

Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Sisa Klor (Cl_2) pada ZAMP Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang

Environmental Health Risk Analysis of Chlorine Residual (Cl_2) at ZAMP Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang

Hanung Sinandi Arista Putra, Isa Ma'rufi, Ellyke
Bagian Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Jember
Jalan Kalimantan 37, Jember 68121
e-mail korespondensi: hanungputra16@gmail.com

Abstract

Zona Air Minum Prima (ZAMP) drinking water produced by the Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang can be consumed through taps directly from people's homes or ZAMP ready-to-drink water taps in public facilities. One of the processing processes is by adding chlorine gas to ZAMP water so that if the water consumed by the community is not processed further, there will be residual chlorine that enters the human body. The aim of this study is to analyze the health risk due to residual chlorine that enters the human body. This descriptive study examined ZAMP water samples located in 9 public facilities in Sawojajar Malang. The residual chlorine was determined with laboratory test and analyzed with Environmental Health Risk Assessment (EHRA). The result showed that the average residual chlorine content in ZAMP drinking water is 0.00611 mg/l, with a maximum value of 0.2 mg/L and a minimum of 0.001 mg/L. Risk characterization in the population shows that the risk of residual chlorine through ingestion is less than one ($RQs < 1$) both in adult and the children's category. There was no risk of exposure to residual chlorine contained in ZAMP within the next 30 years. Efforts to manage the risk of residual chlorine from exposure to residual chlorine in drinking water of ZAMP Perumda Water Drinking Tugu Tirta Malang City are not needed.

Keywords: *Environmental Health Risk Assessment (EHRA), Residual Chlorine, Zona Air Minum Prima (ZAMP) drinking water*

Abstrak

Air minum Zona Air Minum Prima (ZAMP) produk dari Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang dapat dikonsumsi melalui keran langsung dari rumah masyarakat atau keran air siap minum ZAMP di fasilitas umum. Salah satu proses pengolahannya yaitu dengan menambahkan gas klor (Cl_2) pada air ZAMP, sehingga air yang dikonsumsi masyarakat apabila tidak dilakukan pengolahan lebih lanjut, maka terdapat sisa klor yang masuk ke dalam tubuh manusia. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis risiko kesehatan yang ditimbulkan dari sisa klor yang masuk ke dalam tubuh. Penelitian deskriptif ini dilakukan pada sampel air ZAMP yang berlokasi di 9 fasilitas umum di Sawojajar Malang. Kandungan sisa klor ditentukan melalui uji laboratorium dan dianalisis dengan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL). Hasil penelitian mendapatkan rata-rata kandungan sisa klor pada air minum ZAMP adalah sebesar 0,00611 mg/l, dengan nilai maksimum 0,2 mg/L dan minimum 0,001 mg/L. Rata – rata karakterisasi risiko (RQ) sisa klor melalui ingesti kurang dari satu ($RQs < 1$) baik pada dewasa maupun anak-anak. Tidak terjadi risiko paparan sisa klor yang terkandung pada ZAMP dalam waktu 30 tahun. Upaya pengelolaan risiko sisa klor dari paparan sisa klor di air minum ZAMP Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang tidak diperlukan.

Kata kunci: Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL), Sisa Klor, Zona Air Minum Prima (ZAMP)

Pendahuluan

Air minum merupakan salah satu kebutuhan esensial atau kebutuhan dasar dari kehidupan seorang manusia. Tubuh manusia terdapat setidaknya 65% atau kurang lebih sebesar 47 liter, jumlah air minum yang dibutuhkan dalam setiap harinya sekitar 1,5 liter, dan jumlah tersebut harus dipenuhi agar semua fungsi fisiologis tubuh dapat berjalan normal dan baik.[1] Air minum juga harus memenuhi persyaratan – persyaratan kesehatan yang telah ditetapkan.[2] Pemerintah berupaya untuk memastikan bahwa sumber daya alam dikelola semaksimal mungkin untuk kesejahteraan masyarakat. Undang - Undang Nomor 11 Tahun 2020 tentang Cipta Kerja dalam revisinya pada Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2019 Tentang Sumber Daya Air pada pasal 49 ayat 5 menyebutkan salah satu dari beberapa pihak yang mendapatkan izin usaha sumber daya air yaitu BUMD.

