TA/TL/2017/0748

TUGAS AKHIR

KUALITAS AIR TANAH BERDASARKAN PARAMETER KESADAHAN DI WILAYAH SUB DAS CODE YOGYAKARTA

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan

Disusun oleh :

FATMA WAHYU SARASTUTI
13513005

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2017

TUGAS AKHIR

KUALITAS AIR TANAH BERDASARKAN PARAMETER KESADAHAN DI WILAYAH SUB DAS CODE YOGYAKARTA

GROUNDWATER QUALITY BASED ON WATER HARDNESS PARAMETER ON CODE WATERSHED YOGYAKARTA

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan

Disusun oleh:

Fatma Wahyu Sarastuti
13513005

Disetujui oleh,
Dosen Pembimbing

Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.
Tanggal: 3 - 10 - 2017

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan FTSP UII

Hudori, S.T., M.T.
Tanggal : 5 - 10 - 2017

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
YOGYAKARTA

TUGAS AKHIR

KUALITAS AIR TANAH BERDASARKAN PARAMETER KESADAHAN DI WILAYAH SUB DAS CODE YOGYAKARTA

GROUNDWATER QUALITY BASED ON WATER HARDNESS PARAMETER ON CODE WATERSHED YOGYAKARTA

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan



Disusun oleh:

Fatma Wahyu Sarastuti
13513005

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Penguji I	Dosen Penguji II	Dosen Penguji III
Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.	**Puji Lestari, S.Si., M.Sc.**	**Lutfia Isna A., S.Si., M.Sc.**
Tanggal: 3 - 10 - 2017	**Tanggal :** 3 -10 - 2017	**Tanggal :** 5.10.2017 .

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program software komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia. (apabila menggunakan software khusus)
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sangsi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sangsi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 2 Oktober 2017

Yang membuat pernyataan,



Fatma Wahyu Sarastuti

NIM: 13513005

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan karuniaNya penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini. Shalawat serta salam semoga senantiasa terlimpah curahkan kepada Nabi Muhammad SAW, kepada keluarganya, para sahabatnya, hingga kepada umatnya sampai akhir zaman. Aamiin.

Penulisan tugas akhir diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Lingkungan dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Judul yang penulis ajukan adalah Kajian Kualitas Air Tanah berdasarkan Parameter Kesadahan di Sub DAS Code Yogyakarta.

Penyusunan dan penulisan tugas akhir tidak terlepas dari bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis dengan senang hati menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak dan Ibu atas jasa – jasanya, kesabaran, doa, kasih sayang, dorongan motivasi, dan tidak lelah dalam memberi cinta yang tulus ikhlas kepada penulis.
2. Bapak Eko Siswoyo, S.T., M.Sc., M.Sc.,ES., Ph.D selaku dosen pembimbing yang selalu bijaksana memberikan bimbingan, nasehat, serta waktunya selama penelitian dan penulisan tugas akhir.
3. Bapak Hudori, S.T., M.T. selaku ketua Program Studi Teknik Lingkungan yang telah membantu dan memberikan izin kepada penulis untuk melakukan penelitian
4. Laboran laboratorium kualitas air Teknik Lingkungan UII yang telah banyak membantu dalam proses penelitian di Laboratorium
5. Rekan – rekan Teknik Lingkungan 2013 yang tidak bisa disebutkan namanya satu per satu
6. Semua pihak yang telah membantu penulis menyelesaikan skripsi

Semoga Allah SWT memberikan balasan yang berlipat ganda kepada semuanya. Demi kebaikan selanjutnya, saran, dan kritik yang membangun akan penulis terima dengan senang hati. Akhirnya, kepada Allah SWT penulis serahkan segalanya, mudah – mudahan dapat bermanfaat bagi penulis dan bagi kita semua.

Yogyakarta, September 2017

Penulis

ABSTRACT

Groundwater in the areas of Sleman region, Yogyakarta City, and Bantul region are controlled by a hydrological, geological, and hydrogeological system that originates on the southern slopes of the top of Mount Merapi. The large number of shallow wells and deep wells that penetrate the aquifer lining, whether for household, agricultural or industrial use will provide degradation of quantity and quality of groundwater. One of the chemical substance in terms of water quality is the amount of elements of Ca^{2+} and Mg^{2+} in water, commonly called water hardness. In general, hardness indicates the amount of carbonate content in mg/L or parts per million (ppm). Hardness in the water is highly undesirable for both household use and for industrial use. Based on PERMENKES RI No. 492 / MENKES / PER / IV / 2010 on the requirement of drinking water quality, the maximum allowable hardness ($CaCO_3$) is 500 mg/L. This study aims to assess the water quality and water quality mapping based on the hardness parameter in the Code Watershed of Yogyakarta. The samples were from 38 sampling points and were analyzed using Complexometric Titration method with EDTA. The results showed that from 38 samples of groundwater, the total hardness content was below the standard quality required by the government which is 500 mg/L. The composition of the rocks in the study area is not compose by limestone. The possibility of water does not pass through limestone layer, so the value of groundwater hardness below the standar quality of goverment regulation.

Keywords: Code River, groundwater, hardness, wells

ABSTRAK

Air tanah yang ada di wilayah-wilayah Kab. Sleman, Kota Yogyakarta dan Kab. Bantul dikontrol oleh sistem hidrologi, geologi, dan hidrogeologi yang berhulu pada lereng selatan bagian atas Gunung Merapi. Banyaknya sumur-sumur dangkal maupun sumur dalam yang menembus lapisan akuifer, baik untuk keperluan rumah tangga, pertanian maupun industri akan menimbulkan degradasi kuantitas dan kualitas air tanah. Salah satu parameter kimia dalam persyaratan kualitas air adalah jumlah kandungan unsur Ca^{2+} dan Mg^{2+} dalam air yang keberadaannya biasa disebut kesadahan air. Pada umumnya kesadahan menunjukkan jumlah kalsium karbonat dalam milligram perliter atau bagian perjuta. Kesadahan dalam air sangat tidak dikehendaki baik untuk penggunaan rumah tangga maupun untuk penggunaan industri. Berdasarkan PERMENKES RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum, kadar maksimum kesadahan ($CaCO_3$) yang diperbolehkan adalah 500mg/L. Penelitian memliki tujuan mengkaji kualitas air tanah dan pemetaan kualitas air tanah berdasarkan parameter kesadahan di Sub DAS Code Yogyakarta. Metode yang digunakan adalah pengumpulan sampel yang dilakukan sebanyak 38 titik, sampel diuji menggunakan metode Titrasi Kompleksometri dengan EDTA. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dari 38 sampel air tanah, kadar kesadahan total berada di bawah baku mutu yang disyaratkan oleh pemerintah sebesar 500 mg/L. Susunan batuan pada wilayah penelitian bukan merupakan susunan batu kapur. Besar kemungkinan air tidak melewati lapisan batu kapur, sehingga nilai kesadahan air tanah tidak melewati baku mutu.

Kata kunci : Air Tanah, kesadahan, sumur, Sungai Code

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN iv
KATA PENGANTAR v
ABSTRAK vii
DAFTAR ISI ix
DAFTAR TABEL xi
DAFTAR GAMBAR xii
DAFTAR LAMPIRAN xiii
NOTASI DAN SINGKATAN xiv
BAB I PENDAHULUAN 1

1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 2
1.3. Tujuan 2
1.4. Ruang Lingkup 3
1.5. Manfaat Penelitian 3

BAB II KAJIAN PUSTAKA 4
2.1. Air Tanah 4
2.2. Sumur Gali 6
2.3. Pengelolaan Air Tanah 7
2.4. Kualitas Air 8
2.5. Kesadahan Air Tanah 13
2.6. Penentuan Kesadahan Air 14
BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Kerangka Penelitian 16
3.2. Diagram Alir Penelitian 17
3.3. Lokasi dan Penelitian 18
3.4. Pengumpulan Data 19
3.5. Metode Pengambilan Contoh dan Pengawetan Sampel 19
3.6. Metode Pengujian Kesadahan 19
3.7. Analisis Data 21

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN
4.1. Lokasi Penelitian....22
4.1.1 Kondisi Sumur Gali....24
4.2. Kondisi Air Tanah Sub DAS Code....25
4.2.1 Temperatur....25
4.2.2 Derajat Keasaman atau pH....28
4.2.3 Total Dissolve Solid (TDS)....30
4.2.4 Kesadahan Air Tanah....34
4.2.5 Bahaya dan Penanggulangan Kesadahan....38
4.2.6 Pemetaan Kesadahan Air Tanah....40

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN....46
5.1. Kesimpulan....46
5.2. Saran....46

DAFTAR PUSTAKA....44

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Derajat Kesadahan Air 12
Tabel 4.1 Lokasi Pengambilan Air Sumur 21
Tabel 4.2 Jenis Sumur dan Konstruksi Sumur 23
Tabel 4.3 Temperatur Air Tanah Sub DAS Code 25
Tabel 4.4 Korelasi Suhu dan Kesadahan Total 26
Tabel 4.5 pH Air Tanah di Sub DAS Code 28
Tabel 4.6 Korelasi pH dan Kesadahan Total 29
Tabel 4.7 Nilai TDS Air Tanah Sub DAS Code 30
Tabel 4.8 Korelasi TDS dan Kesadahan Total 32
Tabel 4.9 Kesadahan Total Air Tanah Sub DAS Code 35
Tabel 4.10 Nilai Kesadahan Kalsium dan Magnesium 36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Cara Pengambilan Air Tanah Sumur Dangkal & Dalam 5
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian 16
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian 17
Gambar 3.3 Lokasi Pengambilan Titik Sampling Air Tanah 18
Gambar 4.1 Grafik Nilai pH dan Kesadahan Total 30
Gambar 4.2 Grafik Nilai TDS dan Kesadahan Total 33
Gambar 4.3 Proses Pelarutan Senyawa Karbonat 34
Gambar 4.4 Peta Kualitas Air Tanah Berdasarkan Parameter Kesadahan di Wilayah Hulu 39
Gambar 4.5 Peta Kualitas Air Tanah Berdasarkan Parameter Kesadahan di Wilayah Tengah 40
Gambar 4.6 Peta Kualitas Air Tanah Berdasarkan Parameter Kesadahan di Wilayah Hilir 41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Prosedur Uji Kesadahan Total

Lampiran 2 Prosedur Uji Kesadahan Kalsium

Lampiran 3 Data Pengamatan Penelitian

Lampiran 4 Permenkes No. 492 Tahun 2010

NOTASI DAN SINGKATAN

Ca : Kalsium

Mg : Magnesium

$CaCO_3$: Kalsium Karbonat

mg : miligram

km : kilometer

DAS : daerah aliran sungai

m : meter

m^3 : meter kubik

V : volume

BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Air yang kita gunakan sehari-hari telah menjalani siklus meteorik, yaitu telah melalui proses penguapan (*evaporation*) dari laut, danau, maupun sungai, lalu mengalami kondensasi di atmosfer, dan kemudian menjadi hujan yang turun ke permukaan bumi. Air hujan yang turun ke permukaan bumi tersebut ada yang langsung mengalir di permukaan bumi (*run off*) dan ada yang meresap ke bawah permukaan bumi (*infiltration*) (Hadian dan Abdurahman, 2006). Air yang langsung mengalir di permukaan bumi tersebut ada yang mengalir ke sungai, sebagian mengalir ke danau, dan akhirnya kembali ke laut. Sementara itu, air yang meresap ke bawah permukaan bumi melalui dua sistem, yaitu sistem air tidak jenuh (*vadose zone*) dan sistem air jenuh. Sistem air jenuh adalah air bawah tanah yang terdapat pada suatu lapisan batuan dan berada pada suatu cekungan air tanah. Sistem ini dipengaruhi oleh kondisi geologi, hidrogeologi, dan gaya tektonik, serta struktur bumi yang membentuk cekungan air tanah tersebut. Air ini dapat tersimpan dan mengalir pada lapisan batuan yang kita kenal dengan akuifer (*aquifer)* (Hadian dan Abdurahman, 2006).

