

INSTALASI PENGOLAHAN AIR (IPA) *MOBILE* SOLUSI PEMENUHAN KEBUTUHAN AIR PADA TAHAP TANGGAP BENCANA

Mobile Water Treatment Plant (WTP) a Solution to Fulfill Water Needs in Disaster Response Stage

Amallia Ashuri

Direktorat Bina Teknik Permukiman dan Perumahan, Direktorat Jenderal Cipta Karya,
Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

Jalan Panyawungan, Cileunyi Wetan, Kabupaten Bandung 40393

Surel: amallia.ashuri@pu.go.id

Diterima :26 Juli 2022;

Disetujui : 28 Oktober 2022

Abstrak

Air merupakan kebutuhan utama manusia, begitu pula untuk masyarakat terdampak bencana. Mereka harus bisa menjangkau ketersediaan air bersih yang memadai untuk memelihara kesehatannya. Pada tahap awal kejadian bencana, ketersediaan air bersih bagi pengungsi perlu mendapat perhatian karena tanpa air bersih pengungsi akan rentan tertular penyakit seperti diare, tifus, scabies, dan penyakit lainnya. Salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan penyediaan air minum di daerah bencana adalah dengan menyediakan air melalui unit Instalasi Pengolahan Air (IPA) dengan sistem mobile. IPA mobile dalam kegiatan ini didesain dengan tetap mempertimbangkan pemenuhan kebutuhan air bagi masyarakat yang memenuhi persyaratan kuantitas, kualitas, dan kontinuitas. Aspek kuantitas dievaluasi dengan pengukuran kapasitas operasi selama uji kinerja IPA mobile. Aspek kualitas dievaluasi dengan perbandingan kualitas air olahan dengan baku mutu air minum Permenkes No. 492/MENKES/PER/IV/2010. Sementara aspek kontinuitas dievaluasi dengan kemampuan IPA beroperasi selama 12 jam. Berdasarkan hasil uji kinerja, IPA mobile telah mampu memenuhi ketiga aspek tersebut. Catatan penting yang didapat selama uji kinerja adalah operasional IPA mobile harus diperhatikan agar kinerja IPA mobile terutama dalam pemenuhan aspek kualitas dapat terjaga.

Kata Kunci: *IPA mobile, tanggap bencana, kebutuhan pokok air minum, kuantitas, kontinuitas, kualitas*

Abstract

Water is a basic human need, as well as for communities affected by disasters. They must be able to access the availability of adequate clean water to maintain their health. In the early stages of a disaster, the availability of clean water for refugees needs attention because without clean water refugees will be vulnerable to water borne diseases such as diarrhea, typhus, scabies, and other diseases. One solution to overcome the problem of drinking water supply in disaster areas is to provide clean water through mobile Water Treatment Plant (WTP). The mobile WTP in this research is designed by taking into account the fulfillment of water needs for the community that meets the requirements of quantity, quality, and continuity. The quantity aspect was evaluated by measuring the operating capacity during the mobile WTP performance test. The quality aspect was evaluated by comparing the quality of treated water with the drinking water quality standards of the Minister of Health Regulation No. 492/MENKES/PER/IV/2010. Meanwhile, the continuity aspect was evaluated by the mobile WTP's ability to operate for 12 hours. Based on the performance test results, mobile WTP has been able to fulfill these three aspects. An important note obtained during the performance test is that mobile WTP operations must be considered so that mobile WTP performance, especially in fulfilling quality aspects, can be maintained.

Keywords: *Mobile water treatment plant, disaster response, basic water needs, quantity, continuity, quality*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan wilayah yang rawan terhadap bencana karena wilayah Indonesia secara geografis terletak pada pertemuan empat lempeng tektonik, terdapat 130 gunung api aktif, dan terdapat lebih

dari 5.000 sungai besar dan kecil yang 30% diantaranya melewati kawasan padat penduduk. Bencana yang terjadi dapat menimbulkan krisis kesehatan antara lain timbulnya korban massal, konsentrasi massa atau pengungsian, masalah pangan dan gizi, masalah ketersediaan air bersih,

masalah sanitasi lingkungan, terganggunya pengawasan vektor penyakit menular, lumpuhnya masalah kesehatan, masalah *post traumatic stress*, kelangkaan tenaga kesehatan dan diskoordinasi (Pedoman Teknis Depkes RI 2007).

Air merupakan kebutuhan utama manusia, begitu pula untuk masyarakat terdampak bencana harus dapat terjangkau oleh ketersediaan air bersih yang memadai untuk memelihara kesehatannya. Saat air telah tersedia, perlu dilakukan upaya pengawasan dan perbaikan kualitas air bersih (Pedoman Teknis Depkes RI 2007). Krisis air bersih dapat menyebabkan permasalahan kesehatan terutama yang berkaitan dengan sanitasi. Hal ini berlaku umum termasuk bagi daerah pasca bencana. Ketersediaan air bersih yang tidak mencukupi merupakan penyebab utama yang menyebabkan masalah kesehatan masyarakat terdampak. Kebutuhan air dasar untuk masyarakat terdampak adalah 7,5 – 15 L/orang/hari yang mencakup kebutuhan untuk makan dan minum (2,5 – 3 L/orang/hari), kebutuhan sanitasi (2 – 6 L/orang/hari), dan kebutuhan memasak (3 – 6 L/orang/hari). Namun kebutuhan dasar ini dapat berubah sesuai kondisi iklim dan kultural setempat (Sphere Association 2018).

Efek yang mungkin terjadi pada sektor penyediaan air bersih akibat bencana adalah kerusakan infrastruktur seperti struktur bangunan dan perpipaan, kontaminasi sumber air atau sumber air tertutup, tidak ada sumber listrik, sulitnya sarana transportasi, beban berlebihan pada daerah tertentu karena perpindahan penduduk, serta kekurangan sumber daya manusia dan peralatan. (Purwana 2013).

Pada tahap awal kejadian bencana, ketersediaan air bersih bagi pengungsi perlu mendapat perhatian, karena tanpa air bersih pengungsi akan rentan tertular penyakit seperti diare, typhus, scabies, dan penyakit lainnya. Namun dalam situasi mendesak prioritas utama lebih ditekankan pada kecukupan kuantitas air meskipun dengan kualitas yang kurang baik hingga standar minimum dapat terpenuhi (Pedoman Teknis Depkes RI 2007; Sphere Association 2018).

Salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan penyediaan air minum di daerah bencana adalah dengan menyediakan air melalui unit Instalasi Pengolahan Air (IPA) dengan sistem *mobile*. IPA *mobile* dalam kegiatan ini didesain dengan tetap mempertimbangkan pemenuhan kebutuhan air bagi masyarakat yang memenuhi persyaratan kuantitas, kualitas, dan kontinuitas.

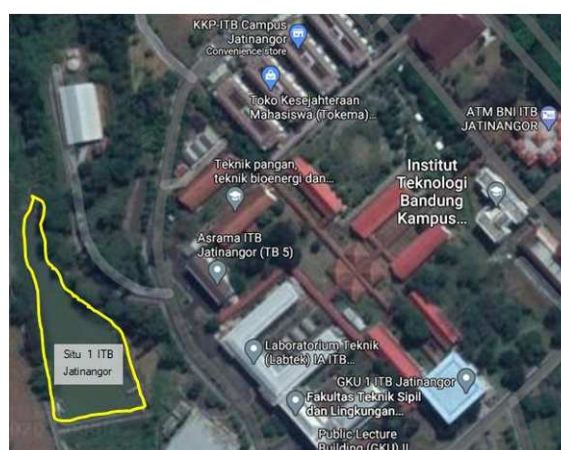
METODE

Lokasi

Kegiatan pengujian IPA *mobile* berlokasi di Situ I Kampus ITB Jatiningor dengan titik koordinat – 6,9287250322105445, 107,76697195258406 (Gambar1)

Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini terdiri atas dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer berupa spesifikasi teknis dari model IPA *mobile*, data kualitas air baku dan air olahan baik dari pengukuran di lapangan maupun laboratorium, serta data kapasitas operasi IPA *mobile*. Sementara, data sekunder terdiri atas kriteria desain IPA *mobile* dan daerah tangkapan sumber air baku. Daerah tangkapan penting untuk diketahui sebagai dasar perkiraan fluktuasi kualitas air baku.



