

STUDI KANDUNGAN LOGAM BERAT DAN MIKROBA PADA AIR MINUM ISI ULANG

STUDY OF HEAVY METALS AND MICROBES CONTENT IN REFILL DRINKING WATER

Harsojo dan Darsono¹

(Diterima tanggal 30-10-2013; Disetujui tanggal 02-01-2014)

ABSTRAK

Air minum merupakan kebutuhan setiap makhluk hidup untuk mempertahankan kesehatannya. Kegunaan air untuk tubuh antara lain dalam proses pencernaan, metabolisme, untuk mengatur kesetimbangan suhu supaya tubuh tidak sampai kering. Tujuan penelitian ini mempelajari kandungan logam berat dan mikroba yang terdapat dalam air minum isi ulang yang dijual di beberapa tempat. Logam berat dianalisa dengan metode Nyala Udara Asitelen pada Serapan Atom Absorpsi sedang untuk analisa kandungan mikroba digunakan metode Angka Lempeng Total. Hasil penelitian menunjukkan kandungan logam timah hitam (Pb) didapatkan di depo Jakarta Utara dan Timur masing-masing sebesar 0,002 dan 0,001 ppm, sedang logam kadmium (Cd) tidak ditemukan di semua sampel yang diteliti. Kandungan logam berat tersebut masih dibawah ambang batas PERMENKES dan SNI. Jumlah bakteri aerob berkisar antara $3,00 \times 10^2$ dan $8,45 \times 10^3$ cfu/ml dan masih dibawah ambang batas SNI, sedang jumlah bakteri koli berkisar antara 0 dan $6,50 \times 10^3$ cfu/ml. Jumlah bakteri koli berada diatas ambang batas PERMENKES dan SNI. *Salmonella* tidak ditemukan pada semua sampel yang diteliti.

Kata kunci: Air minum isi ulang, logam berat, mikroba, *Salmonella*, SSA, SNI, PERMENKES.

ABSTRACT

Drinking water are necessary for every living organism to maintain there health. Water for the body uses, among others, in the process of digestion, metabolism, regulating body temperature and equilibrium so that the body is not set until dry. The purpose of this research was to obtain the heavy metals and microbes content in the refill of drinking water sold in some places in Jakarta. The heavy metals were analyzed using the Air Acetylene Method by using Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS), while analysis of microbes is carried out using Total Plate Count (TPC). The results showed lead (Pb) metals were found at depo North and East Jakarta totaling 0.002 and 0.001 ppm, respectively. The cadmium metal was not detected in all samples. Those heavy metals were still under the limit accoding to Ministry of Health, Republic of Indonesia and Indonesian Nasional Standart (SNI). The total aerob bacteria were varied from 3.00×10^2 up to 8.45×10^3 cfu/ml and this amount were also under the limit according to SNI. The total coliform bacteria were varied from 0 up to 6.50×10^3 cfu/ml. This total coliforms were above the threshold of Ministry of Health, Republic of Indonesia and SNI. No Salmonella was detected in all samples observed.

Keywords: refill of drinking water, heavy metal, microbes, AAS, Salmonella, SNI, Ministry of Health Regulation.

PENDAHULUAN

Air di alam erat hubungannya dengan kehidupan sehari-hari karena air merupakan elemen yang penting bukan hanya untuk manusia tetapi juga untuk makhluk hidup lainnya. Kualitas air untuk keperluan manusia

terbagi dalam beberapa kelas, seperti keperluan untuk minum, masak, cuci dan lain-lain. Pemanfaatan air yang digunakan untuk air minum harus mempunyai kualitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan air untuk

¹ PAIR-BATAN, Jl. Lebak Bulus Raya 49 Ps Jumat, Jakarta Selatan 12070 email: apu.harsojo@yahoo.com

keperluan lainnya. Air merupakan cairan yang tidak mempunyai rasa, warna maupun bau dan tidak mengandung zat berbahaya serta pada suhu kamar air masih berbentuk cair [1]. Di kota-kota besar pasokan air bersih berkurang sampai 40% yang disebabkan oleh pencemaran dan kurang baiknya fasilitas air yang ada.