Air tanah yang ada di wilayah-wilayah Kab. Sleman, Kota Yogyakarta dan Kab. Bantul dikontrol oleh sistem hidrologi, geologi, dan hidrogeologi yang berhulu pada lereng selatan bagian atas Gunung Merapi. Keberadaan hutan dan daerah-daerah tangkapan air hujan di kawasan ini merupakan suatu sistem penyedia air tanah (*Groundwater Recharge Area*) bagi daerah-daerah yang berada di bawahnya (*Groundwater Discharge Area*), yang secara hidrogeologis daerah tersebut termasuk di dalam sistem Cekungan Air tanah Yogyakarta-Sleman. Kawasan lereng selatan Gunung Merapi yang meliputi wilayah Kab. Sleman, Kota Yogyakarta dan Kab. Bantul tersebut saat ini telah berkembang menjadi daerah permukiman yang padat. Banyaknya sumur-sumur dangkal maupun sumur

dalam yang menembus lapisan akuifer, baik untuk keperluan rumah tangga, pertanian maupun industri akan menimbulkan degradasi kuantitas dan kualitas air tanah. Degradasi sumberdaya air tanah tersebut akan bertambah besar apabila penggunaannya tidak terkendali dan tidak dikelola dengan baik. Penataan kawasan dan perancangan tata guna lahan yang tidak tepat akan mengakibatkan terjadinya gangguan pada sistem hidrologi di daerah hilir, yang pada akhirnya akan menimbulkan permasalahan penyediaan sumber daya air bersih (Astuti et al., 2016).

Air tanah adalah semua air yang terdapat di bawah permukaan yang dapat dimanfaatkan untuk sumber air bagi aktivitas kehidupan. Air tanah berasal dari air hujan dan air permukaan yang terkumpul di bawah permukaan tanah. Kualitas air tanah sangat bergantung pada sifat lapisan tanahnya. Susunan unsur kimia air tanah tergantung pada lapisan tanah yang dilalui. Air tanah yang melewati tanah kapur memiliki sifat sadah karena mengandung $Ca(HCO_3)_2$ dan $Mg(HCO_3)_2$ (Abadi, 2011).

Permasalahan yang sering dijumpai pada pelayanan air bahwa kualitas air tanah maupun air sungai yang digunakan masyarakat kurang memenuhi syarat sebagai air bersih yang sehat bahkan di beberapa tempat bahkan tidak layak untuk digunakan. Air yang layak digunakan, mempunyai standar persyaratan tertentu yakni persyaratan fisik, kimiawi dan bakteriologis, dan syarat tersebut merupakan satu kesatuan, sehingga apabila ada satu saja parameter yang tidak memenuhi syarat maka air tesebut tidak layak untuk digunakan. Kawasan di wilayah Sub DAS Code merupakan wilayah yang banyak dijadikan pemukiman. Sehingga kajian terhadap kualitas air tanah di wilayah tersebut dilakukan. Salah satu parameter kimia dalam persyaratan kualitas air adalah jumlah kandungan unsur Ca^{2+} dan Mg^{2+} dalam air yang keberadaannya biasa disebut kesadahan air. Pada umumnya kesadahan menunjukkan jumlah kalsium karbonat dalam milligram perliter atau bagian perjuta. Kesadahan dalam air sangat tidak dikehendaki baik untuk penggunaan rumah tangga maupun untuk penggunaan industri. Berdasarkan PERMENKES RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum, kadar maksimum kesadahan ($CaCO_3$) yang diperbolehkan adalah 500 mg/L.

1.2.Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijabarkan maka rumusan masalah dalam penelitian adalah :

1. Kondisi kualitas air tanah di wilayah Sub DAS Code berdasarkan parameter kesadahan
2. Lokasi dengan kadar kesadahan yang melebihi baku mutu di Wilayah Sub DAS Code Yogyakarta

1.3.Tujuan Penelitian

1. Mengkaji kualitas air tanah berdasarkan parameter kesadahan di Sub DAS Code
2. Melakukan pemetaan terhadap kualitas air tanah berdasarkan parameter kesadahan di wilayah Sub DAS Code

1.4.Ruang Lingkup

Untuk mendapatkan hasil pembahasan yang maksimal, maka perlu dilakukan pembatasan masalah yang akan dibahas. Sesuai dengan tujuan dari penelitian ini, maka batsan masalah dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Tempat yang akan menjadi lokasi penelitian dilakukan di Sub DAS Code Yogyakarta
2. Lokasi pengujian kualitas air tanah berada di Laboratorium FTSP kampus terpadu UII Jalan Kaliurang Km 14,5
3. Parameter yang akan diuji adalah parameter kimia yaitu kesadahan

1.5.Manfaat

Manfaat penelitian adalah untuk mengetahui kualitas air tanah yang tersebar di wilayah Sub DAS Code Yogyakarta dan memberi wawasan kepada masyarakat tentang kualitas air tanah yang digunakan sehingga masyarakat tahu bagaimana cara mengolah air tanah yang tepat.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

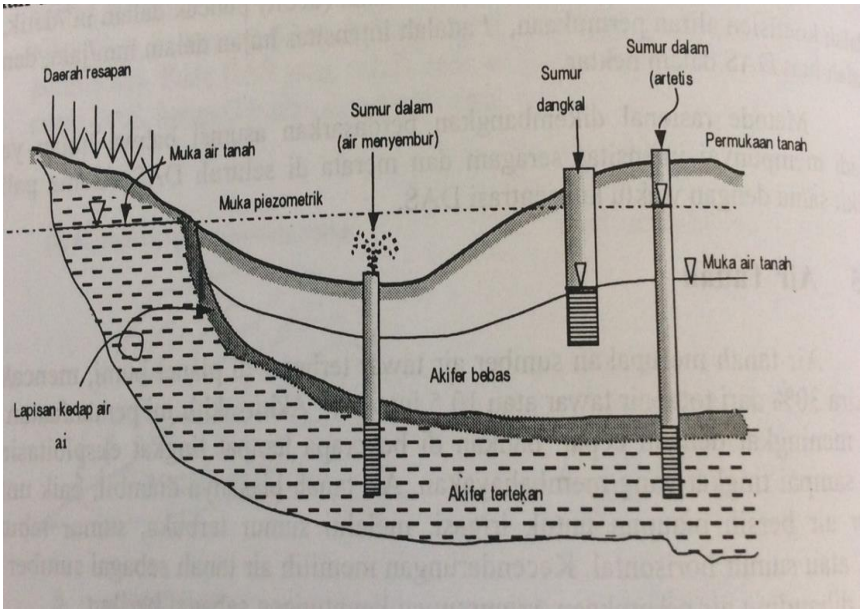
2.1 Air Tanah

Air tanah merupakan sumber air tawar terbesar di planet bumi, mencakup kira – kira 30% dari total air tawar atau 10,5 juta km^3. Akhir – akhir ini pemanfaatan air tanah meningkat dengan cepat, bahkan di beberapa tempat tingkat eksploitasinya sudah sampai tingkat membahayakan. Air tanah biasanya diambil, baik untuk sumber air bersih maupun untuk irigasi, melalui sumur terbuka, sumur tabung, *spring*, atau sumur horisontal. Kecenderungan memilih air tanah sebagai sumber air bersih dibanding air permukaan mempunyai keuntungan sebagai berikut :

a. Tersedia dekat dengan tempat yang memerlukan, sehingga kebutuhan bangunan pembawa / distribusi lebih murah.
b. Debit (produksi) sumur biasanya relatif stabil.
c. Lebih bersih dari cemaran (polutan) permukaan.
d. Kualitasnya lebih seragam.
e. Bersih dari kekeruhan, bakteri, lumut, atau tumbuhan dan binatang air.

Cara pengambilan air tanah yang paling tua dan sederhana adalah dengan membuat sumur gali (*dug wells*) dengan kedalaman lebih rendah dari posisi permukaan tanah. Jumlah air yang dapat diambil dari sumur gali biasanya terbatas dan yang diambil adalah air tanah dangkal. Untuk pengambilan yang lebih besar diperlukan luas dan kedalaman galian yang lebih besar. Sumur gali biasanya dibuat dengan kedalaman tidak lebih dari 5 – 8 m di bawah permukaan tanah. Cara ini cocok untuk daerah pantai, dimana air tawar berada di atas air asin. Perlu diperhatikan untuk sumur di daerah pantai, lengkung penurunan permukaan (*depression cone*) air tanah harus sekecil mungkin untuk menghindari tersedotnya air asin ke dalam sumur (intrusi) (Suripin, 2004).

Untuk pengambilan air tanah dengan jumlah cukup besar misalnya untuk daerah industri, cara yang banyak dipakai adalah dengan membuat sumur dalam (*deep wells*) yang pada umumnya terbuat dari pipa dan air yang diambil adalah air tanah dalam (*confined aquifer*).



Gambar 2.1 Cara Pengambilan Air Tanah dengan Sumur Dalam dan Sumur Dangkal (Suripin, 2004)

Wilayah Kota Yogyakarta secara morfologi termasuk dalam Lereng Kaki Gunung Merapi, memiliki wilayah yang relatif datar dengan kemiringan antara 0 s/d 2 %, dan berada pada ketinggian 114 meter di atas permukaan laut. Sebagian wilayah yaitu seluas 1.657 hektar terletak pada ketinggian kurang dari 100 meter dari permukaan air laut, sedangkan sisanya yaitu seluas 1.593 hektar berada pada ketinggian antara 100 sampai 199 meter dari permukaan air laut.

Ditinjau dari sisi geohidrologi, wilayah Kota Yogyakarta terletak pada sistem cekungan air tanah Yogyakarta. Akuifer – akuifer yang berkembang pada cekungan ini adalah multi layer akuifer, dengan jenis akuifernya adalah akuifer bebas sampai akuifer setengah tertekan. Akuifer – akuifer pada cekungan ini dibentuk oleh endapan – endapan hasil aktivitas Gunung Merapi yang berumur kuarter, dengan endapan – endapannya yang belum terkonsolidasi dengan kuat.

Pemakaian air bersih untuk wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta, sebagian besar menggunakan sumber air tanah, kecuali di bidang pertanian lebih banyak menggunakan sumber air permukaan. Dari kelima wilayah setingkat kabupaten di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, Wilayah Kota Yogyakarta merupakan pemakai tertinggi air bersih yang bersumber dari air tanah. Terutama untuk keperluan domestik, rumah tangga dan industri.

2.2 Sumur Gali

Sumur gali menurut Departemen Kesehatan RI (1997 : 20) adalah salah satu sarana penyediaan air bersih dengan cara menggali tanah sampai mendapatkan lapisan air dengan kedalaman tertentu yang terdiri dari bibir sumur, dinding sumur, lantai sumur, saluran air limbah, dan dilengkapi dengan kerekan timba dengan gulungannya atau pompa. Sumur gali yang dipakai di kalangan masyarakat sebagian besar berupa sumur gali terbuka. Ditinjau dari segi kesehatan sumur gali ini memang kurang baik bila cara – cara pembuatannya tidak pernah diperhatikan karena mempunyai kemampuan bear akan tercemar oleh mikroba ataupun zat kimia dari lingkungan sekitarnya.

Sumur gali merupakan salah satu sumber air. Keberadaan sumber air ini harus dilindungi dari aktivitas manusia maupun hal lain yang dapat mencemari air. Sumber air ini harus memiliki tempat (lokasi) dan konstruksi yang terlindung dari drainase permukaan dan banjir. Bila sarana air bersih ini dibuat dengan memenuhi persyaratan kesehatan, maka diharapkan pencemaran dapat dikurangi, sehingga kualitas air yang diperoleh menjadi lebih baik (Suripin, 2004).