Gambar 1 Lokasi Uji IPA *Mobile*

Analisis Data

Analisis data akan dilakukan terhadap aspek 3K, yaitu kuantitas, kualitas, dan kontinuitas.

Aspek kuantitas dievaluasi dengan pengukuran kapasitas operasi selama uji kinerja IPA *mobile*. Data debit operasi akan dibandingkan dengan kapasitas perencanaan.

Kontinuitas IPA *mobile* menunjukkan kemampuan operasi IPA *mobile* dalam mengolah air. Dalam hal ini, kontinuitas IPA *mobile* akan dievaluasi melalui kebutuhan energi selama operasional selama 12 jam.

Aspek kualitas dianalisis berdasarkan data uji kualitas air selama uji kinerja. Data kualitas air baku akan dianalisis dengan menggunakan statistik deskriptif serta uji komparasi. Statistik deskriptif dilakukan untuk melihat rata-rata kualitas air dan

juga nilai maksimum dan minimum serta untuk melihat kecenderungan fluktuasi kualitas air. Sementara, uji komparasi dilakukan antara data hasil pengujian dengan baku mutu yang berlaku. Air baku dikomparasi dengan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, sementara air olahan dikomparasi dengan Peraturan Menteri Kesehatan No. 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum (PP No. 22 Tahun 2021; Permenkes No. 492 Tahun 2010).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesifikasi Teknis IPA *Mobile*

IPA *mobile* didesain memiliki kapasitas perencanaan sebesar 1,5 L/detik. IPA *mobile* pada tulisan ini tidak didesain untuk mengolah air yang mengandung warna, air tercemar berat, air payau, maupun air laut. Unit operasi yang digunakan terdiri dari unit koagulasi, unit flokulasi, unit sedimentasi, dan unit filtrasi. Spesifikasi teknis dari IPA *mobile* dapat dilihat pada Tabel 1.

Gambar teknis IPA *mobile* dapat dilihat pada Gambar 2 sedangkan model IPA *mobile* dapat dilihat pada Gambar 3.

Hasil Uji Kinerja IPA *Mobile*

Kuantitas

Berdasarkan PP No. 122 Tahun 2015, prinsip pemenuhan kuantitas air minum adalah tercukupinya kebutuhan pokok air minum sehari-hari. Standar internasional kebutuhan pokok pada masa tanggap bencana adalah 7,5 – 15 L/orang/hari namun kebutuhan dasar ini dapat berubah sesuai kondisi iklim dan kultural setempat (Sphere Association 2018). Evaluasi terhadap aspek kuantitas berupa evaluasi terhadap kapasitas operasi dibandingkan dengan kebutuhan pokok air minum. Untuk itu dapat diketahui jumlah masyarakat terdampak yang telah terpenuhi kebutuhan pokok air minumnya oleh IPA *mobile*.

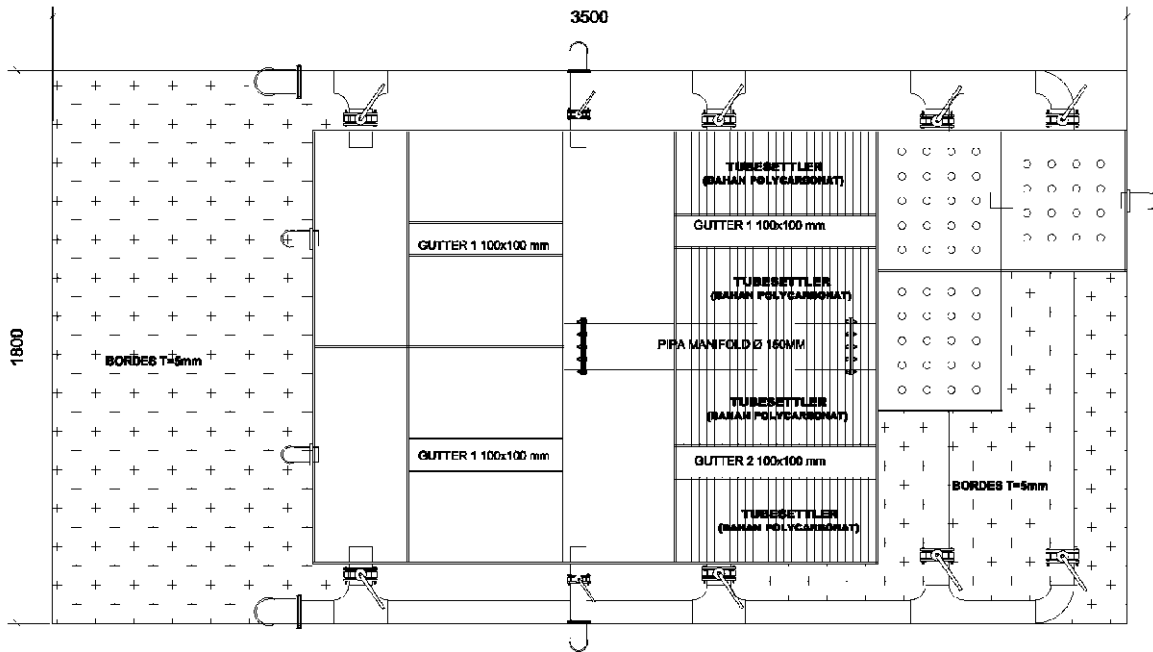
Pengukuran debit dilakukan secara manual dengan menghitung volume kompartemen flokulasi terakhir dan bak sedimentasi. Hal ini dilakukan karena kedua bak tersebut saling terhubung. Volume total kedua bak adalah sebesar 0,218 m³. Waktu pengisian bak dihitung dimulai dari air tepat di puncak *settler* hingga air mencapai dasar *gutter*. Hasil pengukuran debit dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 1 Spesifikasi IPA *Mobile*

No	Unit	Spesifikasi
1.	Unit koagulasi	
	a. Sistem	Hidrolis, <i>static mixer</i> (dengan sekat dalam pipa)
	b. Dimensi pipa	Diameter 2 inci, panjang 1 meter
2.	Unit flokulasi	
	a. Sistem	Hidrolis
	b. Pengendalian energi	Celah dan bukaan
	c. Jumlah kompartemen	6 buah
	d. Dimensi tiap kompartemen	45 cm x 45 cm x 83 cm
3.	Unit sedimentasi	
	a. Sistem pengendap	Gravitasi dengan <i>plate settler</i>
	b. Dimensi bak	116 cm x 140 cm x 180 cm
	c. Dimensi <i>plate settler</i>	
	• Jarak antar <i>plate</i>	2,5 cm
	• Panjang <i>plate</i>	1 meter
	• Sudut <i>plate</i>	30° ke arah <i>inlet</i>
4.	Unit filtrasi	
	a. Jumlah unit filtrasi	2 buah
	b. Dimensi tiap unit	
	c. Sistem pencucian	Mekanis dengan pompa
	d. Media filter	<i>Single</i> media: pasir silika
5.	Material IPA	Pelat baja <i>mild steel</i> SS 400 tebal 6 mm
6.	Mekanikal elektrikal	
	a. Pompa air baku	2,5 L/detik; head 30 m
	b. Pompa dosing	25 L/jam; tekanan 12 bar
	c. Pompa backwash	60 L/menit; daya dorong 19,5 m
	d. Genset	5000 watt; beroperasi 12 jam kontinu

Hasil pengukuran menunjukkan rata-rata debit 1,962 L/detik yang menunjukkan bahwa kapasitas operasi eksisting lebih besar dibandingkan dengan kapasitas perencanaan maksimal, yaitu 1,5 L/detik. Hal yang perlu diperhatikan adalah saat uji kinerja, air olahan tidak dialirkan dengan maksimal agar tidak terjadi genangan di lokasi uji kinerja sehingga aliran air tidak terlalu lancar.

