

ANALISIS KANDUNGAN ARSENIK (As) DAN CIANIDA (CN) DEPOT AIR MINUM ISI ULANG DI KOTA BATAM

Hazimah¹ dan Nurlinda Ayu Triwuri²

¹Program Studi Teknik Industri Universitas Putera Batam,
Jalan R.Soeprapto Tembesi, Batam-Kepulauan Riau

²Politeknik Negeri Cilacap, Jalan Dr.Soetomo

Email: hazimahima1987@gmail.com

Abstract

Water is a fundamental and essential need in life. Batam is one of industrial cities that use a lot of refill drinking water. Industry is a potential source of water pollution especially arsenic (As) and Cyanide (CN), it produces pollutants that are extremely harmful to people and the environment. Industry is a potential source of water pollution, it produces pollutants that are extremely harmful to people and the environment. Many industrial facilities use freshwater to carry away waste from the plant and into rivers, lakes and oceans. Inorganic industrial wastes are more difficult to control and potentially more hazardous. Industries discharge a variety of toxic compounds and heavy metals. The most pollutants heavy metals are Lead, Cadmium, Copper, Chromium, Selenium, Mercury, Nickel, Zinc, Arsenic and Chromium. Heavy metals are dangerous because they tend to bioaccumulate. While Cyanide is very harmful to the environment and other living things. The purpose of this research is to know the content arsenic (As) and Cyanide (CN) in the depot of refill water in Batam. Sample analysis conducted at PT.Sucopindo branch Batam Riau Island-Indonesia. The sample number of six samples from each district Batam is Salsabila Batam Center, Pak De Qua Tiban, Fun Qua batu Ampar, Fresh Qua Bengkong, Salwa Qua Batu Aji, dan Alam Qua Piayu. The result obtained Arsenic (As) and Cyanide (CN) content of six refills depots is $<0,0001$ mg/L dan $<0,008$ mg/L. The result of this research showed that all six samples meet the qualification of the Regulation of the Ministry of Health no.492 Year 2010 both arsenic (As) and cyanide (CN).

Key word: Arsenic (As), Cyanide (CN) and Refill drinking water.

1. Pendahuluan

Air minum merupakan kebutuhan manusia yang paling penting. Seperti diketahui, kadar air tubuh manusia mencapai 68 persen, dan untuk tetap hidup air dalam tubuh tersebut harus dipertahankan. Padahal, kebutuhan air minum setiap orang bervariasi dari 2,1 liter hingga 2,8 liter per hari, tergantung pada berat badan dan aktivitasnya. Namun, agar tetap sehat, air minum harus memenuhi persyaratan fisik, kimia, maupun bakteriologis. Jika kekurangan air, maka proses metabolisme akan terganggu. Akibatnya bisa terjadi dehidrasi, yang pada tahapan lebih lanjut bisa menimbulkan kematian (Hazimah & Triwuri, 2017; Nasir, A, & Apriani, 2009)

Batam merupakan salah satu kota industri di Indonesia yang berpotensi menyebabkan kontaminasi bakteriologis serta beban nutrisi yang berlebihan (*eutrophication*). Limbah industri anorganik lebih sulit untuk dikontrol dan mempunyai potensi bahaya yang lebih besar. Industri kimia berbahaya mengeluarkan limbah berbahaya yang mengandung senyawa yang

bersifat racun (*toxic material*) serta logam berat yang bersifat toksik (Wahyudin, Tjahjanto, & Wardhani, 2013). Menurut National Institute for Occupational Safety and Health (1975), arsen inorganik bertanggung jawab terhadap berbagai gangguan kesehatan kronis, terutama kanker. Arsen juga dapat merusak ginjal dan bersifat racun yang sangat kuat (Istarani & Pandebesie, 2014).

Selain arsen, sianida juga bersifat racun dalam bentuk hidrogen sianida (HCN) dapat menyebabkan kematian yang sangat cepat jika dihirup dalam konsentrasi tertentu. ASTDR (2006) mencatat bahwa konsentrasi HCN yang fatal bagi manusia jika dihirup selama 10 menit adalah 546 ppm. Beberapa gangguan pada sistem pernapasan, jantung, sistem pencernaan dan sistem peredaran darah berhubungan dengan paparan terhadap sianida pada manusia dalam konsentrasi tertentu telah terdeteksi. Selain itu, sistem saraf juga menjadi sasaran utama sianida. Paparan HCN secara lama dalam konsentrasi tinggi dapat menstimulasi sistem saraf pusat yang kemudian diikuti oleh depresi, kejang-kejang,

lumpuh dan kematian. HCN dapat terserap cepat ke dalam tubuh dan terbawa hingga ke dalam plasma (Pitoy, 2015).