Tipe sumur gali ada dua macam, yaitu :

a. Tipe I

Dipilih apabila keadaan tanah tidak menunjukkan gejala mudah retak atau runtuh. Dinding atas dibuat dari pasangan bata/ batako/ batu belah dengan tinggi 80 cm dari permukaan lantai, dinding bawah dari bahan yang sama atau pipa beton sedalam minimal 300 cm.

b. Tipe II

Dipilih apabila keadaan tanah menunjukkan gejala mudah retak dan runtuh, dinding atas terbuat dari pasangan bata/ batako/ batu belah setinggi 80 cm dari permukaan lantai. Dinding bawah sampai kedalaman sumur dari pipa beton minimal sedalam 300 cm dari permukaan lantai dari pipa beton kedap air dan sisanya dari pipa beton berlubang.

2.3 Pengelolaan Air Tanah

Dalam rangka menjaga kelestarian air tanah, maka perlu dijaga keseimbangan antara pengisian dan pengambilannya.

a. Pengisian air tanah secara buatan. Walaupun telah dibangun bendungan pada suatu sungai, sebagian dari air yang mengalir pada musim hujan (khususnya pada tahun basah), masih terbuang keluar waduk. Kelebihan air ini menjadi mubazir dan hanya dapat digunakan melalui konservasi dengan menyimpannya dalam tanah melalui pengisian buatan dan menggunakannya pada tahun – tahun kering. Pengisian buatan akuifer merupakan usaha yang penting untuk meningkatkan volume air tanah dan merupakan alat untuk manajemen sistem air bersih. Simpanan air tanah ini merupakan sumber air yang dapat diandalkan untuk menambah air permukaan yang ada. Kemampuan tanah untuk menyimpan air tergantung dari volume pori – pori tanah dan tinggi muka air tanah.

   Pengisian *reservoir* air tanah secara buatan dapat dipakai untuk :

   (a) Menyimpan kelebihan aliran permukaan menjadi air tanah
   (b) Memperbaiki kualitas air tanah dengan mencampur air tanah lokal dengan air pengisian
   (c) Pemurnian dan reklamasi saluran pembuang (*sewage effluent*)
   (d) Membentuk tabir tekanan untuk mencegah intrusi air asin
   (e) Meningkatkan produksi pertanian dengan terjaminnya air irigasi

(f) Menurunkan biaya pemompaan air tanah karena kedalaman air tanah kecil

(g) Mencegah terjadinya penurunan muka tanah (*land subsidence*)

Syarat – syarat fisik yang diperlukan untuk pelaksanaan pengisian air tanah buatan antara lain :

(a) Tersedia akuifer dengan kapasitas dan permeabilitas yang memadai. Jika air tanah dekat dengan permukiman maka tidak cocok untuk dilakukan pengisian buatan, karena tidak teredia cukup kapasitas tampungan

(b) Tersedia cukup air untuk melakukan pengisian

(c) Pemompaan air tidak boleh berlebihan sehingga tingkat penyembuhannya rendah

(d) Kualitas air yang diisikan harus memadai dibanding air tanah yang ada sehingga air tanah yang dihasilkan berkualitas baik

b. Pengendalian pengambilan air tanah. Pengambilan air tanah melalui sumur – sumur akan mengakibatkan lengkung penurunan muka air tanah (*depression cone*). Semakin besar laju pengambilan air tanah semakin curam lengkung permukaan air tanah yang terjadi di sekitar sumur sampai tercapai keseimbangan baru jika terjadi pengisian dari daerah resapan. Keseimbangan baru ini dapat terjadi hanya jika laju pengambilan air tanah lebih kecil dari pengisian oleh air hujan pada daerah resapan. Akan tetapi kalau laju pengambilan air tanah dari sejumlah sumur jauh lebih besar dari pengisiannya, maka lengkung – lengkung penurunan muka air tanah antara sumur satu dengan lainnya akan menyebabkan terjadinya penurunan muka air tanah secara permanen (Suripin, 2004).

2.4 Kualitas Air

Air di alam sangat jarang ditemukan dalam keadaan murni. Sekalipun air hujan meskipun awalnya murni telah mengalami reaksi dengan gas – gas di udara

dalam perjalannya menuju bumi dan dalam tanah. Kualitas air menyatakan tingkat kesesuaian air terhadap penggunaan tertentu dalam memenuhi kebutuhan hidup manusia, mulai dari air untuk memenuhi kebutuhan langsung yaitu air minum, mandi dan cuci, air irigasi atau pertanian, peternakan, perikanan, rekreasi dan transportasi. Kualitas air mencakup tiga karakeristik yaitu fisik, kima, dan biologi.

a. Karakteristik Fisik

Karakteristik fisik yang terpenting yang mempengaruhi kualitas air ditentukan oleh bahan padat keseluruhan yang terapung maupun yang terlarut, kekeruhan, warna, bau dan rasa, serta temperatur (suhu) air.

(a) Bahan padat keseluruhan. Koloid mempengaruhi kualitas air dalam proses koagulasi dan filtrasi. Material layang dapat diukur dengan melakukan proses penyaringan, sedangkan material terlarut dapat diukur dengan penguapan.

(b) Pengaruh kandungan sedimen dalam air terhadap pertanian bergantung pada sifat – sifat dan asal – usul bahan sedimen. Sedimen yang berasal dari erosi lahan yang subur akan mempersubur dan memperbaiki tekstur tanah tempatnya mengendap. Sebaliknya, sedimen berasal dari erosi lahan tandus akan memiskinkan lahan yang diendapinya. Untuk keperluan air minum, kandungan sedimen akan mempengaruhi biaya pengolahan. Kandungan sedimen yang tinggi pada air akan mempercepat pendangkalan saluran, sungai, waduk, dan badan – badan air lainnya. Sementara itu air tanah dan air yang berasal dari waduk kurang mengandung sedimen kurang baik untuk air irigasi, tapi lebih menguntungkan untuk sumber air minum.

(c) Kekeruhan. Air yang mengandung material kasat mata dalam larutan disebut keruh. Kekeruhan dalam air terdiri dari lempung, liat, bahan organik, dan mikro organisme. Kekeruhan terutama disebabkan oleh terjadinya erosi tanah di DAS maupun aliran sungai/saluran. Air sungai biasanya lebih keruh pada saat terjadi hujan lebat dibandingkan pada saat keadaan normal. Kekeruhan tergantung pada pada konsentrasi partikel – partikel padat yang ada dalam air. Tingkat kekeruhan biasanya

diukur dengan alat yang disebut turbidimeter. Kekeruhan untuk air minum dibatasi tidak lebih dari 10 mg/L (sekala silika), lebih baik kalau tidak lebih dari 5 mg/L.

(d) Warna. Air murni tidak berwarna, warna dalam air diakibatkan oleh adanya material yang larut atau koloid dalam suspensi atau mineral. Air yang mengalir melewati rawa atau tanah yang mengandung mineral dimungkinkan untuk mengambil warna material tersebut. Batas intensitas warna yang dapat diterima adalah 5 mg/L. Sinar matahari secara alamiah mempunyai sifat disinfeksi dan menggelantang pada bahan pewarna air, tetapi pengaruhnya hanya pada kedalaman beberapa centimeter dari permukaan air keruh. Untuk air yang jernih, pengaruh penggelantangan dapat mencapai kedalaman 1,5 m.

(e) Bau dan rasa. Air murni tidak berbau dan tidak berasa, tetapi air minum idealnya tidak berbau boleh berasa. Rasa dalam air biasanya akbiat adanya garam – garam terlarut. Bau dan rasa yang timbul dalam air karena kehadiran mikro-organisme, bahan mineral, gas terlarut, dan bahan – bahan organik. Polusi dapat menimbulkan bau dan rasa yang tidak dikehendaki. Untuk menghilangkan bau dan rasa yang tidak dikehendaki dapat dilakukan dengan aerasi, pemakaian potassium permanganat, pemakaian karbon aktif, koagulasi, sedimentasi, dan filtrasi.

(f) Temperatur. Temperatur air merupakan hal yang penting dalam kaitannya dengan tujuan penggunaan, pengolahan untuk menghilangkan bahan – bahan pencemar serta pengangkutnya. Temperatur air tergantung pada sumbernya. Temperatur normal air di alam (tropis) sekitar 20 ºC sampai 30 ºC. Untuk sistem air bersih, temperatur ideal berkisar antara 5 ºC sampai 10 ºC (Suripin, 2004).

b. Karaktersitik Kimia

Air yang baru turun dari langit dalam bentuk hujan dan salju relatif murni. Begitu air mencapai dan mengalir di atas permukaan bumi yang

berupa lahan pertanian, permukiman, hutan, dan sebagainya atau meresap dan mengalir di bawah muka tanah, air melarutkan dan membawa serta bahan – bahan yang mudah larut dari tempat – tempat yang dilaluinya.

Kandungan bahan – bahan kimia yang ada di dalam air berpengaruh terhadap kesesuaian penggunaan air. Secara umum karakteristik kimiawi meliputi pH, alkalinitas, kation dan anion, serta kesadahan.

(a) pH. Sebagai pengukur sifat keasaman dan kebasaan air dinyatakan dengan nilai pH, yang didefinisikan sebagai logaritma dari pulang-baliknya konsentrasi ion-hidrogen dalam mol per liter. Air murni pada 24 °C ditimbang berkenaan dengan ion – ion H^+ dan ion – ion OH^- masing – masing memiliki kandungan 10^{-7} moles per liter. Dengan demikian pH air murni adalah 7. Air dengan pH diatas 7 bersifat asam dan pH di atas 7 bersifat basa. Nilai pH air dapat diukur dengan potensiometer yang mengukur potensi listrik yang dibangkitkan oleh ion – ion H^+ atau dengan bahan celup penunjuk warna misalnya *methyl orange* atau *phenolphtalein*.
(b) Alkalinitas. Kebanyakan air bersifat alkalin karena garam – garam alkalin sangat umum berada di tanah. Ketidakmurnian air ini akibat adanya karbonat dan bikarbonat dari kalsium, sodium, dan magnesium. Alkanlinitas dinyatakan dalam mg/L ekivalen kalsium karbonat. Keasaman air disebabkan adanya karbon dioksida dalam air. Hal ini diukur berdasarkan banyaknya kalsium karbonat yang diperlukan untuk menetralkan asam karbonat dan dinyatakan dalam mg/L.
(c) Kesadahan (*Hardness*). Kesadahan air merupakan hal yang sangat penting dalam penyediaan air bersih. Air dengan kesadahan tinggi mengandung karbonat dan sulfat atau klorida dan nitrat dari kalsium dan magnesium disamping besi dan aluminium. Kesadahan air sementara akibat keberadaan magnesium bikarbonat dan kalsium dapat dihilangkan dengan dididihkan atau menambahkan kapur dalam air. Kesadahan air permanen akibat adanya kalsium dan magnesium sulfat,

klorida, dan nitrat dapat dilunakkan dengan perlakuan khusus. Kesadahan air dapat dinyatakan dalam mg/L berat kalsium karbonat. (Suripin, 2004). Tabel 2.1 memperlihatkan klasifikasi derajat kekerasan air.

Tabel 2.1 Klasifikasi Derajat Kesadahan Air

Kelas	**1**	**2**	**3**	**4**
Kesadahan mg/L derajat kesadahan	0 – 55 Lunak	56 – 100 Sedikit sadah	101 – 200 Moderat sadah	201 – 500 Sangat sadah

c. Karakteristik Biologi

Air permukaan biasanya mengandung berbagai macam organisme hidup, sedangkan air tanah biasanya lebih bersih karena proses penyaringan akifer. Jenis – jenis organisme hidup yang mungkin terdapat dalam air meliputi makroskopik, mikroskopik, dan bakteri.