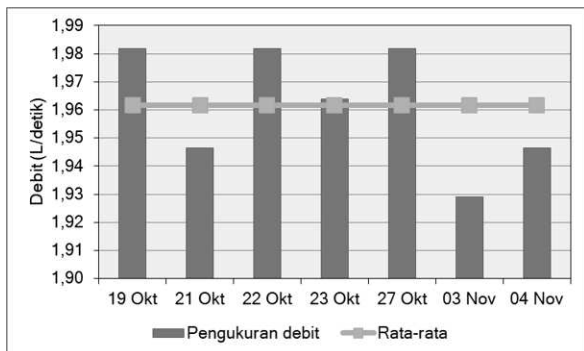
Melihat hal tersebut, diperkirakan bila outlet dialirkan dengan maksimal kapasitas operasi dapat mencapai 2 L/detik.



Gambar 2 Tampak Atas IPA Mobile



Gambar 3 Foto IPA Mobile di Lapangan



Gambar 4 Hasil Pengukuran Debit

Bila diasumsikan kebutuhan pokok yang diperlukan pada masa tanggap bencana adalah 15 L/orang/hari maka jumlah masyarakat terdampak yang dapat dilayani adalah 8.640 jiwa untuk kapasitas 1,5 L/detik dan 11.520 jiwa jika kapasitas dimaksimalkan hingga 2 L/detik.

Kontinuitas

Berdasarkan PP No. 122 Tahun 2015, prinsip pemenuhan aspek kontinuitas adalah terdapat

jaminan pengaliran selama 24 jam. Namun dikarenakan IPA mobile ini diperuntukan pada tahap tanggap bencana maka diasumsikan IPA dioperasikan maksimal selama 12 jam secara kontinu. Untuk menjamin kontinuitas tersebut maka diperlukan catu daya yang cukup untuk dapat mengoperasikan IPA mobile. Oleh karena itu, aspek kontinuitas dilakukan dengan cara menghitung jumlah energi yang dibutuhkan selama operasi IPA mobile.

Peralatan yang membutuhkan energi listrik adalah pompa air baku, pompa bahan kimia, dan pompa backwash. Pada perhitungan kebutuhan energi digunakan faktor daya sebesar 0,8. Berdasarkan hasil perhitungan energi peralatan elektrikal (Tabel 2) diketahui kebutuhan total daya IPA mobile sebesar 5,89 kVA. Oleh karena itu, untuk memenuhi

Tabel 2 Perhitungan Kebutuhan Energi IPA Mobile

No.	Peralatan Elektrikal	Jumlah	Daya		Total Daya	
			kW	kVA	kW	kVA
1.	Pompa air baku	1	0,75	0,94	0,75	0,94
2.	Pompa dosing	3	0,25	0,31	0,75	0,94
3.	Pompa backwash	1	0,55	0,69	0,55	0,69
	Jumlah				2,05	2,56
	Start up				2,67	3,33
	Total kebutuhan daya				4,72	5,89
	Kebutuhan genset				5	6

kebutuhan daya selama 12 jam diperlukan genset dengan kapasitas 6 kVA.

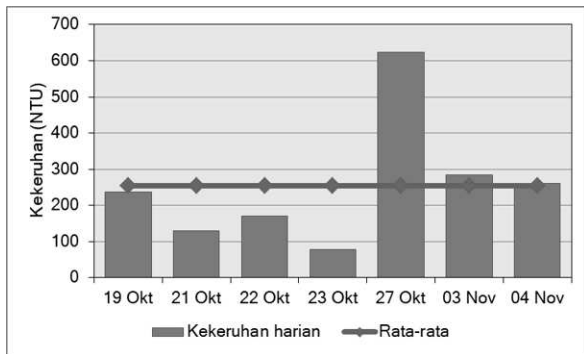
Kualitas

Berdasarkan PP No. 122 Tahun 2015, prinsip pemenuhan aspek kualitas adalah menghasilkan air minum dengan kualitas yang sesuai peraturan perundangan (PP No. 122 Tahun 2015). Oleh karena itu agar air minum yang didistribusikan memenuhi standar kesehatan maka kualitas air olahan IPA *mobile* harus memenuhi baku mutu Permenkes No. 492 Tahun 2010 (Permenkes RI 2010).

Parameter kualitas air yang akan dievaluasi terdiri dari kekeruhan, warna, pH, nitrat, nitrit, amonia, besi, mangan, klorida, kesadahan, dan alumunium.

Kekeruhan

Kekeruhan dapat diartikan berkurangnya transparansi cairan akibat zat tersuspensi dan koloid yang dapat bersifat organik maupun anorganik (Said 2008; Hannouche et al. 2011). Kekeruhan berdampak langsung pada estetika suatu badan air namun kekeruhan tidak memiliki dampak langsung terhadap kesehatan. Dapat dikatakan kekeruhan merupakan suatu indikator banyaknya koloid dan zat tersuspensi dalam air. Parameter yang menimbulkan dampak pada kesehatan adalah koloid dan zat tersuspensi yang terkandung dalam air tersebut.



Gambar 5 Kekeruhan Air Baku

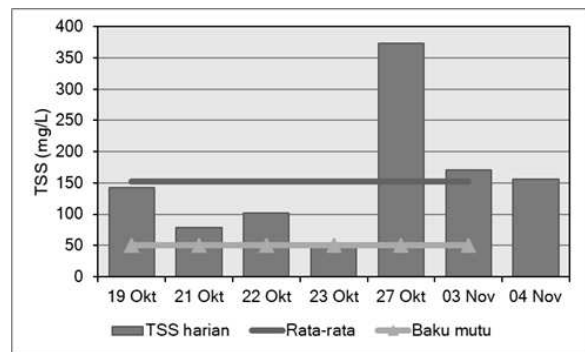
Fluktuasi kekeruhan air baku dapat dilihat pada Gambar 5. Hasil pengukuran menunjukkan rata-rata 254,5 NTU dengan kekeruhan terendah sebesar 77,5 NTU dan kekeruhan tertinggi sebesar 623 NTU. Parameter kekeruhan sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca yang berkaitan dengan besarnya jumlah limpasan air dari daerah tangkapan. Kekeruhan terendah terjadi pada saat malam sebelum dan saat uji kinerja berada dalam kondisi cerah, sementara kekeruhan tertinggi terjadi pada saat terjadi hujan deras dua hari berturut-turut.