Pencemaran air oleh logam-logam berbahaya maupun mikroba dapat memberikan dampak yang kurang menguntungkan untuk kesehatan. Adanya bermacam-macam kasus pencemaran pernah dilaporkan di negara maju maupun negara berkembang. Logam yang terkandung dalam air seperti di sungai biasanya berasal dari buangan air limbah, erosi, dan dari udara secara langsung [2].

Adanya penjualan akua gallon menunjukkan bahwa kebutuhan akan air minum meningkat dan lebih praktis karena tidak perlu dimasak. Akan tetapi, mahalnya air minum gallon menyebabkan menjamurnya penjual air minum isi ulang yang dapat ditemukan dimana-mana dengan harga sangat bervariasi dan dapat mencapai 1/3 dari harga air minum kemasan sehingga dapat lebih terjangkau oleh masyarakat luas [3, 4]. Pada awal dibukanya penjualan air minum isi ulang tentunya filter yang digunakan masih berfungsi dengan baik dan tentunya ada suatu saat filter tersebut harus diganti. Pada umumnya pemilik air minum isi ulang belum tentu mengindahkannya sehingga akan menurunkan kualitas air yang dijualnya. Menurut Deddy [4], belum adanya standarisasi dalam peraturan untuk proses pengolahan air minum maka kualitas air minum isi ulang masing menjadi perdebatan. Oleh karena itu depot air minum isi ulang dapat saja airnya tercemar logam berat yang salah

satu kemungkinan berasal dari pencemaran lingkungan oleh industri seperti kadmium, timah hitam dan lain-lain. Air yang tercemar logam berat akan masuk ke dalam pencernaan dan terakumulasi dalam hati dan ginjal. Pengaruh logam kadmium pada tubuh dapat mengakibatkan naiknya tekanan darah [5]. Di samping itu logam kadmium mudah larut dalam air. Terakumulasinya logam berat dalam organ tubuh dapat menyebabkan kerusakan reproduksi, anemi dan lain-lain [2].

Menurunnya kualitas air yang ada akan menyebabkan berjangkitnya penyakit seperti diare, tifus cholera dan lain-lain. Air merupakan media yang paling mudah untuk penyebaran penyakit. Hasil temuan Yayasan Lembaga Konsumen Indonesia (YLKI) menunjukkan adanya cemaran mikroba yang telah melebihi ambang batas SNI pada air minum kemasan [6]. Hal ini dapat disebabkan adanya kandungan plastik pada kemasan yang dapat mencemari air. Menurut Deddy [4], dari beberapa laporan menyebutkan sering ditemukan bakteri patogen pada air minum sehingga menyebabkan *waterborne disease*.

Di Indonesia kasus keracunan atau *waterborne disease* belum lengkap datanya, oleh karenanya kasus keracunan dapat digambarkan sebagai fenomena gunung es. Setiap tahun terjadi peningkatan kasus keracunan dan penyebabnya jarang diketahui. Bakteri *Escherichia coli* yang biasa dikenal sebagai flora normal dalam tubuh manusia sekarang telah diketahui adanya strain baru seperti *E. coli* 0157:H7 yang dianggap sebagai suatu agen infeksi karena bersifat toksigenik dan dapat bersumber dari air [7].

Pada tulisan ini menggunakan PERMENKES 2010 [8] tentang persyaratan kualitas air

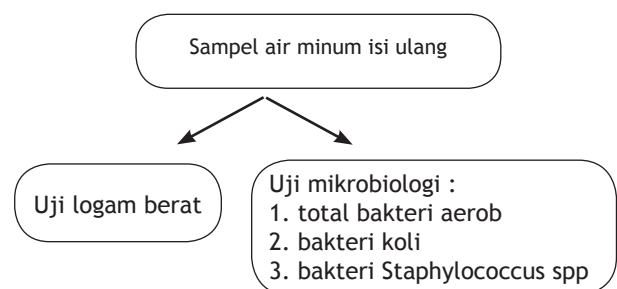
minum sebagai pembanding utama dan SNI tahun 2000 tentang Air Mineral Alami sebagai pembanding tambahan [9].

