

Artikel Riset

Analisis Kebutuhan Bak Penampung Lumpur IPA sebagai Upaya Pengendalian Dampak Lingkungan

Drying Bed Volume Design Analysis for Reducing Environmental Impact of WTP Residuals

Deasy Ambar Sari^{*}, Budi Kamulyan², Bambang Triatmodjo²

¹ Program Studi Magister Pengelolaan Air dan Air Limbah, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

² Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

* Penulis korespondensi, e-mail: deasy.a.s@mail.ugm.ac.id

Abstrak

Bak pengering lumpur atau *Sand Drying Bed* (SDB) digunakan untuk mengendalikan potensi dampak lingkungan akibat residu lumpur IPA. Pedoman SNI yang ada saat ini belum cukup mudah diterapkan oleh perencana dalam menentukan volume kebutuhan bak SDB, dikaitkan dengan kapasitas IPA dan kondisi air baku. Penelitian ini kemudian bertujuan untuk menganalisis produksi lumpur dari suatu IPA yang berguna sebagai referensi dalam penetapan dimensi SDB. Penelitian dilakukan pada unit IPA di D.I Yogyakarta yang menggunakan air baku Sungai Progo, yaitu IPA Pajangan (kapasitas 50 liter/detik) dan IPA Kartamantul-Sistem Bantar (kapasitas 400 liter/detik). Produksi lumpur dianalisis berdasarkan data kekeruhan air baku, simulasi fluktuasi kadar TSS (*Total Suspended Solid*) air baku dan dosis bahan koagulan, serta uji massa jenis lumpur kering dan uji imhoff residu dari IPA. Berdasarkan penelitian diperoleh hasil bahwa lumpur kering yang dihasilkan dari IPA Pajangan diperkirakan mencapai 244,55 m³/tahun dari total volume air kurasan residu lumpur sebesar 43.158,52 m³/tahun (atau 2,365 m³/hari residu lumpur untuk tiap liter/detik produksi air baku). Sementara lumpur kering dari IPA Kartamantul mencapai 1.550,49 m³/tahun dari total volume air kurasan residu lumpur sebesar 273.635,22 m³/tahun (atau 1,874 m³/hari residu lumpur untuk tiap liter/detik produksi air baku). Produksi lumpur yang cukup besar ini menyebabkan volume bak SDB kedepan perlu direncanakan dengan lebih baik.

Kata kunci: residu lumpur, IPA, SDB, kebutuhan volume

Abstract

Sand Drying Bed (SDB) is designed for reducing the potential environmental impact caused by Water Treatment Plants – WTP residuals. Currently, the technical document of SNI (Indonesian National Standard) is still difficult to be applied by the engineer in determining required SDB's volume based on WTP's capacity and raw water conditions. The purpose of this research is to analyze WTP's sludge production for designing SDB's volume. The research was taken place at Pajangan WTP (50 l/s capacity) and Bantar System of Kartamantul WTP (400 l/s capacity) in Yogyakarta Special Province, which use Progo River as raw water source. The data used in the analysis is raw water turbidity compilation data, TSS (Total Suspended Solid) fluctuations rate of raw water, coagulant dosage used, specific gravity range of dried sludge and imhoff settling ratio based on laboratory tests. The results obtained show that one-year production of dry sludge on Pajangan WTP Unit is estimated to reach 244.55 m³/year from the total

number of WTP residual (water and sludge) produced of around 43,158.52 m³/year. Meanwhile, the dry sludge produced on Kartamantul WTP Unit is estimated to reach 1,550.49 m³/year from the total number of WTP residual produced of around 273,635.22 m³/year. Then, each of Pajangan and Kartamantul WTP unit produced about 2.365 m³/day and 1.874 m³/day sludge for every 1 liter/second of raw water. This large amount of sludge leads the SDB has to be better designed.

Keywords: sludge residual, WTP, SDB, volume design

1. Pendahuluan

Bak penampung lumpur, jenis *Sand Drying Bed* (SDB) merupakan salah satu jenis unit bangunan pendukung untuk mengelola residu lumpur dari Instalasi Pengolahan Air (IPA) atau *Water Treatment Plant* (WTP) (EPA/ASCE/AWWA, 1996)(Peck dan Russell, 2005). Bak SDB didesain untuk menampung dan mengeringkan (*dewatering*) lumpur sisa proses produksi air baku menjadi air minum. Residu lumpur IPA di Indonesia dan termasuk di D.I Yogyakarta umumnya masih dialirkan langsung ke badan air dan belum dikelola secara baik sehingga berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan, seperti yang juga terjadi di Samarinda (Selasar.co, 2020).

Penelitian pada IPA di Ghaziabad, India yang menggunakan Sungai Gangga sebagai sumber air baku dan PAC (*Polyaluminium Chloride*) sebagai bahan koagulan menunjukkan beberapa kandungan kimia residu dalam kandungan air kurasan lumpurnya. Diantaranya terdiri atas SiO₂ (52,78 %), Al₂O₃ (14,38 %), Fe₂O₃ (5,20 %) dan CaO (4,39 %). Sementara terdapat pula kandungan logam yang ditemukan seperti Ba, Zr, Rb, Ce, Sr, Cu, Pb, Ni, Cr, Ga, As dan Nb dalam kandungan lumpur kering IPA tersebut (Ahmad dkk., 2016).