PP No. 22 Tahun 2021 tidak mengatur baku mutu kekeruhan melainkan mengatur baku mutu *Total Suspended Solids* (TSS). Pada kegiatan ini pengukuran TSS tidak dilakukan. Berdasarkan penelitian Hannouche et al. (2011), kekeruhan dan TSS memiliki hubungan yang linier. Hubungan matematis TSS dan kekeruhan dapat dilihat pada persamaan 1. Diketahui nilai a untuk musim hujan adalah 0,6 – 1,4 mg/L / FAU dan nilai a untuk musim kemarau adalah 0,5 – 0,8 mg/L / FAU.

$$TSS = aT \dots\dots\dots(1)$$

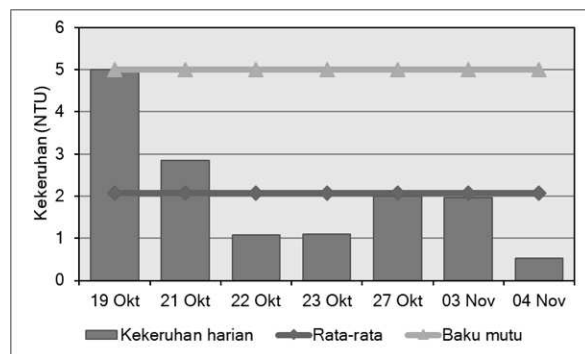
dimana:

- TSS = konsentrasi TSS (mg/L)
- T = konsentrasi kekeruhan (FAU)
- a = koefisien regresi linier



Gambar 6 TSS Air Baku

Bila dikonversi dengan asumsi nilai a sebesar 0,6 mg/L / FAU, maka didapatkan nilai TSS seperti pada Gambar 6. Dari hasil konversi diketahui bahwa nilai rata-rata TSS sebesar 152,70 mg/L dengan konsentrasi TSS terendah sebesar 46,5 mg/L dan konsentrasi TSS tertinggi sebesar 373,8 mg/L. Dari hasil konversi tersebut diketahui bahwa nilai TSS air baku tidak memenuhi standar baku mutu untuk air baku air minum yang diatur dalam PP No. 22 Tahun 2021, yaitu sebesar 50 mg/L.



Gambar 7 Kekeruhan Air Olahan

Kekeruhan air olahan dapat dilihat pada Gambar 7. Hasil pengukuran menunjukkan rata-rata kekeruhan air olahan adalah 2,07 NTU dengan kekeruhan tertinggi sebesar 5 NTU dan kekeruhan terendah sebesar 0,53 NTU. Nilai kekeruhan selama uji kinerja telah memenuhi baku mutu Permenkes No. 492 Tahun 2010 yakni sebesar 5 NTU. Kekeruhan air olahan pada hari pertama masih tinggi karena *clear well* masih tercampur dengan air hasil pencucian pertama media filter.

Dari hasil perhitungan efisiensi penyisihan dapat dilihat bahwa penyisihan kekeruhan paling banyak terjadi pada unit sedimentasi. Rata-rata efisiensi penyisihan kekeruhan di unit sedimentasi sebesar 98,64% sedangkan efisiensi unit filtrasi adalah 62,22%. Penyisihan kekeruhan diharapkan terjadi pada unit sedimentasi sehingga frekuensi *backwash* unit filtrasi dapat diminimalkan.

Warna

Parameter warna dalam air dapat disebabkan oleh bahan organik dan anorganik, seperti plankton, humus, alga, ion logam, dan bahan lainnya (Hasrianti dan Nurasia 2016). Parameter warna tidak mempengaruhi kesehatan secara langsung namun warna merupakan indikator kandungan unsur organik dan anorganik yang dapat mempengaruhi kesehatan.

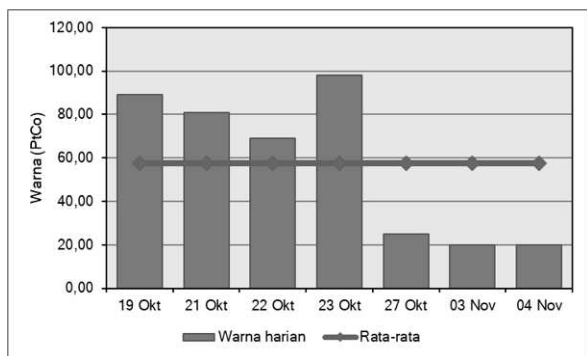
Hasil pengukuran warna air baku dapat dilihat pada Gambar 8. Hasil pengukuran menunjukkan rata-rata warna adalah 57,43 PtCo dengan warna tertinggi 98 PtCo dan warna terendah 20 PtCo.

Warna air olahan dapat dilihat pada Gambar 9. Hasil pengukuran menunjukkan rata-rata warna air olahan adalah 4,26 PtCo dengan warna tertinggi sebesar 7 PtCo dan kekeruhan terendah sebesar 0,9 PtCo. Nilai kekeruhan selama uji kinerja telah memenuhi baku mutu Permenkes No. 492 Tahun 2010 yakni sebesar 15 NTU. Nilai konsentrasi warna menurun seiring dengan berkurangnya kekeruhan, hal ini menunjukkan warna air berasal dari partikel diskrit dan koloid bukan dari senyawa terlarut seperti organik atau besi. Nilai konsentrasi warna pada air olahan lebih dipengaruhi oleh partikel koloid atau sisa flok yang tidak berhasil disisihkan pada unit sedimentasi dan unit filtrasi.

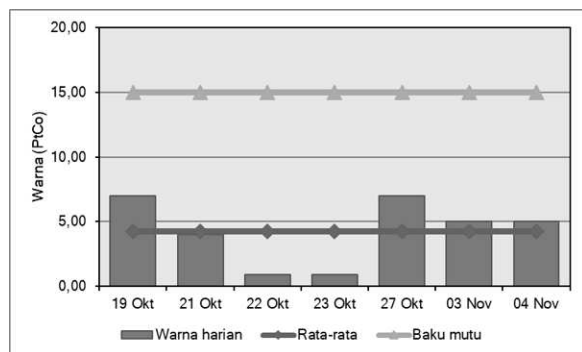
Dari hasil perhitungan efisiensi penyisihan dapat dilihat bahwa penyisihan warna paling banyak terjadi pada unit sedimentasi. Rata-rata efisiensi penyisihan kekeruhan di unit sedimentasi sebesar 75,51% sedangkan efisiensi unit filtrasi hanya 8,97%. Dari nilai efisiensi pada unit sedimentasi dan filtrasi, kemungkinan flok yang berkontribusi dalam menimbulkan warna banyak tersisihkan pada unit sedimentasi.

pH

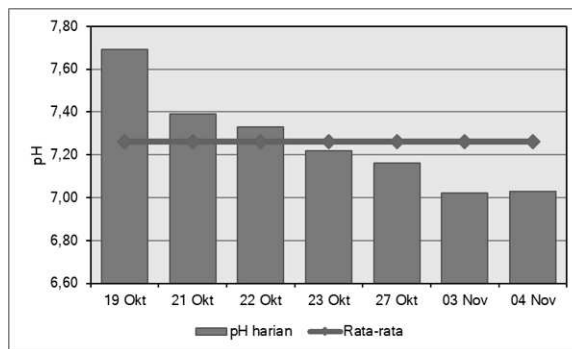
pH atau derajat keasaman memiliki pengaruh penting dalam proses kimia air baku dan proses biokimia di dalam tubuh makhluk hidup. pH air baku mempengaruhi unit proses yang diperlukan dalam suatu pengolahan. Hal ini dikarenakan kinerja bahan kimia seperti koagulan dipengaruhi oleh tingkat pH air baku.



Gambar 8 Warna Air Baku



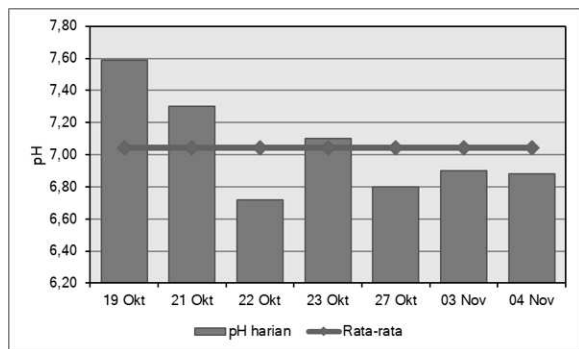
Gambar 9 Warna Air Olahan



Gambar 10 pH Air Baku

Berdasarkan hasil pengukuran, diketahui bahwa pH air baku masih berada pada rentang pH normal dan memenuhi baku mutu untuk air baku air minum (kelas I). Rentang pH air baku berkisar antara 7,02 – 7,69 dengan rata-rata 7,26 (Gambar 10). Sementara baku mutu PP No. 22 Tahun 2021 untuk

air baku air minum (kelas I) adalah 6 – 9. Koagulan yang umum digunakan untuk pH normal adalah koagulan berbasis aluminium, seperti aluminium sulfat dan PAC. Koagulan yang digunakan pada kegiatan ini adalah PAC.