Spesies organisme makroskopik dapat dibedakan dengan mata telanjang, sedangkan organisme mikroskopik memerlukan alat bantu mikroskop untuk membedakan spesiesnya. Bakteri adalah organisme hidup yang sangat kecil dimana spesiesnya tidak dapat diidentifikasi sekalipun dengan alat bantu mikroskop. Bakteri yang dapat menimbulkan penyakit disebut bakteri pathogen, sedangkan yang tidak membahayakan bagi kesehatan disebut non-pathogen. *Eschercia coli* (*colon bacili* atau *coliform*) adalah bakteri non-pathogen yang hidup dalam usus binatang berdarah panas. Dalam air, bakteri ini biasanya bakteri ini mengeluarkan tinja sehingga keberadaannya di dalam air dapat dijadikan indikasi keberadaan bakteri pathogen. Kualitas air bersih ditentukan dengan keberadaan atau ketidakberadaan bakteri melalui *E-coli test.*

Organisme mikroskopik seperti jamur dan alga dapat ditemukan dalam air tanah. Alga adalah tumbuhan kecil yang hidup di air. Jika dalam jumlah besar dapat mempengaruhi kekeruhan dan warna air, disamping juga

memberi andil terhadap rasa dan bau air yang tidak dikehendaki. Pertumbuhan alga yang berlebihan dapat dikontrol dengan tembaga sulfat-sulfat atau klorida.

Organisme makroskopik seperti ganggang dan rumput laut dapat menurunkan kualitas air dalam hal rasa, warna, dan bau. Namun, dapat dihilangkan dalam proses purifikasi. Penebaran ikan dalam waduk –waduk dapat mengendalikan pertumbuhan organisme makroskopik dan beberapa mikroskopik. Dalam air terdapat juga virus, yaitu organisme penyebab infeksi yang lebih kecil dari bakteri secara umum. Virus dalam air biasanya dikendalikan dengan clorinasi dikombinasikan dengan proses penon-aktifan virus (Suripin, 2004).

2.5 Kesadahan Air Tanah

Menurut kandungan mineralnya, air dikelompokkan menjadi beberapa jenis yaitu air sadah dan air lunak. Air sadah adalah air yang mengandung beberapa garam-garam mineral yaitu kalsium dan magnesium yang konsentrasinya cukup tinggi. Sedangkan air lunak adalah air yang sedikit sekali mengandung garam-garam mineral seperti kalsium dan magnesium. Berdasarkan kandungan mineral maka air sadah dibagi dalam 2 (dua) golongan yaitu :

a. Air sadah sementara / temporer**,** ini disebabkan oleh bikarbonat atau mengandung senyawa kalsium bikarbonat dan atau magnesium bikarbonat. Dapat hilang dengan pemanasan air.
b. Air sadah tetap / permanen disebut pula kesadahan non karbonat. Kesadahan ini disebabkan oleh klorida atau sulfat yang bersenyawa dengan kalsium atau magnesium. Kesadahan ini tidak dapat dihilangkan dengan pemanasan, namun dapat dilakukan dengan cara kimia seperti, penambahan larutan soda kapur (Gabriel, 2001).

Kesadahan (*hardness*) merupakan sifat air yang disebabkan oleh adanya ion-ion (kation) logam valensi dua. Kation- kation ini dapat bereaksi dengan sabun membentuk endapan (presipitasi) maupun dengan anion-anion yang terdapat

didalam air membentuk kerak air dan endapan atau karat pada peralatan logam. Kesadahan dalam air terutama disebabkan oleh ion-ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} dan semua kation yang bermuatan dua seperti Mn dan Fe (Santika, 1987).

Pada umumnya air sadah berasal dari daerah dimana lapisan tanah atas (*topsoil*) tebal, dan ada pembentukan batu kapur. Yang dimaksudkan dengan kesadahan total adalah kesadahan yang disebabkan adanya ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} secara bersama-sama. Ini disebabkan karena kebanyakan kesadahan dalam air alam adalah disebabkan oleh dua kation tersebut. Sedangkan perairan lunak berada pada wilayah dengan lapisan tanah dan tipis dan batuan kapur relatif sedikit atau bahkan tidak ada (Effendi, 2003).

Pada perairan tawar, kation divalen yang paling berlimpah adalah kalsium dan magnesium, sehingga kesadahan pada dasarnya ditentukan oleh jumlah kalsium dan magnesium. Kalsium dan magnesium berikatan dengan anion penyusun alkalinitas, yaitu bikarbonat dan karbonat. Keberadaan kation lain, misalnya stronsium, besi valensi dua dan mangan juga memberikan konstribusi bagi nilai kesadahan total meskipun peranannya relatif kecil. Kesadahan dinyatakan dengan satuan mg/liter ($CaCO_3$) (Effendi, 2003).

Air sadah dapat menyebabkan konsumsi sabun lebih tinggi, karena adanya hubungan kimiawi antara ion kesadahan dengan molekul sabun yang menyebabkan sifat detergen sabun hilang. Kelebihan ion Ca^{2+} serta ion $(CO_3)^{2-}$ mengakibatkan terbentuknya kerak pada dinding pipa yang disebabkan oleh endapan kalsium karbonat $CaCO_3$. Kerak ini akan mengurangi penampang basah pipa yang dapat menyulitkan pemanasan air dalam ketel (Santika,1987).

2.6 Penentuan Kesadahan Air

Metode yang dapat dilakukan untuk penentuan kesadahan adalah metode titrasi EDTA (*Ethylene Diamene Tetra Asetat*). Garam dinatrium etilen diamin tetra asetat (EDTA) akan bereaksi dengan kation logam tertentu membentuk senyawa kompleks kelat yang larut. Pada pH 10,0 + 0,1, ion-ion kalsium dan magnesium dalam contoh uji akan bereaksi dengan indikator Eriochrome Black T (EBT) dan membentuk larutan berwarna merah keunguan. Jika Na_2EDTA ditambahkan

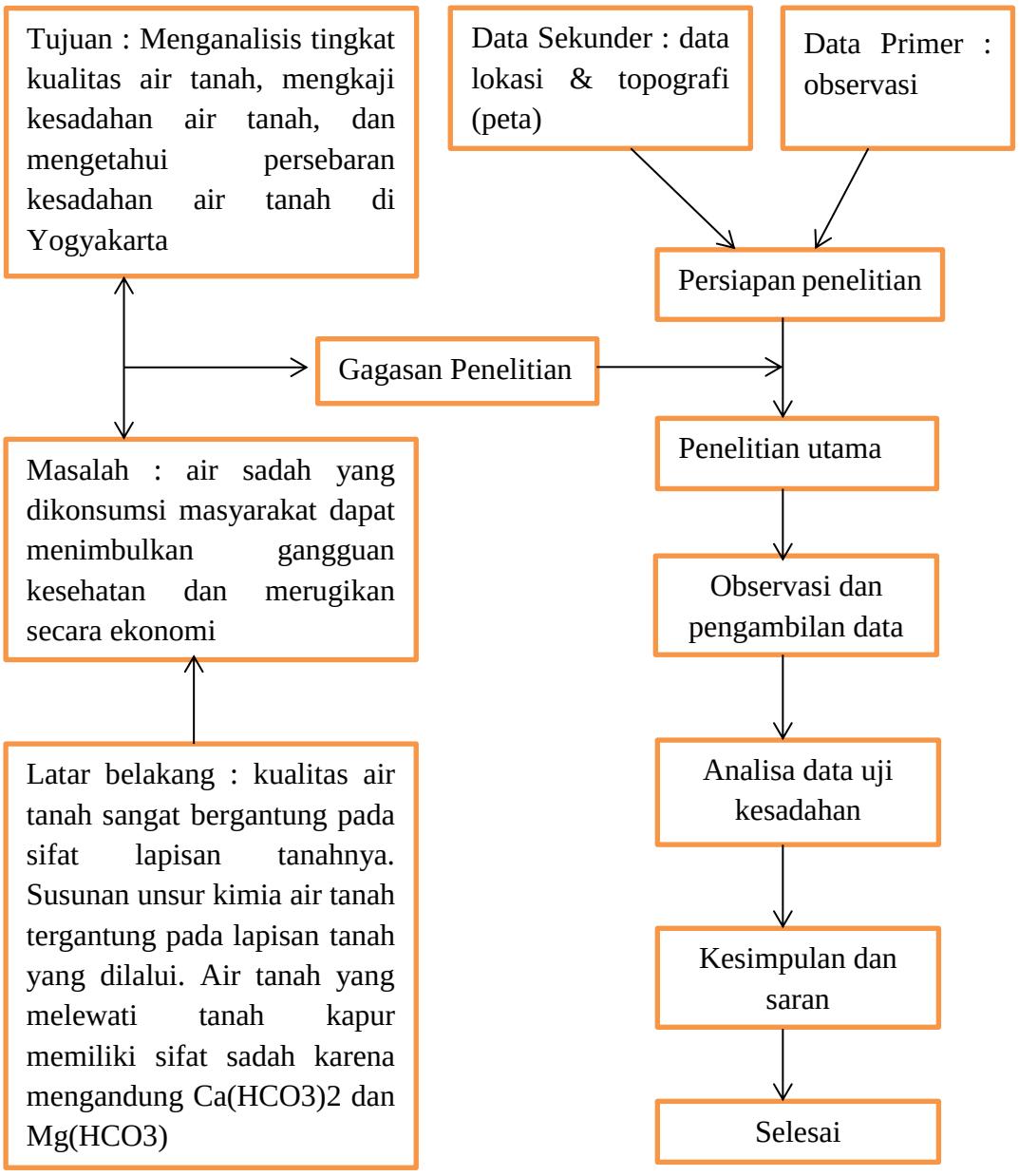
sebagai titran, maka ion-ion kalsium dan magnesium akan membentuk senyawa kompleks, molekul indikator terlepas kembali, dan pada titik akhir titrasi larutan akan berubah warna dari merah keunguan menjadi biru. Dari cara ini akan didapat kesadahan total (Ca + Mg). Kalsium dapat ditentukan secara langsung dengan EDTA bila pH contoh uji dibuat cukup tinggi (12 - 13), sehingga magnesium akan mengendap sebagai magnesium hidroksida dan pada titik akhir titrasi indikator Eriochrome Black T (EBT) hanya akan bereaksi dengan kalsium saja membentuk larutan berwarna biru. Dari cara ini akan didapat kadar kalsium dalam air (Ca).

