerja dan kapasitas produksi air minum pada IPAM.

Teknologi *uprating* IPAM merupakan perbaikan operasional yang dapat dikerjakan pada seluruh IPAM, baik IPAM konvensional maupun IPAM modern yang sudah dilengkapi sistem otomatisasi [6]. Teknologi *uprating* dapat menambah volume atau debit produksi pada satuan unit operasi yang sama dan/atau berbeda hingga dapat berproduksi sampai dua kali volume atau debit awal [7]. Bila dibandingkan dengan membangun IPAM baru, biaya investasi *uprating* IPAM lebih murah. Biaya konstruksi *uprating* IPAM mencapai 4-5 kali lebih murah dibanding pembangunan IPAM baru [4].

Uprating IPAM mencakup seluruh pekerjaan sistem penyediaan air minum (SPAM) seperti ketersediaan dan pengembangan sistem intake atau penyadapan air baku, pengembangan pipa transmisi, pipa distribusi, instalasi pengolahan air, peralatan mekanikal-elektikal, penampungan air minum (reservoir), dan lainnya [8]. Metode dan volume pekerjaan *uprating* IPAM dapat disesuaikan kembali sesuai masalah kekurangan layanan air minum masing-masing dan opsi yang dapat dikerjakan oleh pengelola [4].

Kajian ini membahas mekanisme *uprating* tiap unit pengolahan pada IPAM berdasarkan kriteria desain *uprating* yang telah digunakan sebelumnya. Kemudian dilanjutkan dengan simulasi perhitungan *uprating* unit pengolahan air minum pada IPAM berkonstruksi baja sesuai kriteria desain memenuhi.

II. PROSES, OPERASI, DAN UPRATING IPAM

A. Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM)

Instalasi pengolahan air minum (IPAM) merupakan unit produksi sistem penyediaan air minum. Unit produksi adalah sarana dan prasarana yang dapat digunakan untuk mengolah air baku menjadi air minum melalui proses fisik, kimiawi dan atau biologi, meliputi bangunan pengolahan dan perlengkapannya, perangkat operasional, alat pengukur dan alat pemantauan, serta bangunan penampungan air minum [9].

Berdasarkan konstruksi yang digunakan, terdapat dua jenis IPAM yakni IPAM beton dan IPAM baja. Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) dengan konstruksi beton bertulang berpedoman pada Standar Nasional Indonesia SNI 03-2914-1992 tentang tentang Spesifikasi Beton Bertulang Kedap Air. Umumnya, IPAM beton memiliki kapasitas air minum yang besar yakni lebih dari 50 liter/detik. Instalasi

Tabel 1.
Uprating pada beberapa IPAM di Indonesia

No	Uraian	IPA Dekeng, Bogor	IPA Kedsasih, Muka Kuning Batam	IPA Estuary Nusa Dua, Badung
1	Debit awal (L/dtk)	3 x 200 = 600	4 x 75 = 300	1 x 175 = 175
2	Debit uprating (L/dtk)	3 x 2 x 200 = 1200	4 x 2 x 75 = 600	2 x 175 = 350
3	Air baku uprating	Sungai Cisadane (kekeruhan tinggi)	Waduk air hujan (algae tinggi/warna tinggi, kekeruhan rendah)	Bedungan/waduk (algae tinggi, kekeruhan tinggi, dan kandungan limbah domestik tinggi)
4	Air olahan uprating	Baik (memenuhi syarat baku mutu)	Baik (memenuhi syarat baku mutu)	Baik (memenuhi syarat baku mutu)
5	Biaya Uprating (Rp)	10 miliar / 600 L/detik	12 miliar / 600 L/detik	9 miliar / 350 L/detik
6	Alasan uprating	- Konsumen tinggi - Relatif murah biaya investasi	- Konsumen tinggi - Relatif murah biaya investasi	- Konsumen tinggi - Relatif murah biaya investasi
7	Pengelola IPAM	PDAM Kota Bogor	ATB (kerja sama dengan swasta)	PDAM Badung
8	Jenis IPAM	Beton, konvensional, operasi gravitasi	Paket unit, Beton, operasi dengan pompa	Pulsator Beton, operasi dengan pompa