Gambar 11 pH Air Olahan

Hasil pengukuran pH air olahan berada pada rentang 6,72 – 7,59 dengan rata-rata 7,04 (Gambar 11). Berdasarkan hasil pengukuran pH menunjukkan telah terjadi penurunan pH dari air baku. Hal ini disebabkan penambahan koagulan PAC yang bersifat asam. Namun nilai pH air olahan masih memenuhi standar baku mutu air minum yang diatur dalam Permenkes No. 492 Tahun 2010. Baku mutu pH untuk air olahan diatur oleh Permenkes No. 492 Tahun 2010, yaitu 6,5 – 8,5.

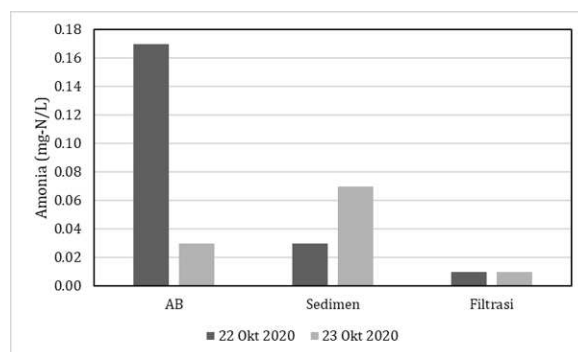
pH air minum harus dijaga untuk menjaga pH tubuh. pH darah mamalia terjaga pada pH 7,4 dikarenakan terdapat buffer pH dalam tubuh berupa hemoglobin dan albumin. Penurunan atau penambahan pH lebih dari 0,05 dapat menyebabkan asidosis dan alkalosis (Aoi dan Marunaka 2014). Komplikasi yang disebabkan oleh asidosis dapat berupa gagal ginjal, osteoporosis, gangguan otot, gangguan sistem endokrin, batu ginjal, dan keterlambatan dalam pertumbuhan (Pane 2020).

Nitrat, nitrit, amonia

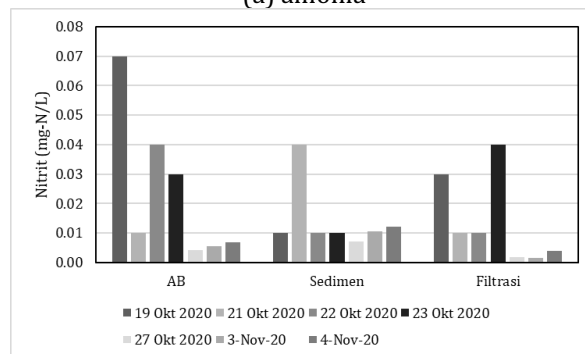
Nitrat, nitrit, dan amonia adalah ion-ion anorganik alami yang menjadi bagian dari siklus nitrogen. Aktifitas biologis mikroba menguraikan nitrogen organik menjadi amonia kemudian dioksidasi menjadi nitrat dan nitrit. Nitrat adalah senyawa nitrogen yang paling banyak ditemukan pada air permukaan dikarenakan sifatnya yang paling stabil (Khaer dan Budirman 2019).

Amonia dalam air menimbulkan bau namun tidak menimbulkan dampak langsung pada kesehatan. Namun amonia dalam air cenderung mengikat oksigen dan membentuk ion nitrat dan nitrit sehingga menyebabkan peningkatan konsentrasi nitrat dan nitrit dalam air. Konsentrasi nitrat yang tinggi dalam air dapat menimbulkan resiko

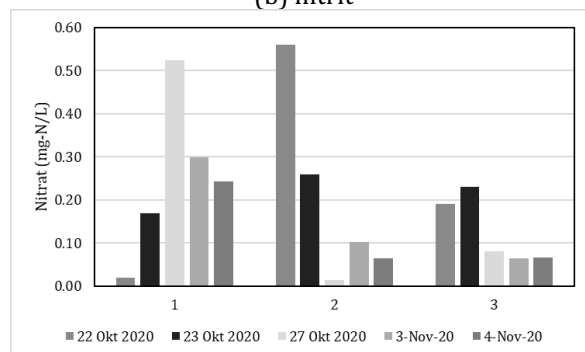
methemoglobinemia atau sindrom bayi biru bagi bayi di bawah 6 bulan. Hal ini disebabkan bakteri dalam perut bayi mengkonversi nitrat menjadi nitrit. Tingginya konsentrasi nitrit menyebabkan terganggunya kemampuan darah bayi untuk membawa oksigen. Bila kondisi memburuk, kulit bayi berubah kebiruan di sekitar mata dan mulut. Jika tidak ditangani dapat berujung pada kematian. Penyakit lain yang disebabkan oleh tingginya konsentrasi nitrat adalah keguguran spontan, gangguan tiroid, cacat lahir, dan pemicu kanker (Lubis, Insuwiasri, dan Tugawati 1987; S. N. Dewi, Joko, dan Dewanti 2016).



(a) amonia



(b) nitrit



(c) nitrat

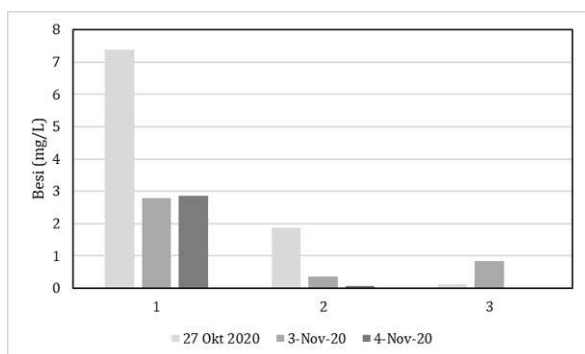
Gambar 12 Konsentrasi Amonia, Nitrit, dan Nitrat

Hasil pengukuran konsentrasi amonia, nitrat, dan nitrit pada air baku, unit sedimentasi, dan unit filtrasi atau air olahan dapat dilihat pada Gambar 12. Hasil pengukuran menunjukkan rata-rata dari masing-masing konsentrasi amonia, nitrit, dan

nitrat pada air baku adalah 0,07 mg-N/L, 0,03 mg-N/L, dan 0,19 mg-N/L. Sementara rata-rata dari masing-masing konsentrasi amonia, nitrit, dan nitrat pada air olahan adalah < 0,01 mg-N/L, 0,01 mg-N/L, dan 0,13 mg-N/L. Konsentrasi amonia, nitrit, dan nitrat pada air baku maupun olahan telah memenuhi baku mutu yang berlaku.