BAB III

METODE PENELITIAN

1.1 Kerangka Penelitian

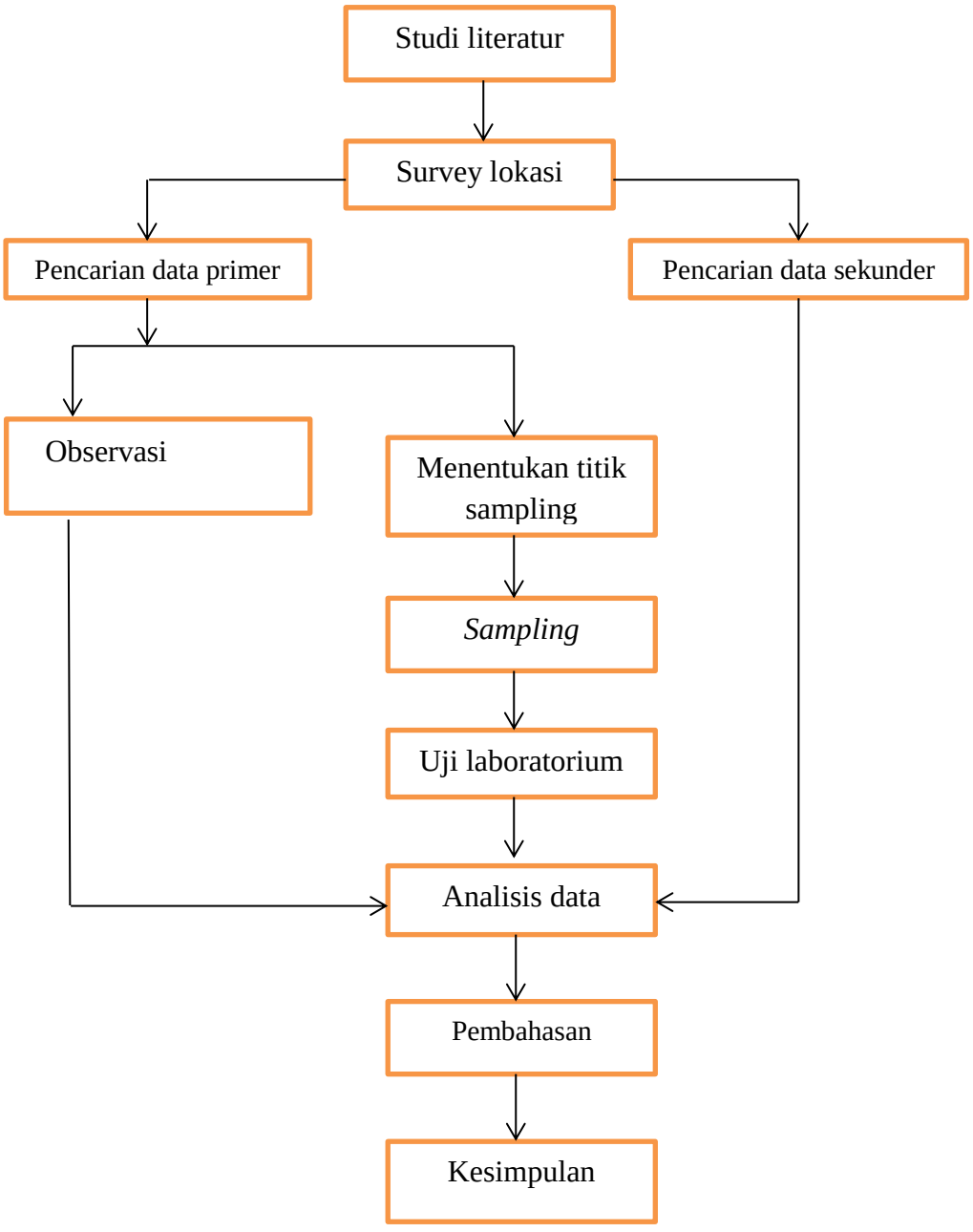
Penelitian dilakukan melalui tahapan penyusunan yang dirangkum dalam kerangka penelitian seperti Gambar 3.1 berikut :



Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

1.2 Diagram Alir Penelitian

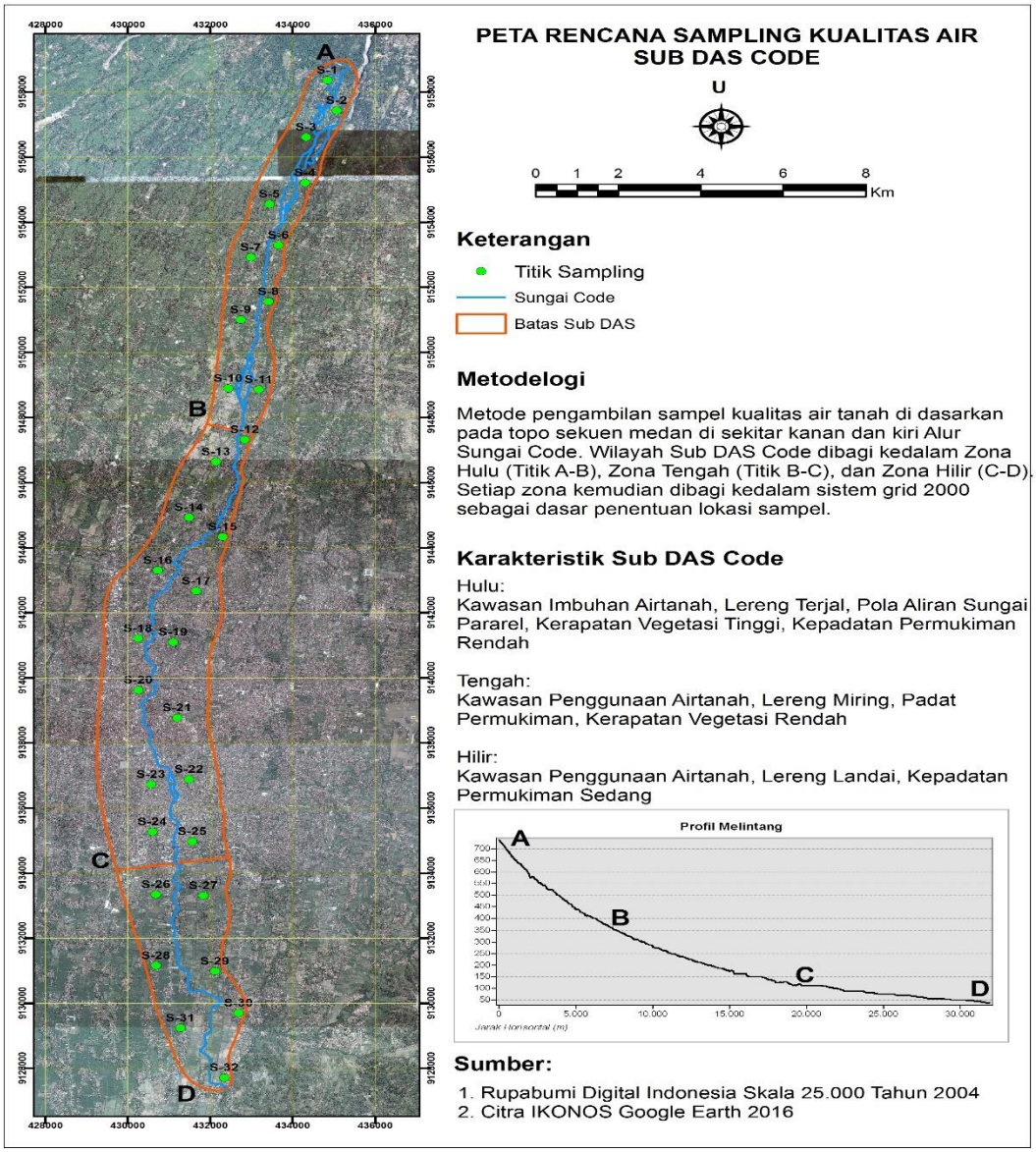
Digram alir penelitian menunjukkan garis besar langkah yang dilakukan selama penelitian. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.2 :



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

1.3 Lokasi dan Penelitian

Sampel uji kesadahan diambil dari beberapa sumur gali yang berada di wilayah Sub DAS Code Yogyakarta. Lokasi penelitian dilakukan sekala laboratorium di Laboratorium Kualitas Air Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia yang berada di Jalan Kaliurang Kilometer 14,5 Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Lokasi pengambilan titik sampling air tanah dapat dilihat pada Gambar 3.3 sebagai berikut :



Gambar 3.3 Lokasi Pengambilan Titik Sampling Air Tanah

Cara penentuan lokasi titik sampling menggunakan metode grid. Metode ini digunakan untuk memudahkan dalam hal menentukan lokasi pengambilan sampel air sumur supaya pengambilan air sumur merata di seluruh lokasi penelitian dan tidak melewati batas daerah penelitian. Lokasi penelitian di kelompokkan ke dalam 3 wilayah. Wilayah A-B merupakan daerah hulu yang berada di Kabupaten Sleman, wilayah B – C merupakan daerah tengah yang berada di sebagian wilayah Kabupaten Sleman dan Kota Yogyakarta, serta daerah C – D merupakan wilayah hilir yang berada di Kabupaten Bantul.

1.4 Pengumpulan Data

Pengujian yang dilakukan adalah uji kesadahan, dimana di dalamnya terdapat dua percobaan yaitu uji kesadahan total dan uji kesadahan kalsium. Setiap sampel akan diuji sebanyak tiga kali agar tingkat keakuratan pengujian lebih tinggi. Uji kesadahan dilakukan menggunakan metode Titrasi Kompleksometri dengan EDTA. Prinsip pengujian adalah kalsium dan magnesium dalam air dapat membentuk senyawa komplek dengan Etilen Diamine Tetra Asetat (EDTA) pada suatu pH tertentu. Untuk mengetahui titik akhir titrasi digunakan indikator logam yaitu indikator EBT dan Murexida.

1.5 Metode Pengambilan Contoh dan Pengawetan Sampel

Metode pengambilan contoh dan pengawetan sampel berpedoman pada SNI 06-2412-1991 tentang metode pengambilan contoh uji kualitas air. Selain itu juga menyesuaikan dengan parameter – parameter yang akan diambil dan diawetkan pada penelitian yang akan dilakukan.

1.6 Metode Pengujian Kesadahan

Penentuan nilai kesadahan harus menggunakan metode yang baku. Metode pengujian kesadahan mengacu pada SNI 06-6989.12-2004. Semua perlakuan sampel dan pengujian berpedoman SNI 06-6989.12-2004.

1.6.1 Standarisasi EDTA

N EDTA = $\frac{A\ x\ B}{C}$

Dimana :

A = 10 ml larutan standar Kalsium

B = konsentrasi larutan standar Kalsium

C = Volume titrasi EDTA (ml)

1.6.2 Kesadahan Total

$= \frac{1000}{V_{cu}}\ x\ V_{EDTA}(A)\ x\ M_{EDTA}\ x\ 100$

Dimana :

V_{cu} = Volume sampel (ml)

$V_{EDTA\ (A)}$ = Volume titrasi EDTA Kesadahan Total (ml)

M_{EDTA} = Konsentrasi EDTA

100 = Mr $CaCO_3$

1.6.3 Kesadahan Kalsium

$= \frac{1000}{V_{cu}}\ x\ V_{EDTA}(B) x\ M_{EDTA}\ x40$

Dimana :

V_{cu} = Volume sampel (ml)

$V_{EDTA\ (B)}$ = Volume titrasi EDTA Kesadahan Kalsium (ml)

M_{EDTA} = Konsentrasi EDTA

40 = Ar Ca

1.6.4 Kesadahan Magnesium

$= \frac{1000}{V_{cu}}\ x\ [v_{EDTA}\ (A) -\ V_{EDTA}\ (B)]\ x\ M_{EDTA}\ x\ 24{,}3$

Dimana :

V_{cu} = Volume sampel (ml)

$V_{EDTA\ (A)}$ = Volume titrasi EDTA Kesadahan Total (ml)

$V_{EDTA\ (B)}$ = Volume titrasi EDTA Kesadahan Kalsium (ml)

M_{EDTA} = Konsentrasi EDTA

24,3 = Ar Mg

1.7 Analisis Data

Data dicatat secara sistematis mulai dari data penelitian pendahuluan, hingga data pelaksanaan penelitian. Pengambilan dan analisis sampel dilakukan secara duplo (dua kali) untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat. Data yang diperoleh dari hasil analisa laboratorium dan parameter-parameter uji dikelompokkan secara *time series* yang terjadi. Data hasil analisis dipetakan berdasarkan letak geografisnya menggunakan *software* ArcGIS.