Arsen ditemukan dalam jumlah yang relatif sedikit namun tingkat toksisitas yang sangat tinggi karena masuk dalam logam berat. Seluruh logam berat muncul secara alami di lingkungan yang dihasilkan dari buangan industri dengan jumlah yang makin hari makin meningkat

Kota Batam merupakan salah satu kota industri mengakibatkan banyaknya limbah yang dihasilkan, jika limbah tidak dikelola dengan baik, hal ini mencemari lingkungan, logam arsen dan sianida adalah beberapa buangan industri dalam jumlah yang relatif sedikit namun toksisitas sangat tinggi. Sebagai salah satu kebutuhan yang sangat vital bagi kehidupan manusia, maka air yang diminum haruslah sesuai standar, dari beberapa survei yang dilakukan banyaknya depot air minum yang tidak mencantumkan sertifikat kelayakan air minum isi ulang, adanya sampah, jentik-jentik nyamuk di dalam air yang dibeli bahkan ada depot air minum isi ulang yang berbau dan memiliki rasa tidak enak ketika diminum karena sumber baku air minum di kota Batam berasal dari waduk seperti Sei.Ladi, Duriangkang dan lain lain, akan tetapi ada pula depot air minum menggunakan air sumur langsung. Sehingga dilakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui kandungan Arsenik (As) dan Sianida (CN) depot air minum isi ulang di kota Batam.

2. Landasan Teori

2.1. Air minum

Sumber air bersih adalah distribusi yang tidak merata di seluruh dunia dan ketersediaannya menjadi hal yang langka karena pertumbuhan penduduk dan berbagai kegiatan yang dilakukan oleh manusia (Hazimah & Triwuri, 2017). Air adalah salah satu hal penting yang mendukung semua kebutuhan tanaman atau kehidupan binatang dan umumnya air berasal dari dua sumber alam utama tanah dan air permukaan seperti danau air tawar, dan sungai (Pitoy, 2015). Tetapi salah satu masalah lingkungan yang paling penting saat ini adalah air yang terkontaminasi oleh logam berat karena toksisitas yang kuat bahkan pada konsentrasi rendah sudah berbahaya bagi kesehatan (Pitoy, 2015). Logam berat umumnya diidentifikasi dalam air terdiri dari arsenik, kadmium tembaga, Timbal, kromium, nikel, merkuri, dan zat besi. Logam yang dilepaskan sebelum diproses menyebabkan bahaya yang signifikan baik dalam air maupun untuk kesehatan masyarakat. Logam akan terakumulasi melalui rantai biologis, menyebabkan penyakit akut dan kronis. Saat ini,

pencemaran lingkungan telah mendapat perhatian global (Hazimah & Triwuri, 2017)

Air merupakan unsur yang paling penting dalam kehidupan setelah udara. Sebagian besar tubuh manusia terdiri dari air. Air yang dibutuhkan manusia meliputi air layak pakai yang bersih dan sehat untuk keperluan memasak, mencuci, dan mandi serta air yang layak konsumsi untuk keperluan minum. Menurut perhitungan WHO di Negara-negara maju tiap orang memerlukan air antara 60120 liter per hari, sedangkan di Negara-negara berkembang, termasuk Indonesia tiap orang memerlukan air antara 30-60 liter per hari. Pada tahun 2014 penggunaan air bersih di Indonesia yaitu 3,032 miliar m³, dan untuk Sulawesi Utara pada tahun 2012 yakni 19.291.790 m³, sedangkan untuk kota Manado penggunaan air bersih yakni 6.713.649 m³ (Maria R Walangitan, Margareth Sapulete, 2016).