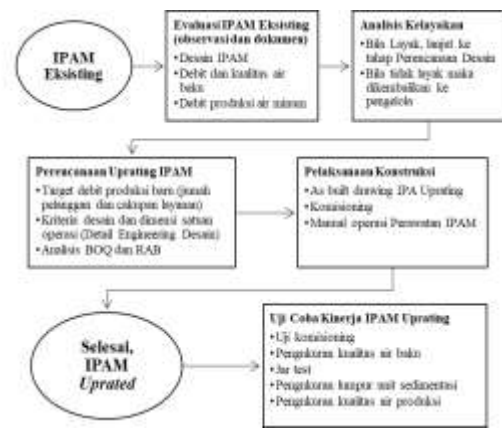
pengolahan air minum (IPAM) dengan konstruksi baja berpedoman pada Standar Nasional Indonesia SNI 03-1729-2002 tentang Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung. Desain IPAM baja direncanakan dapat dirakit pada tempat atau lahan yang telah ditentukan. Kapasitas dari IPAM Baja beragam antara lain 0,5; 1,0, 2,5; 5; 10; 20; 30; 40; 50; 60; hingga 80 liter/detik.

B. Unit Pengolahan Air Minum

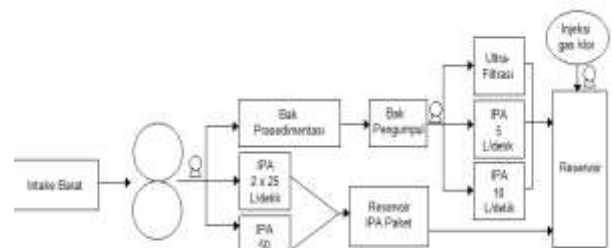
Proses pengolahan air yang digunakan pada IPAM bergantung pada kualitas dan kuantitas air baku yang digunakan. Umumnya, semakin buruk kualitas air baku akan semakin kompleks proses pengolahan yang dibutuhkan. Unit pengolahan air meliputi unit koagulasi-flokulasi, unit sedimentasi, dan unit filtrasi.

1) Unit Koagulasi-flokulasi

Proses koagulasi-flokulasi merupakan kesatuan proses terangkai yang tidak bisa dipisahkan. Koagulasi adalah proses kimia berupa pencampuran senyawa kimia dengan air secara homogen yang dapat memecah partikel koloid. Flokulasi adalah proses lanjutan setelah koagulasi yang bertujuan untuk mempercepat penggabungan partikel-partikel koloid. Koagulasi dan flokulasi terjadi pada unit pengaduk cepat dan unit pengaduk lambat. Kecepatan pengadukan yang dinyatakan dengan gradien kecepatan (G) merupakan parameter utama dalam proses pengadukan (koagulasi-flokulasi). Besar kecilnya angka gradien kecepatan (G) dan waktu tinggal (td) dipengaruhi oleh



Gambar 1. Diagram alir tahapan uprating IPAM.



Gambar 2. Diagram alir pengolahan air minum pada IPA Siwalanpanji.

kualitas kekeruhan air baku dan jenis air baku yang diolah [10].

2) Unit Sedimentasi

Sedimentasi merupakan proses pemisahan solid-liquid dengan cara pengendapan secara gravitasi untuk menyisahkan padatan tersuspensi. Proses sedimentasi pada pengolahan air minum ditujukan untuk menyisahkan flok hasil koagulasi-flokulasi (sebelum masuk ke unit filtrasi). Efisiensi pengendapan pada unit sedimentasi bergantung pada waktu pengendapan atau waktu detensi (td) dan over flowrate (vo).

3) Unit Filtrasi

Filtrasi merupakan proses fisik yang bertujuan untuk memisahkan partikel tersuspensi dari fluida (cair maupun gas). Partikel tersebut dapat berupa lumpur, zat warna, zat organik, plankton, bakteri, partikel dari proses penurunan kesadahan, dan sebagainya [11]. Pada pengolahan air, unit filter pasir cepat (*rapid sand filter*) berfungsi untuk menyaring air yang telah melalui proses koagulasi-flokulasi-sedimentasi dengan kecepatan filtrasi 6 hingga 11 m/jam.

C. Uprating IPAM

Prinsip utama uprating IPAM adalah mengoptimalkan kapasitas produksi yang mengacu pada faktor keamanan pada desain IPAM eksisting sehingga dapat diperkirakan seberapa besar kapasitas IPAM dapat ditingkatkan [12]. Kapasitas optimal uprating adalah kapasitas yang semaksimal mungkin dan disaat yang bersamaan menghasilkan air olahan yang memenuhi baku mutu air minum. Kapasitas produksi IPAM dapat meningkat sebesar dua hingga tiga kali lipat setelah dilakukan uprating [6].

