

KAJIAN NONTEKNIS PENERAPAN UPRATING INSTALASI PENGOLAHAN AIR PADA SISTEM PENYEDIAAN AIR MINUM

Nontechnical Study of Uprating Application Water Treatment Installation in Drinking Water Supply System

Sarbidi

Pusat Litbang Perumahan dan Perumahan,
Badan Litbang Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
Jalan Cileunyi Wetan, Kabupaten Bandung
Surel: sarbidi.ah@gmail.com

Diterima: 25 Juli 2017; Disetujui: 30 November 2017

Abstrak

Pada tahun 2015 – 2016 telah dilakukan kajian penerapan dan pengembangan uprating di beberapa Instalasi Pengolahan Air Minum (IPA) di Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kota Bogor, PDAM Badung, PDAM Batam, PDAM Kabupaten Bekasi dan PDAM Tenggarong. Tujuan kajian mendapatkan informasi faktor nonteknis yang berpengaruh terhadap uprating IPA. Kajian dilakukan dengan metode deskriptif, menggunakan survei, observasi dan wawancara kepada pengelola, dan dilanjutkan dengan analisis data, perumusan hasil dan diskusi teknis. Disimpulkan bahwa faktor nonteknis yang berpengaruh terhadap uprating IPA, antara lain: (1) IPA eksisting sedang beroperasi secara normal, tidak rusak dan tidak idle capacity. (2) Pekerjaan uprating akan mencakup seluruh sistem penyediaan air minum. (3) Gap antara kebutuhan air minum atau penambahan pelanggan terhadap debit produksi cukup besar. (4) IPA pengganti sementara, setara kapasitas IPA eksisting harus disiapkan selama masa konstruksi (5) Pengelola bersedia menurunkan angka air tak berekening hingga batas toleransi yang baik. (6) Kebijakan dan pola pembiayaan khusus diperlukan untuk penerapan uprating. (7) Tersedia sumber air yang memenuhi syarat kuantitas, kualitas dan kuantitas serta izin pemakaiannya secara baik. (8) Persyaratan layak teknis dan layak ekonomis dapat dipenuhi oleh penyelenggara.

Kata kunci: *Teknologi, uprating, peningkatan, layanan, air minum, kebijakan, kelayakan.*

Abstract

In 2015 - 2016 has been conducted the study of uprating implementation and development in several Water Treatment Plant (WTP) in Municipal Water Company (MWC) in Bogor City, Badung, Batam, Bekasi Regency and Tenggarong City. The purpose of the study was to obtain information on non-technical factors influencing uprating WTP. The study was conducted by descriptive method, using survey, observation and interview to the manager, and continued with data analysis, formulation of results and technical discussion. It was concluded that non-technical factors affecting uprating WTP are: (1) Existing IPA is operating normally, not damaged and not idle capacity. (2) Uprating work will cover the entire system of drinking water supply. (3) The gap between drinking water needs or the addition of customers to the production debit is quite large. (4) Temporary replacement IPA, equivalent existing IPA capacity must be prepared during construction (5) Managers are willing to reduce non-revenue water value to a tolerable extent. (6) Special financing policies and patterns are required for uprating applications. (7) Available sources of water that meet the requirements of quantity, quality and quantity and permit the use of it properly. (8) The technical feasible and economically feasible requirements may be met by the organizer.

Keywords: *Technology, uprating, improvement, service, drinking water, policy, feasibility.*

PENDAHULUAN

Pada hakekatnya, alam telah menyediakan sumber air minum yang dibutuhkan oleh manusia, namun desakan pertumbuhan penduduk yang besar disertai aktivitasnya yang terus meningkat telah

menyebabkan jumlah penduduk yang belum mendapatkan layanan air minum perpipaan juga bertambah besar. Ketidakseimbangan layanan ini semakin terasa timpang karena kapasitas layanan sistem penyediaan air minum yang ada relatif

stagnan. Masalah ini semakin dirasakan oleh masyarakat dan pengelola air minum di perkotaan, khususnya kota besar dan metropolitan. Salah satu penyebabnya adalah permintaan dan konsumsi air minum jauh melampaui kapasitas produksi Instalasi Pengolahan Air (IPA) yang ada saat ini, sedangkan pembangunan sistem penyediaan air minum yang baru semakin berkurang.

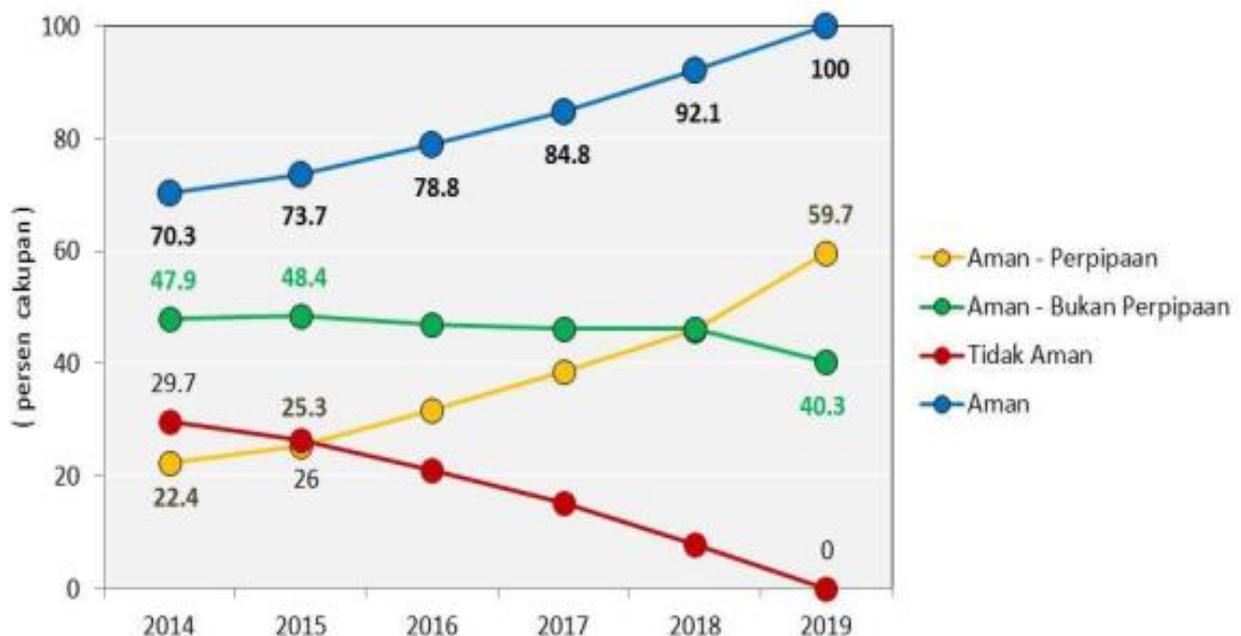
Air minum merupakan salah satu kebutuhan dasar manusia yang wajib ada. Oleh karenanya air minum mutlak harus tersedia dalam kuantitas dan kualitas yang memadai untuk mendukung kehidupan berkualitas dan keberlanjutan. Air minum diproduksi dari suatu instalasi pengolahan air (IPA), yang umumnya dibangun oleh pemerintah Indonesia, baik pusat maupun pemerintah daerah, serta dikelola oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM).