Air minum adalah air yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum, syarat kesehatan yang dimaksud adalah mikrobiologi; kimia fisika dan radio aktif (Maria R Walangitan, Margareth Sapulete, 2016). Pemenuhan kebutuhan air minum masyarakat saat ini sangat bervariasi. Di kota besar, dalam hal pemenuhan kebutuhan air minum masyarakat juga mengkonsumsi air minum dalam kemasan (AMDK), karena praktis dan dianggap lebih higienis. Akan tetapi kelamaan masyarakat merasa bahwa AMDK semakin mahal, sehingga muncul alternatif lain yaitu air minum yang diproduksi oleh depot air minum isi ulang (DAMIU). Keberadaan produk yang dihasilkan oleh DAMIU disambut baik oleh masyarakat, hal ini menunjukkan upaya mewujudkan masyarakat sehat karena memperluas jangkauan air bersih, namun saat ini DAMIU menjadi cenderung bermasalah ketika dihadapkan dengan kepentingan bisnis, tak jarang para pengusaha dan pengelola/penjamah DAMIU lalai dalam berbagai aspek baik itu kebersihan bangunan dan alat, perawatan alat, maupun kebersihan diri penjamah tersebut. Sehingga seringkali kualitas dari air minum yang dihasilkan tidak layak konsumsi (Maria R Walangitan, Margareth Sapulete, 2016).

2.2. Arsen

Arsen (As) adalah metal yang mudah patah, berwarna keperakan dan sangat toksik (Istarani & Pandebesie, 2014). As elemental didapat di alam dalam jumlah sangat terbatas; terdapat bersama-sama Cu, sehingga didapatkan produk sampingan pabrik peleburan Cu. As sudah sejak lama sering digunakan untuk racun tikus dan keracunan arsen pada manusia. Arsen ditemukan dalam jumlah

yang relatif sedikit namun tingkat toksisitas yang sangat tinggi karena masuk dalam logam berat. Seluruh logam berat muncul secara alami di lingkungan yang dihasilkan dari buangan industri dengan jumlah yang makin hari makin meningkat. Logam yang mempunyai kontribusi toksisitas di dalam air adalah timbal, kadmium, merkuri, dan aluminium (Istarani & Pandebesie, 2014). Sumber dari logam berat timbal, kadmium, dan merkuri dalam air, baik yang berupa larutan atau pun padatan sering ditemukan di balik batu, ditemukan dalam bentuk sulfida yang berasal dari limbah/buangan industri yang terkontaminasi, lindi dari *secure landfill* yang tidak terkendali, kegiatan pertambangan yang buruk, dan kebocoran pada kolam penampungan limbah (Istarani & Pandebesie, 2014)

2.3. Karakteristik Arsen

Arsen dalam air tanah terbagi dalam dua bentuk, yaitu bentuk tereduksi terbentuk dalam kondisi anaerobik, sering disebut arsenit. Bentuk lainnya adalah bentuk teroksidasi, terjadi pada kondisi aerobik, umum disebut sebagai arsenat (Istarani & Pandebesie, 2014). Arsen merupakan unsur dari komponen obat sejak dahulu kala. Senyawa arsen trioksida misalnya pernah digunakan sebagai tonikum, yaitu dengan dosis 3 x 1-2 mg. Dalam jangka panjang, penggunaan tonikum ini ternyata telah menyebabkan timbulnya gejala intoksikasi arsen kronis. Arsen juga pernah digunakan sebagai obat untuk infeksi parasit, seperti protozoa, cacing, amoeba, spirocheta, dan tripanisoma, tetapi kemudian tidak lagi digunakan sebagai obat pada resep homeopati (Istarani & Pandebesie, 2014).

Tabel 1. Kandungan Arsen Alami di Alam

Tipe Batu	Konsentrasi Arsen (mg/kg)
Batuan Beku	
Ultrasonic	0,3-1,6
Basalt	0,06-113
Andesit	0,5-5,8
Granit	0,2-13,8
Batuan Sedimen	
Tanah lempung	1,3-490
Posporit	0,4-188
Batuan pasir	0,6-120
Batuan kapur	0,1-20
Batu Bara	
Bituminous	9,0±0,8
Lignit	7,4±1,4
Peat	16-340

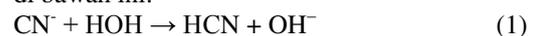
Sumber: (Istarani & Pandebesie, 2014)