Besi dan mangan

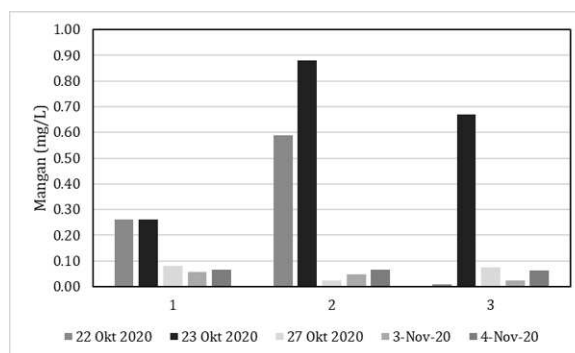
Besi dan mangan merupakan dua unsur logam yang banyak ditemui pada air tanah. Jika air tanah dipompakan keluar dan berkontak dengan udara (oksigen) maka ion besi ferro akan teroksidasi membentuk endapan ferihidroksida (Fe(OH)₃) yang dapat menyebabkan warna kuning kecoklatan pada air. Besi dibutuhkan tubuh dalam pembentukan hemoglobin. Namun dalam konsentrasi tinggi, besi dapat merusak dinding usus yang berujung pada kematian. Pada konsentrasi 1 mg/L besi dapat menyebabkan iritasi mata dan kulit. Standar baku mutu besi untuk air minum dibatasi 0,3 mg/L. Hal ini ditetapkan bukan hanya didasarkan pada efek besi terhadap kesehatan saja namun juga didasarkan pada masalah warna, rasa, serta timbulnya kerak yang menempel pada sistem perpipaan atau alasan estetika lainnya (Febrina dan Astrid 2015; Said 2018).



Gambar 13 Konsentrasi Besi

Hasil pengukuran besi dapat dilihat pada Gambar 13 yang menunjukkan konsentrasi besi pada air baku tinggi dengan nilai konsentrasi rata-rata 4,34 mg/L. Hal ini dapat disebabkan oleh kandungan besi yang berasal dari air tanah yang masuk ke dalam situ. Selain itu, dapat pula terlihat kecenderungan penurunan konsentrasi di setiap unit operasi. Hal ini menunjukkan besi telah teroksidasi saat keluar menuju IPA sehingga besi dalam bentuk presipitasi ikut terendapkan bersama flok dalam unit sedimentasi dan tersaring dalam unit filtrasi. Hasil pengukuran juga menunjukkan bahwa konsentrasi besi telah memenuhi baku mutu air minum yang dipersyaratkan dalam Permenkes No. 492 Tahun 2010.

Air yang mengandung mangan berlebih menimbulkan rasa, warna (coklat/ungu/hitam), dan kekeruhan. Bentuk mangan berubah menjadi bentuk tidak larut pada pH agak tinggi dan kondisi aerob meskipun proses oksidasi berjalan relatif lambat. Dalam jumlah kecil (< 0,5 mg/L), mangan dalam air tidak menimbulkan gangguan kesehatan melainkan bermanfaat dalam menjaga kesehatan tulang dan otak, berperan dalam pertumbuhan rambut dan kuku, serta membantu menghasilkan enzim dalam metabolisme. Sedangkan dalam jumlah besar (> 0,5 mg/L), mangan dapat bersifat neurotoksik dan tertimbun dalam hati dan ginjal (Febrina dan Astrid 2015; Said 2018)



Gambar 14 Konsentrasi Mangan

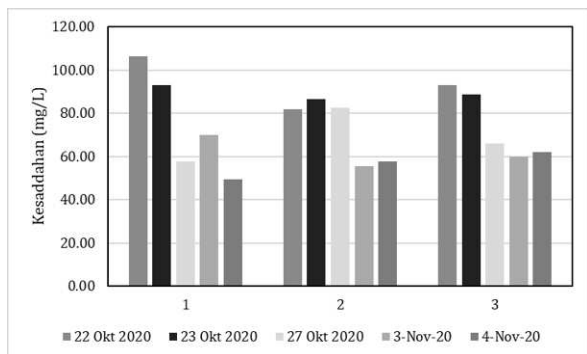
Hasil pengukuran mangan dapat dilihat pada Gambar 14. Berdasarkan hasil pengukuran diketahui bahwa rata-rata konsentrasi mangan dalam air baku telah melampaui standar baku mutu yang berlaku. Sumber mangan dalam air baku dapat berasal dari air tanah yang mengisi situ. Selain itu terlihat, terjadi penambahan konsentrasi mangan pada unit operasi. Hal ini disebabkan oleh penurunan pH akibat penambahan koagulan sehingga konsentrasi mangan terlarut semakin bertambah. Namun mangan dapat disisihkan pada unit filtrasi dikarenakan spesifikasi media pasir yang memiliki kapasitas penyerapan/adsorpsi mangan. Konsentrasi rata-rata mangan pada air olahan telah memenuhi baku mutu yang ditetapkan pada Permenkes No. 492 Tahun 2010.

Kesadahan

Kesadahan merupakan sifat air yang disebabkan oleh adanya ion-ion logam bermuatan 2 seperti Ca²⁺ dan Mg²⁺. Kesadahan dibagi menjadi dua, yaitu kesadahan sementara (ikatan dengan ion karbonat dan bikarbonat) dan kesadahan permanen (ikatan dengan ion klorida dan sulfat). Pada umumnya air sadah berasal dari daerah dimana lapis tanah atas tebal dan ada pembentukan batu kapur. Dampak kesadahan terhadap kesehatan adalah penyumbatan pembuluh darah jantung, batu ginjal, penyakit jantung, dan urolithiasis (R. S. Dewi,

Kusuma, dan Kurniawati 2018; Nyoman, Amri, dan Harun 2018; Djuma dan Olla 2019).

dapat mengubah rasa adalah 250 mg/L (WHO 1996; Bashir, Ali, dan Bashir 2012).



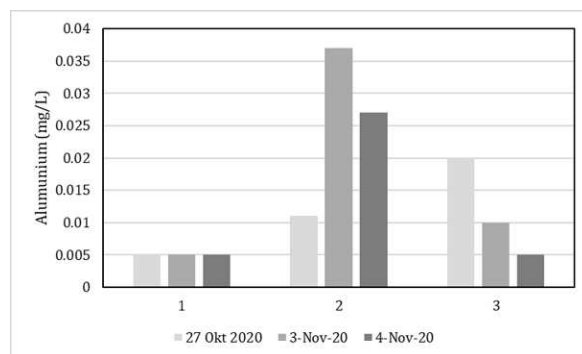
Gambar 15 Konsentrasi Kesadahan

Hasil pengukuran kesadahan (Gambar 15) menunjukkan konsentrasi kesadahan cenderung tidak berubah antara air baku dan air olahan. Rata-rata konsentrasi kesadahan dari air olahan sebesar 86,36 mg/L dengan kesadahan terbesar 128,6 mg/L dan kesadahan terendah 59,8 mg/L. Kesadahan air olahan telah memenuhi baku mutu yang ditetapkan dalam Permenkes No. 492 Tahun 2010.

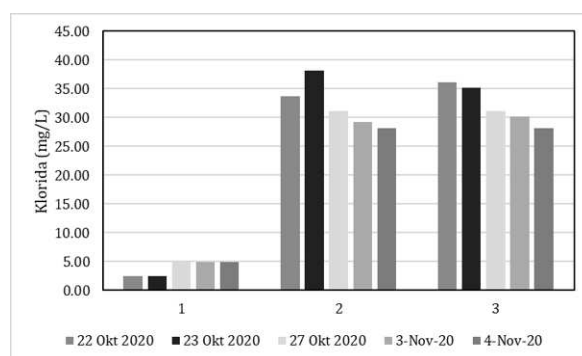
Alumunium dan klorida

Alumunium dan klorida menjadi parameter yang perlu ditinjau karena dalam penelitian digunakan koagulan berupa PAC yang memiliki senyawa alumunium dan klorida.