PDAM merupakan BUMD yang tersebar luas hampir diseluruh wilayah Indonesia dan mengelola air minum yang sesuai dengan sumber air baku yang berada di wilayahnya. Salah satu parameter mikrobiologi air minum adalah indikator kandungan *E. Coli* dalam air minum sebanyak 0 per 100 ml sampel [3]. Untuk mencapai standar-standar yang ditetapkan dari peraturan tersebut, diperlukan proses pengolahan – pengolahan air baku untuk menjadi air minum. Pengolahan lebih lanjut tersebut dibagi menjadi dua yaitu pengolahan lengkap (*Complete Treatment Process*) dan pengolahan sebagian (*Partial Treatment Process*). Pengolahan lengkap meliputi pengolahan secara fisika, kimia, bakteriologis, sedangkan pada pengolahan sebagian hanya mengolah air sesuai dengan kebutuhan saja, Untuk pengolahan sebagian dipilih pada air yang bersumber dari mata air, maupun sumur dangkal atau dalam.[4]

Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang memproduksi air minum Zona Air Minum Prima (ZAMP) yang dapat dikonsumsi melalui keran langsung dari rumah masyarakat atau keran air siap minum ZAMP di fasilitas umum. Pada awal pelaksanaan program ZAMP hanya dilakukan pada 3 lokasi di salah kompleks perumahan di Kota Malang, tetapi pada tahun 2016 ZAMP sudah dapat dijangkau oleh 100 persen dari total pelanggan sebesar 152 ribu.

Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang menerapkan proses pengolahan sebagian karena produksi air minum tersebut

berasal dari sumber mata air. Proses yang dilakukan yaitu pengambilan air di sumber (intake), proses desinfeksi, proses penampungan air di reservoir, kemudian dialirkan ke pelanggan. Proses Desinfeksi yaitu pemberian bahan kimia untuk membunuh parasit, bakteri, virus yang masih tersisa dan melindungi air dari bakteri ketika mulai dialirkan kepada masyarakat. Desinfeksi yang umum digunakan di Indonesia dan Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang yaitu senyawa yang mengandung klor ataupun bisa disebut klorinasi, karena bersifat stabil dan ekonomis.

Apabila sisa klor pada sistem distribusi air minum terlalu rendah, maka bakteri dapat berkembang biak dalam air dan dapat mengakibatkan *waterborne diseases* di masyarakat. Ketika sisa klor dalam air terlalu tinggi maka dapat menyebabkan air minum menjadi berbau kaporit yang tajam dan membahayakan kesehatan manusia.[5] Peraturan Menteri Kesehatan No 736 Tahun 2010 tentang tata laksana pengawasan kualitas air minum menyebutkan baku mutu yang telah ditetapkan untuk air minum dengan pendistribusian perpipaan maksimal 1 mg/l di outlet reservoir dan 0,2 mg/l pada titik terjauh ditribusi. Tetapi batas optimal yang ditentukan yaitu 0,2 mg/l – 0,5 mg/l (WHO, 2017) dan 0,1 mg/kg-hari (IRIS, 1994).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis risiko kesehatan lingkungan dari sisa klor air minum ZAMP produksi dari Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang. Penelitian ini dilakukan di Kelurahan Sawojajar Kecamatan Kedungkandang Kota Malang. Kelurahan Sawojajar merupakan salah satu kelurahan yang dialiri oleh Sumber Wendit yang merupakan sumber debit terbesar yang digunakan oleh Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang yaitu hampir 1000 liter/detik. Kelurahan Sawojajar juga merupakan salah satu kelurahan yang memiliki jumlah sambungan aliran air PDAM terbesar yaitu 6332 pelanggan. Asumsi dari 6332 pelanggan yaitu setiap satu sambungan air digunakan 5 orang sehingga 31.660 jiwa penduduk di kelurahan Sawojajar yang menggunakan sambungan air Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang.