2.4. Sifat Kimia Arsen

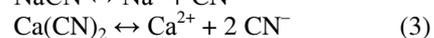
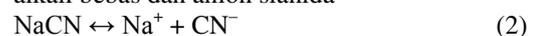
Arsen ditemukan dalam 200 bentuk mineral, diantaranya arsenat (60%), sulfida dan sulfosalts (20%), dan kelompok kecil berupa arsenida, arsenat, oksida silikat, dan arsen murni. Mayoritas arsen ditemukan dalam kandungan utama arsenopyrite (FeAsS), realgar (As₄S₃), dan orpiment (As₂S₃). Realgar (As₄S₃), dan orpiment (As₂S₃) biasanya menurunkan bentuk dari arsen itu sendiri. Kondisi natural lainnya yakni loellingite (FeAs₂), saffrolite (CoAs), nicolite (NiAs), rammelsbergit (NiAs₂), arsenopyrite (FeAsS), kobaltite (CoAsS), enargite (Cu₃AsS₄), gersdorffite (NiAsS), glaucodot ((Co,Fe)AsS), dan elemen arsen. Dalam lingkungan perairan, kondisi dalam tekanan oksidasi arsen membentuk pentavalent arsenat (As(V)), dimana dalam kondisi sebaliknya saat tereduksi membentuk trivalent arsenit (As(III)), dan mobilitas serta penyerapan oleh sedimen, tanah lempung, dan mineral tanah bergantung pada bentuk arsennya. Dalam kondisi anoksik, aktivitas mikrobial dapat membentuk arsen dalam metilat, yang mana berbentuk padat dan mampu masuk ke lapisan atmosfer (Istarani & Pandebesie, 2014)

2.5. Sianida

Sianida adalah kelompok senyawa yang mengandung gugus siano (C≡N) yang terdapat dalam bentuk-bentuk berbeda (Luque-Almagro et al., 2011). Sianida di alam dapat diklasifikasikan sebagai sianida bebas, sianida sederhana, kompleks sianida dan senyawa turunan sianida. Sianida bebas adalah penentu ketoksikan senyawa sianida yang dapat didefinisikan sebagai bentuk molekul (HCN) dan ion (CN⁻) dari sianida yang dibebaskan melalui proses pelarutan dan disosiasi senyawa sianida. Kedua spesies ini berada dalam kesetimbangan satu sama lain yang bergantung pada pH sehingga konsentrasi HCN dan CN⁻ dipengaruhi oleh pH. Pada pH dibawah 7, keseluruhan sianida berbentuk HCN sedangkan pada pH diatas 10,5, keseluruhan sianida berbentuk CN⁻. Reaksi antara ion sianida dan air ditunjukkan oleh dalam reaksi di bawah ini:



Sianida sederhana dapat didefinisikan sebagai garam-garam anorganik sebagai hasil persenyawaan sianida dengan natrium, kalium, kalsium, dan magnesium. Sianida sederhana dapat juga didefinisikan sebagai garam dari HCN yang terlarut dalam larutan menghasilkan kation alkali bebas dan anion sianida



Bentuk sianida sederhana biasanya digunakan dalam *leaching* emas. Sianida

sederhana dapat larut dalam air dan terionisasi secara cepat dan sempurna menghasilkan sianida bebas dan ion logam.

Kompleks sianida termasuk kompleks dengan logam kadmium, tembaga, nikel, perak, dan seng. Kompleks sianida ketika terlarut menghasilkan HCN dalam jumlah yang sedikit atau bahkan tidak sama sekali tergantung pada stabilitas kompleks tersebut. Kestabilan kompleks sianida bervariasi dan bergantung pada logam pusat. Kompleks lemah seperti kompleks dengan sianida dengan seng dan kadmium mudah terurai menjadi sianida bebas. Kompleks sedang lebih sulit terurai dibanding kompleks lemah dan meliputi kompleks sianida dengan tembaga, nikel, dan perak. Sedangkan kompleks kuat seperti kompleks sianida dengan emas, besi, dan kobalt cenderung sukar terurai menghasilkan sianida bebas. Yang tergolong senyawa turunan sianida adalah SCN^- (tiosianat), CNO^- , dan NH_3 (amonia) yang biasanya dihasilkan dari sianidasi, degradasi alami dan pengolahan limbah mengandung sianida (Pitoy, 2015).