Sampai dengan tahun 2015 capaian akses air minum aman baru sekitar 73,7%, terdiri atas layanan jaringan perpipaan 25,3% dan nonperpipaan 48,4%. Untuk mencapai target layanan 100% pada tahun 2019, sebagaimana diprediksi pada ilustrasi grafik pada Gambar 1 (Natsir 2015). Untuk dapat mencapai layanan air minum 100% tersebut diperlukan peningkatan produksi air minum sebesar $= 100\% - 73,7\% = 26,3\%$, dengan membutuhkan biaya investasi sebesar Rp 253,8 triliun (Natsir 2015). Kebutuhan air minum yang terus meningkat ini, kontradiktif dengan keadaan suplai dan pelayanannya masih sangat terbatas. Cukup banyak

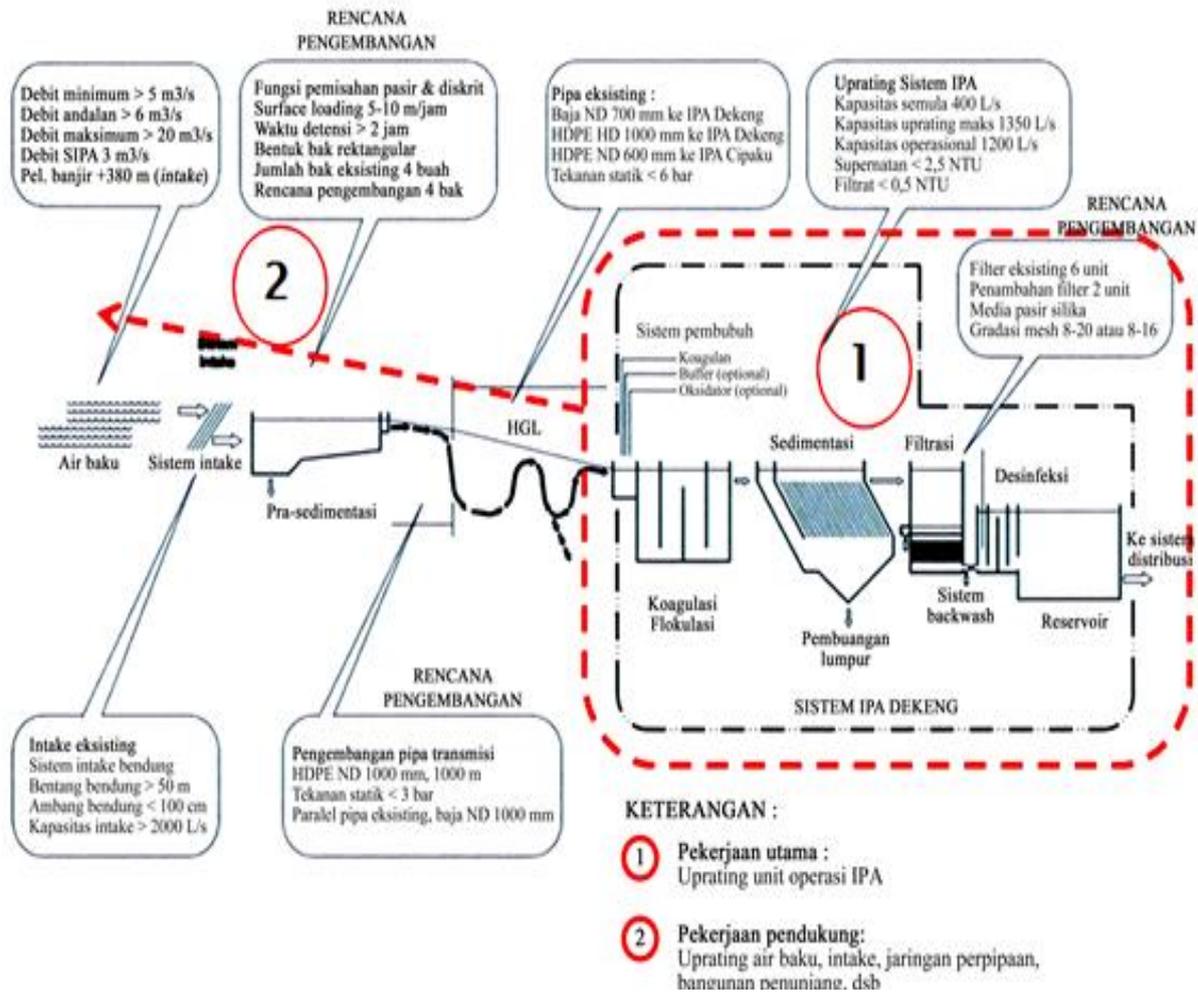
kendala yang menjadi penyebabnya, antara lain karena dana investasi untuk membangun IPA baru yang terbatas, sehingga upaya Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) untuk mengembangkan kapasitas produksi air minum juga menjadi terbatas.

Untuk mencapai layanan air minum, tersebut di atas, antara lain terkendala, antara lain oleh: (1) kebutuhan air baku perkotaan yang cukup besar, yaitu $128 \text{ m}^3/\text{detik}$ sedangkan Ditjen Sumber Daya Air hanya mampu memasok sebesar $67 \text{ m}^3/\text{detik}$. (2) kejadian air tak berekening atau *non-revenue water* (NRW) masih cukup tinggi, sekitar 33%. (3) *idle capacity* $37.900 \text{ L}/\text{detik}$, dan (4) komitmen Pemda untuk pendanaan air minum hanya 0,04% dari total Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah (Natsir 2015). Sehingga dalam mencapai target layanan 100% pada tahun 2019 diperlukan dukung PDAM yang sehat mencapai 100%, air baku dapat dipasok sebesar $128 \text{ m}^3/\text{detik}$, dan operator atau pengelola (PDAM) dapat mencapai air tak berekening atau *nonrevenue water* (NRW) $\leq 20\%$.

Percepatan penyelenggaraan air minum dapat dipacu dengan inovasi dan penerapan teknologi *uprating* IPA. *Uprating* merupakan sebuah konsep peningkatan kapasitas produksi yang dapat diterapkan untuk semua IPA, karena beberapa perbaikan operasional selalu dapat dikerjakan, baik untuk IPA konvensional atau pun IPA yang dilengkapi dengan instrumen otomatisasi operasi yang canggih sekalipun. Orientasi *uprating* IPA diutamakan untuk optimalisasi produksi air minum.



Gambar 1 Prediksi Layanan Air Minum Aman Hingga Tahun 2019



Gambar 2 Ilustrasi Cakupan Pekerjaan Uprating IPA Hulu-Hilir (Tim Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman Seminar Pekan Inovasi Sain dan Teknologi 2016).

