

# KUALITAS AIR TANAH BERDASARKAN KANDUNGAN TEMBAGA [Cu(II)], MANGAN [Mn(II)] DAN SENGG [Zn(II)] DI DUSUN – DUSUN SEKITAR TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR (TPA) SAMPAH NGRONGGO, SALATIGA

Vina Natalia Van Harling. S.Si. M.Pd

[vina.nathalia@poltekstpaul.ac.id](mailto:vina.nathalia@poltekstpaul.ac.id)

## Abstrak

Penelitian tentang kualitas air tanah berdasarkan kandungan tembaga [Cu(II)], mangan [Mn(II)], dan seng [Zn(II)] di dusun – dusun sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah Ngronggo, Salatiga. Data dianalisa di Laboratorium Kimia Lingkungan, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga. Tujuan dari penelitian ini adalah: Pertama, menentukan kualitas air sumur berdasarkan kandungan tembaga [Cu(II)], mangan [Mn(II)], dan seng [Zn(II)] dalam sumur di dusun – dusun sekitar TPA dalam radius kurang dari 1 km dan lebih dari 1 km ditelaah dengan PP No. 82 Tahun 2001. Kedua, menentukan tingkat pencemaran air sumur dengan menggunakan Indeks Pencemaran (IP). Contoh air sumur diambil dari 37 lokasi secara acak stratifikasi disproporsional di dusun – dusun sekitar TPA dalam radius kurang dari 1 km dan lebih dari 1 km. Data hasil analisis logam berat, parameter kimiawi dibandingkan dengan PP No. 82 Tahun 2001, sedangkan parameter fisiko dan bakteriologis dibandingkan dengan Keputusan MenKes RI No.907/MENKES/SK/VII/2002. Untuk menentukan tingkat pencemaran air tanah digunakan Indeks Pencemaran (IP) berdasarkan keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.115 Tahun 2003. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam radius kurang dari 1 km dari TPA Ngronggo, dari 15 sumur yang telah diteliti terdapat 6 sumur tercemar Cu(II), Mn(II) dan Zn(II) (40%), 3 sumur tercemar Cu(II) dan Mn(II) (20%). 3 sumur tercemar Mn(II) dan Zn(II) (20%), sedangkan 3 sumur yang lain hanya tercemar Zn(II) (20%). Selanjutnya dari ke 22 sumur yang telah diteliti dalam radius lebih dari 1 km dari TPA Ngronggo terdapat 4 sumur yang tercemar Cu(II), Mn(II) dan Zn(II) (18,18%), 10 sumur tercemar Mn(II) dan Zn(II) (45,45%), 2 sumur tercemar Cu(II) dan Zn(II) (9,09%), dan 6 sumur hanya tercemar Zn(II) (27,27%). Berdasarkan indeks pencemaran dari 37 sumur yang diteliti semua sumur berstatus cemar ringan (100%) baik yang berada dalam radius kurang dari 1 km maupun lebih dari 1 km

**Kata Kunci :** Kualitas Air Tanah, Logam Berat, TPA Ngronggo

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sampah adalah limbah padat yang terbuang ke lingkungan, yang sering dan banyak menimbulkan masalah bagi kehidupan dan kesehatan manusia serta lingkungan. Bahkan pada akhir – akhir ini masalah tersebut sering disoroti untuk segera diselesaikan (Murthado, 1987). Masalah inilah yang akan menjadi tantangan bagi kota - kota baik yang sedang berkembang maupun yang telah berkembang (Anonim, 2006), karena bertambah besarnya laju pertumbuhan penduduk di daerah kota, mengakibatkan besarnya volume sampah yang dihasilkan semakin meningkat (Ahmad, 2004), selain itu komposisi dari limbah padat ini juga sangat dipengaruhi oleh tingkat budaya masyarakat, kondisi alamnya, dan peningkatan

industrialisasi dari kota – kota tersebut (Murthado, 1987).

Penanganan sampah di daerah kota Salatiga dan sekitarnya ditangani dengan sistem pengangkutan dan pembuangan ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Ngronggo yang berada di Kelurahan Kumpulrejo, Kecamatan Argomulyo, Salatiga. TPA ini kira – kira mempunyai luas lahan sekitar 5,3 Ha, dengan lahan yang baru digunakan sekitar 3,3 Ha (Anonim, 2005).

”Open Dumping” merupakan sistem pengolahan sampah yang digunakan di TPA Ngronggo, dengan sistem ini sampah yang telah diangkut dibuang, diratakan dan langsung dipadatkan. Pencemaran sumber air oleh sampah terjadi karena sampah yang dibuang dengan cara *open dumping* dan tertimbun di TPA mengalami dekomposisi yang bersama air

hujan menghasilkan cairan lindi (*leachate*) (Keman, 2003).

Air lindi merupakan produk dari degradasi sampah – sampah yang dapat membawa materi tersuspensi dan terlarut ke dalam tanah dan lebih lanjut menyebar mengikuti geohidrologis dari tanah tersebut sehingga menyebabkan terjadinya pencemaran pada air tanah. Indikator utama pencemaran air tanah pada suatu daerah adalah adanya perubahan suhu, warna, pH, bau, dan rasa air, endapan, bahan terlarut, mikroorganisme serta meningkatnya radioaktivitas air tanah (Wardhana, 1995 dalam Ahmad, 2004). Lebih lanjut menurut Ahmad (2004), secara umum bahan pencemar dari TPA dapat dikelompokkan dalam 3 kategori yaitu (i) Parameter fisik terdiri dari warna, rasa, bau, kekeruhan, dan suhu. (ii) Parameter kimiawi terdiri dari BOD, COD, dan pH. (iii) Parameter bakteriologis terdiri dari bakteri *E.coli*.

Penelitian tentang dampak pencemaran air lindi terhadap air tanah di TPA telah banyak dilakukan, contohnya pada TPA Sukolilo khususnya RW VIII Kelurahan Keputihan, Surabaya. Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa kualitas air sumur di daerah sekitar TPA sampah Sukolilo tidak memenuhi persyaratan kualitas air bersih (Keman, 2003). Penelitian yang sama dilakukan oleh Murniyanto dan Sugiyarto (2003) di TPA Putri Cempo, hasil penelitian menunjukkan konsentrasi kandungan logam pada air sumur telah melebihi baku mutu.

Berdasarkan penelitian – penelitian yang telah dilakukan, dapat dikatakan sumber air minum penduduk tercemar akibat air lindi dari TPA ikut meresap kedalam tanah bersama air hujan. Menurut Christensen, dkk (2001), air lindi mengandung logam – logam berbahaya seperti  $Mn^{2+}$ , Cd, Cu,  $Pb^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ , Zn,  $Cr^{6+}$  yang jumlahnya cukup besar.

Hasil penelitian dampak pencemaran air lindi yang dilakukan tepatnya di dusun Ngronggo RW IV oleh Arumawati (2008) menunjukkan bahwa dari 28 sumur yang diteliti terdapat 5 sumur (17,86%) tercemar  $Pb^{2+}$ , 11 sumur (39,28%) tercemar  $Ni^{2+}$ , 2 sumur (7,14%) tercemar  $Pb^{2+}$  dan  $Ni^{2+}$ , hanya 14 sumur (50%) yang tidak tercemar  $Pb^{2+}$  maupun  $Ni^{2+}$ . Sedangkan ditelaah dari indeks pencemaran (IP) hanya 8 sumur yang berkondisi baik (28,57%), sedangkan sisanya (20 sumur) 71,43% berstatus cemar ringan.

Lebih lanjut hasil penelitian Musta'in (2007) menunjukkan bahwa dusun – dusun dalam radius lebih dari 1 km dan kurang dari 1 km dari TPA Ngronggo telah mengalami penurunan kualitas air. Untuk mengetahui sampai sejauh mana terjadinya penurunan kualitas air di daerah sekitar TPA Ngronggo dalam radius yang lebih luas maka dilakukan penelitian ini.

## 1.2 Tujuan

Berdasarkan latar belakang di atas maka tujuan dari penelitian ini adalah :

- 1) Menentukan kualitas air sumur berdasarkan kandungan Tembaga [Cu(II)], Mangan [Mn(II)], dan Seng [Zn(II)] dalam sumur - dusun sekitar TPA dalam radius kurang dari 1 km dan lebih dari 1 km, dikaji dari Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001.
- 2) Menentukan tingkat pencemaran air sumur di dusun – dusun sekitar TPA yang berada dalam radius kurang dari 1 km dan lebih dari 1 km dengan menggunakan Indeks Pencemaran (IP).

## TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPA)

Tujuan utama dari penimbunan akhir adalah menyimpan sampah padat dengan cara-cara yang tepat dan menjamin keamanan lingkungan, menstabilkan sampah (mengkonversi menjadi tanah), dan merubahnya kedalam siklus metabolisme alam, dan bila dilihat dari segi teknis proses ini merupakan pengisian tanah dengan menggunakan sampah.

Masing – masing daerah memakai sistem pembuangan akhir sampah yang berbeda. Pada TPA Bantar Gebang yang terletak di Desa Cikiwul, Desa Ciketing Udik dan Desa Sumur Batu, kabupaten Bekasi, Jawa Barat dengan luas keseluruhan 108 ha menggunakan sistem *sanitary landfill* (Nuryani, dkk. 2003). Selain sistem *sanitary landfill* terdapat pula sistem *open dumping*, sistem ini adalah sistem pembuangan sampah yang sederhana, yaitu sampah dihamparkan disuatu lokasi dan dibiarkan terbuka begitu saja.