Volume tampungan bak SDB pada unit SPAM (Sistem Penyediaan Air Minum) milik PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum) di Daerah Istimewa Yogyakarta diperkirakan belum cukup. Bak juga belum difungsikan sebagaimana mestinya untuk menampung dan mengeringkan lumpur, termasuk pada IPA Pajangan dan Kartamantul yang dijadikan objek penelitian. Residu IPA masih dikembalikan ke badan air atau sungai dengan alasan kemudahan operasional dan belum dapat dimanfaatkannya residu lumpur sebagai potensi ekonomi pengelola. Peraturan Pemerintah nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, serta Peraturan Menteri Lingkungan Hidup nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah pun belum secara spesifik mengatur mekanisme persyaratan pembuangan limbah residu IPA ke badan air.

Referensi data terkait produksi lumpur IPA maupun informasi pengolahan atau pembuangannya masih sangat sedikit tersedia (Hidalgo dkk., 2017), sementara data tersebut dibutuhkan saat perencanaan pengelolaan residu lumpur. Beberapa informasi penelitian yang telah tersedia memang masih terbatas dalam hal jumlah maupun keragaman kondisi lokasi studi.

Adityosulindro dkk. (2013) menganalisis IPA Cibinong I (kapasitas 230 liter/detik) dan IPA Cibinong II (kapasitas 100 liter/detik) di Bogor. IPA dengan kekeruhan air baku berkisar 82 NTU ini berpotensi menghasilkan residu masing-masing sebesar 394,35 m³/hari dan 187,44 m³/hari. Pratiwi dkk. (2015) menganalisis IPA Badak Singa (kapasitas 1800-2000 liter/detik) di Bandung. IPA dengan kekeruhan air baku rata-rata 42,16 NTU ini berpotensi menghasilkan volume residu lumpur sebesar 515,41 m³/hari. Julian dkk. (2015) mengkaji IPA Taman Kota (kapasitas 200 liter/detik) di Jakarta Barat. IPA dengan kekeruhan air baku rata-rata 113,3 NTU ini berpotensi menghasilkan volume residu lumpur dari unit sedimentasi sebesar 144,93 m³/hari. Elissa dan Saptomo (2020) mengkaji IPA Ciapus (kapasitas 10 liter/detik) dan IPA Cihideung (kapasitas 22,5 liter/detik) di Bogor. IPA dengan kadar kekeruhan air baku yang bervariasi antara 6,56-29,03 NTU ini diperkirakan memproduksi lumpur IPA masing-masing 2,41 m³/hari dan 12,34 m³/hari saat rata-rata Bulan Mei dan April. Adityosulindro dkk. (2020) juga mengkaji IPA Citayam (kapasitas 120 liter/detik) di Kota Depok. IPA dengan kadar kekeruhan air baku rata-rata 70,3 NTU tersebut diperkirakan memproduksi lumpur kurasan IPA sebanyak 271 m³/hari. Kemudian Ahmad dkk. (2017) menganalisis IPA di Ghaziabad, India yang memiliki kapasitas 120 MLD atau

1389 liter/detik. IPA dengan kadar kekeruhan air baku antara 10 – 800 NTU ini memproduksi lumpur residu sebanyak 29.700 ton/tahun, namun tidak dijelaskan seberapa besar volumenya.

Pedoman SNI 7510-2011 terkait pengelolaan lumpur residu IPA juga belum secara detail merinci kebutuhan dimensi bak SDB yang didasarkan pada kapasitas unit IPA dan kondisi karakteristik air baku. Analisis kebutuhan dimensi SDB masih sulit dilakukan karena parameter *input* dalam rumus SNI tidak seluruhnya dijelaskan bagaimana harus dicari, dihitung atau diestimasi. Misalnya seperti, parameter faktor non dimensi, faktor penguapan/evaporasi, fraksi curah hujan terabsorpsi dan lain-lain. Oleh karena itu, penelitian dimaksudkan untuk menghitung volume produksi lumpur residu dari bak sedimentasi IPA di D.I Yogyakarta, dengan karakteristik air baku seperti Sungai Progo yang kadar kekeruhannya lebih tinggi dari penelitian-penelitian terdahulu di Indonesia. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bagian sumber referensi awal untuk perbaikan rumus perhitungan kebutuhan dimensi SDB dalam SNI.

Batasan dalam penelitian diantaranya yaitu potensi lumpur dari bak filtrasi IPA tidak akan analisis. Hal ini dikarenakan potensi massa lumpurnya yang sangat kecil, berkisar antara 0,004-0,1% saja (Casey, 1997). Residu lumpur IPA juga hanya akan ditinjau sebagai bahan material fisik – anorganik untuk penyederhanaan analisis. Hal tersebut mengacu pada salah satu penelitian di Ghaziabad bahwa lumpur residu IPA hanya mengandung 2,66% bahan volatil atau mengindikasikan lumpur lebih banyak didominasi oleh material anorganik. Diantaranya terdiri dari 60% material pasir, 24% lanau dan 16% lempung (Ahmad dkk., 2016). Analisis penelitian ini menggunakan Rumus Cornwell dkk. sebagai dasar perhitungan awal yang diikuti dengan analisis lumpur di laboratorium untuk perhitungan lanjutan. Analisis lumpur di laboratorium mencakup pengukuran massa jenis sampel lumpur kering (kadar air 0%) dan pengukuran prosentase endapan lumpur basah yang terbentuk dari tiap liter air kurusan IPA setelah uji coba pengendapan selama 1 (satu) jam dengan kerucut imhoff.

2. Metode Penelitian

2.1. Lokasi Penelitian

Bangunan SDB IPA yang dijadikan sampel objek studi pada penelitian yaitu SDB IPA SPAM Regional Kartamantul – Sistem Bantar kapasitas 400 liter/detik dan SPAM Pajangan kapasitas 50 liter/detik (Gambar 1). Lokasi dipilih karena pengelola dianggap memiliki rekaman data sekunder yang cukup lengkap terkait operasional teknis IPA yang dikelolanya.