Metode Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini bersifat deskriptif yaitu menggambarkan konsentrasi sisa klor dalam air

minum ZAMP Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang. Desain studi yang digunakan adalah metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) kajian di atas meja (*Desktop study*) untuk menghitung dan memprediksi besar risiko yang dapat ditimbulkan akibat adanya *risk agent* berupa sisa klor yang terdapat pada air minum ZAMP Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang. Penggunaan ARKL meja (*Desktop Study*) dikarenakan kondisi pandemi virus COVID-19. Penelitian ini dilakukan pada bulan September 2020 sampai Agustus 2021. Penelitian menggunakan *sampling* lingkungan yaitu sebanyak 9 sampel air ZAMP yang berada di fasilitas umum Kelurahan Sawojajar Malang. Pengambilan sampel air minum mengacu pada SNI 7828:2012 tentang tentang pengambilan contoh air minum dari instalasi pengolahan air dan sistem jaringan distribusi perpipaan dan menggunakan metode DPD kolorimetrik. Pengambilan sampel dilakukan pada 27 Agustus 2021 dan jam puncak pemakaian air yaitu pukul 06.00 – 07.00. Sampel air selanjutnya dikirim ke laboratorium untuk pemeriksaan konsentrasi sisa klor pada ZAMP. Data yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari data primer yaitu observasi dan uji laboratorium. Data sekunder diperoleh melalui telaah kepustakaan, studi literatur dan data instansi terkait. Data dalam penelitian ini disajikan dalam bentuk tabel dan dijabarkan menjadi narasi. Data yang diperoleh melalui pengumpulan data dianalisis dengan menggunakan analisis univariat untuk mendeskripsikan dari setiap variabel yang diteliti.

Hasil

Konsentrasi Sisa Klor pada ZAMP

Hasil konsentrasi sisa klor (Cl_2) didapatkan dengan pengujian sampel di laboratorium lingkungan Perum Jasa Tirta 1 pada 27 Agustus 2021 pagi hari pukul 06.00 pada 9 titik lokasi. Untuk mengetahui angka rata – rata dari konsentrasi sisa klor, maka dilakukan analisis deskriptif. Konsentrasi Sisa Klor (Cl_2) berdasarkan data hasil pengambilan sampel air dan pengujiannya yang dilakukan di 9 titik yang pengambilannya dimulai pukul 06.15 - 07.00 dapat dilihat dalam Tabel 1.

Berdasarkan hasil pengambilan *sampling* pada keran air minum ZAMP dan uji sisa klor dengan spektrofotometri menghasilkan sisa klor tertinggi sebesar 0,20 mg/l, terendah, 0,01 mg/l. Hanya satu lokasi yang memenuhi baku mutu (Permenkes No. 736 Tahun 2010) dan sisanya kurang dari baku mutu Laju Asupan

Harian. Keterangan “kurang baku mutu” diartikan bahwa air minum ZAMP belum layak untuk diminum, dikarenakan terdapat kemungkinan tumbuh atau berkembangnya bakteri/ virus/ koliform pada air dengan kandungan sisa klor yang rendah dan perlu pengolahan tambahan lebih lanjut. Pada keterangan “sesuai baku mutu”, bermakna bahwa air ZAMP tersebut dapat langsung dikonsumsi, dikarenakan memiliki kandungan klor yang sesuai, dan kemungkinan tumbuh atau berkembangnya bakteri/ virus/ koliform sangat kecil.

Tabel 1. Distribusi Frekuensi Sisa Klor Menurut Lokasi

No	Lokasi	Konsent rasi Sisa Klor	Baku Mutu	Keterang an
A.	SDN SAWOJ AJAR 2	0,20 mg/l	0,20 – 1 mg/l	Sesuai baku mutu
B.	SDN SAWOJ AJAR 1	0,01 mg/l	0,20 – 1 mg/l	Kurang dari baku mutu
C.	SDN SAWOJ AJAR 6	0,17 mg/l	0,20 – 1 mg/l	Kurang dari baku mutu
D.	SMAN 10 MALAN G	0,01 mg/l	0,20 – 1 mg/l	Kurang dari baku mutu
E.	SDN SAWOJ AJAR 5	0,12 mg/l	0,20 – 1 mg/l	Kurang dari baku mutu
F.	SMK TELKO M MALAN G	0,01 mg/l	0,20 – 1 mg/l	Kurang dari baku mutu
G.	SDN SAWOJ AJAR 4	0,01 mg/l	0,20 – 1 mg/l	Kurang dari baku mutu
H.	Kantor Kelurahan Sawojajar	0,01 mg/l	0,20 – 1 mg/l	Kurang dari baku mutu
I.	Masjid Miftahul Jannah	0,01 mg/l	0,20 – 1 mg/l	Kurang dari baku mutu

Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan

Penelitian ini menggunakan ARKL *dekstop*. Tidak adanya data sekunder mengenai beberapa variable dikarenakan kondisi tersebut, penelitian ini menggunakan nilai default berdasarkan pedoman ARKL (Tabel 2).[6]

Tabel 2. Nilai Default berdasar pedoman ARKL

No	Variabel	Nilai
1	R _{dewasa}	2 liter/hari
2	R _{anak}	1 liter/hari
3	f _E	350 hari/tahun
4	W _{b (dewasa)}	55-70 kg
5	W _{b (anak)}	15-20 kg
6	D _{t (dewasa)}	30 tahun
7	D _{t (anak)}	6 tahun

Analisis Dosis Respon

Gas klor dapat masuk ke tubuh melalui jalur ingesti maupun inhalasi. Pada penelitian air ZAMP ini, gas klor yang sudah bereaksi dan menjadi sisa klor masuk ke dalam tubuh manusia melalui jalur ingesti. Diketahui pajanan gas klor tidak memiliki efek hingga menjadi kasus kanker, sehingga efek yang akan digunakan yaitu efek non karsinogenik (Tabel 3).

Tabel 3. Efek Nonkarsinogenik gas Klor

Agent	Chlorine
Dosis Respon	1E-1 mg/kg/hari
Efek Resistensi	Berkurangnya berat badan tikus pada pajanan dosis tinggi (IRIS, 1994) 23,2 % Kasus HCG (<i>Highly Credible Gastroenteritis</i>) pada penduduk yang mengonsumsi air minum dengan sisa klor sebesar 0,01-1,1mg/L [9] Peningkatan konsentrasi sisa klor dari konsumsi air minum secara bertahap dari (0, 0.001, 0.0014, 0.071, 0.14, 0.26 dan 0,34 mg/kg dari berat badan tubuh) pada 10 responden laki – laki dengan hasil tidak adanya efek toksik yang signifikan secara fisiologis [10].

Analisis Pemajanan

Analisis pemajanan digunakan untuk mengetahui dosis risk agent sisa klor (Cl₂) yang didapatkan masyarakat yang terpajan sebagai asupan atau intake (I). Intake didapatkan dengan persamaan:

$$I = \frac{C \times R \times fE \times Dt}{Wb \times tavg}$$

Keterangan :

I : Asupan (Intake), jumlah agen risiko konsentrasi sisa klor (Cl₂) yang masuk ke dalam tubuh (mg/l)
C : Konsentrasi sisa klor (Cl₂) (mg/l)
R : Laju asupan (anak – anak, dewasa)
tE : Waktu pajanan (jam/hari)
fE : Frekuensi pajanan (hari/tahun)
Dt : Durasi paparan (tahun)
Wb : Berat badan responden (kg)
Tavg : Periode waktu rata – rata (30 tahun x 365 hari/tahun untuk zat non karsinogenik)

Hasil dari intake sisa klor pada dewasa yang diatur berdasarkan variasi konsentrasi dan berat badan dapat dilihat pada Tabel 4, demikian juga pada anak-anak (Tabel 5).

Tabel 4. Rekapitulasi Intake Dewasa

Berat badan (dewasa)	Konsentrasi klor		
	Minimal (mg/kg/hari)	Maksimal (mg/kg/hari)	Rata – rata (mg/kg/hari)
55 kg	0,00034	0,0069	0,0020
60 kg	0,00031	0,0063	0,0019
65 kg	0,00029	0,0059	0,0017
70 kg	0,00027	0,0054	0,0016

Tabel 5. Rekapitulasi Intake Anak – Anak

Berat badan (anak – anak)	Konsentrasi klor		
	Minimal (mg/kg/hari)	Maksimal (mg/kg/hari)	Rata – rata (mg/kg/hari)
15 kg	0,00063	0,0127	0,0038
20 kg	0,00047	0,0095	0,0028

Karakterisasi Risiko

Nilai karakterisasi risiko didapatkan dengan perbandingan dari nilai intake dengan RfD dengan rumus:

$$RQ = \frac{I}{RfD}$$

Keterangan :