2.5.1. Tingkat ketoksikan

Tingkat ketoksikan sianida ditentukan jenis, konsentrasi dan pengaruhnya terhadap organisme hidup. Ketoksikan sianida umumnya berhubungan dengan pembentukan kompleks dengan logam yang berperan sebagai kofaktor enzim. Sebagai contoh, sianida berikatan dengan enzim yang mengandung logam yang berperan dalam respirasi sehingga proses respirasi terganggu. Enzim Fe(III) sitokrom-oksidadase adalah salah satu contoh enzim dalam proses respirasi yang dihambat oleh sianida. Sianida dalam bentuk hidrogen sianida (HCN) dapat menyebabkan kematian yang sangat cepat jika dihirup dalam konsentrasi tertentu. ASTDR mencatat bahwa konsentrasi HCN yang fatal bagi manusia jika dihirup selama 10 menit adalah 546 ppm. Beberapa gangguan pada sistem pernapasan, jantung, sistem pencernaan dan sistem peredaran darah berhubungan dengan paparan terhadap sianida pada manusia dalam konsentrasi tertentu telah terdeteksi. Selain itu, sistem saraf juga menjadi sasaran utama sianida. Paparan HCN secara lama dalam konsentrasi tinggi dapat menstimulasi sistem saraf pusat yang kemudian diikuti oleh depresi, kejang-kejang, lumpuh dan kematian. HCN dapat terserap cepat ke dalam tubuh dan terbawa hingga ke dalam plasma (Pitoy, 2015).

Garam sianida dan larutan sianida memiliki tingkat ketoksikan yang lebih rendah dibandingkan HCN karena masuk ke tubuh hanya melalui mulut. Namun demikian, ketoksikannya dapat dianggap sebanding dengan HCN karena mudah menghasilkan HCN. Kompleks sianida

kurang toksik bila dibandingkan dengan sianida bebas. Sianida sederhana secara cepat dapat membebaskan sianida bebas dan menjadi sangat toksik, sedangkan kompleks sianida yang stabil tidak bersifat toksik selama tidak terurai menjadi sianida bebas. Ketoksikan kompleks sianida bervariasi tergantung kemampuannya untuk membebaskan sianida bebas (Luque-Almagro et al., 2011). Kompleks sianida yang kuat seperti kompleks sianida dengan besi dapat dikatakan tidak toksik, tetapi dengan kehadiran radiasi ultraviolet dapat terurai menghasilkan sianida bebas yang toksik (Pitoy, 2015).

3. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium PT. Sucopindo cabang Batam, Kepulauan Riau, Indonesia pada 28 September 2015. Populasi meliputi seluruh depot air minum isi ulang (AMIU) di kota Batam. enam sampel populasi diambil berdasarkan setiap kecamatan di Kota Batam dengan menggunakan *simple randomized sampling*. Pengambilan sampel langsung dilakukan dengan membeli air minum isi ulang di kota Batam. Adapun enam sampel depot air minum isi ulang yang diambil adalah Salsabila Batam Center, Pak De Qua Tiban, Fun Qua Batu Ampar, Fresh Qua Bengkong, Salwa Qua Batu Aji, dan Alam Qua Piayu. Selanjutnya, keenam sampel di atas dilakukan pengujian logam Arsen dan Sianida di PT. Laboratorium Sucofindo Batam yang didasarkan pada standar yang digunakan oleh PT Sucofindo Batam yaitu Metode Standar Air dan Air Limbah dari American Public Health Association, edisi ke-22 tahun 2012.

4. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh depot air minum isi ulang yang digunakan sebagai sampel sudah layak berdasarkan parameter kimia dengan indikator Arsen dan Sianida memberikan hasil yang sama untuk analisis Arsen untuk Alam Qua, Fresh Qua, Salwa Qua, Salsabila, Pak De Qua dan Fun Qua dengan nilai sebesar $<0,0001$ mg/L. Hasil analisis kandungan sianida semua sampel dengan nilai sebesar $<0,008$ mg/L

Tabel 1. Hasil Analisis Kandungan Arsen

No.	Nama Depot	Hasil (mg/L)	Standar (mg/L)
1.	Alam Qua	$<0,0001$	
2.	Fresh Qua	$<0,0001$	
3.	Salwa Qua	$<0,0001$	
4.	Salsabila	$<0,0001$	0,01
5.	Pak De Qua	$<0,0001$	
6.	Fun Qua	$<0,0001$	