BAB IV
ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Lokasi Penelitian

Kajian kualitas air tanah mengambil lokasi penelitian di daerah Sub DAS Code Yogyakarta. Aliran Sungai Code mengarah dari utara ke selatan yang hulunya berada di lereng selatan Gunung Merapi (Sungai Boyong) dan mengalir membelah Koya Yogyakarta dengan muaranya berada di Sungai Opak Desa Kembangsongo. Wilayah penelitian dibagi menjadi 3 bagian yaitu hulu, tengah dan hilir. Dimana masing – masing wilayah mempunyai karakteristik yang berbeda. Wilayah hulu memiliki karakteristik berupa kawasan imbuhan air tanah, lereng terjal, pola aliran sungai pararel, kerapatan vegetasi tinggi, dan kepadatan permukiman rendah. Warga yang berada di wilayah hulu terutama yang berada di sekitar Sungai Boyong menggunakan mata air sebagai sumber air bakunya. Sistem distribusi menggunakan pipa yang dialirkan ke rumah – rumah warga, sehingga agak sulit menemukan bentuk fisik sumur gali sebagai lokasi penelitian. Sumur yang ada ada di wilayah penelitian biasanya digunakan untuk cadangan air baku jika mata air Sungai Boyong kering pada musim – musim tertentu. Wilayah tengah merupakan kawasan penggunaan air tanah, lereng miring, daerah padat pemukiman, dan kerapatan vegetasi rendah. Wilayah hilir mempunyai karakteristik berupa kawasan penggunaan air tanah, lereng landai, dan kepadatan penduduk sedang. Di bawah ini adalah lokasi pengambilan sampel air sumur :

Tabel 4.1 Lokasi Pengambilan Sampel Air Sumur

No	Nama Desa	Pemilik	Koordinat	
			X	Y
1	Girikerto	Ngatinem	-7º36.772’S	110º24.192’E
2	Purwobinangun	Silah	-7º37.080’S	110º24.455’E
3	Purwobinangun	Sutiman	-7º36.772’S	110º24.700’E
4	Donoharjo	Anggun	-7º41.280’S	110º23.503’E

No	Nama Desa	Pemilik	Koordinat	
			X	Y
5	Donoharjo	Soginem	-7º41.642'S	110º23.296'E
6	Sardonoharjo	Kelompok Peternak Sari Makmur	-7º42.050'S	110º23.772'E
7	Sardonoharjo	Surajiman	-7º42.098'S	110º24.304'E
8	Sinduharjo	Broto Hadi S.	-7º43.471'S	110º23.317'E
9	Sariharjo	Muji	-7º44.203'S	110º22.656'E
10	Sariharjo	Kuat Rejeki	-7º44.684'S	110º22.675'E
11	Sinduadi	Suhadi	-7º44.858'S	110º22.866'E
12	Condongcatur	Yanti	-7º44.992'S	110º23.204'E
13	Sinduadi	Tusiran	-7º45.298'S	110º22.494'E
14	Catur tunggal	Tugino	-7º45.934'S	110º22.953'E
15	Candibinangun	Tri	-7º40.665'S	110º23.681'E
16	Candibinangun	Mardi	-7º40.042'S	110º23.954'E
17	Harjobinangun	Sudipawiro	-7º40.577'S	110º24.498'E
18	Sinduadi	Wartini	-7º45.783'S	110º22.094'E
19	Terban	Ngadiman	-7º46.848'S	110º22.289'E
20	Gondokusuman	Warga Ledok Code	-7º47.212'S	110º22.097'E
21	Gondokusuman	Warga Ledok Code	-7º47.228'S	110º22.094'E
22	Gondokusuman	Warga Ledok Code	-7º47.254'S	110º22.091'E
23	Danurejan	Sumur Warga	-7º47.430'S	110º22.164'E
24	Danurejan	Sumur Warga	-7º47.642'S	110º22.143'E
25	Gondomanan	Suwarso	-7º48.100'S	110º22.249'E
26	Keparakan	Fajar	-7º48.844'S	110º22.375'E
27	Karangkajen	Agung	-7º49.357'S	110º22.274'E
28	Banguntapan	Yani	-7º49.946'S	110º22.586'E
29	Bangunharjo	Hari	-7º50.768'S	110º22.419'E
30	Timbulharjo	Waringah	-7º52.046'S	110º22.599'E
31	Trimulyo	Dariyah	-7º53.466'S	110º22.896'E
32	Trimulyo	Afiyatun	-7º52.841'S	110º23.411'E
33	Trimulyo	Istiyari	-7º53.540'S	110º23.221'E
34	Wonokromo	Mujirah	-7º52.315'S	110º23.320'E
35	Wonokromo	Aminah	-7º52.022'S	110º23.141'E
36	Banguntapan	Adiutomo	-7º51.193'S	110º23.139'E
37	Brontokusuman	Herni	-7º49.070'S	110º22.535'E
38	Wirogunan	Sumur Warga	-7º48.362'S	110º22.474'E

4.1.1 Kondisi Sumur Gali

Kondisi sumur gali di setiap lokasi penelitian mempunyai konstruksi dan keadaan yang berbeda – beda. Rata – rata sumur gali merupakan sumur tua atau sumur lama yang penggunaannya sudah berpuluh – puluh tahun. Konstruksi sumur rata – rata menggunakan buis beton, namun ada beberapa yang menggunakan tumpukan batu sebagai material konstruksinya. Di bawah ini adalah jenis – jenis dan konstruksi sumur di wilayah penelitian

Tabel 4.2 Jenis Sumur dan Konstruksi Sumur

Sumur	Nama Desa	Jenis Sumur	Konstruksi
1	Girikerto	Sumur gali	buis beton
2	Purwobinangun	Sumur gali	pasangan batu kali
3	Purwobinangun	Sumur gali	buis beton
4	Donoharjo	Sumur gali	buis beton
5	Donoharjo	Sumur gali	buis beton
6	Sardonoharjo	Sumur gali	buis beton
7	Sardonoharjo	Sumur gali	pasangan batu kali
8	Sinduharjo	Sumur gali	buis beton
9	Sariharjo	Sumur gali	buis beton
10	Sariharjo	Sumur gali	pasangan batu kali
11	Sinduadi	Sumur gali	buis beton
12	Condongcatur	Sumur gali	buis beton
13	Sinduadi	Sumur gali	buis beton
14	Catur Tunggal	Sumur gali	buis beton
15	Candibinangun	Sumur gali	buis beton
16	Candibinangun	Sumur gali	buis beton
17	Harjobinangun	Sumur gali	buis beton
18	Sinduadi	Sumur gali	buis beton
19	Terban	Sumur gali	buis beton
20	Gondokusuman	Sumur gali	buis beton
21	Gondokusuman	Sumur gali	buis beton
22	Gondokusuman	Sumur gali	buis beton

Sumur	Nama Desa	Jenis Sumur	Konstruksi
23	Danurejan	Sumur gali	buis beton
24	Danurejan	Sumur gali	buis beton
25	Gondomanan	Sumur gali	buis beton
26	Keparakan	Sumur gali	buis beton
27	Karangkajen	Sumur gali	buis beton
28	Banguntapan	Sumur gali	buis beton
29	Bangunharjo	Sumur gali	buis beton
30	Timbulharjo	Sumur gali	buis beton
31	Trimulyo	Sumur gali	buis beton
32	Trimulyo	Sumur gali	buis beton
33	Trimulyo	Sumur gali	buis beton
34	Wonokromo	Sumur gali	buis beton
35	Wonokromo	Sumur gali	buis beton
36	Banguntapan	sumur bor	-
37	Brontokusuman	Sumur gali	buis beton
38	Wirogunan	Sumur gali	buis beton

4.2 Kondisi Air Tanah di Sub DAS Code

Populasi penelitian adalah sumur warga yang terletak di sepanjang Sub DAS Code Yogyakarta sebanyak 38 sumur. Analisa data terkumpul dilakukan secara deskriptif yang disertai dengan tabel narasi dan pembahasan serta diambil kesimpulan. Berikut adalah kondisi air tanah di Sub DAS Code :

4.2.1 Temperatur

Temperatur air tergantung pada sumbernya. Temperatur normal air di alam (tropis) sekitar 20 ºC sampai 30 ºC. Di bawah ini adalah temperatur air di Sub DAS Code :

Tabel 4.3 Temperatur Air Tanah di Sub DAS Code

Sumur	Nama Desa	Suhu (°C)
1	Girikerto	23
2	Purwobinangun	24
3	Purwobinangun	24
4	Donoharjo	27
5	Donoharjo	27
6	Sardonoharjo	27
7	Sardonoharjo	27
8	Sinduharjo	27
9	Sariharjo	28
10	Sariharjo	27
11	Sinduadi	27
12	Condongcatur	27,5
13	Sinduadi	27
14	Catur Tunggal	29
15	Candibinangun	27
16	Candibinangun	25
17	Harjobinangun	25
18	Sinduadi	26
19	Terban	27
20	Gondokusuman	27
21	Gondokusuman	28
22	Gondokusuman	27
23	Danurejan	29
24	Danurejan	28
25	Gondomanan	30
26	Keparakan	29
27	Karangkajen	27
28	Banguntapan	27
29	Bangunharjo	27
30	Timbulharjo	27

Sumur	Nama Desa	Suhu (°C)
31	Trimulyo	28
32	Trimulyo	28
33	Trimulyo	30
34	Wonokromo	28
35	Wonokromo	29
36	Banguntapan	29
37	Brontokusuman	29
38	Wirogunan	29

Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 mengatur bahwa syarat suhu dalam kualitas air minum adalah suhu udara ± 3 ºC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu air tanah di Sub DAS Code masih sesuai dengan baku mutu yang ada. Analisis data dilakukan untuk mengetahui ada atau tidaknya hubungan suhu dengan nilai kesadahan total air tanah di daerah penelitian. Analisis data menggunakan analisis korelasi. Berikut analisis korelasi antara suhu dan nilai kesadahan air tanah :

Tabel 4.4 Korelasi Suhu dan Kesadahan Total

	Suhu (C)	*Kesadahan Total*
Suhu (C)	1	
Kesadahan Total	0,62163676	1

Uji korelasi dimaksudkan untuk melihat hubungan dari dua hasil pengukuran atau dua variabel yang diteliti. Analisis nilai koefisien korelasi berada diantara -1 sampai dengan 1. Jika nilai korelasinya menunjukkan angka negatif ini menunjukkan hubungan variabel X dan Y mempunyai hubungan negatif atau berlawanan arah yaitu dengan adanya kenaikan variabel X maka akan diikuti dengan penurunan variabel Y begitu pula sebaliknya, serta jika angka korelasinya menunjukkan angka positif ini menunjukkan hubungan variabel X dan Y mempunyai hubungan positif atau searah yaitu dengan adanya kenaikan variabel X maka akan diikuti pula dengan kenaikan variabel Y begitu pula sebaliknya. Jika nilai korelasi mendekati angka nol berarti menggambarkan bahwa hubungan dua variabel tersebut semakin lemah. Tetapi jika angka korelasinya semakin menjauh dari angka nol yaitu mendekati angka 1 atau -1 berarti hubungan dua variabel tersebut semakin kuat.

Untuk mengetahui apakah nilai korelasi tersebut bermakna atau tidak, maka didiskusikan dengan tabel r menggunakan signifikasi 5% ($\alpha = 0,05$) dengan derajat bebas (n-2) yang berarti 38 – 2 = 36. Artinya, dilihat pada tabel dengan n = 36 dengan tingkat signifikasi 5 % yaitu sebesar 0,2709. Dengan nilai tersebut menunjukkan bahwa r hitung > r tabel (0,62 > 0,2709). Hasil analisis menunjukkan

bahwa ada hubungan antara suhu dan nilai kesadahan dikarenakan hasil analisis mempunyai nilai 0,62, walaupun hubungan pengaruhnya hanyalah kecil karena hasil yang tidak mendekati 1 atau -1. Perbedaan suhu di setiap lokasi dipengaruhi oleh beberapa faktor. Suhu di wilayah hulu Sub DAS Code menunjukkan nilai yang kecil, hal ini bisa dipengaruhi oleh masih banyaknya vegetasi di hulu sehingga air yang dihasilkan mempunyai suhu yang relatif kecil. Pengaruh suhu yang lain adalah ada beberapa air tanah yang pengambilannya melalui kran, dimana air tersebut telah ditampung dalam bak penampungan. Bak penampungan (tandon) tersebut terletak di luar ruangan, sehingga terkena panas matahari yang berpengaruh pada nilai suhu air tanah yang ada.