I : Intake yang sudah dihitung menggunakan rumus

RfD : Nilai referensi agen risiko dengan pemajan ingesti

Hasil dari karakterisasi risiko sisa klor disajikan pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 6. RQ Klor pada Dewasa

Berat badan (dewasa)	Konsentrasi klor		
	Minimal	Maksimal	Rata - rata
55 kg	0,0034	0,069	0,020
60 kg	0,0031	0,063	0,019
65 kg	0,0029	0,059	0,017
70 kg	0,0027	0,054	0,016

Tabel 7. RQ Klor pada Anak-anak

Berat Badan (Anak - Anak)	Konsentrasi Klor		
	Minimal	Maksimal	Rata - Rata
15 Kg	0,0063	0,127	0,038
20 Kg	0,0047	0,095	0,028

Interpretasi Tingkat Risiko

Kedua kategori kelompok umur tersebut masuk pada kriteria Aman dengan frekuensi pajanan 350 hari/tahun, dan durasi pajanan 30 tahun untuk dewasa dan 6 tahun untuk anak – anak.

Pengelolaan Risiko

Tingkat risiko dari semua sampel yang diambil adalah RQ < 1 yang berarti aman. Upaya pengelolaan risiko sisa klor dari pajanan sisa klor di air minum ZAMP Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang tidak diperlukan.

Pembahasan

Konsentrasi Sisa Klor

Pengambilan sampel air minum mengacu pada SNI 7828:2012 tentang tentang pengambilan contoh air minum dari instalasi pengolahan air dan sistem jaringan distribusi perpipaan dan menggunakan metode DPD kolorimetrik. Jumlah sampel sebanyak 9 titik, pengambilan dilakukan pada waktu pagi hari (06.00-0700) yang merupakan jam puncak penggunaan air di masyarakat. Konsentrasi sisa

klor yang didapatkan yaitu 0,01 mg/l pada konsentrasi paling minim (6 lokasi), 0,12 mg/l (1 lokasi), 0,17 mg/l (1 lokasi), 0,20 mg/l merupakan konsentrasi paling tinggi (1 lokasi).

Konsentrasi yang didapatkan tersebut hanya satu yang memenuhi baku mutu dari Peraturan Menteri Kesehatan No 736 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengawasan Kualitas Air Minum yaitu 0,20 – 1 mg/l maupun WHO 0,20 – 0,50 mg/l. Beberapa hal yang mempengaruhi rendahnya konsentrasi sisa klor yaitu Pengolahan tambahan dari keran (fountain tap) air siap minum ZAMP yang terpasang di fasilitas umum, merupakan keran khusus untuk penggunaan air minum yang berbeda dengan keran biasa. Fountain tap tersebut pada awal pemasangan diberi filter karbon. Filter karbon dapat mengurangi konsentrasi klor dalam air, dalam penelitian (Purba, 2016) [8] penggunaan filter zeolit dan karbon aktif dengan ketebalan media 40 cm dapat mengurangi kandungan sisa klor dalam air dari 0,47 mg/l menjadi 0 mg/l. Hasil didapatkan di lapangan, sampel yang diambil terdapat konsentrasi yang kecil, terutama pada fountain tap yang baru dan filter karbon yang masih cukup baik.

Ketika konsentrasi sisa klor pada air siap minum yang minim, maka sesuai standar operasional, akan dilakukan sampling ulang. Sampling ulang tersebut dilakukan pada titik yang berbeda namun pada DMA yang sama. Apabila sampel tersebut konsentrasi sisa klor masih di bawah 0,2 mg/l maka akan didata, dilakukan pengecekan ulang dan akan dilaporkan pada sub bagian produksi yaitu pengolahan, pengendalian kualitas air minum dan air baku, untuk ditindaklanjuti. Tindak lanjut yang akan dilakukan biasanya penambahan sisa klor, apabila terjadi kekurangan pada sisa klor. Apabila air/ sampel tersebut tidak sesuai dengan persyaratan bakteriologis maka dilakukan pengecekan pada jaringan perpipaan dan dilakukan flushing untuk membersihkan jaringan. Flushing merupakan pembersihan jaringan perpipaan dengan cara membuka bran kran (BR) selama 10 – 15 menit yang bertujuan untuk membuang angin dan kotoran pada aliran air dalam perpipaan agar tidak terjadi water hammer dan turbulensi. Water hammer adalah sebuah fenomena terjadinya kenaikan tekanan yang disebabkan oleh terhenti atau dihentikannya aliran di dalam pipa secara mendadak.