Tujuan penelitian ini untuk memberikan informasi mengenai kandungan logam berat dan mikroba yang ada di dalam air minum isi ulang di beberapa penjual di daerah Jakarta. Informasi diperlukan untuk menjaga keamanan air minum isi ulang yang mulai banyak bermunculan.

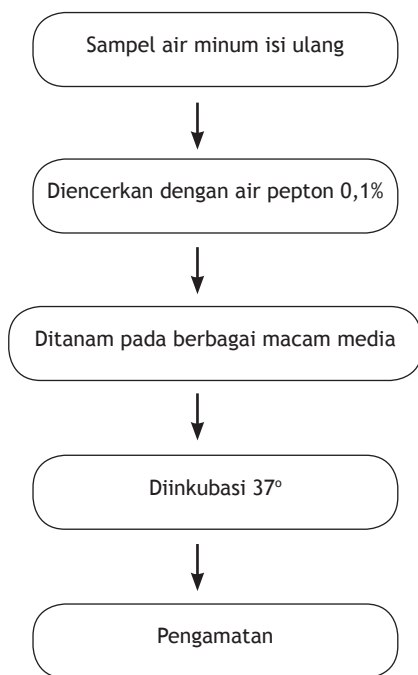
METODOLOGI

Bahan sampel berupa air minum isi ulang yang digunakan dalam pemeriksaan analisa logam berat maupun mikrobiologi diperoleh dari beberapa depo penjual air minum isi ulang di Jakarta seperti Jakarta Pusat (A), Jakarta Selatan (B), Jakarta Utara (C), Jakarta Barat (D) dan Jakarta Timur (E). Pada setiap depo yang diambil sampel airnya tidak diketahui dengan pasti sumber mata airnya tetapi ada yang diketahui berasal dari gunung Salak Kabupaten Bogor, gunung Puncar, gunung Manglayang, Bogor dan ada yang yang berasal dari Sukabumi. Sistem pemrosesan dilakukan dengan menggunakan filter RO (*reverse osmosis*), sedang untuk sterilisasinya digunakan sinar UV untuk membunuh bakteri dan virus. Jumlah sampel air minum isi ulang sebanyak 1000 ml yang diteliti sebanyak 3 kali dari masing-masing depo penjual. Analisa Logam Berat dilakukan dengan menggunakan metode Serapan Absorpsi Atom (SAA) merek Varian 775 tahun 1979 seperti pada penelitian Harsojo dan Sofni [10]. Penentuan jumlah total bakteri aerob dilakukan dengan cara mengambil sampel air sebanyak 25 ml dan kemudian dimasukkan dalam air pepton 0,1% steril dan selanjutnya dilakukan pengenceran

bertingkat. Sejumlah 0,1 ml larutan suspensi tadi ditanam ke media lempeng agar yang berisi agar Nutrien, selanjutnya diinkubasi pada suhu kamar ($\pm 30^{\circ}\text{C}$). Penentuan jumlah bakteri koli dilakukan seperti pada penentuan jumlah bakteri aerob, tetapi media yang digunakan adalah *Mac Conkey Agar* dan inkubasi dilakukan pada suhu 37°C selama 24-48 jam. Penentuan jumlah *Staphylococcus sp* dilakukan seperti penentuan jumlah bakteri aerob dan media yang digunakan adalah *Baird Parker Medium* yang ditambahkan suplemen *Egg Yolk Tellurite Emulsion*. Inkubasi juga dilakukan pada suhu 37°C selama 24-48 jam. Semua pemeriksaan mikroba menggunakan metode oles pada permukaan agar. Pemeriksaan *Salmonella* dilakukan dengan cara sampel diambil sebanyak 25 ml dan dimasukkan ke dalam 225 ml media *Tetrathionate Broth*. Selanjutnya diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam kemudian digoreskan pada media selektif *Salmonella Shigella Agar* dan diinkubasi kembali selama 24 jam pada suhu 37°C . Koloni bakteri terduga *Salmonella* disimpan dalam media agar miring untuk selanjutnya dilakukan uji biokimia ke arah *Salmonella* dan dilanjutkan dengan uji serologi untuk penentuan serotipe seperti pada penelitian Harsojo dan Kadir [11] dan Sri Poernomo [12].