Keunggulan dari uprating IPAM adalah uprating direncanakan dengan desain hidrolis yang baru, kemudian dipasang pada IPAM lama, tanpa merubah dimensi dinding luarnya [4]. Manfaat yang diperoleh dengan menerapkan uprating IPAM antara lain:

Tabel 2.
Upgrading pada beberapa IPAM di Indonesia

Kriteria	Satuan	Kriteria Desain Perencanaan Unit Pengolahan Air		Desain pada <i>Upgrading</i>	
				IPAM Beton	IPAM Baja
Unit Koagulasi					
Tipe/jenis	-	- Hidrolis - Mekanis		Hidrolis	Hidrolis
Gradien kecepatan (G)	detik ⁻¹	>750		>750	2766,95
Waktu pengadukan (td)	menit	1 – 5		1 – 5	2
Unit Flokulasi					
Tipe/jenis	-	Hidrolis	Mekanis	Hidrolis	Hidrolis
Gradien kecepatan (G)	detik ⁻¹	60 – 5	60 – 10	100 – 5	93,407 – 30,147
Waktu pengadukan (td)	menit	30 – 45	30 – 40	-	11 – 18
Pengendalian energi	-	Bukaan pintu/ sekat	Kecepatan putaran	<i>Baffled channel</i>	<i>Baffled channel</i>
Kecepatan aliran maksimum	m/detik	0,9	0,9	-	0,442
Tahapan flokulasi	tahap	6 – 10	3 – 6	6 – 10	4
Unit Sedimentasi					
Tipe/jenis	-	Horizontal / vertikal		Horizontal / vertikal	Horizontal / vertikal
Beban permukaan	m/jam	3,8 – 7,5 *)		25 – 30	10,404
Kedalaman	m	3 – 6		3 – 6	4
Waktu tinggal	jam	>0,07 (waktu retensi pada pelat)		-	0,012
Beban pelimpah	m ³ /m/jam	<11		-	7,739
Bilangan Reynold (NRe)	-	<2000		<2000	36,415
Bilangan Froude (NFr)	-	>10 ⁻⁵		>10 ⁻⁵	0,263
Kecepatan pada plat/tube	m/menit	< 0,15		-	0,0102
Kemiringan tube/plat settler	°	45 – 60		45 – 60	60
Jarak tube/plat settler	cm	5		2 - 3	3,2
Tinggi settler	m	0,5 – 1		2,0 – 2,5	1,2
Pucuk settler	-	Terendam air		Tidak terendam air	Tidak terendam air
Gutter	-	V-notch dengan ambang terjunan		Lubang diameter 2-3 cm dan terendam air	Lubang diameter 2 cm dan terendam air
Saluran gutter	-	Segiempat dangkal		Segiempat dalam	Segiempat dalam
Permukaan bak	-	Satu dan luas		Dibagi diperkecil	Dibagi diperkecil
Saluran inlet	-	Lingkar, berlubang bulat menyudut bagian samping saluran		Segi empat berlubang memanjang di bagian bawah saluran	Segi empat berlubang memanjang di bagian bawah saluran
Unit Filtrasi					
Kecepatan filtrasi	m/jam	6 - 11		17 – 30	
Kecepatan backwash	m/jam	30 – 50		30 – 50	
Lama pencucian	menit	10 – 15		-	
Periode antar 2 pencucian	Jam	18 – 24		24	
Ekspansi media	%	30 – 50		30 – 50	
Media pasir					
Tebal media total (single media)	cm	60 – 70			
Penyangga	cm	20		20	
ES	mm	0,3 – 0,7		0,9	
UC	-	1,2 – 1,4		1,5	
Porositas	<i>f</i>	0,45		0,5	
Faktor bentuk	ϕ	0,8		1,0	
Ukuran partikel media	<i>mesh</i>	-		Mesh no. 8-20	
Filter Nozel					
Lebar slot nozel	mm	<0,5		<0,5	
Rasio luas slot:luas filter	%	>4		>4	