Karakterisasi Risiko pada Efek Non – Karsinogenik (RQ)

Karakterisasi risiko dalam penelitian ini adalah potensi risiko terpajan sisa klor (Cl_2) dari air minum ZAMP Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang pada masyarakat Kelurahan Sawojajar, Kecamatan Kedungkandang, Kota Malang melalui perhitungan dengan membandingkan antara asupan dan konsentrasi acuan. Nilai rata – rata RQ yang didapat yaitu pada kategori dewasa 0,0087, sedangkan pada kategori anak – anak 0,033, sehingga nilai RQ pada seluruh kategori < 1 artinya belum ada nilai risiko dan perlu dipertahankan.

Semua kategori memiliki nilai RQ < 1 dipengaruhi oleh rata – rata konsentrasi dari sisa klor yang cukup kecil dan mayoritas dibawah baku mutu yang telah ditetapkan. Baku mutu tersebut yaitu Permenkes No 736 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengawasan Kualitas Air Minum menyebutkan pada titik terjauh, konsentrasi minimal sisa klor yang harus ada 0,2 mg/l dan pada reservoir maksimal 1 mg/l, WHO juga menyebutkan konsentrasi sisa klor dalam rentang 0,2 – 0,5 mg/l.[5] Nilai rata – rata konsentrasi sisa klor di wilayah kelurahan Sawojajar pada kategori dewasa dengan semua kelompok berat badan yaitu 0,0018 mg/l, sedangkan pada kategori anak – anak dengan semua kelompok berat badan yaitu 0,0033 mg/l. Adanya konsentrasi sisa klor yang minim sejalan dengan penelitian dari Rofida [2016] menyebutkan dari 249 DMA (*District Meter Area*) dan 126 DMA yang disampling terdapat 85 DMA kurang siap minum dengan persentase 34 % dan 38 DMA tidak siap minum dengan persentase 15 %. Penentuan kategori siap minum, kurang siap minum, tidak siap minum yaitu apabila 100% memenuhi syarat parameter sisa klor dan total coliform, Kategori kurang siap minum apabila terdapat DMA yang beberapa titik sampling masih belum memenuhi parameter sisa klor dan total koliform sedangkan kategori tidak siap minum yaitu apabila dari DMA dengan persentase jumlah titik yang memenuhi syarat hanya sedikit.

Berdasarkan hasil penelitian bahwa risiko yang ditimbulkan cukup rendah. Hal ini sejalan dengan penelitian Fairley *et al.*[9], selama 66 minggu dilaporkan adanya penyakit gastroenteritis dari 1412 responden yang mengonsumsi air minum yang terdapat sisa klor dengan konsentrasi 0,01-1,1 mg/l, diantaranya yaitu 50,4 persen responden tidak mengalami penyakit tersebut, 27,4% satu kali mengalami penyakit gastroenteritis, 21,6% mengalami lebih dari dua kali. Referensi lain menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda, yaitu adanya

peningkatan konsentrasi sisa klor dari konsumsi air minum secara bertahap dari (0, 0.001, 0.0014, 0.071, 0.14, 0.26 dan 0,34 mg/kg dari berat badan tubuh pada 10 responden laki – laki. Menurut dengan hasil tidak adanya efek toksik yang signifikan secara fisiologis sehingga sejalan dengan penelitian sebelumnya. [10].

Keterbatasan Penelitian

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa keterbatasan yang dapat mengurangi kesempurnaan dari penelitian. Keterbatasan peneliti dalam penelitian ini meliputi tidak bisa menggunakan metode ARKL lengkap dan hanya menggunakan metode ARKL meja, sehingga perhitungan kategori berat badan, kategori umur, durasi pajanan dan laju asupan menggunakan nilai default, karena dibatasinya kontak langsung dengan responden. Hasil RQ yang didapat merupakan prakiraan awal dan perlu untuk diteliti lebih lanjut.