## 2.2 Air Tanah

Air tanah (*Ground Water*) adalah air yang tersimpan di bawah tanah dalam batuan yang permeabel dengan periode penyimpanan bergantung dari kondisi geologinya. Air tanah ada di bawah permukaan bumi dimanapun namun keberadaannya belum tentu mudah diakses (Budhikuswansusilo, 2008). Air tanah pada umumnya tergolong air yang bersih bila dilihat dari segi mikrobiologis, namun kadar kimia air tanah tergantung dari formasi litosfer yang dilaluinya atau mungkin adanya pencemaran dari lingkungan sekitar, contoh dari air tanah yang tergantung dari formasi litosfer menurut Budhikuswansusilo (2008) adalah sodium, kalsium, magnesium, klorit, bikarbonat, dan sulfat.

## 2.3 Logam Berat

Berdasarkan berat jenisnya logam berat dapat didefinisikan sebagai logam yang mempunyai berat jenis lebih besar dari  $5 \text{ g/cm}^3$ . Secara umum logam berat merupakan elemen yang berbahaya dipermukaan bumi karena logam berat bersifat racun dan tidak dapat dirombak oleh mikroorganisme (Budiyanto, 2004), sehingga logam berat dimasukkan kedalam bahan pencemar yang berbahaya karena bersifat toksik jika dalam jumlah yang besar dan dapat mempengaruhi berbagai aspek dalam perairan baik aspek ekologis maupun biologis (Umar, dkk. 2001).

Logam berat merupakan komponen alami tanah, elemen ini tidak dapat didegradasi maupun dihancurkan. Logam berat dapat masuk kedalam tubuh manusia melalui makanan, air minum, atau udara. Logam berat seperti tembaga, selenium dan seng dibutuhkan tubuh manusia untuk membantu kinerja metabolisme tubuh, akan tetapi dapat berpotensi menjadi racun jika konsentrasi dalam tubuh berlebih. Logam berat menjadi berbahaya disebabkan sistem bioakumulasi yaitu peningkatan konsentrasi unsur kimia didalam tubuh makhluk hidup (Anonim<sup>1</sup>, 2008).

### 2.3.1 Tembaga [Cu(II)]

Tembaga adalah unsur kimia yang dalam tabel periodik memiliki lambang Cu dan bernomor atom 29, lambang ini berasal dari

bahasa latin cuprum. Secara fisik tembaga merupakan logam berwarna kuning dan bila dilihat dengan menggunakan mikroskop bijih tembaga akan berwarna pink kecoklatan sampai keabuan (Anonim<sup>3</sup>, 2008).

Tembaga adalah logam yang bersifat racun, terdapat di alam dalam keadaan bebas dan juga dalam bentuk senyawa. Tembaga merupakan penghantar panas yang baik oleh karena itu tembaga banyak dipakai untuk alat – alat elektronik, selain untuk membuat alat - alat listrik, tembaga juga banyak digunakan untuk membuat paduan logam seperti kuningan, perunggu dan lain - lain. Tembaga sendiri bila berada dalam jumlah yang kecil esensial bagi kehidupan namun akan bersifat racun bila berada dalam jumlah yang besar terutama bagi alga, fungi, dan bakteri (Petrucci dan Suminar, 1987).

Tembaga termasuk dalam salah satu jenis logam yang sering diteliti dalam penentuan kualitas air. Murniyanto dan Sugiyarto (2003), telah melakukan penelitian di TPA Putri Cempo mengenai dampak pencemaran air lindi terhadap air tanah terhadap kualitas air sumur, dimana hasil yang diperoleh menunjukkan adanya kandungan  $\text{Cu}^{2+}$  yang cukup besar yaitu  $0,120 \text{ mg/l} - 0,260 \text{ mg/l}$ . Suhendrayatna (2001), mengatakan bahwa konsentrasi tembaga yang aman bagi air minum manusia tidak lebih dari 1 ppm, karena dapat mengganggu kesehatan.

### 2.3.2 Mangan [Mn(II)]

Mangan merupakan substansi alami yang terdapat pada berbagai tipe batu karang (ATSDR, 1992). Mangan tidak terdapat dalam keadaan bebas dilingkungan tetapi selalu bersenyawa dengan unsur lain seperti oksigen, sulfur dan klorin. Mangan merupakan komponen alami di lingkungan sehingga mangan dapat dijumpai dimanapun baik di air, tanah, udara dan di dalam tubuh mikroorganisme (Setiawan, 2007).

Mangan ada di tanah terutama sebagai mangan dioksida yang biasanya dikenal dengan nama batu kawi atau pirolusit ( $\text{MnO}_2$ ), yang sangat tak terlarut di dalam air yang mengandung  $\text{CO}_2$ . Air tanah yang mengandung sejumlah mangan selalu kekurangan oksigen terlarut dan mengandung  $\text{CO}_2$  dalam jumlah yang tinggi. *Range* konsentrasi kelarutan mangan dalam air antara  $10 - > 10000 \mu\text{L}$ ,

kelarutan tertinggi mangan dalam air pada konsentrasi 1000 µ/L, dan terendah pada konsentrasi 200 µ/L (Anonim, 2004).

Air sumur yang berada pada dusun Ngronggo tepatnya pada RW IV, telah tercemar oleh kandungan mangan yang termasuk dalam jenis logam berat. Hal ini dibuktikan dengan hasil penelitian dari Arumawati (2008), dimana konsentrasi mangan berkisar antara 0,1 mg/l – 0,8 mg/l. Bila ditelaah berdasarkan ATSDR (1992), konsentrasi mangan dalam air minum secara normal adalah sekitar 0,004 ppm, karena kelebihan mangan di dalam tubuh manusia dapat menyebabkan penyakit serius seperti *manganism dan manganic pneumonia*.

**2.3.3 Seng [Zn(II)]**

Seng merupakan salah satu unsur kimia dengan simbol Zn dan mempunyai nomor atom 30. Logam ini berwarna putih bluish yang mengkilap dan cukup reaktif dengan asam, logam alkali, dan non logam lainnya, dan bila berada dalam keadaan yang tidak murni maka akan menjadi reaktif dengan asam untuk melepas hidrogen (Anonim, 2006). Seng terdapat secara luas dalam beberapa mineral, tetapi sumber utamanya adalah Sphalerite (ZnS) yang biasanya terdapat bersama dengan galena (PbS). Seng biasa digunakan sebagai logam paduan misalnya kuningan (tembaga + seng). Senyawa seng yang banyak digunakan adalah ZnO dan ZnS. ZnO digunakan untuk membuat bahan cat putih, dan ZnS digunakan untuk melapisi tabung gambar televisi (Anonim<sup>2</sup>). 2008).

**2.4 Air Lindi**

Sampah yang dibuang ke TPA sebagian besar terdiri atas komponen sampah organik dan sebagian kecil merupakan sampah anorganik. Dengan sistem pembuangan secara *open dumping* sampah – sampah organik akan mengalami penguraian atau dekomposisi, yang menghasilkan bahan padat dan gas antara lain CO<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub> dan sebagian kecil H<sub>2</sub>S. Hasil penguraian sampah lainnya adalah berupa asam-asam organik. Asam – asam organik ini dapat mempengaruhi proses mineralisasi atau penguraian logam-logam yang ada di dalam sampah. Asam-asam organik ini dapat terbawa oleh air hujan menjadi air lindi (*leachate*) yang akan tertampung dalam dan atau keadaan tanpa oksigen (anaerob) (Nuryani. dkk., 2003).

Menurut Seru (2005 dalam Anjarsari, 2007) komposisi air lindi dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis sampah terdeposit, jumlah presipitasi di daerah TPA dan kondisi fisik setempat. Selain itu, aktivitas kimia dan biologis yang terjadi di wilayah TPA dapat mempengaruhi kualitas air lindi.

**2.5 Indeks Pendemaran (Makarim, 2003)**

Indeks Pencemaran (*Pollution Index*) digunakan untuk menentukan tingkat pencemaran relatif terhadap parameter kualitas air yang diizinkan. Indeks ini memiliki konsep yang berlainan dengan dengan Indeks Kualitas Air (*Water Quality Index*). Indeks Pencemaran (IP) ditentukan untuk suatu peruntukan, kemudian dapat dikembangkan untuk beberapa peruntukan bagi seluruh bagian badan air atau sebagian dari suatu sungai. Persamaan yang digunakan :

Persamaan nilai BM yang nilainya lebih besar dari 1: .....1)

$$\left(\frac{Ci}{Lij}\right)_{baru} = 1,0 + P \cdot \log\left(\frac{Ci}{Lij}\right) \text{ hasil pengukuran}$$

Persamaan nilai BM yang memiliki rentang :.2)

$$\left(\frac{Ci}{Lij}\right)_{baru} = \frac{[Ci - (Lij)_{rata - rata}]}{\{(Lij)_{maksimum} - (Lij)_{rata - rata}\}}$$

Persamaan menentukan nilai IP .....3)

$$PI_j = \sqrt{\frac{(Ci / Lij)_M^2 + (Ci / Lij)_R^2}{2}}$$

Keterangan :