Uprating IPA ditujukan untuk melipatgandakan kapasitas produksi air minum didalam satuan operasi yang sama dan/atau berbeda dan menghasilkan, volume dan debit produksi yang lebih besar. *Uprating* dilakukan dengan menilai potensi air baku, kapasitas instalasi pengolahan air (IPA) eksisting dan kemampuan maksimum IPA untuk ditingkatkan, dengan cara menganalisis data dimensi, kriteria desain dan proses pengolahan air eksisting, hingga dapat dihasilkan atau dikembangkan menjadi kapasitas optimum produksi air minum yang berlipat ganda. *Uprating* IPA akan menghasilkan kenaikan debit produksi lebih besar dari kapasitas semula. Sesungguhnya, *uprating* IPA mencakup seluruh sistem penyediaan air minum (SPAM) eksisting.

Pekerjaan *uprating* diilustrasikan seperti ditampilkan pada Gambar 2. Diagram ini menjelaskan bahwa: (1) *Uprating* IPA memerlukan

dukungan rehabilitasi unit SPAM yang lain secara keseluruhan (2). *Uprating* membutuhkan pengembangan air baku yang cukup, penyadapan air baku, transmisi air baku, distribusi air minum, peralatan mekanikal-elektirikal, reservoir air minum, dst. Namun demikian, volume pekerjaan *uprating* IPA dapat disesuaikan dengan masalah dan layanan air minum ataupun opsi yang mungkin dapat dikerjakan oleh pengelola.

Memperhatikan ilustrasi pada Gambar 2 perlu disadari bahwa: (1) pekerjaan *uprating* IPA pasti diikuti oleh pengembangan kapasitas komponen sistem penyediaan air minum (SPAM) secara total atau parsial. Pekerjaan *uprating* IPA merupakan bagian dari pekerjaan rehabilitasi instalasi pengolahan air (IPA) atau sistem penyediaan air minum (SPAM), yang didesain melalui tahapan pekerjaan sebagai berikut:

1. Mengkaji satuan operasi dan proses pengolahan air serta kriteria desain IPA eksisting;
2. Mengevaluasi kapasitas produksi IPA eksisting, ketersediaan air baku, sistem transmisi, hidrolis, kondisi layanan yang ada, dsb;
3. Menghitung dengan terinci setiap tahap evaluasi proses dan kapasitas *uprating* IPA.

Selain pekerjaan teknis di atas, *uprating* IPA perlu didukung oleh beberapa pekerjaan bersifat nonteknis, yang harus disepakati antara perencana dan pengelola IPA atau PDAM itu sendiri.

Data dan informasi yang digunakan sebagian besar berasal dari kepustakaan penerapan *uprating* IPA, yang didapatkan dari kajian tahun 2015 dan 2016. Penelitian dimaksudkan untuk memberikan informasi, wawasan dan kendala nonteknis penerapan *uprating* IPA, khususnya peranan faktor nonteknis dalam mendukung program dan kebijakan penerapan teknologi *uprating* IPA pada sistem penyediaan air minum di Indonesia. Penelitian dimaksudkan untuk memberikan informasi, wawasan dan kendala non-teknis penerapan *uprating* IPA, khususnya peranan faktor non-teknis dalam mendukung program dan kebijakan penerapan teknologi *uprating* IPA pada sistem penyediaan air minum di Indonesia.

METODE

Kajian dilakukan dengan metode deskriptif, menggunakan survei, observasi dan wawancara kepada pengelola, dan dilanjutkan dengan analisis data, perumusan hasil dan diskusi teknis. Data dan informasi faktor non-teknis dikumpulkan tahun 2015 - 2016. Tujuan kajian mendapatkan informasi faktor non-teknis yang berpengaruh terhadap *uprating* IPA. Lokasi survei: IPA *uprating* PDAM Kota Bogor, PDAM Badung, PDAM Batam (IPA Beton), PDAM Kabupaten Bekasi, dan PDAM Kota Tangerang (IPA Paket Baja). Lingkup kajian meliputi: (1) kompilasi data-data pustaka yang terkait dengan penerapan *uprating* instalasi pengolahan air (IPA), termasuk standar rujukan desain *uprating* yang biasa digunakan oleh pelaku. (2) kompilasi data primer, yaitu data dan informasi nonteknis yang berpengaruh terhadap penerapan *uprating* IPA di beberapa lokasi. (3) kompilasi data wawancara dengan pengelola, perencana dan pelaku *uprating* IPA. (4) perumusan dan diskusi hasil. (5) Hasil kajian adalah informasi dan ketentuan non-teknis *uprating* IPA di beberapa PDAM.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Manfaat Penerapan *Uprating*

Manfaat utama *uprating* IPA adalah meningkatkan kapasitas produksi IPA eksisting menjadi (2 - 3) kali lipat (E.G. Wagner and R.G Pinheiro, 2001 dan dapat dikerjakan dengan biaya investasi lebih murah dibanding membangun IPA baru. Selain itu, *break even point* (BEP) dari IPA *uprating* juga lebih cepat dibandingkan dengan IPA konvensional (Mohajit, 2010). Beberapa manfaat penerapan *uprating* IPA di beberapa PDAM, antara lain seperti ditunjukkan pada Tabel 1. (Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman 2016)

Merujuk hasil kajian pada Tabel 1 diperoleh informasi bahwa penerapan teknologi *uprating* IPA menghasilkan suatu keuntungan yang signifikan, antara lain sebagai berikut:

1. Debit produksi IPA *uprating* rata-rata naik 2 kali lipat dibanding debit IPA eksisting;
2. Dapat mengolah air baku dengan kandungan kekeruhan tinggi, *algae* tinggi dan sudah tercemar air limbah domestik dan menghasilkan air olahan memenuhi baku mutu air minum;
3. Biaya konstruksi lebih murah, dimana untuk kapasitas 1 L/detik hanya membutuhkan biaya antara Rp 20.000.000,- hingga Rp 25.000.000,-, bandingkan biaya konstruksi pembangunan IPA baru sebesar Rp 100.000.000; atau [1 : (4-5)]. Dengan kata lain, untuk membangun IPA baru dibutuhkan biaya investasi sebesar 4 - 5 kali lebih mahal dibandingkan *uprating* IPA lama;
4. Dapat memenuhi kebutuhan konsumsi air minum yang terus meningkat dan dapat diterapkan untuk *uprating* IPA konvensional, IPA paket dan IPA pulsator, konstruksi beton, baja maupun konstruksi *fiberglass reinforced plastic* (FRP).

Berdasarkan data pustaka Tabel 2 memperlihatkan suatu prediksi kenaikan debit produksi IPA sebesar 2 - 3 kali debit awal, apabila sebuah pekerjaan *uprating* IPA dapat dikerjakan dengan baik dan benar.

Berdasarkan informasi pada Tabel 1 dan Tabel 2 memperlihatkan bahwa peran *uprating* dalam meningkatkan kapasitas produksi air minum sangat signifikan, namun demikian pengecekan mesti dilakukan juga pada kualitas air produksi. Sesungguhnya kapasitas optimal *uprating* adalah suatu kapasitas dimana pada saat bersamaan menghasilkan kualitas air pada outlet sedimentasi mempunyai nilai kekeruhan, pH dan warna sudah memenuhi baku air minum.