Kedua sistem IPA mengambil sumber air baku dari Sungai Progo. Bangunan intake SPAM Kartamantul berjarak ±26 km dari muara Sungai Progo, sementara SPAM Pajangan berjarak ±16 km dari muara sungai tersebut. Sampel residu lumpur yang diteliti berasal dari IPA SPAM Pajangan dan IPA terdekat lainnya sebagai data pendukung, yaitu IPA Lendah (±9,2 km dari muara Sungai Progo). Residu dari IPA Kartamantul tidak diambil karena masih sulitnya proses sampling dari IPA berkapasitas besar.



Gambar 1. Titik lokasi penelitian dan foto dokumentasi SDB Kartamantul Bantar

2.2. Metode Analisis

Perhitungan kebutuhan dimensi bak SDB didasari pendekatan rumus Cornwell dkk. (1987) pada persamaan (1). Beberapa data yang dibutuhkan dalam analisis antara lain data debit pengolahan air baku di IPA, dosis pembubuhan bahan koagulan, kadar TSS (*Total Suspended Solid*) air baku dan dosis bahan tambah lainnya jika digunakan (Davis dan Cornwell, 1998).

$$M_s = Q (0,44A + SS + M) \quad (1)$$

Keterangan:

M_s = massa total lumpur kering yang dihasilkan/diproduksi (kg/hari)

Q = kapasitas atau debit pengolahan air (MLD atau juta-liter/hari)

A = dosis pembubuhan koagulan alum (mg/liter)

SS = kadar *Total Suspended Solid* (TSS) air baku (mg/liter)

M = bahan lain yang mungkin ditambahkan pada proses pengolahan air seperti lempung, polimer dan karbon (mg/liter).

Namun jika yang digunakan adalah bahan koagulan jenis PAC (*Poly Aluminium Chloride*), maka koefisien pengali dosis koagulan/bahan tambah berubah menjadi 0,8 (Cornwell dan Roth, 2011). Oleh karena itu rumus perhitungan yang digunakan berubah menjadi persamaan (2) berikut.

$$M_s = Q (SS + 0,8M) \quad (2)$$

Berdasarkan rumus di atas, maka data yang diperlukan adalah kadar TSS air baku dan dosis koagulan yang digunakan. Namun, terbatasnya data rekaman operasional dan pemeriksaan kualitas air pada IPA kemudian menjadi tantangan tersendiri. Oleh karena itu, data terbatas yang tersedia perlu dikompilasi, disederhanakan dan dihubungkan dengan kemungkinan yang paling mendekati.

Selanjutnya massa jenis lumpur kering (dalam gram/ml) dari sampel air kurasan IPA perlu diuji dan dianalisis untuk mengkonversi data produksi lumpur kering (dalam kg/hari) dari rumus persamaan (2) di atas, menjadi data volume produksi lumpur kering IPA (dalam m³/hari). Pengujian lab juga dilakukan untuk meneliti komposisi antara lumpur kering dan air yang terkandung dalam tiap 1 (satu) liter sampel lumpur residu/air kurasan bak sedimentasi IPA. Serangkaian proses uji tersebut antara lain; percobaan pengendapan lumpur dalam kerucut imhoff dan gelas ukur, pengeringan sampel lumpur dan pengukuran massa jenis lumpur kering dengan piknometer. Berdasarkan pengujian tersebut maka akan diperoleh data volume produksi lumpur residu dari masing-masing unit IPA, baik dalam bentuk kering (kadar air 0%) maupun dalam bentuk air lumpur (air kurasan).

2.3. Alat dan Bahan

Peralatan-bahan di lapangan dan laboratorium yang digunakan selama penelitian diantaranya adalah sebagai berikut.

- Peralatan survei dan pengambilan sampel: meteran lapangan, ember penampung kurasan lumpur sedimentasi IPA, corong, 3 buah galon sampel lumpur untuk tiap lokasi (volume masing-masing 5 liter) dan botol sampel air baku.
- Pengujian kekeruhan air baku: gelas ukur dan turbidimeter.
- Alat uji TSS air baku: gelas ukur, kertas saring, pompa vacum, oven (suhu 103-105°C), desikator dan timbangan digital.
- Uji pengendapan lumpur (selama 1 jam): tabung kerucut imhoff volume 1000 ml (2 kali uji untuk tiap 1 galon sampel), gelas ukur dan alat pengaduk untuk transfer sampel dari galon ke dalam imhoff.
- Uji pengambilan sampel endapan untuk pengukuran massa jenis lumpur kering: gelas ukur 100 ml (1 buah untuk tiap 1 galon sampel). Data ini akan dikorelasikan dengan volume endapan yang terbentuk dalam kerucut imhoff.
- Pengurangan dan pengeringan kadar air sampel lumpur: cawan porselen, kompor listrik, oven (suhu 103-105°C), desikator dan timbangan digital.

- g) Pengukuran massa jenis lumpur residu kering: lumpur yang telah dikeringkan (kadar air 0%), piknometer (25 ml), aquades dan timbangan digital.

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

3.1 Analisis Data Sekunder

Bahan koagulan yang digunakan pada IPA SPAM Pajangan (kapasitas 50 liter/detik) dan SPAM Regional (kapasitas 400 liter/detik) adalah koagulan jenis PAC. Data penggunaan PAC di IPA Pajangan antara bulan Januari sampai dengan Juli 2020 adalah angka acuan, yang kemudian digunakan untuk perkiraan analisis di 2 (dua) lokasi dalam penelitian ini (Tabel 1). Sementara data penggunaan PAC SPAM Regional Kartamantul belum dapat digunakan secara maksimal karena IPA belum beroperasi secara penuh dan debit pengolahan yang masih berfluktuasi.