PI<sub>j</sub> = Indeks Pencemaran

Ci = Konsentrasi nilai parameter kualitas air

Li<sub>j</sub> = Baku mutu yang dipakai

(Ci/Li<sub>j</sub>)<sub>M</sub> = Nilai maksimum Ci/Li<sub>j</sub>

(Ci/Li<sub>j</sub>)<sub>R</sub> = Nilai rata – rata Ci/Li<sub>j</sub>

Untuk mengetahui nilai indeks pencemarannya maka hasil akhir perhitungan dimasukkan kedalam kisaran nilai PI yang berkisar antara:

0 ≤ Pij ≤ 1,0 → memenuhi BM (kondisi baik)

1,0 < Pij ≤ 5,0 → cemaran ringan

5,0 < Pij ≤ 10 → cemaran sedang

Pij > 10 → cemar berat

## BAHAN DAN METODA

### 3.1 Bahan

Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa sampel air sumur yang diambil dari lokasi pemukiman penduduk di daerah sekitar TPA yang berada >1 km (Randuacir, Salam dan Promasan) dan <1 km (Randuacir, Salam, Belon dan Ngeemplak)

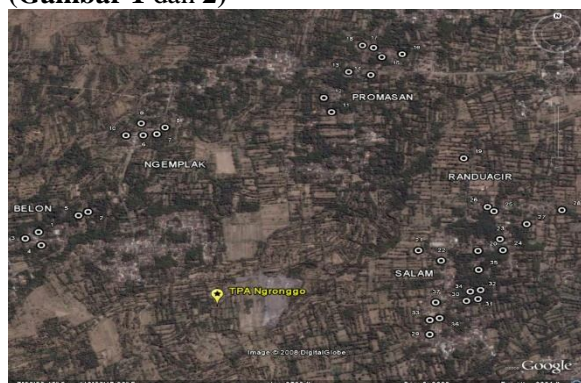
Bahan – bahan kimiawi yang digunakan antara lain :  $\text{HgSO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{AgSO}_4$ , FAS,  $\text{MnSO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , NaOH,  $\text{NaN}_3$ , KI, Feroin, Nessler A, Nessler B, PVA, Mineral Stabilizer, Spiritus, Aquades, Cyclohexanon PA, Sulfur, Phosver, Ferover, Cuver 1 Copper Reagent Powder Pillow, Buffer Powder Pillow, Sodium Periodate Powder Pillow, ZincoVer 5 Reagent Powder Pillow, Lactose Broth, Brilian Green Lactose Broth.

### 3.2 Piranti

Piranti yang digunakan yaitu Spektrofotometer HACH DR/EL 2000, pH meter, botol gelap, tabung reaksi, durham, rak tabung reaksi, inkas, pemanas, neraca analitis (Mettler), Alat Refluks, Buiret, Statif, Autoclave, Almari es, Oven, Piranti gelas, Ember, Tali tambang dan Meteran.

### 3.3 Lokasi Pengambilan Sampel

Lokasi tempat pengambilan sampel adalah di sumur – sumur penduduk di daerah sekitar TPA yang berada dalam radius >1 km (Randuacir, Salam dan Promasan) dan <1 km (Randuacir, Salam, Belon dan Ngeemplak) (Gambar 1 dan 2)



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel

Sampel yang diambil sebanyak 37 sumur dan pengambilan sampel dilakukan secara acak stratifikasi disproporsional (Tabel.1).

Tabel 1. Jumlah sumur yang diambil sebagai sampel dari tiap – tiap dusun di Kelurahan Randuacir dan Kumpulrejo, Salatiga.

Kelurahan	Dusun	Jumlah sumur	Jumlah sampel
Randuacir	Randuacir	42	10
Randuacir	Salam	26	9
Kumpulrejo	Belon	10	5
Kumpulrejo	Ngeemplak	9	5
kumpulrejo	Promasan	24	8
Jumlah		111	37

### 3.4 Metoda

#### 3.4.1 Cara Pengambilan Sampel

Botol yang akan digunakan dalam pengambilan sampel terlebih dahulu dicuci dengan detergen hingga benar – benar bersih setelah itu botol dicuci lagi dengan  $\text{HNO}_3$  3 – 5 M kemudian dibilas dengan air ledeng dan akuades.

Dari setiap sumur yang telah ditentukan diambil sampel air sebanyak 1 liter kemudian dimasukkan dalam botol sampel kemudian diasidifikasi dengan menambahkan 1 ml  $\text{HNO}_3$  pekat sampai  $\text{pH} \leq 2$ , hal ini berlaku untuk sampel logam berat maupun parameter lain (Eaton *et al*, 1995). Setelah ditutup rapat kemudian disimpan dalam almari es untuk selanjutnya dipakai untuk pengukuran konsentrasi Tembaga [Cu(II)], Mangan[Mn(II)], dan Seng [Zn(II)].

#### 3.4.2 Penentuan Konsentrasi Tembaga [Cu(II)], Mangan [Mn(II)] dan Seng [Zn(II)]

Pengukuran kandungan logam berat yang terkandung di dalam sampel air masing – masing sumur, dilakukan berdasarkan prosedur yang telah terprogram dalam spektrofotometer HACH DR/EL 2000.

#### 3.4.3 Parameter Pendukung

Sedangkan untuk pengukuran parameter pendukung menggunakan metode dan atau alat yang dapat dilihat pada Tabel 2

**Tabel 2. Parameter Pendukung dan Piranti**

Parameter	Metode / Piranti
<b>Fisikawi</b>	
Suhu (°C)	Thermometer
DHL (ms/m)	Conductivity / TDS meter YK-2001CT
TDS	Conductivity / TDS meter YK-2001CT
Kekeruhan (FTU)	Spektrofotometer HACH DR/EL 2000
Warna (PtCo)	Spektrofotometer HACH DR/EL 2000
<b>Kimiawi</b>	
pH	pH meter
NH <sub>3</sub> (mg/L)	Spektrofotometer HACH DR/EL 2000
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	Spektrofotometer HACH DR/EL 2000
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	Spektrofotometer HACH DR/EL 2000
Fe <sup>2+</sup> (mg/L)	Spektrofotometer HACH DR/EL 2000
BOD (mg/L)	Titration (Alerts dan Santika, 1987)
COD (mg/L)	Titration (Alerts dan Santika, 1987)
Kesadahan total (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	Titration (Alerts dan Santika, 1987)
<b>Biologi</b>	
Total <i>E.coli</i> tinja (/100ml)	Analisa MPN (Alerts dan Santika, 1987)

### 3.5 Analisa Data

Untuk menentukan kualitas air, data hasil pengukuran Logam berat [Tembaga (Cu(II)), Mangan (Mn(II)), dan Seng (Zn(II))] serta bakteriologis dari air sumur dibandingkan dengan baku mutu kualitas air minum sesuai Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Sedangkan untuk menentukan tingkat pencemaran air tanah digunakan Indeks Pencemaran (IP) sesuai Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.115 Tahun 2003. Keeratan hubungan antara konsentrasi Cu(II), Mn(II), dan Zn(II) dan parameter hayati dengan parameter pengukuran lain dianalisa dengan menggunakan Korelasi Pearson (Santoso, 2001).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Kandungan Tembaga [Cu (II)], Mangan [Mn(II)] dan Seng [Zn(II)], dalam Air Sumur dalam Radius Kurang dari 1 km dari TPA Ngronggo

Kandungan Cu(II), Mn(II), dan Zn(II) dalam (mg/l) dalam air sumur dengan radius kurang dari 1 Km dari TPA Ngronggo, secara berturut – turut berkisar antara Cu(II) 0,00 – 0,10 mg/l, Mn(II) 0,1 – 0,7 mg/l dan Zn(II) 0,00 – 0,68 mg/l. Besarnya kandungan Cu(II) (mg/l), Mn(II) (mg/l), dan Zn(II) (mg/l) dibandingkan dengan nilai Baku Mutu Kelas I dari Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air disajikan dalam **Tabel 3**.

**Tabel 3. Kandungan Logam Cu(II), Mn(II) dan Zn(II) dalam Air Sumur dengan Radius kurang dari 1 km dari TPA Ngronggo**

Dusun	Sm	Konsentrasi (mg/l)			B M (mg/l)		
		Cu(II)	Mn(II)	Zn(II)	Cu(II)	Mn(II)	Zn(II)
Belon	2	0,05	0,3	0,22	0,02	0,1	0,05
Belon	5	0,06	0,3	0,00			
Belon	4	0,05	0,7	0,18			
Belon	1	0,03	0,4	0,14			
Belon	3	0,08	0,7	0,68			
Salam	33	0,01	0,2	0,24			
Salam	29	0,02	0,1	0,28			
Salam	37	0,02	0,1	0,26			
Salam	36	0,02	0,2	0,19			
Randuacir	22	0,02	0,1	0,43			
Ngemplak	7	0,10	0,4	0,01			
Ngemplak	6	0,06	0,4	0,00			
Ngemplak	9	0,00	0,6	0,63			
Ngemplak	8	0,08	0,5	0,23			
Ngemplak	10	0,05	0,4	0,10			

#### Keterangan :

Sm : Sumur penduduk sekitar TPA Ngronggo Salatiga.

BM (Baku Mutu) Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

Angka yang dicetak tebal menunjukkan melebihi baku mutu.