Tabel 1 Manfaat Penerapan *Uprating* pada sebagian IPA di Indonesia

No.	Uraian	IPA Dekeng, Bogor	IPA Kedadah, Muka Kuning Batam	IPA Estuary Nusa Dua, Badung, Bali.
1.	Debit awal (L/detik)	3 x 200 = 600	4 x 75 = 300	1 x 165 = 165
2.	Debit <i>uprating</i> (L/detik)	3 x 2 x 200 = 1200	4 x 2 x 75 = 600	2 x 175 = 350
3.	Air baku <i>uprating</i>	Sungai Cisadane (kekeruhan tinggi)	Waduk air hujan (algae tinggi/warna tinggi, kekeruhan rendah)	Bendungan waduk (algae tinggi, kekeruhan tinggi, dan kandungan limbah domestik tinggi)
4.	Air olahan <i>uprating</i>	Baik (memenuhi syarat baku mutu)	Baik (memenuhi syarat baku mutu)	Baik (memenuhi syarat baku mutu)
5.	Biaya <i>uprating</i> (Rp.)	10 miliar Rupiah /600 L/detik (0,017 miliar/1 L/detik)	12 miliar Rupiah /600 L/detik (0,02 miliar/1 L/detik)	9 miliar Rupiah /350 L/detik (0,025 miliar/1 L/detik)
6.	Alasan <i>uprating</i>	- Konsumen tinggi - Relatif murah biaya investasi	- Konsumen tinggi - Relatif murah biaya investasi	- Konsumen tinggi Relatif murah biaya investasi
7.	Pengelola IPA	PDAM Kota Bogor	ATB (Kerja sama dengan swasta)	PDAM Badung
8.	Jenis IPA	Beton, konvensional, operasi gravitasi	Paket unit, beton, operasi dengan pompa	Pulsator, beton, operasi dengan pompa

Sumber: (Pusat Litbang Perumahan dan Perumahan 2016), diolah.

Berdasarkan analisis data nonteknis terkait *uprating* IPA yang dikumpulkan dari survei di sejumlah PDAM berhasil diketahui antara lain:

1. IPA yang akan di-*uprating* dalam kondisi dapat beroperasi dengan baik.
2. Waktu pelaksanaan konstruksi *uprating* lebih singkat lebih baik.
3. Kontinuitas layanan air minum tidak boleh terhenti selama *uprating*, oleh karenanya perlu IPA pengganti sementara atau merubah waktu layanan secara berkala dan berdasarkan kesepakatan bersama PDAM dan masyarakat atau pelanggan.
4. Pengelola (PDAM) harus tetap memberikan layanan air minum secara normal seperti biasa, selama pekerjaan fisik *uprating* berlangsung
5. *Uprating* mengacu ketentuan dan syarat berlaku, layak ekonomis, operasional dan layak teknis serta disepakati bersama pengelola dan penyelenggara.
6. PDAM tidak sedang mengalami *idle capacity*, dan bersedia menurunkan angka air tak berekening atau *nonrevenue water* (NRW), bersedia mengelola IPA dan kondisi

permintaan dan kebutuhan air minum masyarakat tinggi.

7. Biaya *uprating* IPA mencakup biaya pengganti sementara, biaya pembuatan perangkat penyebarluasan informasi kepada pelanggan.
8. Perubahan nilai aset yang muncul dalam *uprating* harus dicatat sesuai ketentuan syarat berlaku.
9. PDAM selaku BUMD tidak boleh menerima hibah langsung dari pemerintah pusat. Oleh karena itu, perlu adanya pola pembiayaannya dan kebijakan khusus terkait program/kegiatan *uprating* IPA.

Kebutuhan Regulasi Penerapan *Uprating*

Kegiatan penyelenggaraan sistem penyediaan air minum (SPAM) di Indonesia seolah-olah tidak mempunyai dasar hukum setelah disahkan oleh Putusan Mahkamah Konstitusi bahwa materi Undang-Undang No. 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air (SDA) bertentangan dengan Undang-Undang Dasar 1945 (UUD 1945) dan dinyatakan tidak berlaku. Jadi semua peraturan dan kebijakan turunannya otomatis tidak berlaku. Oleh karena itu pemerintah, dalam hal ini Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan

Rakyat menyusun undang-undang SDA yang baru, termasuk peraturan pemerintah tentang SPAM. Hal ini merupakan peluang untuk memasukkan klausul *uprating* IPA di dalam peraturan yang baru kelak.

Pada satu sisi, memang disadari bahwa belum ada aturan atau kebijakan nasional atau daerah, yang menetapkan bahwa *uprating* IPA menjadi salah satu program dan kegiatan rutin pemerintah, untuk percepatan air layanan minum, termasuk di dalam Rencana Strategis Ditjen Cipta Karya 2015 – 2019 tidak ditemukan istilah *uprating* IPA. Meskipun Rencana Strategis tersebut berisi tujuh kebijakan pengembangan SPAM di Indonesia, namun tidak satu pun dari kebijakan tersebut mencantumkan istilah *uprating* IPA secara tersurat. Artinya aspek legal kegiatan *uprating* belum ada.

Pada sisi lain, *uprating* IPA merupakan sebuah produk inovasi teknologi pengolahan air, yang dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kapasitas produksi IPA atau SPAM. Namun hingga sekarang *uprating* tersebut belum diakomodir didalam Kebijakan ke-7 pengembangan inovasi teknologi SPAM, dimana salah satu rencana tindak (*action plan*) dari strategi ke-7 ini adalah memasarkan hasil inovasi teknologi. Seharusnya, *uprating* IPA dapat menjadi bagian ini, karena teknologi *uprating* IPA merupakan salah satu hasil inovasi teknologi pengembangan IPA dan mempunyai kinerja yang baik. Selain itu, *uprating* sejalan, bahkan dapat mendukung Rencana Strategis percepatan layanan air minum, khususnya dalam hal pekerjaan rehabilitasi sistem SPAM eksisting. Seharusnya, *uprating* IPA dapat dimasukkan ke dalam opsi program tahunan peningkatan SPAM pemerintah pusat.

Tabel 2 Prediksi Kenaikan Kapasitas Produksi pada 21 IPA PDAM Pasca *Uprating*

No	Kota	IPA	Awal	Akhir	Kenaikan Kapasitas	
					(L/detik)	(%)
1.	Jakarta	Buaran	5000	15000	10000	200
2.	Makassar	Somba Opu	1000	3000	2000	200
3.	Batam	Adhia Tirta	1000	3000	2000	200
4.	Surabaya	Karang Pilang	1000	3000	2000	200
5.	Medan	Kota Tua	700	2000	1300	186
6.	Balikpapan	Batu Ampar	500	1000	500	100
7.	Medan	Sanggal	300	1000	700	233
8.	Tanjung Pinang	Tajung	300	1000	700	233
9.	Semarang	Kali Garang	270	550	280	104
10.	Bekasi	Teluk Buyung	200	600	400	200
11.	Medan	Belumay	200	400	200	100
12.	Kab. Bandung	Ciparay	200	500	300	150
13.	Surabaya	Ngagel-1	200	1200	1000	500
14.	Surabaya	Gresik	200	1000	800	400
15.	Kab. Bandung	Cimahi	180	425	245	136
16.	Denpasar	Weribang	150	400	250	167
17.	Lubuk Pakam	Lubuk Pakam	80	200	120	150
18.	Langsa	Langsa	60	150	90	150
19.	Amuntai	Amuntai	45	200	155	344
20.	Jambi	Benteng	40	110	70	175
21.	Jambi	Broni	40	110	70	175
Total			11665	34845	23180	205