1. Debit produksi IPAM yang telah di *uprating* rata-rata naik menjadi dua kali lipat dari debit IPAM eksisting
2. IPAM yang telah di *uprating* dapat mengolah air baku dengan kandungan kekeruhan tinggi, algae tinggi, dan tercemar limbah domestik dan menghasilkan air olahan yang memenuhi baku mutu air minum
3. Menghemat biaya yang mana biaya investasi dan konstruksi *uprating* IPAM 4-5 kali lebih murah dibandingkan biaya investasi dan konstruksi pembangunan IPAM baru
4. Dengan bertambahnya debit produksi IPAM, kebutuhan air minum yang terus meningkat dapat terpenuhi
5. pengolahan air
2. SNI 6774:2008 Tata cara perencanaan unit paket instalasi pengolahan air
3. SNI 6775:2008 Tata cara pengoperasian dan pemeliharaan unit paket instalasi pengolahan air
4. SNI 7504:2011 Spesifikasi *material fiberglass reinforced plastic* unit instalasi pengolahan air
5. SNI 7629:2008 tentang komisioning IPAM; serta standar yang terkait lainnya

Namun, modifikasi masih dapat dilakukan di luar kriteria dan spesifikasi dalam standar tersebut agar debit *uprating* mencapai 2-3 kali lipat debit IPAM eksisting. Modifikasi yang dapat dilakukan antara lain: penyesuaian nilai kecepatan gradien pada unit koagulasi-flokulasi; penyesuaian beban permukaan, bentuk lubang tube settler, saluran pelimpah, dan pemerataan aliran pada unit sedimentasi; serta penyesuaian

Desain *uprating* IPAM dapat mengacu pada kriteria dan spesifikasi unit operasi IPAM dalam beberapa standar berikut:

1. SNI 6773:2008 Spesifikasi unit paket instalasi

Tabel 3.

Mekanisme <i>uprating</i> unit pengolahan air minum		
Unit	Metode <i>Uprating</i>	Manfaat
Unit Flokulasi-Koagulasi	Pemberian dosis koagulan yang optimum	Pembentukan flok optimum (paling banyak)
	Peningkatan kedalaman unit flokulasi-koagulasi dengan mengurangi freeboard yang ada atau penambahan dinding	Meningkatkan volume air yang dapat ditampung dan diolah
Unit Sedimentasi	Pemasangan plate settler pada zona outlet unit sedimentasi	Meningkatkan gradien kecepatan
	Pemasangan perforated baffle pada zona inlet unit sedimentasi	Menambah luas permukaan pengendapan
	Peningkatan kedalaman unit sedimentasi dengan mengurangi freeboard yang ada atau penambahan dinding	Mencegah terjadinya aliran turbulen pada inlet yang dapat memecah flok
Unit filtrasi	Penggantian susunan media filter dari single media menjadi dual/multimedia	Meningkatkan volume air yang dapat ditampung dan diolah
	Penggantian media filter pasir menjadi membrane	Meningkatkan laju filtrasi pada unit
		Meningkatkan efisiensi penyaringan air

ukuran diameter media filter dan lubang nozel underdrain pada unit filtrasi. Perbandingan penerapan *uprating* yang telah dilakukan pada beberapa IPAM terdapat pada Tabel 1 [4].

III. MEKANISME *UPRATING* IPAM

A. Kriteria *Uprating* IPAM

Terdapat beberapa kriteria IPAM yang harus terpenuhi sehingga dapat dikatakan layak untuk diuprate, antara lain:

1. Dapat berupa IPAM Konvensional, Clarifier, dan lainnya
2. IPAM eksisting beroperasi pada range nilai kriteria desain yang memenuhi, tidak berada pada nilai maksimal sehingga dapat dilakukan *uprate*
3. Unit pengolahan air dalam keadaan yang baik dan memungkinkan untuk diuprating seperti memiliki freeboard yang dapat dialihfungsikan
4. Pendukung *uprating* IPAM seperti air baku, intake, jaringan perpipaan pada instalasi, reservoir, dan sebagainya berada dalam kondisi baik dan memungkinkan untuk dapat ditingkatkan

Kriteria desain *uprating* IPAM harus disesuaikan dengan kondisi IPAM eksisting dan dapat dikombinasikan dengan kriteria desain lainnya yang memenuhi ketentuan agar pengerjaan *uprating* IPAM menjadi lebih efektif. Hasil kombinasi atau penyesuaian tersebut menimbulkan beberapa perbedaan atau perubahan kriteria desain. Pada Tabel 2 menunjukkan perbandingan antara kriteria desain perencanaan unit pengolahan air dari SNI 6774:2008 dengan kriteria desain *uprating* yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya dan digunakan pada perencanaan *uprating* salah satu IPAM beton dan baja.