Keterangan ini juga berlaku untuk Tabel 5 , 7, dan 9

Dari **Tabel 3**, terlihat bahwa 4 sumur di dusun Belon tercemar Cu(II), Mn(II) serta Zn(II), dan hanya 1 sumur yang tercemar Cu(II), dan Mn(II). Selanjutnya di dusun Salam dari 4 sumur yang diteliti semuanya tidak tercemar Cu(II), 2 sumur diantaranya tercemar Mn(II) dan Zn(II), sedangkan sisanya (2 sumur) hanya tercemar Zn(II). Lebih lanjut dari **Tabel 3**, 1 sumur yang berada di dusun Randuacir

hanya tercemar logam Zn(II). Sedangkan di dusun Ngemplak dari 5 sumur yang diteliti terdapat 2 sumur yang tercemar Cu(II), Mn(II) dan Zn(II), 2 sumur yang tercemar Cu(II) dan Mn(II), dan 1 sumur yang tercemar Mn(II) dan Zn(II). Bila dilihat secara keseluruhan dari 15 sumur yang ada, 6 sumur diantaranya tercemar Cu(II), Mn(II) dan Zn(II) (40%), 3 sumur tercemar Cu(II) dan Mn(II) (20%), 3 sumur tercemar Mn(II) dan Zn(II) (20%) dan sisanya (3 sumur) tercemar Zn(II) (20%).

Kandungan Cu(II) tertinggi dan terendah dari **Tabel 3**, terdapat di dusun Ngemplak pada sumur no.7 (0,10 mg/l) dan sumur no.9 (0,00 mg/l). Besarnya kandungan Cu(II) dari tiap - tiap dusun berbeda – beda, di dusun Belon dan Ngemplak semua sumur terkandung logam Cu(II) terkecuali sumur no. 9 yang berada pada dusun Ngemplak. Berbeda dengan dusun Belon dan Ngemplak, kandungan Cu(II) tidak terdapat pada sumur - sumur di dusun Salam dan Randuacir. Permadi (2008), menunjukkan besarnya nilai kandungan Cu(II) dalam air sumur di dusun Ngronggo RW IV berkisar antara 0,00 – 0,05 mg/l, di mana jarak dari TPA ke dusun Ngronggo, RW IV masih berada dalam radius kurang dari 1 km, sehingga apabila dibandingkan kandungan Cu dari penelitian ini mempunyai hasil yang lebih besar dari Permadi (2008).

Dari **Tabel 3**, dusun Belon dan Ngemplak memiliki kandungan Mn(II) yang cukup tinggi, bila dibandingkan dengan dusun Randuacir serta beberapa sumur dari Salam. Hal ini dinyatakan dengan besarnya kandungan Mn(II) tertinggi (0,7 mg/l) berada di dusun Belon (sumur no.3 dan 4) dan kandungan Mn(II) terendah (0,1 mg/l) berada di dusun Randuacir (sumur no.22) serta dusun Salam (sumur no.29 dan 37). Penelitian yang dilakukan oleh Murniyanto dan Sugiyarto (2003), menunjukkan kadar Mn(II) di daerah sekitar TPA Putri Cempo berkisar antara 0,007 – 0,015 mg/l, bila dibandingkan maka kandungan logam Mn(II) di daerah sekitar TPA Ngronggo lebih besar dari TPA Putri Cempo. Walaupun demikian menurut Lenntech, (2004) kandungan Mn(II) yang baik bagi kesehatan berdasarkan standar air minum WHO adalah 0,5 mg/l, hal ini berarti beberapa sumur dari dusun Belon dan Ngemplak sudah tidak layak untuk dikonsumsi.

Kandungan Zn(II) tertinggi dalam **Tabel 3**, berada di dusun Belon dengan nilai 0,68 mg/l

(sumur no.3) dan kandungan terendah berada di dusun Belon (sumur no.5) dan dusun Ngemplak (sumur no.6) dengan nilai 0,00 mg/l. Berbeda dengan kandungan Cu(II) serta Mn(II), kandungan Zn(II) di dusun Salam dan Randuacir dalam semua sumur telah melebihi nilai baku mutu yang ditetapkan. Anjarsari (2007) menunjukkan bahwa kadar Zn(II) dalam air sumur di daerah sekitar TPA Jatibarang, Semarang berkisar antara 0,08 – 0,67 mg/l, bila dibandingkan dengan hasil penelitian maka besarnya kandungan Zn(II) hasil penelitian lebih tinggi dari nilai Zn dalam air sumur di sekitar TPA Jatibarang.

#### 4.2 Kandungan Tembaga [Cu(II)], Mangan [Mn(II)] dan Seng [Zn(II)], dalam Air Sumur dalam Radius Lebih dari 1 km dari TPA Ngronggo

Berdasarkan data untuk radius lebih dari 1 km dari TPA Ngronggo kandungan Cu(II) berkisar antara 0,00 – 0,04 mg/l, Mn(II) berkisar antara 0,0 – 1,1 mg/l dan untuk Zn(II) berkisar antara 0,20 – 0,70 mg/l. Hasil analisa kandungan logam Cu(II) (mg/l), Mn(II) (mg/l), dan Zn(II) (mg/l) dalam air sumur dan tetapan Baku Mutu disajikan dalam **Tabel 4**.

**Tabel 4. Kandungan Logam Cu(II), Mn(II) dan Zn(II) dalam Air Sumur dengan Radius Lebih dari 1 km dari TPA Ngronggo**

Dusun	Sm	Konsentrasi (mg/l)			B M (mg/l)		
		Cu(II)	Mn(II)	Zn(II)	Cu(II)	Mn(II)	Zn(II)
Salam	30	0,04	0,0	0,29	0,02	0,1	0,05
Salam	34	0,02	0,2	0,35			
Salam	31	0,02	0,2	0,29			
Salam	32	0,01	0,0	0,35			
Salam	35	0,03	0,8	0,70			
Randuacir	21	0,03	0,1	0,45			
Randuacir	20	0,02	0,2	0,39			
Randuacir	24	0,02	0,3	0,46			
Randuacir	23	0,01	0,1	0,31			
Randuacir	26	0,02	0,1	0,41			
Randuacir	25	0,01	0,3	0,26			
Randuacir	19	0,02	0,0	0,37			
Randuacir	27	0,03	1,1	0,57			
Randuacir	28	0,02	0,1	0,33			
Promasan	11	0,00	0,2	0,21			
Promasan	12	0,04	0,3	0,20			
Promasan	13	0,02	0,6	0,53			
Promasan	14	0,00	0,1	0,22			
Promasan	15	0,01	0,3	0,28			
Promasan	18	0,02	0,2	0,28			
Promasan	17	0,03	0,3	0,24			
Promasan	16	0,01	0,2	0,31			

Dari **Tabel 4**, bila dilihat berdasarkan dusun yang ada, di dusun Salam terdapat 2 sumur yang tercemar Cu(II), Mn(II) dan Zn(II), 1 sumur tercemar Cu(II) dan Zn(II), 1 sumur tercemar Mn(II) dan Zn(II) dan sisanya (1

sumur) hanya tercemar Zn(II). Di dusun Randuacir dari 9 sumur yang ada, terdapat 1 sumur yang tercemar Cu(II), Mn(II) dan Zn(II), 1 sumur tercemar Cu(II) dan Mn(II), 3 sumur tercemar Mn(II) dan Zn(II) dan 4 sumur sisanya tercemar Zn(II). Lebih lanjut dari **Tabel 5.** di dusun Promasan terdapat 2 sumur yang tercemar Cu(II), Mn(II), dan Zn(II), 5 sumur tercemar Mn(II) dan Zn(II), dan 1 sumur tercemar Zn(II). Secara keseluruhan dari 22 sumur dalam radius ini terdapat 4 sumur (18,18%) tercemar Cu(II), Mn(II), dan Zn(II), 10 sumur (45,45%) tercemar Mn(II) dan Zn(II), 2 sumur (9,09%) tercemar Cu(II) dan Zn(II), dan sisanya 6 sumur (27,27%) tercemar Zn(II)

**Tabel 4.** menunjukkan dari tiap - tiap dusun hanya terdapat beberapa sumur yang kandungan Cu(II) nya telah melebihi baku mutu, di mana di dusun Salam 3 dari 5 sumur yang ada telah tercemar Cu(II), di dusun Randuacir terdapat 2 sumur yang tercemar Cu(II), dan di dusun Promasan dari 8 sumur hanya 2 sumur yang tercemar Cu(II). Kandungan Cu(II) tertinggi terdapat di dusun Salam (sumur no.30) dan Promasan (sumur no.12) dengan nilai sebesar 0,04 mg/l, sedangkan kandungan yang terendah terdapat di dusun Promasan (sumur no.11 dan 14) dengan nilai 0,00 mg/l. Kandungan Cu(II) dalam radius ini sangat berbeda dengan radius kurang dari 1 Km, karena apabila dibandingkan dengan Permadi (2008), kandungan Cu(II) dalam radius ini lebih rendah dari pada radius kurang dari 1 km. Menurut Lenntech, (2004) kualitas air dalam radius ini masih berada di bawah standar air minum WHO sehingga air ini masih baik bagi kesehatan adalah 2 mg/l.