4.2.2 Derajat Keasaman atau pH

Sebagai pengukur sifat keasaman dan kebasaan air dinyatakan dengan nilai pH, yang didefinisikan sebagai logaritma dari pulang-baliknya konsentrasi ion-hidrogen dalam mol per liter. Dengan demikian pH air murni adalah 7. Air dengan pH diatas 7 bersifat asam dan pH di atas 7 bersifat basa. Pengukuran pH di lapangan menggunakan pH meter. pH merupakan parameter yang harus diukur langsung di lapangan. Berikut adalah nilai pH dalam air tanah di Sub DAS Code :

Tabel 4.5 pH Air Tanah di SUB DAS Code

Sumur	Nama Desa	pH
1	Girikerto	6,6
2	Purwobinangun	6,8
3	Purwobinangun	6,7
4	Donoharjo	7,2
5	Donoharjo	7,2
6	Sardonoharjo	7,2
7	Sardonoharjo	7
8	Sinduharjo	7,5
9	Sariharjo	8,1
10	Sariharjo	7,1
11	Sinduadi	7,3
12	Condongcatur	6,9
13	Sinduadi	7,3
14	Catur Tunggal	6,9
15	Candibinangun	7,1
16	Candibinangun	7,2
17	Harjobinangun	6,8
18	Sinduadi	7,2
19	Terban	7,2
20	Gondokusuman	7,3
21	Gondokusuman	7,3
22	Gondokusuman	7,2
23	Danurejan	6,6
24	Danurejan	6,8
25	Gondomanan	6,5
26	Keparakan	7
27	Karangkajen	6,8
28	Banguntapan	7
29	Bangunharjo	6,5
30	Timbulharjo	6,6

Sumur	Nama Desa	pH
31	Trimulyo	6,6
32	Trimulyo	7
33	Trimulyo	6,6
34	Wonokromo	6,8
35	Wonokromo	6,7
36	Banguntapan	6,7
37	Brontokusuman	6,7
38	Wirogunan	7

Permenkes No. 492 Tahun 2010 mengatur bahwa baku mutu pH untuk air minum adalah 6,5 – 8,5. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH air tanah di wilayah penelitian di bawah baku mutu. Seperti yang diketahui bahwa pH air yang terlalu asam dapat mengakibatkan larutnya mineral – mineral batuan dan tanah yang dilewati air tersebut. Sehingga kandungan mineral dalam air tanah tinggi. Pernyataan ini diperkuat oleh pengolahan data menggunakan analisa korelasi, dimana pengolahan data ini menghubungkan ada atau tidaknya pengaruh pH terhadap kesadahan

Tabel 4.6 Analisis Korelasi pH dan Kesadahan Total

	pH	*Kesadahan Total*
PH	1	
Kesadahan Total	-0,200560807	1

Analisis korelasi menunjukkan hasil mendekati -1 dengan hasil pengolahan data sebesar -0,2 yang menunjukkan adanya hubungan antara nilai kesadahan dan pH air tanah. Nilai pH air tanah yang masih dalam batas aman berpengaruh pada nilai kesadahan yang juga masih berada di bawah baku mutu.

4.2.3 *Total Dissolved Solid (TDS)*

TDS adalah singkatan dari *Total Dissolved Solid* dan mewakili jumlah kandungan zat yang terlarut dalam air. Satuan biasanya miligram per liter (mg/L). Zat yang umum yang dapat ditemukan dalam air termasuk natrium (garam), kalsium, magnesium, kalium, karbonat, nitrat, bikarbonat, klorida dan sulfat. Dalam jumlah tertentu zat ini dibutuhkan oleh tubuh manusia. Berikut adalah kadar TDS di Sub DAS Code :

Tabel 4.7 Nilai TDS Air Tanah Sub DAS Code

Sumur	Nama Desa	TDS (mg/L)
1	Girikerto	80
2	Purwobinangun	126
3	Purwobinangun	75
4	Donoharjo	96
5	Donoharjo	105
6	Sardonoharjo	123
7	Sardonoharjo	133
8	Sinduharjo	113
9	Sariharjo	232
10	Sariharjo	232
11	Sinduadi	150
12	Condongcatur	280
13	Sinduadi	316
14	Catur Tunggal	293
15	Candibinangun	151
16	Candibinangun	79
17	Harjobinangun	83
18	Sinduadi	248
19	Terban	269
20	Gondokusuman	287
21	Gondokusuman	288
22	Gondokusuman	278
23	Danurejan	305
24	Danurejan	284
25	Gondomanan	264
26	Keparakan	250
27	Karangkajen	430
28	Banguntapan	334
29	Bangunharjo	304

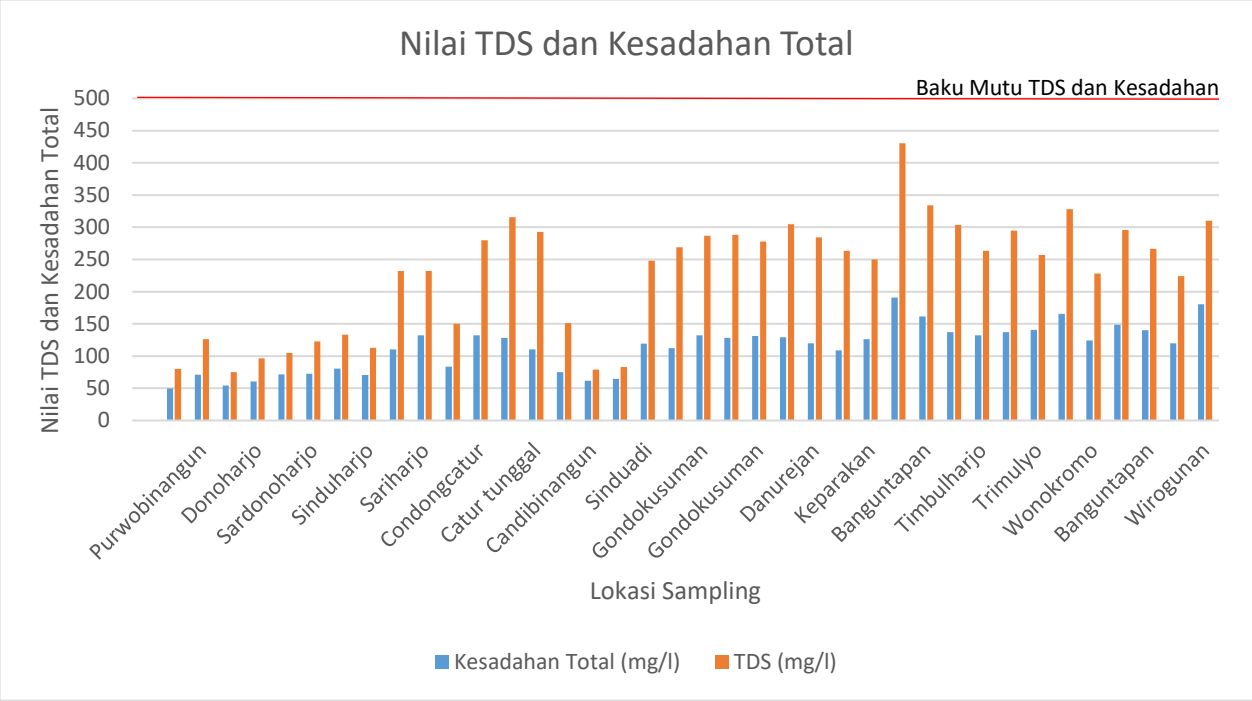
Sumur	Nama Desa	TDS (mg/L)
30	Timbulharjo	264
31	Trimulyo	295
32	Trimulyo	257
33	Trimulyo	328
34	Wonokromo	228
35	Wonokromo	296
36	Banguntapan	267
37	Brontokusuman	224
38	Wirogunan	310

Hasil penelitian air tanah di Sub DAS Code memiliki nilai TDS di bawah baku mutu yang ditetapkan pemerintah melalui Permenkes No. 492 Tahun 2010 sebesar 500 mg/L. Pengolahan data menggunakan metode analisa korelasi dua variabel dapat memperkirakan ada atau tidaknya hubungan antara tingkat TDS yang tinggi dan kesadahan total.

Tabel 4.8 Analisis Korelasi Nilai TDS dan Kesadahan Total

	TDS (mg/L)	*Kesadahan Total*
TDS (mg/L)	1	
Kesadahan Total	0,9454931	1

Hasil analisa korelasi menunjukkan adanya hubungan antara kesadahan total dan nilai TDS yaitu sebesar 0,945. Hal ini mengindikasikan adanya hubungan antara nilai kesadahan total dan padatan terlarut (TDS). Padatan terlarut dapat menghasilkan air dengan kesadahan/kekerasan tinggi, yang meninggalkan endapan pada peralatan rumah tangga, pipa air, dan lain-lain. Sabun dan detergen kurang menghasilkan busa yang banyak apabila TDS terlalu tinggi. Namun, walaupun TDS sendiri mungkin hanya faktor estetis (rasa) dan teknis, konsentrasi tinggi TDS adalah indikator bahwa kontaminan berbahaya, seperti zat sulfat dan bromida arsenik juga dapat hadir di dalam air. Berikut adalah nilai padatan terlaut dan kesadahan total :



Gambar 4.1 Grafik Nilai TDS dan Kesadahan Total

4.2.4 Kesadahan Air Tanah

Kesadahan dalam air sebagian besar berasal dari kontaknya dengan tanah dan pembentukan batuan. Umumnya air sadah berasal dari daerah dimana lapisan tanah atas tebal dan adanya pembentukan kapur. Kesadahan total adalah yang disebabkan oleh adanya ion Ca dan Mg secara bersama – sama. Air hujan sebenarnya tidak memiliki kemampuan untuk melarutkan ion-ion penyusun kesadahan yang banyak terikat di dalam tanah dan batuan kapur (*limestone*), meskipun memiliki kadar karbon dioksida yang relatif tinggi. Larutnya ion-ion yang dapat meningkatkan nilai kesadahan tersebut lebih banyak disebabkan oleh aktivitas bakteri di dalam tanah, yang banyak mengeluarkan karbondioksida.

Keberadaan karbondioksida membentuk kesetimbangan dengan asam karbonat. Pada kondisi yang relatif asam, senyawa-senyawa karbonat yang terdapat di dalam tanah dan batuan kapur yang sebelumnya tidak larut berubah menjadi senyawa bikarbonat yang bersifat larut. Batuan kapur pada dasarnya tidak hanya

mengandung karbonat, tetapi juga mengandung sulfat, klorida dan silikat. Ion-ion ini juga ikut terlarut dalam air.

Perairan dengan nilai kesadahan tinggi pada umumnya merupakan perairan yang berada di wilayah yang memiliki lapisan tanah pucuk *(top soil)* tebal dan batuan kapur. Perairan lunak berada pada wilayah dengan lapisan tanah atas yang tipis dan batuan kapur relatif sedikit atau bahkan tidak ada.

Terdapat dua pengujian yang dilakukan untuk mengetahui nilai kesadahan yaitu uji kesadahan total dan uji kesadahan kalsium. Pengujian setiap sampel dilakukan tiga kali pengulangan supaya tingkat keakuratan pengujian lebih tinggi. Uji kesadahan dilakukan menggunakan metode Titrasi Kompleksometri dengan EDTA. Prinsip pengujian adalah Kalsium dan Magnesium dalam air dapat membentuk senyawa komplek dengan Etilen Diamine Tetra Asetat (EDTA) pada suatu pH tertentu. Untuk mengetahui titik akhir titrasi digunakan indikator logam yaitu indikator EBT dan Murexida.