Gambar 1. Diagram analisa sampel air minum isi ulang



Gambar 2. Diagram analisa mikrobiologi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh logam berat terhadap kesehatan tidak akan langsung kelihatan karena akan terakumulasi dalam tubuh, sedangkan cemaran bakteri akan memberikan pengaruh yang lebih cepat terhadap tubuh antara lain diare. Diare dapat disebabkan oleh bakteri patogen misalnya *E. coli*, *Salmonella* dan lain sebagainya [2, 13].

Kandungan logam berat dalam air minum isi ulang dapat dilihat pada Tabel 1. Pada Tabel 1 terlihat kandungan logam berat dalam air minum isi ulang yang dijual di beberapa depo penjual air minum isi ulang. Kandungan logam berat timah hitam (Pb) ditemukan di depo yang berlokasi di Jakarta Utara (C) dan Jakarta Timur (E) masing-masing sebesar 0,002 dan 0,001 ppm. Bila dibandingkan dengan standar yang dikeluarkan oleh PERMENKES maupun Standar Nasional Indonesia (SNI) [8,9] terlihat bahwa kandungan logam berat Pb masih di bawah ambang batas

yang diizinkan. Logam berat timah hitam (Pb) tersebut belum diketahui manfaatnya untuk organisme akan tetapi logam tersebut termasuk beracun yang berpengaruh negatif

Tabel 1. Kandungan Logam Berat dalam Air Minum Isi Ulang (ppm)

Lokasi sampel	Logam berat	
	Pb	Cd
A	ttd	ttd
B	ttd	ttd
C	0,002	ttd
D	ttd	ttd
E	0,001	ttd
PERMENKES ^[8]	0,01	0,003
SNI ^[9]	0,01	0,0053

ttd = tidak terdeteksi

pada semua organ. Gangguan tersebut terjadi pada enzim oksidase yang mengakibatkan menghambat sistem metabolisme sel antara lain menghambat sintesa Hb dalam sumsum tulang. Timah hitam (Pb) ini diabsorpsi melalui saluran pencernaan dan didistribusikan ke dalam jaringan lain melalui darah dan diekresikan melalui tinja/feses, keringat, dan air susu ibu serta akan didepositkan dalam rambut dan kuku. Umumnya ekskresi timah hitam (Pb) dari tubuh sangat kecil meskipun intakenya tiap hari naik, oleh karena itu dapat menaikkan kandungan timah hitam dalam tubuh [2].

Logam kadmium (Cd) dikenal sebagai logam beracun setelah logam merkuri. Logam tersebut masuk ke dalam tubuh melalui saluran pencernaan dan pernafasan. Kadmium dapat terakumulasi dalam tubuh khususnya hati dan ginjal. Kandungan logam kadmium (Cd) dalam air minum isi ulang dapat dilihat pada Tabel 1. Terlihat pada Tabel 1 di semua depo penjual air minum isi ulang (A-E) yang diambil sampelnya tidak mengandung logam