Tabel 1. Rata-rata pemakaian koagulan PAC di IPA Pajangan Januari-Juli 2020

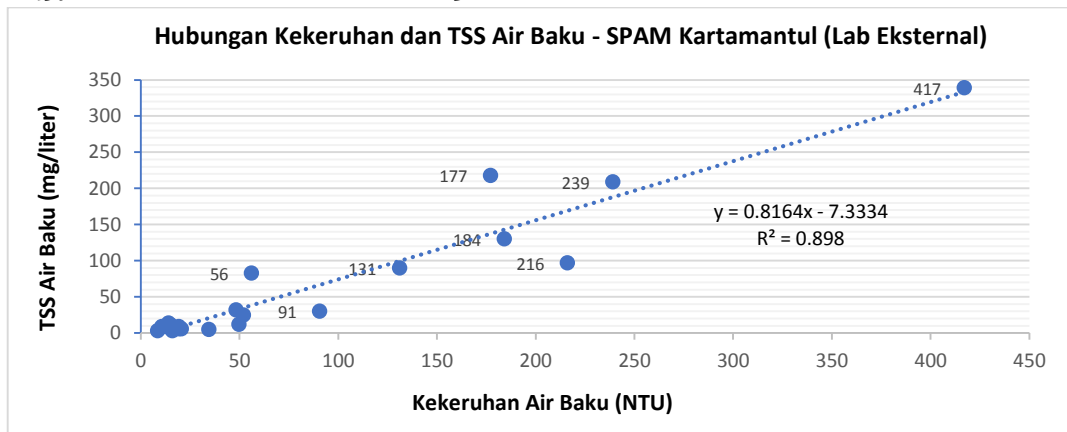
No.	Periode Waktu di Tahun 2020	Rata-rata Penggunaan Koagulan PAC (kg/hari)	Rata-rata Penggunaan Koagulan PAC (mg/liter)
1	Rata-rata Januari-Mei	378,64	87,65
2	Rata-rata Januari-Juli	370,19	85,69

Sumber: diolah dari data PDAM Kabupaten Bantul

Data rata-rata pemakaian koagulan PAC bulan Januari-Mei digunakan untuk analisis perkiraan kondisi saat musim hujan (air baku keruh maksimum). Sementara data rata-rata pemakaian koagulan PAC bulan Januari-Juli digunakan untuk analisis perkiraan kondisi rata-rata selama 1 tahun.

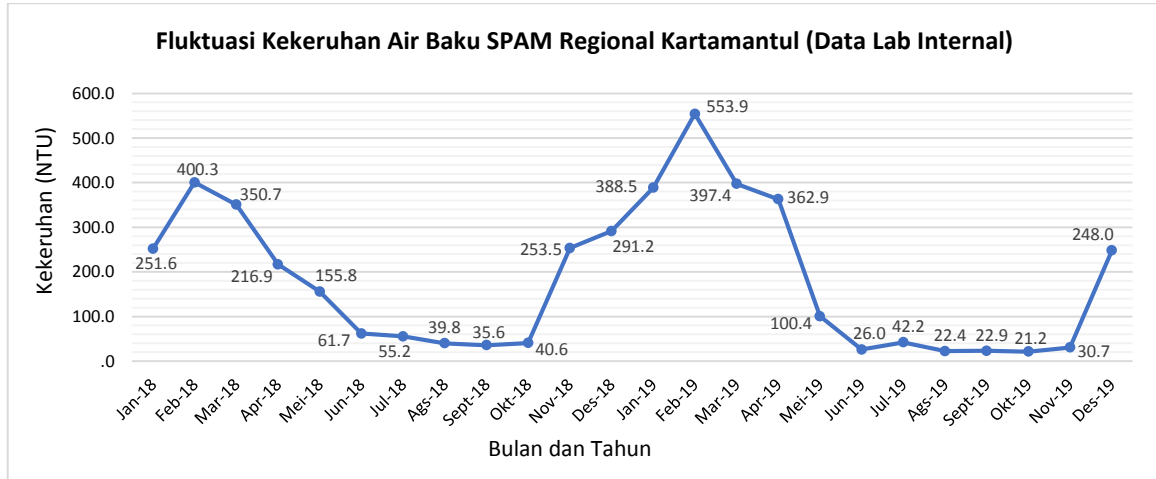
Operator SPAM Regional Kartamantul melakukan pemeriksaan rutin kualitas air di laboratorium eksternal yang terakreditasi, yaitu Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Yogyakarta, sebanyak 1 kali pengambilan sampel perbulan. Termasuk di dalam pemeriksaan tersebut adalah uji kadar kekeruhan dan TSS (*Total Suspended Solid*) air baku yang masuk ke instalasi pengolahan. Berdasarkan data kompilasi keduanya sejak Januari 2018 sampai dengan November 2019, maka disusun sebuah hubungan linear antara kadar kekeruhan (*Turbidity-Tu*) dan kadar TSS air baku di IPA (Gambar 2). Grafik hubungan tersebut kemudian menghasilkan hubungan linear $TSS=0,8164 \cdot Tu-7,3334$ dengan variasi hubungan pengali data asli Tu untuk TSS antara 0,15 sampai 1,48 (atau $TSS=[0,15 - 1,48] \cdot Tu$).