Selanjutnya dari **Tabel 4.** terlihat kandungan Mn(II) dalam radius ini lebih tinggi dari kandungan Mn(II) dalam radius kurang dari 1 km. Kandungan Mn(II) tertinggi berada pada sumur no.27 (Randuacir) dan terendah pada sumur no.19 (Randuacir) serta sumur no.30 (Salam). Kandungan Mn(II) terbanyak terdapat di dusun Promasan, sedangkan di dusun Salam dan Randuacir jumlah sumur yang tercemar berjumlah setengah dari jumlah sumur yang ada pada tiap dusun. Arumawati (2008), menyatakan bahwa kandungan Mn(II) di dusun Ngronggro RW IV berkisar antara 0,0 – 0,8 mg/l, apabila dibandingkan dengan hasil penelitian ini maka kandungan logam Mn(II) dalam radius ini jauh lebih besar dari penelitian sebelumnya di dusun Ngronggro.

Dari **Tabel 4.** terlihat kandungan Zn(II) dalam air sumur dari 3 dusun yang ada semuanya telah tercemar Zn(II). Kandungan tertinggi Zn(II) berada pada sumur no. 35 (Salam) dan terendah pada sumur no.12 (Promasan). Kandungan Zn(II) dalam radius ini bila dibandingkan dengan hasil penelitian Anjarsari (2007), maka hasil ini memiliki rentang kisaran yang lebih lebar dari hasil dari TPA Jatibarang dimana kadar Zn(II) dalam air sumur di daerah sekitar TPA Jatibarang, Semarang berkisar antara 0,08 – 0,67 mg/l.

#### 4.3 Kandungan Parameter Pendukung dalam Air Sumur dalam Radius Kurang dari 1 km dari TPA Ngronggro

Parameter pendukung terhadap status mutu air sumur yang berupa faktor fisikawi dan kimiawi digunakan karena berkaitan dengan tinggi rendahnya kandungan suatu logam berat. Kisaran parameter fisikawi adalah sebagai berikut: Suhu (°C) berkisar antara 22 – 24,5 °C, DHL (mS/m) berkisar antara 0,15 – 0,49 mS/m, TDS (mg/l) berkisar antara 80 – 313 mg/l, warna (PtCo) berkisar antara 0 – 38 PtCo, kekeruhan (FTU) berkisar antara 0 – 8 FTU. Baku Mutu yang digunakan untuk parameter fisikawi baik dalam radius kurang dari 1 km maupun lebih dari 1 km adalah Keputusan Menkes RI No. 907/MENKES/VII/2002. Perbandingan parameter fisikawi dan Baku Mutu disajikan pada **Tabel 5.**

**Tabel 5. Parameter Fisikawi dalam Air Sumur dalam Radius Kurang dari 1 km dari TPA Ngronggro**

Dusun	No Sm	DHL (mS/m)	TDS (mg/l)	Warna (PtCo)	Kekeruhan (FTU)	Suhu (°C)
Belon	2	0,29	205	30	6	23
Belon	5	0,43	264	38	8	24
Belon	4	0,23	159	28	5	23
Belon	1	0,44	277	22	4	23,5
Belon	3	0,18	129	5	2	24
Salam	33	0,47	230	2	2	23
Salam	29	0,4	200	6	1	24
Salam	37	0,49	240	4	1	22
Salam	36	0,17	80	7	1	22
Randuacir	22	0,19	90	0	0	24
Ngemplak	7	0,35	245	16	2	23,5
Ngemplak	6	0,33	231	31	6	24
Ngemplak	9	0,15	168	6	3	24,5
Ngemplak	8	0,38	264	23	5	24
Ngemplak	10	0,45	313	23	5	24
<b>BM</b>			1000	15	5	

Ket : Sm : Sumur penduduk sekitar TPA Ngronggro Salatiga.

BM (Baku Mutu) Keputusan Menkes RI No. 907/MENKES/VII/2002



Angka yang dicetak tebal menunjukkan melebihi baku mutu.

Keterangan ini juga berlaku untuk Tabel 8, 12 dan 13

Dari Tabel 5. terlihat nilai baku mutu kandungan TDS yang diperbolehkan adalah 1000 mg/l, warna 15 PtCo, dan kekeruhan 5 FTU. Kandungan TDS dalam radius kurang dari 1 Km masih berada di bawah baku mutu, sedangkan untuk warna di dusun Belon dan Ngemplak hampir keseluruhan melebihi nilai baku mutu, namun untuk dusun Salam dan Randuacir nilai warna masih berada di bawah baku mutu. Selanjutnya nilai kekeruhan di dusun Belon sumur no. 2 dan 5 telah melebihi baku mutu dan di dusun Ngemplak nilai kekeruhan tertinggi terdapat pada sumur no.6.

Parameter kimiawi untuk besarnya nilai pH dalam air sumur dalam radius kurang dari 1 km berkisar antara 6,0 – 7,5, BOD<sub>5</sub> antara 0,47 – 3,08 mgO<sub>2</sub>/l, COD antara 14,16 – 54,75 mgO<sub>2</sub>/l, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> antara 0 – 49 mg/l, NH<sub>3</sub>-N antara 0,17 – 1,39 mg/l, Fe(II) antara 0,02 – 0,35 mg/l, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> antara 0,16 – 0,54 mg/l, dan kesadahan berkisar antara 84,08 – 192,17 mg CaCO<sub>3</sub>/l. Parameter kimiawi disajikan pada **Tabel 6**.

**Tabel 6. Parameter Kimiawi dalam Air Sumur dalam Radius Kurang dari 1 km dari TPA Ngronggo**

Dusun	No Sm	pH	BOD <sub>5</sub> (mg/l)	COD (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	Fe(II) (mg/l)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	Kesadahan (mg/l)
Belon	2	6,0	1	<b>51,42</b>	1	0,23	0,05	<b>0,27</b>	108,1
Belon	5	6,0	0,47	<b>48,14</b>	1	0,19	0,1	<b>0,26</b>	140,13
Belon	4	6,2	1,31	<b>46,26</b>	2	0,23	0,07	<b>0,21</b>	88,08
Belon	1	6,1	<b>3,08</b>	<b>54,75</b>	23	<b>1,39</b>	0,11	<b>0,37</b>	140,13
Belon	3	7,74	<b>2,28</b>	<b>13,79</b>	0	0,43	0,07	0,16	120,11
Salam	33	6,6	0,94	17	36	0,35	0,05	<b>0,44</b>	140,13
Salam	29	6,8	1,07	<b>14,16</b>	13	0,29	0,03	<b>0,31</b>	172,15
Salam	37	6,2	1	<b>22,66</b>	49	0,31	<b>0,35</b>	<b>0,34</b>	192,17
Salam	36	6,7	0,6	<b>19,82</b>	8	0,24	0,02	<b>0,54</b>	84,08
Randuacir	22	6,3	0,47	<b>15,1</b>	6	0,24	0,02	<b>0,43</b>	104,09
Ngemplak	7	6,0	0,74	<b>50,98</b>	16	0,24	0,08	0,17	92,08
Ngemplak	6	6,3	1,07	<b>48,14</b>	20	0,26	0,07	<b>0,32</b>	96,09
Ngemplak	9	7,5	<b>2,16</b>	<b>19,31</b>	1	0,5	0,07	<b>0,28</b>	132,12
Ngemplak	8	6,4	0,60	<b>47,20</b>	2	0,17	0,12	<b>0,32</b>	144,13
Ngemplak	10	6,4	0,94	<b>47,20</b>	2	0,25	0,12	<b>0,35</b>	152,14
	<b>BM</b>	6-9	2	10	400	0,5	0,3	0,2	500

Berdasarkan nilai baku mutu, pH air di semua dusun masih berada dalam kisaran baku mutu. Hasil penelitian Arumawati (2008) untuk daerah sekitar TPA Ngronggo untuk dusun Ngronggo RW IV menunjukkan kisaran nilai pH antara 6,22 – 7,4, apabila nilai pH dalam radius ini dibandingkan dengan penelitian Arumawati (2008), maka pH hasil penelitian ini memiliki rentang kisaran yang lebih lebar.

Dari **Tabel 6**. nilai BOD<sub>5</sub> dalam air sumur yang telah melebihi baku mutu terdapat di dusun Belon (sumur no.1 dan 3) dan Ngemplak (sumur no.9). Hasil penelitian ini lebih tinggi bila dibandingkan dengan Arumawati (2008) di mana kandungan BOD<sub>5</sub> berkisar antara 0,04 – 2,48 mg/l. Lebih lanjut dari **Tabel 7**. kandungan COD dalam semua air sumur pada dari semua dusun sudah berada di atas baku mutu. Nilai COD hasil penelitian ini masih berada di bawah nilai COD hasil penelitian di dusun Ngronggo RW IV yang berkisar antara 16,6 – 58,2 mg/l (Arumawati, 2008).

**Tabel 6**. juga menunjukkan nilai parameter kimiawi yang memenuhi baku mutu yaitu: SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, dan Kesadahan, sedangkan untuk parameter kimia yang lain seperti NH<sub>3</sub>-N dan Fe(II) masing – masing hanya 1 sumur yang telah melebihi batas baku mutu. Kandungan NH<sub>3</sub>-N yang telah melebihi baku mutu terdapat di dusun Belon (sumur no.1) dan kandungan Fe(II) terdapat di dusun Salam (sumur no.37) hasil ini lebih tinggi dari penelitian Arumawati (2008) dengan kisaran NH<sub>3</sub>-N berkisar antara 0,01 – 0,1 mg/l dan kisaran nilai Fe(II) antara 0,01 – 0,3 mg/l.

PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> tertinggi terdapat pada sumur no.36 (dusun Salam) dan terendah pada sumur no.3 (dusun Belon). Dari **Tabel 6**. semua sumur yang berada dalam radius ini kandungan PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>nya telah berada di atas baku mutu. Kandungan PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> dalam radius ini lebih tinggi bila dibandingkan dengan Arumawati (2008) yang berkisar antara 0,03 – 0,1 mg/l.

#### 4.4 Kandungan Parameter Pendukung dalam Air Sumur dalam Radius Lebih dari 1 km dari TPA Ngronggo

Kandungan logam berat yang berada dalam air sumur berkaitan dengan faktor fisikawi dan faktor kimiawi. Kisaran kandungan parameter fisikawi dalam radius ini adalah sebagai berikut: Suhu (°C) berkisar antara 22 – 25 °C, DHL (mS/m) berkisar antara 0,09 – 0,55 mS/m, TDS (mg/l) berkisar antara 40 – 295 mg/l, warna (PtCo) berkisar antara 0 – 175 PtCo, kekeruhan (FTU) berkisar antara 0 – 32 FTU. Data parameter disajikan pada **Tabel 7**.

**Tabel 7. Parameter Fisikawi dalam Air Sumur dalam Radius lebih dari 1 km dari TPA Ngronggo**

Dusun	No Sm	DHL (mS/m)	TDS (mg/l)	Warna (PtCo)	Kekeruhan (FTU)	Suhu (°C)
Salam	30	0,29	200	6	1	24
Salam	34	0,35	170	2	0	23
Salam	31	0,45	220	12	3	23,5
Salam	32	0,36	180	2	1	23
Salam	35	0,17	113	4	1	23,5
Randuacir	21	0,16	60	4	1	23
Randuacir	20	0,15	70	0	1	24
Randuacir	24	0,16	80	0	0	23
Randuacir	23	0,16	80	0	0	22
Randuacir	26	0,12	60	175	32	23
Randuacir	25	0,31	150	0	0	24
Randuacir	19	0,09	40	1	0	24
Randuacir	27	0,19	129	2	1	24
Randuacir	28	0,23	110	8	2	25
Promasan	11	0,55	270	16	3	23,5
Promasan	12	0,38	180	6	2	23
Promasan	13	0,41	295	8	2	25
Promasan	14	0,19	90	21	4	24
Promasan	15	0,17	80	2	1	24,5
Promasan	18	0,26	130	7	2	23
Promasan	17	0,2	100	7	1	24
Promasan	16	0,16	80	13	3	23,5
<b>BM</b>			1000	15	5	

Dari **Tabel 7.** terlihat nilai TDS dari masing – masing dusun masih berada di bawah baku mutu dimana kandungan TDS yang diperbolehkan adalah 1000 mg/l, untuk warna sumur yang melebihi baku mutu terdapat pada sumur no.11 dan 14 pada dusun Promasan dan sumur no.26 pada dusun Randuacir yang memiliki nilai warna sangat besar yaitu 175 PtCo, hal ini menunjukkan air sumur cukup keruh karena kekeruhan berhubungan dengan warna, ini dibuktikan dengan nilai kekeruhan yang melewati nilai baku mutu hanya terdapat pada sumur ini.

Parameter kimiawi untuk nilai pH dalam air sumur berkisar antara 6,0 – 8,1, BOD<sub>5</sub> berkisar antara 0,4 – 3,62 mgO<sub>2</sub>/l, COD berkisar antara 0 – 59,47 mgO<sub>2</sub>/l, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> berkisar antara 1 – 61 mg/l, NH<sub>3</sub>-N berkisar antara 0,25 – 1,28 mg/l, Fe(II) berkisar antara 0 – 0,26 mg/l, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> berkisar antara 0,15 – 2,11 mg/l, dan kesadahan berkisar antara 56,01 – 200,18 mg CaCO<sub>3</sub>/l. (**Tabel 8.**)

**Tabel 8. Parameter Kimiawi dalam Air Sumur dalam Radius Lebih dari 1 km dari TPA Ngronggo**

Dusun	No Sm	pH	BOD <sub>5</sub> (mg/l)	COD (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	Fe(II) (mg/l)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	Kesadahan (mg/l)
Salam	30	6,4	0,74	20,71	10	0,26	0,07	0,9	124,11
Salam	34	6,1	3,55	57,58	44	0,26	0,24	2,11	152,14
Salam	31	6,4	0,67	21,71	36	0,27	0,26	0,4	188,17
Salam	32	7,1	3,62	53,81	21	0,25	0,04	0,42	132,12
Salam	35	8,1	1,38	35,86	1	0,28	0,04	0,27	116,1
Randuacir	21	6,3	1,07	13,22	3	0,32	0,02	0,48	148,13
Randuacir	20	6,1	0,8	15,1	19	0,33	0,03	0,44	100,9
Randuacir	24	6,1	1	16,05	8	0,3	0,05	0,42	172,15
Randuacir	23	6,7	2,48	13,22	30	0,28	0,04	0,94	172,15
Randuacir	26	6,4	0,6	16,05	4	0,31	0	0,37	180,16
Randuacir	25	6,1	0,8	16,99	4	0,29	0,03	0,72	184,17
Randuacir	19	7	1,21	22,66	2	1,28	0,01	0,77	156,12
Randuacir	27	7,5	1,77	20,68	5	0,32	0,03	0,17	100,9
Randuacir	28	6	0,54	16,99	2	0,3	0,06	0,45	108,1
Promasan	11	6,5	1,34	58,53	45	0,37	0,03	0,25	148,13
Promasan	12	6,4	0,6	50,03	13	0,3	0,03	0,15	144,13
Promasan	13	7,72	1,22	0	18	0,31	0,03	0,15	200,18
Promasan	14	7,1	3,42	55,70	9	0,47	0,11	0,32	56,01
Promasan	15	6,3	1,61	57,58	8	0,28	0,04	0,3	72,06
Promasan	18	6,3	0,4	49,09	9	0,3	0,11	0,16	112,1
Promasan	17	6,5	1,41	59,47	48	0,53	0,02	0,32	140,13
Promasan	16	6,8	1,41	50,98	61	0,36	0,03	0,42	60,01
<b>BM</b>		6-9	2	10	400	0,5	0,3	0,2	500

Dari **Tabel 8.** juga menunjukkan kandungan nilai BOD<sub>5</sub>, COD, NH<sub>3</sub>-N dan PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> pada beberapa sumur dari masing – masing dusun telah melewati baku mutu yang ditetapkan. Nilai BOD<sub>5</sub> yang melewati baku mutu terdapat di dusun Salam (sumur no.32 dan 34), Randuacir (sumur no.23) dan Promasan (sumur no.14). Selanjutnya untuk COD dari dusun – dusun yang ada hanya 1 sumur di dusun Promasan yang berada di bawah baku mutu, kisaran dalam radius ini lebih besar bila dibandingkan dengan radius kurang dari 1 km.

Nilai NH<sub>3</sub>-N yang melebihi baku mutu dalam radius ini terdapat di dusun Randuacir (sumur no.19) dan Promasan (sumur no.17), kandungan NH<sub>3</sub>-N dalam radius ini lebih besar bila dibandingkan dengan Arumawati (2008). dimana nilai NH<sub>3</sub>-N pada dusun Ngronggo RW IV berkisar antara 0,01 – 0,1 mg/l, lebih lanjut dari **Tabel 8.** di dusun Salam terlihat kandungan PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> terdapat dalam semua sumur dan salah satu sumur memiliki kandungan yang tinggi dari semua dusun yang ada. Di dusun Randuacir dari 9 sumur yang ada terdapat 1 sumur yaitu sumur no.27 yang masih berada di bawah baku mutu, sedangkan untuk dusun Promasan 5 dari 8 sumur yang ada memiliki nilai di atas baku mutu yang terdapat pada sumur no.11, 14, 15, 16, dan 17.

Dari **Tabel 5 dan 7.** terlihat bahwa 4 sumur di dusun Belon melebihi baku mutu warna, 2 sumur melebihi baku mutu kekeruhan. Selanjutnya semua sumur di dusun Salam

masih di bawah baku mutu. Lebih lanjut dari **Tabel 5** dan **8**. di dusun Randuacir hanya terdapat 1 sumur dalam radius lebih dari 1 km yang melebihi baku mutu warna dan kekeruhan. Di dusun Ngemplak terdapat 4 sumur yang melebihi baku mutu warna, 1 sumur melebihi baku mutu kekeruhan. Sedangkan di dusun Promasan terdapat 2 sumur yang melebihi baku mutu warna.

Dari **Tabel 6** dan **8**. terlihat bahwa 2 sumur di dusun Belon melebihi baku mutu BOD<sub>5</sub>, semua sumur melebihi baku mutu COD dan PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, dan 1 sumur tercemar NH<sub>3</sub>-N. Selanjutnya di dusun Salam semua sumur melebihi baku mutu COD dan PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, 1 sumur dalam radius kurang dari 1 km tercemar Fe(II), dan 2 sumur dalam radius lebih dari 1 km melebihi baku mutu BOD<sub>5</sub>. Lebih lanjut dari **Tabel 6** dan **8**. di dusun Randuacir semua sumur melebihi baku mutu COD, 1 sumur dalam radius lebih dari 1 km melebihi baku mutu BOD<sub>5</sub> dan NH<sub>3</sub>-N, dan 1 sumur dalam radius lebih dari 1 km berada di bawah baku PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>. Di dusun Ngemplak semua sumur melebihi baku mutu COD, 1 sumur melebihi baku mutu BOD<sub>5</sub>, dan 4 sumur melebihi baku mutu PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>. Sedangkan di dusun Promasan dari 8 sumur terdapat 7 sumur yang melebihi baku mutu COD, 1 sumur melebihi baku mutu BOD<sub>5</sub> dan NH<sub>3</sub>-N, dan 4 sumur melebihi baku mutu PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>.