Sumber: (R. Pamekas 2015)

Dengan ditetapkannya Undang-Undang No. 32 Tahun 2004 tentang pemerintahan daerah, yaitu penyelenggaraan sistem penyediaan air minum (SPAM) menjadi kewenangan wajib pemerintah daerah, dimana sebelumnya peran tersebut banyak dilakukan oleh pemerintah pusat. Namun sangat disayangkan bahwa ternyata komitmen pemerintah daerah untuk pendanaan air minum hanya sekitar 0,04% dari APBD. Selain itu masih terjadi kehilangan air yang disebabkan air tak berekening (*non-revenue water, NRW*) sekitar 33% dan *idle capacity* sekitar 37.900 L/detik (Natsir 2015). Melihat pada uraian ini, menjadi salah satu alasan rasional agar *uprating* dimasukkan ke dalam program pemerintah, guna mendukung percepatan target layan air minum 100% tahun 2019.

Kajian RPJMN 2015-2019 tersebut akan memunculkan sebuah pertanyaan, apakah memang peningkatan kapasitas layanan air minum saja yang harus dilakukan dengan membangun SPAM baru. Padahal masih ada cara merehabilitasi IPA lama menggunakan teknologi hasil inovasi, seperti penerapan teknologi *uprating* IPA yang sudah terbukti mampu meningkatkan kapasitas produksi air minum dengan biaya yang jauh lebih murah dibanding membangun IPA baru.

Pada dasarnya, peningkatan layanan air minum mengacu pada ketentuan Permen PU No. 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan SPAM dan Rencana Strategis. Adapun kegiatan peningkatan ini meliputi: merencanakan, melaksanakan konstruksi, mengelola, memelihara, merehabilitasi, memantau, dan/atau mengevaluasi sistem fisik (teknis) dan nonfisik penyediaan air minum. Menyimak ketentuan ini, sesungguhnya penerapan *uprating* IPA bisa mendorong peningkatan layanan air minum, asalkan dapat disepakati bahwa pekerjaan *uprating* IPA merupakan bagian dari pekerjaan rehabilitasi SPAM, dan dijadikan sebagai sasaran tahunan program SPAM Kementerian PUPR.

Secara umum, peningkatan capaian layanan air minum 100% tahun 2019 di Indonesia dapat dilakukan dengan beberapa upaya, antara lain:

1. Penyempurnaan SPAM eksisting melalui rehabilitasi, *uprating* IPA eksisting dan optimalisasi, seperti pengendalian NRW dan *idle capacity*, yang selaras dengan jenis dan kebutuhan SPAM terkait.
2. Pembangunan SPAM baru, peningkatan efisiensi layanan air minum (*demand side*) dan penciptaan lingkungan yang kondusif (*enabling environment*).

Upaya peningkatan layanan air minum tersebut perlu didukung, antara lain dengan:

1. Merevisi kebijakan dan pemerograman penyelenggaraan SPAM eksisting, guna mengakomodir kebutuhan mutakhir yang dihadapi oleh masyarakat.
2. Memasukan *uprating* IPA sebagai bagian rehabilitasi IPA kedalam program tahunan SPAM dan Rencana Strategis DJCK, Kementerian PUPR.
3. Menetapkan kebijakan dan skema pendanaan *uprating* IPA ditingkat pemerintah pusat, pemerintah daerah dan PDAM sendiri, termasuk tata kelola aset SPAM sebelum dan pasca *uprating* IPA.
4. Jaminan kendali kebocoran air minum hingga batas yang masih dapat ditoleransi atau $\leq 20\%$, termasuk peningkatan manajemen pengelola (PDAM) yang mandiri, layaknya sebuah korporasi pengemban kebijakan publik, tanpa campur tangan pihak luar.
5. Jaminan ketersediaan air baku dan kontinuitas layanan yang baik, dsb.

Faktor dan Kendala NonTeknis *Uprating* IPA

Faktor non-teknis pada uprating IPA

Pada kajian *uprating* IPA yang dilaksanakan pada tahun 2015 dan tahun 2016 telah ditemukan beberapa peranan faktor nonteknis pendukung kesuksesan, antara lain:

1. Adanya jaminan layanan air minum PDAM kepada pelanggan tetap dapat berjalan normal dan kontinyu selama konstruksi *uprating* sedang dikerjakan oleh kontraktor. Untuk itu perlu disepakati pekerjaan pendahuluan:
 - a. Dipasang terlebih dahulu IPA pengganti sementara setara kapasitas IPA semula.
 - b. Dilakukan perubahan pola pelayanan air minum, yang semula dalam bentuk kontinuitas selama 24 jam menjadi layanan periodik atau layanan dengan tangki air (air curah).
 - c. Didahului dengan sosialisasi perubahan pola layanan kepada masyarakat menggunakan berbagai media terkait.
 - d. Semua instrumen *uprating* sudah diset di *workshop* dan semuanya sudah berada di lokasi (lapangan) sebelum pekerjaan konstruksi mulai dilakukan oleh kontraktor.
2. Kapasitas *uprating* IPA harus efektif dan ekonomis. Untuk itu perlu dipastikan bahwa:
 - a. Pekerjaan *uprating* IPA melibatkan pihak PDAM dan menjadi keputusan bersama.
 - b. Desain *uprating* telah mempertimbang data dan informasi tentang kekuatan konstruksi

- IPA eksisting, ketersediaan air baku, kapasitas produksi rata dan jaringan distribusi, tingkat layanan, potensi pengembangan langganan (konsumen), kapasitas IPA yang tak terpakai (*idle capacity*), dan besaran air tak berekening yang terjadi.
3. Segala perubahan nilai aset dan kepemilikan aset yang melekat pada IPA perlu dicatat datanya dengan baik, agar jelas perubahan atau penambahan nilai aset barang milik negara, sebelum dan sesudah pekerjaan *uprating* tersebut.
 4. *Uprating* IPA harus bernilai layak ekonomi. Analisis kelayakan ekonomi harus didukung dengan data dan parameter ekonomi yang memadai, seperti biaya konstruksi, biaya operasi dan pemeliharaan, pajak, harga air atau tarif air, nilai susut, inflasi, dsb.
 5. Manfaat *uprating* tidak digerogoti oleh tingginya jumlah air tak berekening atau *nonrevenue water* (NRW). Untuk itu, perlu adanya jaminan dari pengelola (PDAM) akan menurunkan NRW hingga batas terendah menurut standar nasional berlaku atau $\leq 20\%$.