kadmium. Hal ini menunjukkan bahwa air minum isi ulang aman dari kandungan logam kadmium. Tidak terdeteksinya logam kadmium pada semua sampel yang diteliti disebabkan kadar kadmium terlalu kecil sehingga tidak terdeteksi oleh alat atau kemungkinan semua sampel tidak mengandung garam-garam kadmium yang larut dalam air disekitar tempat pengambilan air untuk isi ulang. Hasil yang diperoleh ini seperti hasil penelitian sebelumnya pada tahun 1988 yang tidak menemukan kandungan logam kadmium dalam sumber air minum di DKI Jakarta [14]. Adanya logam berat timah hitam dalam air minum isi ulang walaupun tidak melebihi ambang batas dimungkinkan berasal dari sumber air yang tidak mengandung logam berat. Hal ini dapat dilihat bahwa depo air minum isi ulang yang terdapat di Jakarta Pusat (A), Jakarta Selatan (B) dan Jakarta Barat (D) tidak terdeteksi adanya kandungan timah hitam (Pb). Di samping itu juga terlihat ada beberapa sumber mata air yang mengandung bakteri koli seperti di depo Jakarta Selatan (B), Jakarta Utara (C) dan Jakarta Timur (E). Oleh karenanya sumber mata air memegang peranan penting dalam pemanfaatan airnya sebagai air minum isi ulang.

Kandungan bakteri aerob dalam air minum isi ulang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan bakteri aerob dalam air minum isi ulang (cfu/ml)

Lokasi sampel	Jumlah bakteri aerob	SNI [9]
A	$8,45 \times 10^3$	
B	$6,95 \times 10^3$	
C	$7,00 \times 10^2$	1×10^5
D	$3,00 \times 10^2$	
E	$3,35 \times 10^3$	

Jumlah bakteri aerob yang terdapat dari beberapa penjual air minum isi ulang bervariasi antara $3,00 \times 10^2$ dan $8,45 \times 10^3$ cfu/ml. Kandungan bakteri aerob tertinggi didapatkan dari Jakarta Pusat (A) dan terendah dari Jakarta Barat (D). Bila dibandingkan dengan SNI [9] maka semua depo penjual air minum isi ulang (A-E) yang berada di Jakarta masih aman dikonsumsi dan memenuhi persyaratan air minum. Pada PERMENKES No. 492/MENKES/PER/IV/2010 belum diatur mengenai jumlah bakteri aerob.

Jumlah bakteri koli dalam air minum isi ulang dapat dilihat pada Tabel 3. Keberadaan bakteri koli dalam air minum tidak diharapkan karena bakteri koli merupakan parameter ada tidaknya materi kotoran/fekal yang bersinggungan materi air [15,16]. Keuntungan menggunakan bakteri koli sebagai indikator adalah karena bakteri tersebut tahan terhadap proses pengolahan dan selama proses penyimpanan [17,18,19]. Oleh karena itu mendeteksi bakteri koli sangat penting karena akan diketahui apakah bahan yang diteliti tersebut masih laik dikonsumsi atau tidak. Adanya bakteri koli dalam materi dimungkinkan akan terdapat bakteri patogen lainnya yang dapat membahayakan untuk konsumen [11, 18].

Pada Tabel tersebut terlihat pada depo Jakarta Pusat (A) dan Jakarta Barat (D) air minum isi ulang tidak didapatkan bakteri koli. Bakteri koli didapatkan dari depo di Jakarta Selatan (B), Jakarta Utara (C) dan Jakarta Timur (E), masing-masing sebesar $3,25 \times 10^3$; $1,50 \times 10^2$ dan $6,50 \times 10^3$ cfu/ml. Jumlah bakteri tertinggi didapatkan di depo Jakarta Timur (E). Menurut PERMENKES maupun SNI [8,9], bakteri koli tidak diperbolehkan ada dalam air minum, oleh karena itu yang memenuhi persyaratan

PERMENKES maupun SNI tersebut hanya yang berasal dari depo Jakarta Pusat (A) dan Jakarta Barat (D), sedang lainnya tidak memenuhi persyaratan PERMENKES maupun SNI [8,9].

Tabel 3. Kandungan bakteri koli dalam air minum isi ulang (cfu/ml)

Lokasi sampel	Jumlah bakteri koli	PERMENKES ^[8]	SNI ^[9]
A	ttd		
B	$3,25 \times 10^3$		
C	$1,50 \times 10^2$	0	0
D	ttd		
E	$6,50 \times 10^3$		

ttd = tidak terdeteksi

Adanya bakteri koli perlu diwaspadai karena dapat menyebabkan penyakit diare. Penyakit diare sering dianggap sepele dan kenyataannya menyebabkan kematian anak-anak. Jumlah anak yang meninggal karena diare setiap tahun lebih banyak dibandingkan dengan gabungan jumlah anak yang meninggal akibat AIDS, malaria maupun tuberkulosis. Kasus diare ini salah satu penyebabnya adalah air yang tercemar oleh berbagai mikroorganisme seperti rotavirus, *E. coli*, *Salmonella*, *Shigella* dan *Campylobacter* [20].