Residu alumunium dari koagulan dan alumunium terlarut harus diamati konsentrasinya karena alumunium mudah terasimilasi dalam tubuh. Alumunium juga merupakan salah satu faktor yang memicu penyakit Alzheimer (Rondeau et al. 2000; Krupińska 2020). Sementara itu, peningkatan konsentrasi klorida dapat menyebabkan perubahan rasa air. Namun batas konsentrasi klorida untuk



Gambar 16 Konsentrasi Alumunium



Gambar 17 Konsentrasi Klorida

Hasil pengukuran alumunium (Gambar 16) dan klorida (Gambar 17) memperlihatkan terjadi peningkatan alumunium sebesar 400% pada unit sedimentasi sedangkan klorida meningkat sebesar 322% akibat penambahan PAC. Namun konsentrasi pada air olahan masih memenuhi baku mutu air minum yang diatur dalam Permenkes No. 492 Tahun 2010.

Tabel 3 Rekapitulasi Evaluasi Kualitas Air Baku

No.	Parameter	Satuan	Hasil Pengukuran	Baku Mutu PP No. 22 Tahun 2021 (kelas 1)
1.	Kekeruhan	NTU	254,5	
2.	TSS	mg/L	152,7	50
3.	Warna	PtCo	57,43	
4.	pH	-	7,26	6 - 9
5.	Kesadahan	mg/L	80,44	
6.	Klorida	mg/L	3,81	600
7.	Sulfat	mg/L	19,18	400
8.	Nitrat (dalam N)	mg-N/L	0,19	10
9.	Nitrit (dalam N)	mg-N/L	0,03	0,06
10.	Amonia (dalam N)	mg-N/L	0,07	0,5
11.	Besi	mg/L	4,34	0,3
12.	Mangan	mg/L	0,12	0,1
13.	Alumunium	mg/L	< 0,005	

Tabel 4 Evaluasi Kualitas Air Olahan

No.	Parameter	Satuan	Hasil Pengukuran	Baku mutu Permenkes No. 492 Tahun 2010	Evaluasi
1.	Kekeruhan	NTU	2,07	5	Memenuhi
2.	Warna	PtCo	4,26	15	Memenuhi
3.	pH	-	7,04	6,5 – 8,5	Memenuhi
4.	Kesadahan	mg/L	86,36	500	Memenuhi
5.	Klorida	mg/L	34,03	250	Memenuhi
6.	Sulfat	mg/L	4,94	250	Memenuhi
7.	Nitrat (dalam NO ₃)	mg-NO ₃ /L	0,59	50	Memenuhi
8.	Nitrit (dalam NO ₂)	mg-NO ₂ /L	0,04	3	Memenuhi
9.	Amonia	mg-N/L	< 0,02	1,5	Memenuhi
10.	Besi	mg/L	0,3	0,3	Memenuhi
11.	Mangan	mg/L	0,26	0,4	Memenuhi
12.	Alumunium	mg/L	0,01	0,2	Memenuhi

Rekapitulasi

Rekapitulasi hasil pengukuran kualitas air baku rata-rata terhadap PP No. 22 Tahun 2021 dapat dilihat pada Tabel 3. Dari hasil rekapitulasi dapat terlihat terdapat beberapa parameter yang tidak memenuhi diantaranya TSS, besi, dan mangan. Hal ini menunjukkan bahwa air baku tidak memenuhi baku mutu kelas 1 yang mengatur kualitas air baku air minum. Dalam PP No. 22 Tahun 2021 dinyatakan bahwa bila air baku memenuhi baku mutu kelas 1 maka pengolahan yang dilakukan adalah pengolahan sederhana. Namun berdasarkan hasil pengukuran diketahui bahwa Situ 1 ITB Jatinangor tidak memenuhi persyaratan kelas 1 sehingga untuk menjadikannya sebagai sumber air minum diperlukan pengolahan lengkap.

Rekapitulasi evaluasi kualitas air olahan rata-rata terhadap Permenkes No. 492 Tahun 2010 dapat dilihat pada Tabel 4. Berdasarkan hasil evaluasi terhadap kualitas air olahan dapat diketahui bahwa IPA *mobile* dapat menghasilkan air olahan dengan kualitas yang telah memenuhi Permenkes No. 492 Tahun 2010.

Evaluasi Operasional IPA *Mobile*

Evaluasi operasional IPA *mobile* perlu dilakukan agar kinerja IPA *mobile* terutama dalam pemenuhan aspek kualitas dapat terjaga.

Dosis Koagulan

Besarnya dosis koagulan tergantung pada kekeruhan. Pada kegiatan ini, penentuan dosis

Tabel 5 Dosis Koagulan untuk Berbagai Rentang Kekeruhan

No.	Kekeruhan (NTU)	Dosis Koagulan (mg/L)
1.	< 100	28
2.	100 – 600	23
3.	> 600	24

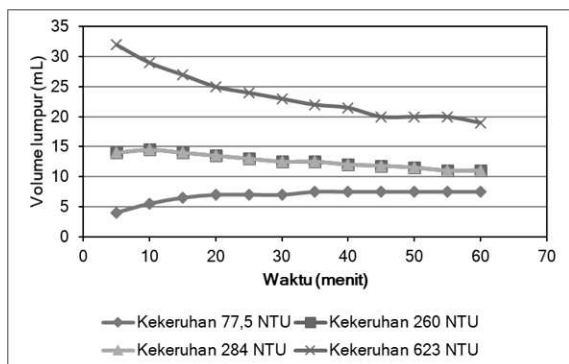
koagulan tidak dilakukan dengan menggunakan alat penentuan dosis koagulan (*jartes*) tetapi langsung dilakukan di lapangan. Hasil dosis koagulan untuk berbagai rentang kekeruhan dapat dilihat pada Tabel 5. Kekeruhan dibagi menjadi tiga kelas, yaitu kekeruhan rendah (< 100 NTU), kekeruhan sedang (100-600 NTU), dan kekeruhan tinggi (> 600 NTU) (Widyaningsih dan Syafei 2011; SNI 6773 : 2008; Permen PUPR No. 27 Tahun 2016).

Dari hasil pengujian di lapangan diketahui bahwa kekeruhan < 100 NTU membutuhkan dosis yang lebih besar dibandingkan dengan rentang kekeruhan lainnya. Diperlukan penambahan *coagulant aid* untuk menambahkan kekeruhan agar flok yang terbentuk lebih besar dan lebih berat sehingga lebih mudah untuk diendapkan. Sementara, untuk kekeruhan > 600 NTU tidak jauh berbeda dengan dosis yang dibutuhkan pada rentang kekeruhan 100 – 600 NTU namun terdapat perbedaan pada besarnya flok yang terbentuk. Flok yang terbentuk pada kekeruhan > 600 NTU lebih halus dibandingkan pada kekeruhan 100 – 600 NTU. Hal ini akan berpengaruh pada proses pengendapan. Flok yang halus tidak akan terendapkan dengan baik sehingga akan menyebabkan penurunan efisiensi pada unit sedimentasi dan menyebabkan waktu *backwash* unit filtrasi lebih cepat.

Pengurasan unit sedimentasi

Pengurasan unit sedimentasi didasarkan pada volume tampungan ruang lumpur. Lumpur dari plat pengendap yang ditampung dalam ruang lumpur tidak boleh melebihi volume tampungannya agar tidak terjadi pengangkatan lumpur kembali (*scouring*) sehingga justru mengganggu proses pengendapan. Banyaknya volume lumpur tergantung pada banyaknya partikel diskrit dan koloid dalam air baku yang diwakili oleh parameter kekeruhan.

Berdasarkan hasil pengukuran volume lumpur di lapangan (Gambar 18) dan perhitungan dengan menggunakan Persamaan 2 dapat diketahui periode pengurasan lumpur.