Sebagai bahan perbandingan yang tidak jauh berbeda, EPCOR Inc. meneliti bahwa hubungan TSS dapat berkisar antara 0,7 sampai dengan 2,2 kali nilai Tu (atau $TSS=[0,7 - 2,2] \cdot Tu$); pada kondisi kadar warna air baku rendah (*raw water low in color*) (Cornwell dan Roth, 2011). Sementara dalam penelitian lain di Sungai Gin -Baddegama, Sri Langka, didapatkan hasil hitungan hubungan linear $TSS=1,0457 \cdot Tu$ (Wickramaarachchi dkk., 2013).

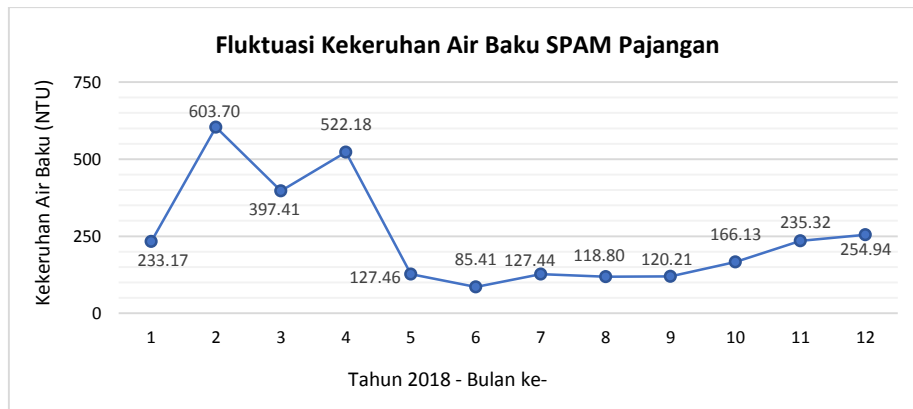


Gambar 2. Data hubungan kekeruhan dan TSS air baku - SPAM Kartamantul
 Sumber: diolah dari data pengelola SPAM Kartamantul (Balai PIALAM DIY)

Operator SPAM Regional pun melakukan pemeriksaan rutin kualitas air baku harian di laboratorium internal, diantaranya untuk uji kekeruhan air. Namun tanpa uji TSS yang membutuhkan peralatan lebih lengkap. Data fluktuasi kekeruhan air baku harian ini (Gambar 3) yang akan digunakan untuk memprediksikan kadar TSS rata-rata harian di unit pengolahan. Kadar TSS harian air baku di IPA Pajangan juga akan diperkirakan dengan hubungan linear seperti di atas ($TSS=0,8164 \cdot Tu-7,3334$) menggunakan data fluktuasi kekeruhan air baku di lokasi tersebut tahun 2018 (Gambar 4) (Tabel 2).



Gambar 3. Fluktuasi kadar kekeruhan air baku SPAM Regional Kartamantul 2018-2019
Sumber: diolah dari data pengelola SPAM Kartamantul (Balai PIALAM DIY)



Gambar 4. Data kekeruhan air baku SPAM Pajangan Tahun 2018
Sumber: diolah dari data PDAM Kabupaten Bantul

Tabel 2. Prediksi kadar TSS rata-rata air baku pada IPA

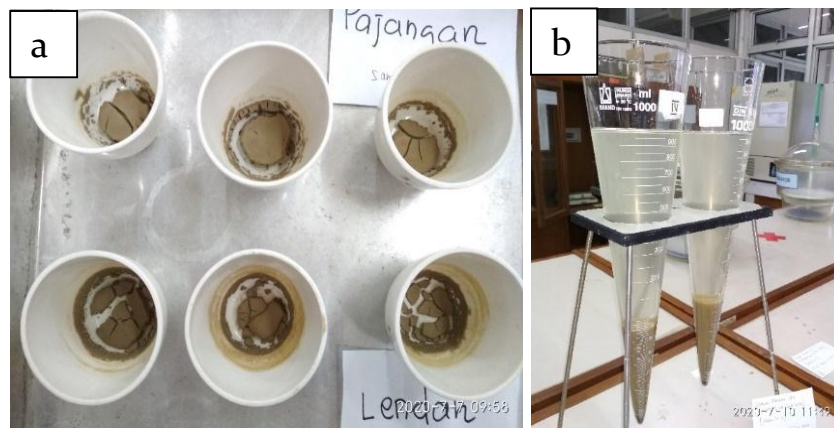
No.	Data Perkiraan	IPA Pajangan	IPA SPAM Regional Kartamantul
1	Perkiraan kadar rata-rata TSS pada bulan maksimum hujan (November sampai dengan April, 6 bulan) (mg/l)	298,370	298,461
2	Perkiraan kadar TSS rata-rata selama 1 atau 2 tahun (mg/l) *)	196,23	141,30

*) SPAM Kartamantul: analisis rata-rata berdasarkan data kekeruhan air baku dari operator sepanjang tahun 2018-2019; SPAM Pajangan: analisis rata-rata berdasarkan data kekeruhan air baku harian tahun 2018.

3.2 Uji Laboratorium

Lumpur residu yang digunakan dalam sampel analisis diambil dari 2 titik IPA (Pajangan dan Lendah). Sampel diambil pada 2 (dua) waktu pengambilan yang berbeda (masing-masing sebanyak 3 galon sampel). Pertama, saat intensitas hujan masih cukup tinggi pada 12 Maret 2020. Lalu kedua, saat intensitas hujan telah cukup rendah karena telah memasuki musim kemarau pada 26 Juni 2020. Sampel air kurasan bak sedimentasi IPA diambil sebanyak 3x5 liter tiap waktu pengambilan dengan menggunakan galon plastik, untuk kemudian diuji di Laboratorium Teknik Penyehatan Lingkungan, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada.