Pengambilan sampel pada keran (fountain tap) ZAMP yang berada di fasilitas umum, notabene diberikan pengolahan tambahan berupa filter karbon, terutama pada instalasi baru. Pengambilan sampel pada tempat umum dikarenakan kondisi pandemi sehingga mengurangi kontak langsung dengan responden, dan tidak semuanya memiliki keran pada meteran air. Filter karbon dapat mengurangi konsentrasi sisa klor, sehingga pengukuran sisa klor yang dilakukan kemungkinan kurang mewakili.

Tidak dilakukannya pengamatan lebih lanjut untuk penyebab turunnya konsentrasi sisa klor, karena selain faktor pengolahan tambahan, juga dapat dipengaruhi oleh injeksi gas klor, jarak pos injeksi gas klor dengan lokasi pengukuran, tekanan, kemungkinan adanya kebocoran pipa. Data tersebut dapat berubah sewaktu – waktu, sehingga perlu koordinasi dengan bagian terkait secara real time. Berdasarkan keterbatasan penelitian, diharapkan hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan untuk penelitian lebih lanjut, sehingga faktor – faktor keterbatasan dari peneliti dapat teratasi.

Simpulan dan Saran

Kesimpulan dari penelitian ini adalah konsentrasi sisa klor (Cl_2) dalam ZAMP yang terpasang di fasilitas umum masih di bawah baku mutu Permenkes No 736 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengawasan Kualitas Air Minum yaitu 0,2 mg/l – 1 mg/l yang berarti air tersebut belum bisa langsung untuk dikonsumsi dan diperlukan pengolahan lebih lanjut. Rata – rata

karakterisasi risiko (RQ) sisa klor (Cl₂) pada kategori dewasa dan anak-anak adalah < 1. masyarakat Kelurahan Sawojajar belum terjadi risiko paparan sisa klor (Cl₂) yang terkandung pada ZAMP di lokasi penelitian dalam waktu 30 tahun depan. Perlu adanya teknologi atau pengawasan sisa klor secara real time pada titik – titik tertentu terutama keran (*fountain tap*) yang filter karbonnya sudah tidak aktif, contoh teknologi yang dapat digunakan yaitu Free Chlorine Analyzer. Selain itu diperlukan alternatif pengawasan kualitas air minum ZAMP secara eksternal apabila pihak Dinas Kesehatan Kota Malang masih berfokus pada penanganan pandemi Covid-19. Bagi masyarakat dapat proaktif memantau kualitas air minum ZAMP, apabila terjadi ketidaksesuaian. Pemantauan secara fisik dengan mengecek kondisi air untuk sehari – hari (warna, rasa, bau) sedangkan konsentrasi sisa klor dapat dipantau melalui website resmi Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang yaitu www.perumdatugutirta.co.id.

Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada pihak Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang yang telah memberikan izin untuk dijadikan tempat penelitian sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

Daftar Pustaka

[1] Jr, G. Tyler Miller & Spoolman, S. E., 2009. *Living in the Environment Concepts, Problem, and Alternatives*. Belmont: Wodsworth Pub. Co.Inc.

- [2] Mulia, R. M., 2005. *Kesehatan Lingkungan*. Pertama penyunt. Yogyakarta: Graha Ilmu :59.
- [3] Kementerian Kesehatan, 2010. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- [4] Anrianisa & F.L.Sudiran, 2016. Efektivitas Instalasi Pengolahan Air (Ipa) Unit 2 Tirta Kencana Pdam Kota Samarinda Terhadap Kualitas Air Minum Tahun 2015. *Dedikasi*, p. 52-53.
- [5] WHO, 2017. *Guidelined for Drinking-Water Quality (Fourth Edition Incorporataion The First Addendum)*. Geneva: WHO Library
- [6] Kementerian Kesehatan, 2010. Peraturan Menteri Kesehatan No 736 Tahun 2010. Jakarta: Kementerian Kesehatan.
- [7] Dirjen Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan 2012. *Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- [8] Purba, V., 2016. *Analisis Penurunan Sisa Klor dan Peningkatan pH Air Hujan Menggunakan Filter Zeolit dan Karbon Aktif (Studi Kasus di Gedung FTIP UNPAD, Kecamatan Jatinangor)*.
- [9] Fairley, Forbes, Sinclair & Hellard, 2001. A randomized, blinded, controlled trial investigating the gastrointestinal health effects of drinking water quality. *Environ Health Perspect*.
- [10] WHO, 2003. *Chlorine in Drinking-water*. Geneva: WHO publications.