Batasan debit optimal IPA *uprating* perlu ditetapkan dengan berdasar kepada kandungan kekeruhan efluen unit sedimentasi pasca *uprating* < 10 *Nephelometric Turbidity Unit* (NTU) dan filtrat < 5 NTU (Permenkes RI, tentang air minum menetapkan bahwa filtrat < 5 NTU).

Kendala penyelenggaraan kebijakan *uprating*

Sejumlah kendala untuk menerapkan *uprating* IPA dalam peningkatan layanan air minum:

1. Di dalam Permen PU No: 18/PRT/M/2007, tentang penyelenggaraan sistem penyediaan air minum. Pasal 44, ayat 1 berbunyi: "Pemeliharaan dan rehabilitasi SPAM adalah tanggung jawab Penyelenggara". Pasal 48 berbunyi "Rehabilitasi SPAM adalah perbaikan atau penggantian sebagian atau seluruh unit SPAM yang perlu dilakukan agar dapat berfungsi secara normal kembali". Selanjutnya teknis rehabilitasi diatur di dalam Pasal 50 s.d Pasal 52. Disini belum tercantum *uprating* IPA tetapi bila melihat sifat pekerjaannya, maka *uprating* merupakan bagian dari rehabilitasi. Oleh karena itu, sesungguhnya *uprating* dapat dilakukan oleh penyelenggara rehabilitasi, yaitu operator (PDAM, swasta), pemerintah pusat dan pemda.
2. Di dalam Rencana Strategis Ditjen Cipta Karya, Kementerian PUPR 2015 - 2019 (LAPI ITB 2015) ditetapkan sebanyak 7 kebijakan pengembangan sistem penyediaan air minum

(SPAM) di Indonesia. Ada tiga kebijakan yang sesungguhnya dapat dijadikan pijakan untuk menopang kegiatan *uprating* IPA, yaitu:

- a. Kebijakan ke-2 terkait dengan peningkatan kemampuan pendanaan operator dan pengembangan alternatif sumber pembiayaan, yang terdiri atas beberapa strategi pencapaian layanan. Dalam strategi 1 adalah meningkatkan kemampuan finansial internal penyelenggara SPAM dan strategi 2 adalah meningkatkan komitmen pemerintah dan pemerintah daerah dalam pendanaan pengembangan SPAM. Mengacu pada kebijakan ke-2 ini dapat disimpulkan bahwa pendanaan pengembangan SPAM dimungkinkan termasuk penerapan *uprating* IPA merupakan tanggung jawab operator (PDAM, perusahaan swasta, komunitas, dsb), pemerintah (pusat) dan pemerintah kota atau pemerintah kabupaten.
- b. Kebijakan ke-3 berkaitan dengan peningkatan kapasitas kelembagaan pengembangan SPAM. Pada strategi 1 adalah memperkuat kapasitas sumber daya manusia (SDM) di tingkat pusat dan daerah dalam pengembangan SPAM. Merujuk pada kebijakan ke-3 dan strategi 1 tersurat bahwa pemerintah pusat dapat memperkuat jajarannya untuk melakukan *uprating* IPA guna meningkatkan layanan air minum.
- c. Kebijakan ke-7 berkaitan dengan pengembangan inovasi teknologi SPAM. Untuk mewujudkan kebijakan ke-7 perlu mendorong riset untuk menciptakan teknologi bidang air minum. Strategi ini dilaksanakan dengan rencana tindak (*action plan*) sebagai berikut:
 - (1) Memasarkan hasil inovasi teknologi
 - (2) Menerapkan teknologi tepat guna dalam pengembangan SPAM pada daerah dengan keterbatasan kualitas air baku.
 - (3) Menyusun rencana implementasi prinsip pembangunan berkelanjutan dalam pengelolaan SPAM.
 Mengacu pada kebijakan ke-7 ini dapat disimpulkan bahwa pengembangan SPAM dipacu melalui menerapkan teknologi tepat guna dan hasil inovasi teknologi. Oleh karena itu dimungkinkan sekali untuk menerapkan *uprating* IPA, sebagai salah satu hasil inovasi teknologi penyediaan air minum.

Berdasarkan pada ketiga kebijakan yang tertuang di dalam Rencana Strategis (Renstra) di atas dapat dipahami bahwa penerapan teknologi *uprating* IPA terkendala oleh Renstra dan kebijakan yang sudah ada. Untuk itu sebaiknya pemerintah pusat selaku pelaksana SPAM perlu merevisi Renstra dan kebijakan tersebut dan mengakomodir teknologi *uprating* IPA menjadi sebuah target kegiatan tahunan SPAM dan dilengkapi dengan skema pembiayaan yang jelas, guna penerapan teknologi hasil inovasi dan riset yang baik dalam penyelenggaraan SPAM di Indonesia.

Standar Acuan Desain *Uprating* IPA

Uprating IPA dapat meningkatkan kapasitas produksi sebesar (2 – 3) kali lipat (Pinheiro dan Wagner 2001). *Uprating* IPA didimensi dengan desain hidrolis yang baru, kemudian dipasang di dalam ruang IPA lama, tanpa merubah dimensi dinding luarnya. Biaya investasi lebih murah dibanding membangun IPA baru.

Secara garis besar, satuan operasi IPA di Indonesia terdiri atas koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, desinfeksi ditambah beberapa unit pelengkap yang dibutuhkan untuk keperluan lokal dan opsional. Kecuali untuk pengolahan air baku yang bersifat khusus, seperti air laut, air payau, air gambut, air tanah dengan kandungan besi dan mangan tinggi digunakan satuan operasi yang spesifik pula. Sejauh ini, khususnya desain satuan operasi IPA di Indonesia, umumnya mengacu pada beberapa standar berikut:

1. SNI 6773:2008, Spesifikasi unit paket instalasi 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 IPA serta standar yang terkait lainnya.

Pekerjaan *uprating* IPA dapat didesain menggunakan kriteria dan spesifikasi satuan operasi IPA mengikuti SNI di atas, tetapi ada beberapa ketentuan yang dimodifikasi dan berada di luar ketentuan dalam standar tersebut. Modifikasi ditempuh untuk mendapat debit *uprating* hingga dicapai 2 – 3 kali lipat debit IPA eksisting. Misalnya pada desain unit koagulasi dan unit flokulasi diperlukan penyesuaian nilai kecepatan gradien (*gradient velocity*). Pada desain unit sedimentasi diperlukan penyesuaian pada beban permukaan (*surface loading*), bentuk lubang atau pelat (*tube* atau *plat settler*), saluran

pelimpah (*gutter*) dan posisi tinggi jagaan (*preboard*), serta pemerataan aliran ke seluruh penampang atas bak. Sedangkan untuk desain unit filtrasi diperlukan penyesuaian pada porositas media filter dan ukuran lubang *nozle* pada *under drain*.

Apabila sebuah IPA di *uprating* maka berarti diperlukan juga melakukan *uprating* dimensi sistem penyediaan air minum (SPAM) lainnya, secara menyeluruh mulai dari penyadapan air baku, jaringan perpipaan, unit operasi IPA, peralatan mekanikal-elektrika, reservoir air minum, dst (lihat Gambar 2). Namun demikian volume pekerjaan *uprating* IPA dapat disesuaikan dengan problema kekurangan layanan air minum dan opsi yang mungkin dapat dikerjakan oleh pengelola.