Lumpur kering (setelah pemanasan beberapa jam dalam oven pada suhu 103-105°C) dengan kadar air 0% yang dihasilkan dari tiap 100 ml sampel air kurasan (Gambar 5.a), kemudian ditimbang dan diukur dengan alat piknometer (ukuran 25 ml) agar dapat dihitung massa jenis keringnya. Residu air lumpur kurasan bak sedimentasi tersebut selanjutnya juga diambil sampelnya tiap 1 liter untuk dilakukan uji coba pengendapan selama 1 jam. Uji dilakukan dengan menggunakan kerucut imhoff (ukuran 1000 ml). (Gambar 5.b).



Gambar 5. Sampel lumpur kering residu IPA (a) dan uji pengendapan dengan imhoff (b)

Uji dengan kerucut imhoff ini dimaksudkan untuk melihat prosentase endapan lumpur basah yang terbentuk dari air kurasan bak sedimentasi setelah pengendapan 1 (satu) jam. Berikut pada Tabel 3 adalah hasil pengujian karakteristik fisik sampel lumpur dari lokasi-lokasi tersebut pada Bulan Maret dan Juni 2020.

Tabel 3. Hasil uji pemeriksaan fisik air kurasan IPA Pajangan dan IPA Lendah

No	Lokasi dan Tanggal Sampel	Kekeruhan Air Baku Saat Sampling (NTU)	TSS Air Baku Saat Sampling (mg/l)	Prosentase Endapan Lumpur *1)	Massa Jenis Kering Lumpur Residu (gram/ml)	Prosentase Massa Solid Lumpur *2)	Prosentase Volume Solid Lumpur *3)
1	SPAM Pajangan - PDAM Bantul (Sungai Progo)						
	a). Sampel 12 Maret 2020	138,00	286,67	20,58%	2,04712	2,128%	1,047%
	b). Sampel 26 Juni 2020	48,20	149,3	35,25%	1,41624	0,274%	0,193%
2	SPAM Lendah - PDAM Kulon Progo (Sungai Progo)						
	a). Sampel 12 Maret 2020	124,00	183,33	17,27%	1,98465	1,803%	0,913%
	b). Sampel 26 Juni 2020	11,20	32,0	8,73%	1,38118	0,157%	0,113%
	Rata-Rata Sampel Bulan Maret (sebagai sampel bulan maksimum keruh)			18,93%	2,01588	1,97%	0,98%

Rata-Rata Sampel Bulan Maret&Juni (sebagai sampel kondisi rata-rata)	20,46%	1,70730	1,09%	0,57%
-------------------------------------------------------------------------	--------	---------	-------	-------

Keterangan Tabel:

- 1) Prosentase endapan lumpur setelah uji pengendapan selama 1 jam dari tiap liter residu air kurasan bak sedimentasi IPA (%)
- 2) Prosentase massa solid kering lumpur (kadar air 0%) dalam tiap liter air kurasan bak sedimentasi IPA (%)
- 3) Prosentase volume lumpur kering dalam tiap liter air kurasan bak sedimentasi IPA (%) (volume kering diukur dengan piknometer).

3.3 Hasil Analisis

Perhitungan produksi lumpur dan kebutuhan volume bak SDB kemudian diperkirakan dalam 2 (dua) kondisi. Pertama, saat kondisi 6 (enam) bulan maksimum air baku keruh (November-April); dan kedua, saat kondisi kekeruhan air baku rata-rata sepanjang 1 tahun (Januari-Desember). Kedua IPA diasumsikan sudah beroperasi penuh selama 24 jam sehari (Tabel 4 dan Tabel 5).

Tabel 4. Perkiraan potensi produksi lumpur residu saat air baku keruh maksimum (November-April)

No	Data / Hitungan / Perkiraan Analisis	IPA Pajangan (50 liter/detik)	IPA Kartamantul (400 liter/detik)	Keterangan
1	Potensi produksi lumpur kering dari IPA (kg/hari)	1.591,87	12.738,09	Dihitung dengan Rumus Cornwell.
2	Potensi produksi lumpur kering dari IPA selama 6 bulan (kg)	286.536,21	2.292.856,57	Data no.1*6 bulan*30 hari.
3	Potensi volume lumpur kering dari IPA (m ³ /hari)	0,7897	6,3189	Volume= massa (data no.1 /massa jenis (dari data Tabel 3).
4	Potensi volume lumpur kering dari IPA selama 6 bulan (m ³)	142,14	1.137,40	
5	Potensi produksi air kurasan/lumpur residu IPA selama 6 bulan (m ³)	14.501,65	116.041,86	Potensi produksi air kurasan= potensi volume solid/prosentase volume solid.
6	Potensi produksi lumpur basah (hasil pengendapan 1 jam) selama 6 bulan (m ³)	2.744,44	21.960,92	Potensi lumpur basah 1 jam= potensi produksi air kurasan*prosentase endapan lumpur 1 jam.

Tabel 5. Perkiraan potensi produksi lumpur residu IPA dalam periode 1 tahun

No	Data / Hitungan / Perkiraan Analisis	IPA Pajangan (50 liter/detik)	IPA Kartamantul (400 liter/detik)	Keterangan
1	Potensi produksi lumpur kering dari IPA (kg/hari)	1.143,88	7.252,48	Dihitung dengan Rumus Cornwell.
2	Potensi produksi lumpur kering dari IPA selama 1 tahun (kg)	417.516,79	2.647.154,96	Data no.1*365 hari.
3	Potensi volume lumpur kering dari IPA (m ³ /hari)	0,670	4,2479	Volume= massa (data no.1 /massa jenis (dari data Tabel 3).