B. Tahapan *Uprating* IPAM

Pekerjaan *uprating* IPAM dibagi menjadi terdiri dari beberapa tahapan dimulai dengan diskusi dengan pihak pengelola (PDAM), mengevaluasi kondisi eksisting IPAM

Tabel 4.

Kelebihan, kekurangan, dan kendala <i>uprating</i>	
Kelebihan	<ul style="list-style-type: none"> • Dapat mencapai layanan air minum 100% dengan biaya yang lebih murah • Mampu meningkatkan kapasitas produksi air pada IPAM dengan kualitas air yang sesuai baku mutu • Dapat mencapai target Program 100-0-100 • Mampu meningkatkan beban permukaan IPAM
Kekurangan	<ul style="list-style-type: none"> • Layanan distribusi air minum terganggu /berhenti sementara • Persiapan <i>uprating</i> IPAM cukup banyak dan membutuhkan waktu yang lebih • Rencana <i>Uprating</i> IPAM harus dibarengi dengan dukungan SPAM secara menyeluruh
Kendala Perencanaan	<ul style="list-style-type: none"> • Berkurangnya/terhentinya produksi air pada IPAM eksisting • Belum terdapat kesepakatan mengenai regulasi pendanaan <i>uprating</i> IPAM • Kualitas dan kuantitas badan air sebagai sumber air baku IPAM yang belum tentu dapat digunakan.
Kendala Konstruksi	<ul style="list-style-type: none"> • Letak IPAM yang berdekatan dengan permukiman warga dapat mengganggu warga. • Gangguan informal seperti adanya acara di rumah warga sekitar dan gangguan preman • Pemesanan peralatan dan material pelengkap unit IPAM memerlukan waktu yang cukup lama yang dapat memundurkan jadwal pemasangan. • Terdapat gangguan listrik seperti listrik mati. • Pekerjaan konstruksi terhalang akibat kendala cuaca seperti saat hujan • Elevasi muka air tanah yang cukup tinggi menghambat pengecoran fondasi filter.

yang akan diuprating, mengumpulkan data teknis, proses perencanaan desain, dan pelaksanaan konstruksi dan operasi *uprating* IPAM. Perencanaan *uprating* IPAM harus menyesuaikan peraturan yang berlaku saat itu. Diagram alir tahapan *uprating* IPAM terdapat pada Gambar 1. Perencanaan *uprating* IPAM dilakukan sesuai dengan kondisi eksisting IPAM dan rencana target debit produksi baru yang dicapai dengan *uprating*. Berikut adalah langkah perencanaan desain *uprating* IPAM:

1. Perhitungan proyeksi debit IPAM dan jumlah pelanggan IPAM sampai akhir tahun perencanaan atau cakupan layanan IPAM mencapai 100%.
2. Pengumpulan gambar pelaksanaan (*as built drawing*) IPAM eksisting.
3. Desain dan optimasi IPAM meliputi satuan operasi, kriteria desain perencanaan, dan peralatan mekanikal-elektrikal.
4. Perencanaan dimensi satuan operasi/proses IPAM teruprate, perpipaan, perlengkapan dan peralatan mekanikal-elektrikal dan kelayakan teknis.
5. Penyiapan gambar kerja.
6. Analisis HPS, BOQ, RAB, dan DED.

Untuk dapat mengetahui kapasitas maksimum pada *uprating* IPAM dapat dilakukan prosedur sebagai berikut.

1. Melakukan pengecekan kondisi eksisting pada unit pengolahan air minum.
2. Ditinjau dari kriteria desain, unit pengolahan beroperasi pada nilai yang memenuhi yakni berada di *range* kriteria desain.
3. Untuk mendapatkan kapasitas *uprate* maksimum, nilai kriteria desain pada unit tersebut diubah menjadi maksimum bila sebanding dengan debit dan minimum bila berbanding terbalik dengan debit. Contoh, diambil nilai kriteria waktu detensi terkecil pada unit sedimentasi