Kandungan bakteri *Staphylococcus* dalam air minum isi ulang dapat dilihat pada Tabel 4. Terlihat pada semua depo penjual air minum isi ulang mengandung bakteri *Staphylococcus* sp kecuali di depo Jakarta Pusat (A) yang tidak terdeteksi adanya bakteri *Staphylococcus* sp. Walaupun di persyaratan PERMENKES[8] maupun SNI [9] tidak dicantumkan ambang batas *Staphylococcus* sp yang diizinkan, tentunya akan lebih baik bila kandungan bakteri *Staphylococcus* sp tersebut seminimal mungkin. Bakteri ini termasuk flora normal

dipermukaan kulit dan dapat menghasilkan racun sehingga menimbulkan intoksikasi dan paling banyak dilaporkan di Amerika Serikat. Keracunan yang terjadi di Amerika Serikat oleh bakteri *Staphylococcus* sp mencapai 20 sampai 30% [16]. Perlu dilakukan penelitian lanjutan/rutin mengenai kandungan logam berat dan bakteri berbahaya yang berasal dari berbagai sumber mata air yang digunakan sebagai air minum isi ulang. Hal ini perlu mendapat perhatian dari pihak terkait karena lingkungan saat ini telah terpolusi oleh berbagai macam hal yang merugikan manusia. Pengangkutan air minum juga berperan dalam kandungan bakteri maupun logam berat. Pipa untuk menyalurkan air dari mobil tangki ke depo selama dalam perjalanan mudah tercemar dan akan terbawa hingga ke depo. Di samping itu filter yang digunakan oleh depo harus diganti setelah beberapa ribu liter air akan tetapi kemungkinan tidak dilakukan, sehingga fungsinya telah berubah.

Tabel 4. Kandungan bakteri *Staphylococcus* dalam air minum isi ulang (cfu/ml)

Lokasi sampel	Jumlah bakteri <i>Staphylococcus</i> sp
A	ttd
B	$8,45 \times 10^3$
C	$7,70 \times 10^3$
D	$8,00 \times 10^3$
E	$4,70 \times 10^3$

Pada semua sampel air minum isi ulang yang diteliti tidak ditemukan adanya bakteri *Salmonella*. Hal ini menunjukkan bahwa air minum isi ulang tidak mengandung *Salmonella*, akan tetapi belum aman untuk dikonsumsi karena pada beberapa depo penjual air minum isi ulang ditemukan adanya bakteri koli yang telah melebihi ambang

batas PERMENKES maupun SNI [8,9]. Oleh karena itu sebelum air minum tersebut akan digunakan disarankan untuk dimasak terlebih dahulu sehingga diharapkan bakteri koli yang ada dalam air minum tersebut akan mati. Kejadian Luar Biasa (KLB) di Indonesia yang disebabkan oleh *Staphylococcus* maupun *Salmonella* jarang dilaporkan atau hampir dikatakan tidak ada. Persentase jumlah yang dilaporkan jauh lebih kecil daripada kenyataan yang ada [21, 22].

SIMPULAN

Air minum isi ulang yang laik dikonsumsi berasal dari Jakarta Pusat dan (A) dan Barat (D), sedang lainnya belum aman dikonsumsi dengan adanya kandungan bakteri koli walaupun kandungan timah hitam dan kadmium serta bakteri aerob maupun bakteri *Staphylococcus* dibawah ambang batas yang diizinkan. Tidak ditemukannya *Salmonella* pada semua sampel yang diteliti.