Pembiayaan Konstruksi *Uprating* IPA

Biaya konstruksi *uprating* IPA tidak bisa disamaratakan untuk setiap lokasi, karena dipengaruhi oleh material, konstruksi dan karakteristik lokasi IPA yang bersangkutan. Hal ini tercermin dari beberapa hasil kajian berikut: Hasil kajian data pustaka (Mohajit 2010), biaya untuk:

- *Uprating* IPA Dekeng Bogor, debit (600 – 1.200) L/detik menggunakan bahan *plat settler fiberglass reinforced plastic* (FRP) diperlukan biaya sekitar 10 miliar rupiah.
- *Uprating* IPA Pedindang Tanjungpinang, debit (75 – 250) L/detik menggunakan bahan *plat settler* baja SS-216 diperlukan biaya sekitar 9 miliar rupiah.
- *Uprating* IPA Estuary Badung, debit (165 – 350) L/detik menggunakan bahan *plat settler* FRP diperlukan biaya sekitar 12 miliar rupiah.
- *Uprating* IPA Mukakuning Batam, debit (300 – 600) L/detik menggunakan bahan *plat settler* baja *poly carbonat* diperlukan biaya sekitar 22 miliar rupiah.

Hasil kajian data primer (tim Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman pada tahun 2015 dan tahun 2016) mengenai biaya *uprating* adalah sebagai berikut:

- Biaya konstruksi *uprating* IPA (Tabel 1) berkisar (4 – 5) kali lebih murah dibanding pembangunan IPA baru (Kajian tahun 2015).
- Biaya *uprating* IPA Clarifair Bekasi, dengan debit (50 – 125) L/detik menggunakan bahan *tube settler polly carbonat solid gelombang dan solid plate* diperlukan biaya sekitar 1,3 miliar (Sarbidid et al. 2016).
- Biaya investasi untuk membangun IPA baru rata-rata Rp 100 juta per L/detik (Badan Regulator PAM DKI Jakarta 2014). Jadi untuk

pembangunan IPA baru, debit 600 L/detik diperlukan biaya investasi sekitar Rp 60 miliar.

Sumber biaya *uprating* IPA masih belum jelas karena beberapa alasan berikut:

- Biaya *uprating* dari PDAM masih bersifat individu, dapat diupayakan bila diperlukan.
- Biaya *uprating* belum tersedia khusus dalam APBN (Dit. SPAM, Ditjen. DJCK Kementerian PUPR), yang tercantum dalam program adalah biaya rehabilitasi.
- Biaya *uprating* belum tersedia secara khusus dalam Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah (APBD) Pemprov, Pemkot maupun Pemkab.

Merujuk pada uraian di atas, diketahui bahwa kegiatan *uprating* IPA masih memerlukan kebijakan pembiayaan atau skema pembiayaan tersendiri, baik terhadap sumber biaya, alokasi dan realisasi biaya ke dalam program tahunan SPAM. Skema pembiayaan *uprating* memerlukan dukungan langsung Pemerintah Pusat, Pemda maupun PDAM sendiri. Selain itu, perlu dirumuskan pola pembiayaan, misalkan dalam format investasi langsung atau penyertaan modal BUMN, BUMD atau swasta dan sebagainya. Sehingga penerapan *uprating* IPA untuk menunjang percepatan layanan air minum dapat berjalan optimal dalam skala nasional.

Dukungan Kebijakan untuk Penerapan *Uprating* IPA

Dalam bahasan sebelumnya dinyatakan bahwa untuk mencapai 100% pelayanan air minum bagi seluruh penduduk Indonesia harus dilakukan, antara lain melalui optimalisasi dan penciptaan lingkungan yang kondusif (*enabling environment*). Optimasilsasi dapat ditempuh, antara lain dengan memanfaatkan dan menerapkan hasil inovasi teknologi SPAM yang sudah teruji.

Dari sisi teknis, dianjurkan agar pemanfaatan dan penerapan teknologi *uprating* IPA sudah teruji dan hasil inovasi yang baik. Dari sisi lingkungan yang kondusif akan muncul manakala *uprating* dapat dilakukan sesuai dengan ketentuan teknis yang handal, biaya dan regulasi yang memenuhi syarat dan ketentuan berlaku.

Untuk kelancaran aplikasi teknologi *uprating* IPA diperlukan dukungan kebijakan dan penetapan program tahunan *uprating* IPA oleh Kementerian PUPR, pada tingkat direktorat jenderal terkait, pemerintah daerah maupun tingkat pengelola (operator).

Beberapa ketetapan dan kebijakan yang perlu diupayakan antara lain:

1. Kebijakan regulasi dan program.
 - *Uprating* IPA menjadi bagian dari tanggung jawab pemerintah pusat, daerah dan PDAM. Perlu didukung suatu regulasi (Permen, Perda) dan program tahunan di tingkat pusat, daerah dan PDAM sendiri serta investasi pembiayaan *uprating* kepada PDAM dan pemerintah daerah.
2. Kebijakan pembiayaan dan investasi.
 - *Uprating* IPA didukung suatu skema pembiayaan investasi, penyertaan modal dan pengelolaan aset pasca *uprating*.
 - *Uprating* IPA didukung pedoman investasi bagi pemerintah pusat, pemerintah daerah, pengelola (PDAM, usaha swasta, investor) atau penyertaan modal pemerintah.
3. Kebijakan teknis.
 - *Uprating* IPA dapat dijadikan bagian pekerjaan rehabilitasi. Untuk itu pada kebijakan dan strategi nasional penyelenggaraan SPAM, perlu dibuat kebijakan baru atau menambahkan klausul *uprating* pada kebijakan yang berlaku.
 - *Uprating* IPA didukung dengan teknologi pengolahan air, sebagai hasil inovasi yang telah diterapkan pada sejumlah PDAM dan berhasil meningkatkan kapasitas produksi air minum (2 - 3) kali lipat menggunakan biaya yang relatif murah atau ekonomis.
 - *Uprating* didukung dengan NSPK, air tak berekening (*non-revenue water*) kecil atau sesuai batas toleransi nasional, layanan air minum PDAM tetap optimal dan kontinyu.