Tabel 5.
Hasil simulasi *uprating* IPA Siwalanpanji

No	Uraian	Simulasi 1	Simulasi 2
1	Kenaikan debit	50%	100%
2	Debit awal (m ³ /detik)	0,036	0,036
3	Debit <i>uprating</i> (m ³ /detik)	0,053	0,072
4	Mekanisme <i>Uprating</i> Unit Koagulasi-Flokulasi	Mempersingkat waktu detensi (td): td awal = 34,2 menit, td baru = 22,8 menit, tanpa ada penambahan unit baru	Menambah unit flokulasi baru sebanyak 1 buah dengan ukuran sama: Panjang sisi = 1,132 m, Kedalaman = 3,65 m, Lebar bak = 1,96 m
5	Mekanisme <i>Uprating</i> Unit Sedimentasi	Mempersingkat waktu detensi (td): td awal = 2,3 jam, td baru = 1,5 jam, tanpa ada penambahan unit baru	Menambah unit sedimentasi baru sebanyak 1 buah dengan ukuran: Kedalaman = 5,45 m, Panjang bak = 9,7 m, Lebar bak = 1,7 m
6	Mekanisme <i>Uprating</i> Unit Filtrasi	Menaikkan laju filtrasi: Vf awal = 5,38 m/jam, Vf baru = 8,07 m/jam dengan mengganti ukuran media: Antrasit: $\phi = 1,0 - 1,5$ mm, ES = 1 mm, UC = 1,30, Pasir silika: $\phi = 0,7 - 2$ mm, ES = 0,7 mm, UC = 1,40	Menaikkan laju filtrasi: Vf awal = 5,38 m/jam, Vf baru = 10,76 m/jam dengan mengganti ukuran media: Antrasit: $\phi = 1,1 - 1,8$ mm, ES = 1,1 mm, UC = 1,36, Pasir silika: $\phi = 0,7 - 2,2$ mm, ES = 0,7 mm, UC = 1,70

dan nilai kriteria laju filtrasi terbesar pada unit filter sehingga debit menjadi maksimum.

4. Dari perhitungan tersebut, dapat dibandingkan debit eksisting dengan debit *uprating* sehingga didapat persentase *uprating* yang dapat dilakukan pada unit pengolahan tersebut.

C. Mekanisme *Uprating* pada Unit Pengolahan Air Minum

Uprating dilakukan pada masing-masing unit pengolahan berdasarkan masalah yang terjadi pada kondisi IPAM eksisting. Mekanisme atau metode *uprating* selengkapnya terdapat pada Tabel 3.

D. Kelebihan, Kekurangan, dan Kendala dalam *Uprating*

Pelaksanaan *uprating* IPAM memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan serta kendala baik selama perencanaan maupun konstruksi. Penjabaran mengenai kelebihan, kekurangan, dan kendala *uprating* terdapat pada Tabel 4.

IV. SIMULASI PERHITUNGAN

IPA Siwalanpanji merupakan salah satu instalasi di PDAM Delta Tirta Sidoarjo dengan 4 instalasi yang beroperasi, terdiri atas instalasi konvensional (IPA Paket 5 L/detik, 10 L/detik, 2x25 L/detik, dan 50 L/detik) dan 1 instalasi dengan membran ultrafiltrasi (kapasitas 100 L/det). Instalasi yang dipilih untuk simulasi ini adalah instalasi konvensional dengan kapasitas 50 L/detik. Instalasi paket 50 L/detik meliputi intake, flokulator (koagulasi-flokulasi), bak

pengendap, bak filter, dan reservoir dengan injeksi gas klor [13]. Air yang masuk pada IPA 50 L/detik ini berasal dari sumur pengumpul dan dialirkan dengan pompa [14]. Gambar 2 menunjukkan diagram alir pengolahan air minum pada IPA Siwalanpanji.

Simulasi perhitungan *uprating* meliputi unit koagulasi-flokulasi, sedimentasi, dan filter. Pada simulasi perhitungan ini, direncanakan debit baru instalasi setelah diuprate adalah sebesar 1,5x dan 2x lebih besar dari debit awal. Diketahui debit eksisting sebesar 36 L/detik. Sehingga debit *uprating* adalah 53 L/detik dan 72 L/detik. Hasil simulasi *uprating* IPA Siwalanpanji dapat dilihat pada Tabel 5.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari kajian ini adalah bahwa *uprating* unit koagulasi-flokulasi dapat dilakukan dengan mempersingkat waktu detensi (td) dan penambahan kedalaman unit. *Uprating* unit sedimentasi dapat dilakukan dengan mempersingkat waktu detensi (td), pemasangan *perforated baffle* dan *settler* serta penambahan kedalaman unit. Sedangkan, unit filtrasi dapat diuprate dengan mengganti ukuran media filter dan mengganti sistem media filter menjadi dual media, multimedia, ataupun membran filter.