**4.5 Korelasi Antara Cu(II), Mn(II) dan Zn(II) dengan Beberapa Parameter Fisiko – Kimiawi dalam Air Sumur dalam Radius kurang dari 1 km dan Lebih dari 1 km**

Korelasi antara Cu(II), Mn(II) dan Zn(II) dilakukan untuk mengetahui sampai sejauh mana keeratan hubungan antara Cu(II), Mn(II) dan Zn(II) dengan parameter fisikawi dan kimiawi dari air sumur. Hasil korelasi dalam radius kurang dari 1 km disajikan pada **Tabel 9**.

**Tabel 9. Korelasi Cu(II), Mn(II), Zn(II) dengan beberapa parameter Fisiko-Kimiawi dalam radius kurang dari 1 km**

Faktor Lingkungan	Jenis Logam Berat		
	Cu(II)	Mn(II)	Zn(II)
<u>Fisikawi</u>			
DHL (mS/m)	-	-	-0,578*

TDS (mg/l)	-	-	-0,572*
Warna (PtCo)	-	-	-0,656**
<u>Kimiawi</u>			
COD (mg/l)	0,569*	-	-0,671**
pH	-	-	0,803**
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	-0,648*	-	-

Keterangan : \* = Korelasi pada tingkat kepercayaan 5%

\*\* = Korelasi pada tingkat Kepercayaan 1%

Keterangan ini berlaku untuk tabel 11

**Tabel 9.** menunjukkan Cu(II) untuk radius kurang dari 1 km berkorelasi positif dengan COD dan berkorelasi negatif pada PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, karena korelasi antara COD dan PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> terhadap Cu(II) lemah sehingga keberadaan kedua kimiawi ini kurang berpengaruh terhadap keberadaan Cu(II) (Santoso. 2001). Selanjutnya dari **Tabel 9**. keberadaan Mn(II) tidak dipengaruhi oleh keberadaan faktor lingkungan karena Mn(II) tidak berkorelasi, selanjutnya Zn(II) berkorelasi positif dengan pH, hal ini berarti pH menentukan keberadaan Zn(II) dalam air sumur, dimana bila nilai pH semakin tinggi maka konsentrasi Zn(II) akan semakin besar. Disatu sisi Zn berkorelasi negatif dengan DHL, TDS, warna, dan COD karena keberadaan warna dan COD kuat sehingga turut mempengaruhi keberadaan Zn(II). Selanjutnya untuk radius lebih dari 1 km disajikan dalam **Tabel 10**.

**Tabel 10. Korelasi Cu(II), Mn(II), Zn(II) dengan beberapa parameter Fisiko-Kimiawi dalam radius lebih dari 1 km**

Faktor Lingkungan	Jenis Logam Berat		
	Cu(II)	Mn(II)	Zn(II)
<u>Kimiawi</u>			
BOD <sub>5</sub> (mg/l)	-0,434*	-	-
COD (mg/l)	-	-	-0,480*
pH	-	0,613*	0,609**

Dari **Tabel 10**. berbeda dengan radius kurang dari 1 km, Cu(II) berkorelasi negatif dengan BOD<sub>5</sub>, selanjutnya Mn(II) dipengaruhi oleh faktor lingkungan karena berkorelasi positif dengan pH. Dalam radius ini Zn(II) berkorelasi positif dengan pH dan berkorelasi negatif dengan COD, apabila nilai pH semakin tinggi maka konsentrasi Zn(II) akan semakin besar.

#### 4.6 Bakteri Koliform dalam Air Sumur Dalam Radius Kurang dari 1 km dan Lebih dari 1 km dari TPA Ngronggo

Hasil pengukuran Koliform per 100 ml dalam air sumur dalam radius kurang dari 1 km dari TPA Ngronggo berkisar antara 12 – 350. Hasil pengukuran dibandingkan dengan Baku Mutu kelas I dari Keputusan Menteri Kesehatan RI No. 907/MENKES/VII/2002 yang disajikan dalam Tabel 11.

**Tabel 11. Bakteri Koliform dalam Air Sumur dalam Radius Kurang dari 1 km dari TPA Ngronggo**

Dusun	No Sm	<i>E.coli</i>
Belon	2	17
Belon	5	14
Belon	4	17
Belon	1	17
Belon	3	350
Salam	33	17
Salam	29	12
Salam	37	14
Salam	36	17
Randuacir	22	34
Ngemplak	7	94
Ngemplak	6	17
Ngemplak	9	23
Ngemplak	8	17
Ngemplak	10	180
<b>BM</b>		<b>0</b>

**Tabel 11.** menunjukkan bahwa sumur – sumur dari 4 dusun yang ada telah tercemar oleh *E.coli*. Dengan kandungan *E.coli* tertinggi berada di dusun Belon (sumur no.3) dan diikuti oleh dusun Ngemplak (sumur no.10). Arumawati (2008), menunjukkan total koliform per 100 ml dalam sampel air disekitar TPA Ngronggo pada dusun Ngronggo berkisar antara 26 – 1600 per 100 ml. Dari perbandingan ini dapat dikatakan bahwa kandungan *E.coli* yang masih berada dalam radius yang sama memiliki nilai yang berbeda – beda karena dipengaruhi oleh faktor yang lain. Selanjutnya kisaran pengukuran Koliform per 100 ml dalam air sumur dalam radius lebih dari 1 km dari TPA Ngronggo adalah 9 – 350, hasil ini disajikan pada Tabel 12.

**Tabel 12. Bakteri Koliform dalam Air Sumur dalam Radius Lebih dari 1 km dari TPA Ngronggo**

Dusun	No Sm	<i>E.coli</i>
Salam	30	9
Salam	34	110
Salam	31	12
Salam	32	110
Salam	35	17
Randuacir	21	34
Randuacir	20	350
Randuacir	24	350
Randuacir	23	33
Randuacir	26	350
Randuacir	25	350
Randuacir	19	17
Randuacir	27	17
Randuacir	28	34
Promasan	11	34
Promasan	12	33
Promasan	13	46
Promasan	14	12
Promasan	15	34
Promasan	18	34
Promasan	17	350
Promasan	16	110
<b>BM</b>		<b>0</b>

Sama halnya dengan radius kurang dari 1 km, dalam radius ini semua contoh air sumur dari masing – masing dusun telah tercemar oleh *E.coli*. Hubungan antara *E.coli* dengan parameter Fisiko-Kimiawi dalam radius lebih dari 1 km tidak terdapat angka yang bermakna sehingga keberadaan TPA untuk radius lebih dari 1 km tidak mempengaruhi keberadaan *E.coli* dalam air sumur. Sedangkan korelasi antara *E.coli* dengan parameter fisikawi dan kimiawi pada radius kurang dari 1 km berkorelasi positif dengan pH sehingga adanya kenaikan pH akan berdampak terhadap pertumbuhan *E.coli*. Menurut Ardiansyah (2007 dalam Arumawati, 2008) *E.coli* tumbuh dalam pH yang optimum (6 – 9).

#### 4.7 Indeks Pencemaran (IP) Air Sumur di daerah Sekitar TPA.

Kualitas air sumur dalam radius kurang dari 1 km maupun lebih dari 1 km dihitung berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003. Hasil analisa air sumur dalam radius kurang dari 1 km dari TPA Ngronggo, Salatiga disajikan pada Tabel 13.

**Tabel 13. Indeks Pencemaran Air Sumur Sekitar TPA Ngronggo, Salatiga dalam Radius kurang dari 1 km**

Dusun	Sm	Nilai IP	Kategori
Belon	1	3,53	Cemar ringan
Belon	2	3,39	Cemar ringan
Belon	3	4,76	Cemar ringan
Belon	4	3,86	Cemar ringan
Belon	5	3,25	Cemar ringan
Ngemplak	6	3,25	Cemar ringan
Ngemplak	7	3,32	Cemar ringan
Ngemplak	8	3,37	Cemar ringan
Ngemplak	9	4,69	Cemar ringan
Ngemplak	10	3,25	Cemar ringan
Randuacir	22	4,06	Cemar ringan
Salam	29	3,38	Cemar ringan
Salam	33	3,22	Cemar ringan
Salam	36	2,85	Cemar ringan
Salam	37	3,22	Cemar ringan

Keterangan : Sm = Sumur penduduk sekitar TPA Ngronggo Salatiga.  
IP (Indeks Pencemaran)  
Keterangan ini juga berlaku untuk Tabel 14.