DAFTAR PUSTAKA

- (1) Slamet JS. Kesehatan Lingkungan. Bandung: Gajah Mada University Press;1994.
- (2) Darmono. Logam dalam sistem biologi makhluk hidup. Penerbit Universitas Indonesia; 1995.
- (3) Widiyanti NLPM, Ristiati NP. Analisis kualitatif bakteri koliform pada depo air minum isi ulang di kota Singaraja Bali. Jurnal Ekologi Kesehatan; 2004 April 3 (1): 64-73.
- (4) Deddy M, Marpaung, Marsono D. Uji kualitas air minum isi ulang di kecamatan Sukolilo Ditinjau dari perilaku dan pemeliharaan alat, Jurnal Teknik POMITS 2 (2) ; 2013. p. 166-170.
- (5) Anonim, Kumpulan jurnal: Mengenali air, menjaga kualitas produk. Jakarta; Penerbit Wacana Mitra, Edisi 89, 2004.
- (6) Anonim, Air minum kemasan ada yang tercemar, Harian; KOMPAS, 28 Oktober 2010. p.12.
- (7) Enie AB. Mikrobiologi pangan standar pangan dan keamanan pangan dalam menghadapi era perdagangan global. dibawakan pada "DIPA-OXOID Microbiology Seminar". Jakarta; 21 Oktober 2003.
- (8) Permenkes No 492/MENKES/PER/IV/2010. Persyaratan Kualitas air Minum. Jakarta; April 2010.
- (9) Standar Nasional Indonesia. Air mineral alami. Jakarta; 2000.
- (10) Harsojo, Sofni MC. Kandungan mikroba patogen, residu insektisidaorganofosfat dan logam berat dalam sayuran. J. Lingkungan Ecolab 2011 Juli;3(2):88-95.
- (11) Harsojo, Kadir I. Penggunaan formalin dan boraks serta kontaminasi bakteri pada otak-otak, J. Iptek Nuklir Ganendra 2013 Januari;16 (1): 9-17.
- (12) Sri Poernomo. *Salmonella* pada ayam di rumah potong dan lingkungannya di Wilayah Jakarta dan sekitarnya. Sem. Nas. Teknologi Veteriner untuk Meningkatkan Kesehatan Hewan dan Pengamanan Bahan Pangan Asal Ternak, Balitvet, Bogor; 1994:338-345.
- (13) Hariyadi RD. "*E. coli*" Enterohemoragik, Bakteri penyebab diare, Harian KOMPAS; Juni 2014.p.13.
- (14) Supriyanto I, Lubis A. Kandungan logam berat dalam sumber air minum di DKI Jakarta. Bul. Penel. Kesehatan; 1988 16 (2): 20-26

- (15) Supardi I, Sukamto. Mikrobiologi dalam pengolahan dan keamanan pangan. Penerbit Alumni Bandung; 1999.
- (16) Harsojo, Irawati Z. Kontaminasi awal dan dekontaminasi bakteri patogen pada jeroan sapi dengan iradiasi gamma. J. Iptek Nuklir Ganendra 2011Juli;14 (2): 96-101.
- (17) Pierson MD, Smoot MC. Indicator microorganisms and microbiological criteria, Food Microbiology. Fundamentals and Frontiers, 2nd edition (Doyle PM, Beuchat, LR and Montville TJ editor) Press Washington; 2001:80.
- (18) Suriawiria U. Mikrobiologi air dan dasar-dasar pengolahan buangan secara biologis, cet. ke 3 Penerbit Alumni Bandung; 2003.
- (19) Harsojo. Pengaruh iradiasi, penyimpanan dan sensitivitas bakteri patogen terhadap iradiasi gamma pada kornet ikan, Sainteks 2006 Desember; XIV (1):12-19.
- (20) Anonim. Jangan sepelekan Diare, KOMPAS 14 Februari 2007: 70.
- (21) Rahayu WP. Kebijakan keamanan pangan. Dibawakan pada Seminar dan diskusi Ilmiah : Mutu & Keamanan Pangan. IPB Bogor; Juni 2004.