Gambar 18 Volume Lumpur

$$t_{\text{pengurasan}} = \frac{V_{\text{ruang lumpur}} \times 1000}{Q \times \%_{\text{lumpur}} \times 60} \dots\dots\dots (2)$$

dimana:

- $t_{\text{pengurasan}}$ = waktu pengurasan lumpur (menit)
- $V_{\text{ruang lumpur}}$ = volume ruang lumpur (m^3)
- Q = debit operasi (L/detik)
- $\%_{\text{lumpur}}$ = banyaknya lumpur yang mengendap pada imhoff cone ($100 \times \text{ml/L}$)

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan Persamaan 2 diketahui bahwa unit sedimentasi harus dikuras setiap 30 menit untuk kekeruhan < 600 NTU, sementara untuk kekeruhan > 600 NTU unit sedimentasi harus dikuras setiap 15 menit dengan waktu pengurasan minimal 1 menit atau sampai bersih. Indikator lama pengurasan adalah air pengurasan sudah terlihat jernih.

Waktu backwash

Berdasarkan hasil observasi lapangan diketahui bahwa periode pengurasan *backwash* untuk air baku dengan kekeruhan < 600 NTU berkisar setiap 4 - 6 jam, sementara untuk kekeruhan air baku > 600 NTU dibutuhkan *backwash* setiap 2 - 4 jam. Indikator *backwash* adalah terjadi kenaikan muka air pada unit filtrasi.

KESIMPULAN

IPA *mobile* merupakan upaya penyediaan air bersih pada daerah terdampak bencana yang mengalami kerusakan infrastruktur air minum. IPA *mobile* dalam penelitian ini telah mampu memenuhi aspek kuantitas, kontinuitas, dan kualitas. IPA *mobile* dapat beroperasi maksimal hingga 2 L/detik sehingga dapat melayani 11.520 jiwa dengan

kebutuhan pokok air minum 15 L/orang/hari. IPA *mobile* juga direncanakan dapat beroperasi selama 12 jam dengan satu daya yang memadai. Kualitas air olahan IPA *mobile* telah memenuhi baku mutu Permenkes No. 492 Tahun 2010.

Pada operasional IPA *mobile* harus diperhatikan agar kinerja IPA *mobile* terutama dalam pemenuhan aspek kualitas dapat terjaga. Dalam pengoperasian IPA *mobile* perlu diperhatikan dosis koagulan yang sesuai dengan kekeruhan air baku, frekuensi pengurasan lumpur, serta frekuensi *backwash* unit filter.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini sepenuhnya didanai oleh Direktorat Bina Teknik Permukiman dan Perumahan, Ditjen, Cipta Karya, Kementerian PUPR. Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak Rektorat Institut Teknologi Bandung yang telah bersedia menjadi lokasi pengujian IPA *mobile* ini serta bantuan yang diberikan selama pelaksanaan uji kinerja IPA *mobile*.

DAFTAR PUSTAKA

[Permen PUPR]. 2016. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 27/PRT/M/2016 tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum.

[Permenkes]. 2010. Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.

[PP] Peraturan Pemerintah. 2015. Peraturan Pemerintah Nomor 122 Tahun 2015 tentang Sistem Penyediaan Air Minum.

———. 2021. Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

[SNI]. 2008. SNI 6773 : 2008 Spesifikasi Unit Paket Instalasi Pengolahan Air. Badan Standardisasi Nasional.

Aoi, Wataru, dan Yoshinori Marunaka. 2014. "Importance of pH Homeostasis in Metabolic Health and Diseases: Crucial Role of Membrane Proton Transport." *BioMed Research International* 2014 (598986): 1-8. <https://doi.org/10.1155/2014/598986>.

Bashir, Muhammad Tariq, Salmiaton Ali, dan Adnan Bashir. 2012. "Health effects from exposure to sulphates and chlorides in drinking water." *Pakistan Journal of Medical and Health Sciences* 6 (3): 648-52.

- Departemen Kesehatan RI. 2007. Pedoman Teknis Penanggulangan Krisis Kesehatan Akibat Bencana. Jakarta.
- Dewi, Ratna Sari, M Iqbal Kusuma, dan Eti Kurniawati. 2018. "Pengaruh Lama Kontak Arang Kayu Terhadap Penurunan Kadar Kesadahan Air Sumur Gali Di Paal Merah Ii Kota Jambi." *Riset Informasi Kesehatan* 7 (1): 46-54. <https://doi.org/10.30644/rik.v7i1.125>.
- Dewi, Sinta Nugraheni, Tri Joko, dan Nikie Astorina Yunita Dewanti. 2016. "Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Pencemaran Nitrat (NO3) Pada Air Sumur Gali di Kawasan Pertanian Desa Tumpukan Kecamatan Karangdowo Kabupaten Klaten." *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)* 4 (5): 204-12.
- Djuma, Agustina W., dan Frengki Olla. 2019. "The examination of total hardness on drinking water with boiling and filter process using complexometry method." *Jurnal Info Kesehatan* 14 (1): 1168-77.
- Febrina, Aulia, dan Ayuna Astrid. 2015. "Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik." *Jurnal Teknologi* 7 (1): 36-44.
- Hannouche, A., G. Chebbo, G. Ruban, B. Tassin, B. J. Lemaire, dan C. Joannis. 2011. "Relationship between turbidity and total suspended solids concentration within a combined sewer system." *Water Science and Technology* 64 (12): 2445-52. <https://doi.org/10.2166/wst.2011.779>.
- Hasrianti, dan Nurasia. 2016. "Analisis Warna, Suhu, pH dan Salinitasi Air Sumur Bor di Kota Palopo." *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia* 02 (1): 747-53.
- Khaer, Ain, dan Budirman. 2019. "Kemampuan Media Filter Ion Exchange Dalam Menurunkan Kadar Nitrat Air Sumur Gali di Daerah Kawasan Pesisir." *Sulolipu: Media Komunikasi Sivitas Akademika dan Masyarakat* 19 (1): 102-8. <https://doi.org/10.32382/sulolipu.v19i1.972>.
- Krupińska, Izabela. 2020. "Aluminium drinking water treatment residuals and their toxic impact on human health." *Molecules* 25 (3): 641.
- Lubis, Agustina, Inswiasri, dan A. Tri Tugaswati. 1987. "Amonium dalam Air Sumur Penduduk." *Buletin Penelitian Kesehatan* 15 (1): 21-26.
- Nyoman, Regina Ni, Imtihanah Amri, dan Haerani Harun. 2018. "Perbandingan Kadar Kesadahan Air PDAM Dan Air Sumur Suntik Kelurahan Tondo Kota Palu Tahun 2017." *MEedika Tadulako: Jurnal Ilmiah Kedokteran* 5 (3): 12-21.
- Pane, Merry Dame Cristy. 2020. "Asidosis (Metabolik dan Respiratorik)." 2020.
- Purwana, Rachmadi. 2013. *Manajemen Kedaruratan Kesehatan Lingkungan dalam Kejadian Bencana*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Rondeau, Virginie, Daniel Commenges, Hélène Jacqmin-Gadda, dan Jean-François Dartigues. 2000. "Relation between aluminum concentrations in drinking water and Alzheimer's disease: an 8-year follow-up study." *Am J Epidemiol* 1 (152): 59-66.
- Said, Nusa Idaman. 2008. *Teknologi Pengelolaan Air Minum: Teori dan Pengalaman Praktis*. Buku Air Minum. BPPT.
- . 2018. "Metoda Penghilangan Zat Besi Dan Mangan Di Dalam Penyediaan Air Minum Domestik." *Jurnal Air Indonesia* 1 (3): 239-50. <https://doi.org/10.29122/jai.v1i3.2352>.
- Sphere Association. 2018. *The Sphere Handbook: Humanitarian Charter and Minimum Standards in Humanitarian Response*. Fourth Edi. Geneva.
- Widyaningsih, H.A., dan A.D. Syafei. 2011. "Resirkulasi Flok untuk Keketuhan Rendah pada Kali Pelayaran Sidoarjo dengan Sistem." *Jurnal. Teknik Lingkungan ITS*, 1-12.