No	Data / Hitungan / Perkiraan Analisis	IPA Pajangan (50 liter/detik)	IPA Kartamantul (400 liter/detik)	Keterangan
4	Potensi volume lumpur kering dari IPA selama 1 tahun (m ³)	244,55	1.550,49	
5	Potensi produksi air kurasan/lumpur residu IPA selama 1 tahun (m ³)	43.158,52	273.635,22	Potensi produksi air kurasan= potensi volume solid/ prosentase volume solid.
6	Potensi produksi lumpur basah (hasil pengendapan 1 jam) 1 tahun (m ³)	8.829,51	55.981,21	Potensi lumpur basah 1 jam= potensi produksi air kurasan*prosentase endapan lumpur 1 jam.

Hasil perhitungan di atas menunjukkan bahwa produksi lumpur (kondisi solid) harian (kg/hari) di musim penghujan (November-April) lebih besar dari kondisi rata-rata harian sepanjang tahun. Potensi residu lumpur yang diproduksi pada musim penghujan meningkat 1,39 sampai 1,76 kali dari kondisi rata-ratanya.

Berdasarkan hasil analisis perhitungan pada Tabel 5 tersebut dan studi pustaka di awal, maka disimpulkan produksi lumpur IPA di masing-masing titik/wilayah menjadi sangat beragam serta dipengaruhi oleh banyak kondisi dan berbagai estimasi perkiraan (Tabel 6). Oleh karena itu, kajian dengan lebih banyak sampel wilayah perlu dilakukan untuk menambah referensi dalam perumusan kebijakan pengelolaan residu lumpur IPA di Indonesia, mengingat masih terbatasnya hasil penelitian terkait hal ini.

Tabel 6. Perbandingan potensi produksi lumpur IPA per 1 liter/detik produksi air baku

No.	Penelitian/Tahun	Rata-rata	Potensi Produksi Lumpur	Keterangan
		Kekeruhan Air Baku (NTU)	(m ³ /hari) untuk Tiap 1 liter/detik Produksi Air Baku	
1	IPA Ciapus dan IPA Cihideung (2020)	15,52	0,395	lumpur cair
2	IPA Citayam (2020)	70,3	2,258	lumpur cair
3	IPA Cibinong I dan Cibinong II (2013)	82,0	1,794	lumpur cair
4	IPA Taman Kota (2015)	113,3	0,725	lumpur cair
5	IPA Kartamantul-Bantar (2020)	182,1	1,874	lumpur cair
6	IPA Pajangan (2020)	249,35	2,365	lumpur cair
7	IPA Badak Singa (2015)	42,16	0,274	lumpur solid kering
Rata-rata nomor 1 sampai 6			1,569	

Rumus Cornwell dkk. yang digunakan dalam perhitungan dapat dianggap masih relevan karena sesuai dengan kondisi di lapangan, bahwa banyaknya produksi lumpur akan sangat dipengaruhi oleh kadar TSS air baku dan debit pengolahan IPA. Namun hal yang kemudian perlu dicermati adalah faktor pengali "0,8" dalam rumus, untuk dosis penggunaan bahan koagulan jenis PAC. Faktor pengali tersebut menggambarkan bahwa 0,8 kali dosis PAC (dalam mg/liter) akan berubah menjadi material padatan

lumpur, sehingga faktor angka ini nantinya perlu diteliti lebih lanjut oleh para peneliti atau perencana desain.

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan di atas didapati pula bahwa kebutuhan dimensi bak SDB yang jauh lebih besar dari dimensi bak di lapangan saat ini, seperti terlihat pada Tabel 7. Kebutuhan untuk menampung lumpur dalam kondisi kering saja (kadar air 0%) mencapai 2 sampai 4 kali dimensi bak saat ini. Kemudian dengan kondisi lumpur di lapangan yang sulit mencapai kondisi kering sempurna, maka dimungkinkan kebutuhan volume akan menjadi lebih besar dan tidak hanya sekedar memperhatikan kebutuhan volume untuk lumpur kering. Desain volume perlu ditambah dengan memperkirakan kondisi kadar air lumpur di bak, sesuai dengan perencanaan pengelola dan engineer.

Tabel 7. Perbandingan kebutuhan volume bak tampungan (1 tahun) dengan volume bak saat ini

No.	Data / Hasil Analisis	IPA SPAM Pajangan	IPA SPAM Regional Kartamantul	Keterangan
1	Volume bak SDB saat ini (m ³)	95,40	334,56	
2	Perbandingan kebutuhan penyediaan bak SDB untuk menampung lumpur kering (selama 1 tahun)	2,56 : 1	4,63 : 1	kebutuhan dibandingkan kondisi saat ini
3	Perbandingan kebutuhan penyediaan bak SDB untuk menampung lumpur basah (hasil uji pengendapan 1 jam)	92,56 : 1	167,33 : 1	kebutuhan dibandingkan kondisi saat ini

Beberapa pertimbangan lain juga diperlukan ketika akan mendesain bak SDB di Instalasi Pengolahan Air (IPA). Diantaranya, bak SDB harus didesain agar proses pengeringan bak tampungan atau pengeluaran air sisa kurasan (*dewatering*) dapat secara cepat terjadi, sehingga kondisi bak tidak cepat penuh. Namun hal ini perlu diupayakan dengan tetap meminimalkan potensi lumpur residu yang masuk ke badan air.

Peralatan mekanis pun kedepannya diperlukan untuk proses *dewatering* air lumpur IPA, sehingga proses pengeringan dapat berlangsung dengan lebih baik, cepat dan efisien. Peralatan nantinya harus dapat didesain sedemikian rupa agar terjangkau dari sisi biaya investasi, pengelolaan maupun pemeliharaan.