Dari **Tabel 13.** terlihat dari 15 sumur yang berada dalam radius kurang dari 1 km berstatus cemar ringan. Selanjutnya untuk IP radius lebih dari 1 km disajikan pada **Tabel 14.**

**Tabel 14. Indeks Pencemaran Air Sumur Sekitar TPA Ngronggo, Salatiga dalam Radius lebih dari 1 km**

Dusun	Sm	Nilai IP	Kategori
Promasan	11	3,52	Cemar ringan

Promasan	12	3,29	Cemar ringan
Promasan	13	4,4	Cemar ringan
Promasan	14	3,46	Cemar ringan
Promasan	15	3,5	Cemar ringan
Promasan	16	3,62	Cemar ringan
Promasan	17	3,57	Cemar ringan
Promasan	18	3,4	Cemar ringan
Randuacir	19	3,87	Cemar ringan
Randuacir	20	3,93	Cemar ringan
Randuacir	21	4,15	Cemar ringan
Randuacir	23	3,58	Cemar ringan
Randuacir	24	4,19	Cemar ringan
Randuacir	25	3,33	Cemar ringan
Randuacir	26	4,64	Cemar ringan
Randuacir	27	4,54	Cemar ringan
Randuacir	28	3,67	Cemar ringan
Salam	30	3,5	Cemar ringan
Salam	31	3,51	Cemar ringan
Salam	32	3,8	Cemar ringan
Salam	34	4,48	Cemar ringan
Salam	35	4,87	Cemar ringan

Dari **Tabel 14.** terlihat hal yang sama dengan radius kurang dari 1 km dimana semua sumur yang diteliti yang berada dalam radius ini telah berstatus cemar ringan.

Dari **Tabel 13** dan **14** dapat dikatakan kondisi air sumur baik dalam radius kurang dari 1 km dan lebih dari 1 km dari TPA Ngronggo, Salatiga bersatatus cemar ringan (100%). Apabila hasil ini dibandingkan dengan penelitian Arumawati (2008) kualitas air sumur di dusun Ngronggo RW IV masih berada dalam

kondisi yang cukup baik, karena dari 28 sumur yang diteliti masih terdapat 8 sumur yang berstatus kondisi baik.

## KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

1. Pada radius kurang dari 1 km dari TPA Ngronggo, 15 sumur yang telah diteliti terdapat 6 sumur tercemar Cu(II), Mn(II) dan Zn(II) (40%), 3 sumur tercemar Cu(II) dan Mn(II) (20%), 3 sumur tercemar Mn(II) dan Zn(II) (20%), sedangkan 3 sumur yang lain hanya tercemar Zn(II) (20%). Selanjutnya dari ke 22 sumur yang telah diteliti dalam radius lebih dari 1 km dari TPA Ngronggo terdapat 4 sumur yang tercemar Cu(II), Mn(II) dan Zn(II) (18,18%), 10 sumur tercemar Mn(II) dan Zn(II) (45,45%), 2 sumur tercemar Cu(II) dan Zn(II) (9,09%), dan 6 sumur yang tercemar Zn(II) (27,27%).
2. Berdasarkan indeks pencemaran (IP) dari 37 sumur yang diteliti yang berada dalam radius kurang dari 1 km dan lebih dari 1 km semua kondisi sumur berstatus cemar ringan (100%).

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad., 2004. Pola Penyebaran Pencemaran Air Tanah di Sekitar TPA Putri Cempo Keseluruhan Mojosoongo, Kota Surakarta, Propinsi Jawa Tengah. Jurusan Pendidikan Geografi FKIP UNS : Surakarta.
- Alaerts, G dan S.S. Santika., 1987. Metoda Penelitian Air. Usaha Nasional: Surabaya.
- Anjarsari, G., 2007. Kualitas Air Sumur Berdasarkan Konsentrasi Cadmium (Cd) dan Seng (Zn) di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Jatibarang, Semarang. FSM. UKSW. Salatiga
- Anonim., 2004. Manganase And Its Compounds: Enviromental Aspects. <http://www.inchm.org/documents/cicads/cicads/cicad63.htm>.
- Anonim., Agustus 2005. TPA Ngronggo – Salatiga Terapkan *Sanitary Landfill*. [www.suaramerdeka.com](http://www.suaramerdeka.com)
- Anonim., 2006. Wujudkan Cita – Cita VL Stoors: Bandung Yang Bersih, Asri dan Sehat.
- <http://www.eybernes/Suaramerdeka/04.htm> Anonim<sup>1</sup>. Januari., 2008. Bahaya Pencemaran Logam Berat dalam Air. [www.Adinfo.com](http://www.Adinfo.com)
- Anonim<sup>2</sup>. Januari., 2008. Seng. <http://id.wikipedia.org/wiki/Seng>
- Anonim<sup>3</sup>. Januari., 2008. Tembaga. <http://id.wikipedia.org/wiki/Tembaga>
- Arumawati, D. E., 2008. Kualitas Air Tanah Berdasarkan Kandungan Timbal (Pb<sup>2+</sup>), Kromium (Cr<sup>2+</sup>) dan Nikel (Ni<sup>2+</sup>) di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Ngronggo, Salatiga. FSM. UKSW. Salatiga
- ATSDR (Agency Toxic Substances and Disease Registry)., 1992. Toxicological Profile For Manganese. Department of Health and Human Service. Public Health Science. Atlanta, GA : US.
- Budhikuswansusilo., 2008. Dinamic Geology: GroundWater. Universitas Sriwijaya.
- Budiyanto, S. D., 2004. Konsentrasi Mangan (VII) dan Nikel (II) dalam Air, Sedimen, Tanah dan Tanaman Padi di Sepanjang Aliran Sungai Ledok, Salatiga. FSM UKSW.
- Christensen. T. H., P. Kjeldsen., P. L. Bjerg., D. L. Jensen., J. B. Christensen., A. Baun., J. Hans-Albrechtsen, G. Heron., 2001. Biogeochemistry of Landfill Leachate Plumes Preview paper Accepted for publication in Applied Geochemistry. 16 (2001) 659 718. Denmark” Department of Science of Engineering, Groundwater Research Center, Technical University of Denmark, Lyngby.
- Eaton, A. D., L.S Cleseen., and A.E Greenberg., 1995. Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, APHA, AWWa, WEF 19<sup>th</sup>. Ed. APHA, Washington DC, USA.
- HACH, 1992. DR/EL 2000 Spectrofotometer Prosedures Manual. HACH Company, USA 461p.
- Indra, Permana., 2001. Tinjauan Pustaka Penelitian. IPB Bandung.
- Keman S., 2003 Pengaruh Pembuangan Sampah Terbuka (*Open Dumping*) Terhadap Kualitas Kimia Air Sumur Gali Penduduk di Sekitarnya. Jurnal Penelitian Medika Eksakta Vol. 4 No. 2 Agustus 2003: 147 –156.
- Keputusan Menteri Kesehatan RI No. 907/MENKES/SK/VII/2002. Tentang Syarat – Syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum

- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003. Lampiran II Penentuan Status Mutu Air Dengan Metoda IP.
- Lenntech., 2004. WHO's Drinking Water Standards.  
<http://www.lenntech.com/WHO's-drinking-water-standards.htm>
- Nuryani. S., A. Maas., N. W. Yuwono., S. Kabirun., dan R. E. Kusumo., 2003. Kondisi Tanah dan Prediksi Umur Tempat Pembuangan Akhir Sampah TPA Bantar Gebang Bekasi. Fakultas Pertanian. UGM
- Makarim. N., 2003. Penentuan Status Mutu Air dengan Metoda Indeks Pencemaran. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003.
- Murniyanto. E, dan Sugiyarto., 2003. Kualitas Air Tanah di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir Sampah Kota Surakarta berdasarkan Kandungan Bahan Anorganik. PPLH UNS. Surakarta
- Murthado. D., 1987. Penanganan dan Pemanfaatan Limbah Padat. Melton Putra: Jakarta.
- Musta'in., 2007. Dampak Lingkungan dan Sosial Ekonomi dari TPA Sampah (Studi Kasus TPA Ngronggo Kota Salatiga). Program Pasca Sarjana. UKSW. Salatiga
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001. Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian air.
- Permadi. D. J., 2008. Pola Sebaran dan Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd) Tembaga (Cu) dan Antimoni (Sb) Dalam Air Tanah di Sekitar TPA Ngronggo, Kotamadya Salatiga. FSM. UKSW. Salatiga
- Petrucci, R. H dan Suminar., 1987. Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern. Jilid 3. Edisi 4. Erangga: Jakarta
- Rahayu, T., 2004. Karakteristik Air Sumur Dangkal Di Wilayah Kartasura dan Upaya Penjernihannya. UMS. Surakarta.
- Santoso, S., 2001. SPSS Versi 10 "Mengolah Data Secara Profesional". PT. Elex Media Komputindo : Jakarta
- Setiawan, B., 2007. Pola Penyebaran dan Konsentrasi Timbal (Pb) dan Mangan (Mn) dalam Air Tanah di Sekitar TPA Jatibarang, Semarang. FSM. UKSW. Salatiga
- Suhendrayatna., 2001. Heavy Metal Bioremoval by Microorganisms: A Literature Study. Department of Applied Chemistry and Chemical Engineering, Kagoshima University, Japan.
- Umar. M. T., Winarni. M. Meagaung., dan Liestiaty F., 2001. Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) pada Air Sedimen dan Kerang *Marcia* sp diteluk Parepare, Sulawesi Selatan.  
[http://www.pascaunhas.net/jurnal\\_pdf/sci\\_2\\_2/tauhid.pdf](http://www.pascaunhas.net/jurnal_pdf/sci_2_2/tauhid.pdf).
- Yulfiah, I. D., 2006. Keterkaitan Kualitas Air Tanah Dengan Pencemaran Sungai Oleh Limbah Pabrik Kertas Di Kabupaten Nganjuk. Jurusan Teknik Lingkungan ITATS