KESIMPULAN

Faktor nonteknis yang mempengaruhi pelaksanaan *uprating* IPA meliputi: (1) IPA yang akan diuprating dalam kondisi dapat beroperasi dengan baik. (2) Waktu pelaksanaan konstruksi *uprating* lebih singkat lebih baik. (3) Kontinuitas layanan air minum tak boleh terhenti selama *uprating*, oleh karena perlu IPA pengganti sementara atau merubah waktu layanan secara berkala dan berdasarkan kesepakatan bersama PDAM dan masyarakat atau pelanggan. (4) Pengelola (PDAM) harus tetap memberikan layanan air minum secara normal seperti biasa, selama pekerjaan fisik *uprating* berlangsung (5) *Uprating* mengacu ketentuan dan syarat berlaku, layak ekonomis, operasional dan layak teknis serta disepakati bersama pengelola dan penyelenggara. (6) PDAM tidak sedang mengalami *idle capacity*, dan bersedia menurunkan angka air tak berekening atau *non-revenue water* (NRW), bersedia mengelola IPA dan kondisi permintaan dan kebutuhan air minum masyarakat tinggi. (7) Biaya

uprating IPA mencakup biaya pengganti sementara, biaya pembuatan perangkat penyebarluasan informasi kepada pelanggan. (8) Perubahan nilai aset yang muncul dalam *uprating* harus dicatat sesuai ketentuan syarat berlaku. (9) PDAM selaku BUMD tidak boleh menerima hibah langsung dari pemerintah pusat. Oleh karena itu, perlu adanya pola pembiayaan dan kebijakan khusus terkait program/kegiatan *uprating* IPA. (10) Faktor operasi dan perawatan, terkait dengan kualifikasi operator, kelengkapan manual operasi dan perawatan serta harga air pasca *uprating*.

Pekerjaan *uprating* IPA perlu didukung dengan regulasi, kebijakan dan program secara nasional yang dapat memayungi pemerintah pusat, pemda dan PDAM. Hal ini mencakup skema pembiayaan/investasi, penyertaan modal, administrasi nilai aset, penetapan *uprating* sebagai bagian dari rehabilitasi dan juga suatu target tahunan SPAM serta penerapan inovasi teknologi IPA yang bermutu.

Biaya konstruksi *uprating* IPA sekitar (4 - 5) kali lebih murah dibanding membangun IPA baru, sehingga dapat membantu penghematan biaya penyelenggaraan SPAM, meskipun tingkat kemurahan biaya tersebut tidak sama, tergantung pada karakteristik lokasi, bahan dan konstruksi komponen SPAM yang ada.

Uprating IPA bermanfaat untuk meningkatkan kapasitas produksi hingga 2 - 3 kali kapasitas IPA eksisting, oleh karena itu dapat diterapkan untuk program penyediaan air minum guna membantu pencapaian layanan air minum 100% hingga tahun 2019 dan seterusnya, tetapi perlu didukung dengan pengembangan komponen SPAM keseluruhan dan jaminan ketersediaan air baku sepanjang tahun.

Desain teknis *uprating* IPA dapat mengacu pada beberapa SNI IPA yang sudah ada dan memodifikasi sebagian kecil kriteria desain pada satuan operasi IPA tersebut. Demikian pula untuk pekerjaan operasi dan pemeliharaan IPA pasca *uprating*, juga dapat menggunakan SNI yang ada, dengan penetapan bahwa kapasitas maksimal ditetapkan berdasarkan pada efluen unit sedimentasi mempunyai kandungan kekeruhan ≤ 5 *Nephelometric Turbidity Unit* (NTU) dan kekeruhan filtrat ≤ 1 NTU, air tidak berasa dan tidak berwarna serta menghasilkan air olahan berkualitas air minum.

Pekerjaan *uprating* IPA sebagai bagian penyelenggaraan SPAM belum menjadi kebijakan

nasional, untuk itu perlu ditetapkan dengan suatu regulasi, kebijakan dan program bahwa *uprating* merupakan bagian dari tanggung jawab pemerintah pusat, pemerintah daerah dan pengelola (PDAM), yang mana regulasi tersebut dapat berbentuk peraturan menteri, peraturan daerah dan peraturan PDAM serta dilengkapi dengan target tahunannya.

Pekerjaan *uprating* IPA merupakan rekayasa dan perbaikan kinerja aliran hidrolis di dalam satuan operasi terkait, untuk itu perlu ditetapkan agar *uprating* IPA didasarkan pada standar terkait dengan modifikasi sesuai syarat dan ketentuan berlaku dan *uprating* dijadikan sebagai bagian dari pekerjaan rehabilitasi SPAM.

Penerapan *uprating* perlu didukung dengan skema pembiayaan pusat, daerah dan pengelola, penerapan hasil inovasi teknologi yang handal dan jaminan dari pengelola akan melakukan kendali air tak berekening pada level yang ditoleransi secara nasional.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Prof. Dr. Ir. Arief Sabaruddin, CES. selaku Kepala Pusat Litbang Perumahan dan Peremukiman yang telah mendorong litbang *Uprating* IPA 2015-2017. Terima kasih juga ditunjukkan kepada Prof. Dr. Ir. Andreas Wibowo, MT. selaku Kabid Program berserta stafnya yang telah mendorong kegiatan ini menjadi salah satu kegiatan unggulan. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada narasumber dan tim pelaksana pada kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- AWWA, dan ASCE. 2012. *Water Treatment Plant Design*. Diedit oleh Stephen J. Randtke dan Michael B. Horsley. 5 ed. Denver: American Water Work Association - ASCE, McGraw-Hill.
- Badan Regulator PAM DKI Jakarta. 2014. "*Uprating Instalasi Pengolahan Air*." JWSRB Blogs. 2014. <http://blogs.brpamdki.org/uprating-instalasi-pengolahan-air/#sthash.PZOXhOzP.dpbs>.
- Degremont, Gilbert, ed. 1979. *Water Treatment Handbook*. 5 ed. France: Lavoisier Publishing.
- Droste, Ronald L, dan Ronald L Gehr. 2018. *Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment*. 2 ed. John Wiley & Sons.
- Kawamura, Susumu. 2000. *Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities*. New York: John Wiley & Sons.
- LAPI ITB. 2015. "Pekerjaan Konsultansi Supervisi Penggantian dan Perbaikan Plate Settler Sedimentasi Instalasi Pengolahan Air (IPA)

- Dekeng." Laporan Akhir: PDAM Kota Bogor dan LAPI ITB. Bandung.
- Mohajit. 2010. "High Rate Water Treatment Plant System: Successful Implementation." *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan 2* (Maret): 1–6. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol2.iss1.art1>.
- Natsir, Mochammad. 2015. "Rencana Pencapaian Akses Air Minum dan Sanitasi 2015 -2019." Presentasi Global Infrastructure Leaders Forum 2015 Jakarta. 31 Maret 2015. Dit. PAM, DJCK, Kementerian PUPR.
- Pinheiro, Renato, dan Glen Wagner. 2001. *Upgrading Water Treatment Plants*. London: CRC Press.
- Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman. 2016. "Pengembangan dan Penerapan *Uprating* Instalasi Pengolahan Air (IPA)." Laporan Akhir. Bandung.
- R. Pamekas. 2015. "*Uprating* Unit Produksi Air Minum: Investasi Berbiaya Murah Untuk Mendukung Pencapaian Target 100% Pelayanan Air Minum 2019." Policy Brief-1, 2015.
- Sarbidi, Amalia Ashuri, Atang Sarbini, dan M. Tohir. 2016. "Penerapan Teknologi *Uprating* Instalasi Pengolahan Air Untuk Meningkatkan Produksi Air Minum. Prosiding Bidang Perumahan dan Permukiman." In *Prosiding Bidang Perumahan dan Permukiman*, 37-. Jakarta: Seminar Pekan Inovasi Sain dan Teknologi, Badan Litbang Kementerian PUPR.