4. Kesimpulan

Perkiraan produksi air kurasan/lumpur residu sedimentasi IPA Pajangan dan IPA Kartamantul adalah sebesar 43.158,52 m³/tahun dan 273.635,22 m³/tahun; atau dengan lumpur kering (kadar air 0%) sebanyak 244,55 m³/tahun (IPA Pajangan) dan 1.550,49 m³/tahun (IPA Kartamantul). Berdasarkan hasil tersebut, maka dapat diprediksikan untuk tiap 1 liter/detik kapasitas IPA menghasilkan air lumpur residu dari bak sedimentasi sebanyak 2,365 m³/hari untuk IPA Pajangan dan 1,874 m³/hari untuk IPA Kartamantul-Sistem Bantar. Oleh karena itu, jumlah produksi lumpur yang besar ini diharapkan dapat diimbangi dengan penyediaan volume tampung yang cukup kedepannya.

Kebutuhan volume bak penampung lumpur di setiap wilayah sangat bervariasi dan amat bergantung dengan kondisi air baku pada IPA. Data sampel penelitian juga perlu lebih diperbanyak dan dilengkapi agar didapatkan hasil yang mendekati kebutuhan riilnya. Proses pengelolaan lumpur residu IPA di Indonesia ke depan perlu diperhatikan agar limbahnya tidak menimbulkan efek negatif yang besar bagi lingkungan di kemudian hari. Residu lumpur perlu diusahakan agar dapat dimanfaatkan (*reuse*) dan tidak dialirkan kembali ke badan air/sungai.

Daftar Pustaka

- Adityosulindro, S., Hartono, D.M., Pramusinto, A.C., 2013. Evaluasi Timbulan Lumpur dan Perancangan Sistem Pengolahan Lumpur (Studi Kasus: Instalasi Pengolahan Air Minum Cibinong, Jawa Barat). *Jurnal Lingkungan Tropis* 7, 131-146.
- Adityosulindro, S., Rochmatia, N.H., Hartono, D.M., Moersidik, S.S., 2020. Evaluasi Kualitas dan Kuantitas Lumpur Alum dari Instalasi Pengolahan Air Minum Citayam. *Jurnal Teknologi Lingkungan* 21, 157-164.
- Ahmad, T., Ahmad, K., Alam, M., 2016. Characterization of Water Treatment Plant's Sludge and its Safe Disposal Options. *Procedia Environmental Sciences* 35, 950-955.
- Ahmad, T., Ahmad, K., Alam, M., 2017. Sludge Quantification at Water Treatment Plant and its Management Scenario. *Journal of Environmental Monitoring and Assessment* 189, 453.
- BSN-Indonesia, 2011. SNI 7510-Tata Cara Perencanaan Pengolahan Lumpur pada Instalasi Pengolahan Air Minum dengan Bak Pengering Lumpur (Sludge Drying Bed). Badan Standardisasi Nasional Indonesia, Jakarta.
- Casey, T., 1997. *Unit Treatment Processes in Water and Wastewater Engineering*. John Wiley & Sons Ltd., West Sussex-England.
- Cornwell, D.A., Roth, D.K., 2011. *Water Treatment Plant Residuals Management*. In: Edzwald, J.K. (Ed.), *Water Quality & Treatment- A Handbook on Drinking Water*. McGraw-Hill, USA.
- Davis, M.L., Cornwell, D.A., 1998. *Introduction to Environmental Engineering*, 3 ed. WCB McGraw-Hill, Singapore.
- Elissa, A., Saptomo, S.K., 2020. Analisis Timbulan Lumpur dan Kualitas Lumpur Hasil Proses Pengolahan Air Bersih di WTP Kampus IPB Dramaga Bogor. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan* Vol.5, 31-40.
- EPA/ASCE/AWWA, 1996. *Technology Transfer Handbook-Management of Water Treatment Plant Residuals*. American Society of Civil Engineers & American Water Works Association, Ohio-USA.
- Hidalgo, A.M., Murcia, M.D., Gómez, M., Gómez, E., García-Izquierdo, C., Solano, C., 2017. Possible Uses for Sludge from Drinking Water Treatment Plants. *Journal of Environmental Engineering* 143, 04016088.
- Julian, D.A., Lindu, M., Winarni, 2015. Studi Pengolahan Lumpur Instalasi Pengolahan Air Minum Taman Kota - Jakarta Barat. *Jurnal Teknik Lingkungan-Universitas Trisakti* 7, 75-80.
- Kementerian-LH, 2014. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah. Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Peck, B.E., Russell, J.S., 2005. *Process Residual*. In: *Water Treatment Plant Design - AWWA&ASCE*. McGraw-Hill, New York.
- Pemerintah Republik Indonesia, 2001. Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Pemerintah Republik Indonesia, Jakarta.
- Pratiwi, R., Rachmawati, S.D., Pharmawati, K., 2015. Perbandingan Potensi Berat dan Volume Lumpur yang Dihasilkan oleh IPA Badak Singa PDAM Tirtawening Kota Bandung Menggunakan Data Sekunder dan Primer. *Jurnal Reka Lingkungan - Institut Teknologi Nasional* 3, 1-11.
- Selasar.co, 2020. Warga Protes, PDAM Buang Air Limbah Hitam Pekat ke Sungai. URL <https://selasar.co/read/2020/03/02/986/warga-protos-pdam-buang-air-limbah-hitam-pekat-ke-sungai> (diakses 11.16.20).
- Wickramaarachchi, T.N., Ishidaira, H., Wijayarathna, T.M.N., 2013. Streamflow, Suspended Solids, and Turbidity Characteristics of the Gin River, Sri Lanka. *Journal of the Institution of Engineers, Sri Lanka* 46, 43-51.