Tabel 2. Hasil Analisis Kandungan Sianida

No.	Nama Depot	Hasil (mg/L)	Standar (mg/L)
1.	Alam Qua	<0,008	
2.	Fresh Qua	<0,008	
3.	Salwa Qua	<0,008	0,07
4.	Salsabila	<0,008	
5.	Pak De Qua	<0,008	
6.	Fun Qua	<0,008	

Hasil analisis yang dilakukan di laboratorium PT. Sucopindo Batam menunjukkan bahwa kandungan Arsen dan Sianida yang diperoleh di setiap depot pengisian air ulang tidak ada yang melebihi dari nilai ambang batas yang ditetapkan oleh KEPMENKESRI No. 907/MENKES /SK/ VII/2002. Menurut standar KEMENKES RI 2002 kandungan arsen dan sianida untuk semua depot air minum isi ulang berturut-turut yakni <0,0001 dan <0,008. Arsenik (As) merupakan unsur toxic metalloid yang ada di udara, air dan tanah. Arsenik anorganik cenderung lebih beracun daripada arsenik organik (Jomova et al., 2011) dan sianida bersifat toksik berbentuk HCN (hidrogen sianida) dapat menyebabkan kematian yang sangat cepat jika dihirup dalam konsentrasi tertentu. ASTDR (2006) mencatat bahwa konsentrasi HCN yang fatal bagi manusia jika dihirup selama 10 menit adalah 546 ppm. Beberapa gangguan pada sistem pernapasan, jantung, sistem pencernaan dan sistem peredaran darah berhubungan dengan paparan terhadap sianida pada manusia dalam konsentrasi tertentu telah terdeteksi (Pitoy, 2015)

5. Kesimpulan

Penentuan kadar Arsen dan Sianida digunakan sebagai parameter kualitas air baku yang layak dan aman dikonsumsi. Berdasarkan hasil penelitian ini menunjukkan bahwa enam sampel air mineral isi ulang sebagai objek penelitian memiliki standar kualitas untuk air minum baku berdasarkan peraturan Menteri Kesehatan nomor 492/MENKES/SK/IV/ 2010.

DAFTAR PUSTAKA

- Hazimah, & Triwuri, N. A. (2017). Feasibility Test of Refill Drinking Water in Batam, 2(1), 1–5.
- Istarani, F., & Pandebesie, E. S. (2014). Studi Dampak Arsen (As) dan Kadmium (Cd) terhadap Penurunan Kualitas Lingkungan. *Jurnal Teknik Pomits*, 3(1), D53–D58.
- Jomova, K., Jenisova, Z., Feszterova, M., Baros, S., Liska, J., Hudecova, D., ... Valko, M. (2011). Arsenic: Toxicity, oxidative stress and human disease. *Journal of Applied Toxicology*, 31(2), 95–107. <http://doi.org/10.1002/jat.1649>
- Luque-Almagro, V. M., Blasco, R., Martínez-Luque, M., Moreno-Vivián, C., Castillo, F., & Roldán, M. D. (2011). Bacterial cyanide degradation is under review: *Pseudomonas pseudoalcaligenes* CECT5344, a case of an alkaliphilic cyanotroph. *Biochemical Society Transactions*, 39(1), 269–274. <http://doi.org/10.1042/BST0390269>
- Maria R Walangitan, Margareth Sapulete, J. P. (2016). Gambaran Kualitas Air Minum dari Depot Air Minum isi Ulang di Kelurahan Ranotana-Weru dan Kelurahan Karombasan Selatan Menurut Parameter Mikrobiologi. *Kedokteran Komunitas Dan Tropik*, 4.
- Nasir, S., A, W. W. K., & Apriani, R. (2009). The Equivalentcy of Quality of Water in Filtration Process and UF Membrane Process. *Jurnal Teknik Kimia*, 16(1), 46–54.
- Pitoy, M. M. (2015). Sianida: Klasifikasi, Toksisitas, Degradasi, Analisis (Studi Pustaka). *Jurnal Mipa Unsrat Online*, (Vol 4, No 1 (2015)), 1–4. Retrieved from <http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jmuo/article/view/6893>
- Wahyudin, Tjahjanto, R. T., & Wardhani, S. (2013). Kombinasi Ozonisasi, Iradiasi Ultraviolet Dan Zeolit Untuk Disinfeksi Air Tanah Dan Penentuan Konsentrasi Ozon Dengan Metode Spektrofotometri Uv-Visible. *Jurnal Student Kimia*, 1(1), 126–132.