Kapasitas pengolahan IPA Siwalanpanji dapat ditingkatkan hingga dua kali lipat yakni dari 36 L/detik menjadi 72 L/detik sesuai dengan perencanaan *uprating* yang mengacu pada kriteria desain SNI 6774:2008 dan beberapa kriteria desain lainnya yang memenuhi. Mekanisme *uprating* pada tiap unit pengolahan yang dilakukan antara lain mempersingkat waktu detensi (td) dan menambah unit sebanyak 1 buah pada unit koagulasi-flokulasi dan unit sedimentasi. Sedangkan, debit pada unit filtrasi ditingkatkan dengan mengganti ukuran masing-masing media filter (antrasit dan pasir silika). Laju penyaringan pada unit filtrasi dapat meningkat dari 5,38 m/jam menjadi 10,76 m/jam.

Sedangkan, saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Melakukan kajian lanjutan mengenai unit SPAM seperti jaringan perpipaan, intake, reservoir, dan lain-lain sebagai pendukung perencanaan *uprating* IPAM.
2. Melakukan simulasi perhitungan *uprating* pada instalasi pengolahan air dengan spesifikasi (kapasitas, tipe unit operasi, dimensi) dan mekanisme yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPS, *Survei Sosial Ekonomi Nasional (SUSENAS)*. Jakarta: Badan Pusat Statistik Republik Indonesia, 2020.
- [2] BPS, *Proyeksi Penduduk Indonesia 2015-2045 Hasil SUPAS 2015*. Jakarta: Badan Pusat Statistik Republik Indonesia, 2018, ISBN: 978-602-438-189-9.
- [3] Mohajit, "High Rate Water Treatment Plant System: Successful Implementation," in *EACEF-International Conference of Civil Engineering*, 2011.
- [4] Sarbidi, "Kajian nonteknis penerapan *uprating* instalasi pengolahan air pada sistem penyediaan air minum," *J. Pemukiman*, vol. 13, no. 1, pp. 1-12, 2018.
- [5] Badan Standarisasi Nasional, *Spesifikasi Unit Paket Instalasi Pengolahan Air, SNI: 6773*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2008.
- [6] R. Pinheiro and G. Wagner, *Upgrading Water Treatment Plants*. New Jersey: Crc Press, 2001, ISBN: 0-419-26050-1.
- [7] Y. P. Heston and S. T. Wardhani, "Pemetaan kesiapan penerapan sistem teknologi *uprating* di rejang, selayar dan merauke," *J. Sos. Ekon. Pekerj. Umum*, vol. 11, no. 1, pp. 73-84, 2019.

- [8] Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman, *Laporan Akhir Pengembangan dan Penerapan Uprating Instalasi Pengolahan Air (IPA)*. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman, 2017.
- [9] Direktorat Jenderal Cipta Karya, *Panduan Kualitas Visual Infrastruktur Bidang Cipta Karya: Prasarana dan Sarana Air Minum*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2015.
- [10] G. Fair, J. Deyel, and D. Okun, *Element of Water Supply dan Waste Water Disposal*, 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, 1971, ISBN: 978-0471251156.
- [11] H. Farzanesh and S. Mokshapathy, "Overview of filtration in water treatment plant no. 1 (hesar branch), Karaj City-Iran," *Int. J. Life Sci. Res.*, vol. 4, 2016.
- [12] R. Wulansari, "Peningkatan Efisiensi dan Kapasitas Produksi Unit Filtrasi di Instalasi Pengolahan Air Cikokol," Departemen Teknik Sipil: Institut Teknologi Bandung, 2018.
- [13] H. A. T. Ronanda, "Kajian Penerapan Membran Mikrofiltrasi Terendam (Submerged Microfiltration Membrane) pada Instalasi Pengolahan Air (IPA) Siwalanpanji Sidoarjo," Departemen Teknik Sipil: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2021.
- [14] B. Josopandojo, "Studi Kemampuan Instalasi Pengolahan Air untuk Meminimalisasi Trihalometana (Studi Kasus IPA Siwalanpanji Kabupaten Sidoarjo)," Departemen Teknik Sipil: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2020.