Perhitungan Kesadahan Total :

$$= \frac{1000}{V_{cu}} \; x \; V_{EDTA}(A) \; x \; M_{EDTA} \; x \; 100$$

$$= \frac{1000}{100} \; x \; 5{,}03 \; mL(A) x 0{,}0099 x \; 100 = 49{,}83 \text{ mg/L } CaCO_3$$

Dimana :

V_{cu} = Volume sampel (mL)

$V_{EDTA\ (A)}$ = Volume titrasi EDTA Kesadahan Total (mL)

M_{EDTA} = Konsentrasi EDTA

100 = mr $CaCO_3$

Berikut adalah nilai kesadahan total air tanah di Sub DAS Code Yogyakarta :

Tabel 4.9 Kesadahan Total Air Tanah di Sub DAS Code

No	Nama Desa	Kesadahan Total (mg/L)
1	Girikerto	49,83
2	Purwobinangun	71,28
3	Purwobinangun	54,12
4	Donoharjo	60,6
5	Donoharjo	71,61
6	Sardonoharjo	72,6
7	Sardonoharjo	80,52
8	Sinduharjo	70,62
9	Sariharjo	110,22
10	Sariharjo	132,33
11	Sinduadi	83,49
12	Condongcatur	132,33
13	Sinduadi	128,04
14	Catur tunggal	110,55
15	Candibinangun	75,24
16	Candibinangun	61,71
17	Harjobinangun	64,68
18	Sinduadi	119,13
19	Terban	112,2
20	Gondokusuman	132,33
21	Gondokusuman	128,04
22	Gondokusuman	131,34
23	Danurejan	129,03
24	Danurejan	119,79
25	Gondomanan	108,9
26	Keparakan	126,06
27	Karangkajen	191,07
28	Banguntapan	161,7
29	Bangunharjo	137,28
30	Timbulharjo	132
31	Trimulyo	137,28
32	Trimulyo	140,91
33	Trimulyo	165,66
34	Wonokromo	124,41
35	Wonokromo	148,83
36	Banguntapan	140,25
37	Brontokusuman	119,79
38	Wirogunan	180,51

Pemerintah melalui Permenkes No. 492 Tahun 2010 mengatur persyaratan kualitas air minum berdasarkan parameter kesadahan dengan baku mutu 500 mg/L. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kesadahan air tanah di wilayah Sub Das Code masih di bawah baku mutu yang ditetapkan oleh Kementerian Kesehatan RI. Penelitian tidak hanya berfokus pada nilai kesadahan total saja, namun juga pada nilai kesadahan kalsium dan kesadahan magnesium. Karena dua hal tersebut merupakan unsur pembentuk kesadahan total. Seperti yang kita ketahui bahwa unsur Ca dan Mg yang berlebihan dalam air dapat menimbulkan banyak kerugian seperti dapat menimbulkan kerak di bagian bawah alat memasak. Timbulnya kerak pada peralatan memasak ataupun peralatan industri tentunya dapat mengurangi efisiensi dalam pekerjaan.

Perhitungan Kesadahan Kalsium

$$= \frac{1000}{V_{cu}}\ x\ V_{EDTA}(B) x\ M_{EDTA}\ x40$$

$$= \frac{1000}{100\ ml}\ x\ 4{,}03\ ml(B) x\ 0{,}0099 x40 = 15{,}97 \text{ mg/L Ca}$$

Dimana :

V_{cu} = Volume sampel (mL)

$V_{EDTA\ (B)}$ = Volume titrasi EDTA Kesadahan Kalsium (mL)

M_{EDTA} = Konsentrasi EDTA

40 = Ar Ca

Perhitungan Kesadahan Magnesium

$$= \frac{1000}{V_{cu}}\ x\ [v_{EDTA}\ (A) -\ V_{EDTA}\ (B)]\ x\ M_{EDTA}\ x\ 24{,}3$$

$$= \frac{1000}{100}\ x\ [5{,}03(A) - 4{,}03(B)]\ 0{,}0099x\ 24{,}3 = 2{,}41\ mg/L$$

Dimana :

V_{cu} = Volume sampel (ml)

$V_{EDTA\ (A)}$ = Volume titrasi EDTA Kesadahan Total (ml)

$V_{EDTA\ (B)}$ = Volume titrasi EDTA Kesadahan Kalsium (ml)

M_{EDTA} = Konsentrasi EDTA

24,3 = Ar Mg

Di bawah ini adalah nilai kesadahan Calsium dan Kesadahan Magnesium :

Tabel 4.10 Nilai Kesadahan Kalsium dan Magnesium

No	Nama Desa	Kesadahan Kalsium (mg/L)	Kesadahan Magnesium (mg/L)
1	Girikerto	15,97	2,41
2	Purwobinangun	21,25	4,41
3	Purwobinangun	16,5	3,13
4	Donoharjo	15,71	5,05
5	Donoharjo	18,88	5,93
6	Sardonoharjo	15,58	8,18
7	Sardonoharjo	23,63	5,21
8	Sinduharjo	16,1	7,38
9	Sariharjo	23,5	12,51
10	Sariharjo	32,21	12,59
11	Sinduadi	21,12	7,46
12	Condongcatur	39,47	8,18
13	Sinduadi	33,53	10,75
14	Catur Tunggal	35,9	5,05
15	Candibinangun	21,25	5,37
16	Candibinangun	15,71	5,45
17	Harjobinangun	17,69	4,97
18	Sinduadi	33,79	8,42
19	Terban	30,1	8,98
20	Gondokusuman	36,56	9,94
21	Gondokusuman	33,79	10,59
22	Gondokusuman	36,17	9,94
23	Danurejan	33,92	10,75

No	Nama Desa	Kesadahan Kalsium (mg/L)	Kesadahan Magnesium (mg/L)
24	Danurejan	30,23	10,75
25	Gondomanan	27,85	9,54
26	Keparakan	39,73	6,50
27	Karangkajen	47,78	17,39
28	Banguntapan	37,49	16,55
29	Bangunharjo	39,86	9,14
30	Timbulharjo	33,26	11,88
31	Trimulyo	32,21	13,76
32	Trimulyo	35,64	12,58
33	Trimulyo	45,80	12,41
34	Wonokromo	29,83	12,12
35	Wonokromo	49,24	6,25
36	Banguntapan	34,32	13,23
37	Brontokusuman	33,13	8,97
38	Wirogunan	56,10	9,77

4.2.5 Bahaya dan Penanggulangan Kesadahan

4.2.5.1 Bahaya Kesadahan

Garam kalsium dan magnesium pada tingkat tertentu kesadahan akan bermanfaat bagi kesehatan namun ketika kesadahan menjadi tinggi dan dikonsumsi manusia dalam jangka waktu yang lama akan dapat mengganggu kesehatan. Air sadah dapat merusak peralatan yang terbuat dari besi, yaitu melalui proses pengkaratan (korosi) serta mudah menimbulkan endapan atau kerak pada peralatan seperti tangki/ bejana air, ketel uap, pipa penyaluran dan lain sebagainya. Sehingga dapat meningkatkan ongkos pemanasan dan merugikan perindustrian. Dalam kegiatan sehari-hari air dengan kesadahan tinggi juga menyebabkan pemakaian sabun menjadi tidak ekonomis,

warna porselin menjadi kusam atau pudar, menimbulkan bercak-bercak pada pori kulit dan memperkeras serta mengurangi warna dari sayuran.

4.2.5.2 Penanggulangan Kesadahan

Penghilangan kesadahan dengan cara pemanasan hanya dapat menghilangkan kesadahan sementara yakni garam $Ca(HCO_3)_2$ dan $Mg(HCO_3)_2$. Jika air yang mengandung garam – garam tersebut dipanaskan maka akan terjadi senyawa $CaCO_3$ dan $MgCO_3$ yang mempunyai sifat kelarutan yang kecil di dalam air sehingga dapat diendapkan.

Kesadahan tetap dapat dikurangi dengan penambahan larutan soda kapur (terdiri dari larutan natrium karbonat dan magnesium hidroksida) sehingga terbentuk endapan kaslium karbonat (padatan/endapan) dan magnesium hidroksida (padatan/endapan) dalam air.

Reaksinya:

$CaCl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow CaCO_3$ (padatan/endapan) + 2NaCl (larut)
$CaSO_4$+ Na2$CO_3 \rightarrow CaCO_3$ (padatan/endapan) + Na_2SO_4 (larut)
$MgCl_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow Mg(OH)_2$ (padatan/endapan)+$CaCl_2$ (larut)
$MgSO_4 + Ca(OH)_2 \rightarrow Mg(OH)_2$ (padatan/endapan)+ $CaSO_4$ (larut)

Dengan terbentuknya endapan $CaCO_3$ atau $MgCO_3$ berarti air tersebut telah terbebas dari ion Ca^{2+} atau Mg^{2+}, atau dengan kata lain air tersebut telah terbebas dari kesadahan. Pada industri yang menggunakan ketel uap, air yang digunakan harus terbebas dari kesadahan. Proses penghilangan kesadahan air yang sering dilakukan pada industri-industri di antaranya melalui penyaringan dengan menggunakan zat-zat berikut.

1) Resin Pengikat Kation dan Anion

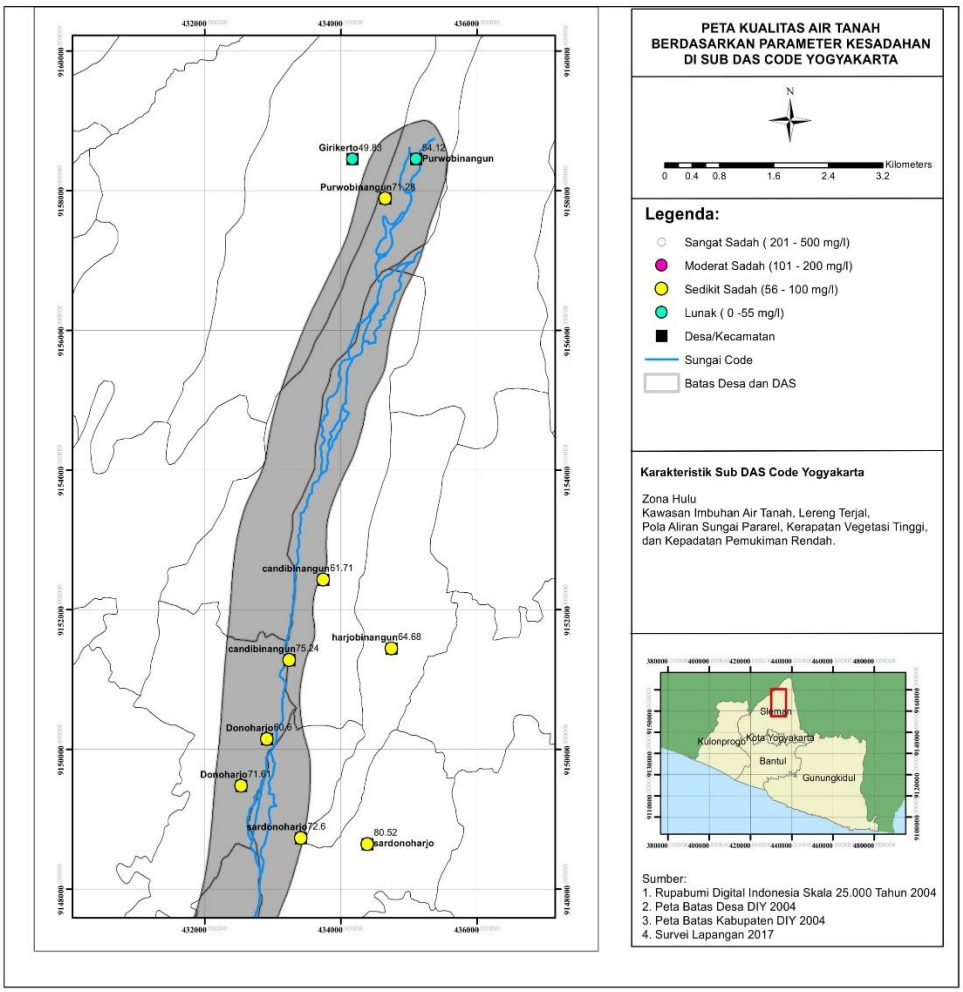
Resin adalah zat polimer alami ataupun sintetik yang salah satu fungsinya adalah dapat mengikat kation dan anion tertentu. Secara teknis, air sadah dilewatkan melalui suatu wadah yang berisi resin pengikat kation dan anion, sehingga diharapkan kation Ca^{2+} dan Mg^{2+} dapat diikat resin. Dengan demikian, air tersebut akan terbebas dari kesadahan.

2) Zeolit

Zeolit memiliki rumus kimia $Na_2(Al_2SiO_3O_{10}).2H_2O$ atau $K_2(Al_2SiO_3O_{10}).2H_2O$. Zeolit mempunyai struktur tiga dimensi yang memiliki pori-pori yang dapat dilewati air. Ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} akan ditukar dengan ion Na^+ dan K^+ dari zeolit, sehingga air tersebut terbebas dari kesadahan.

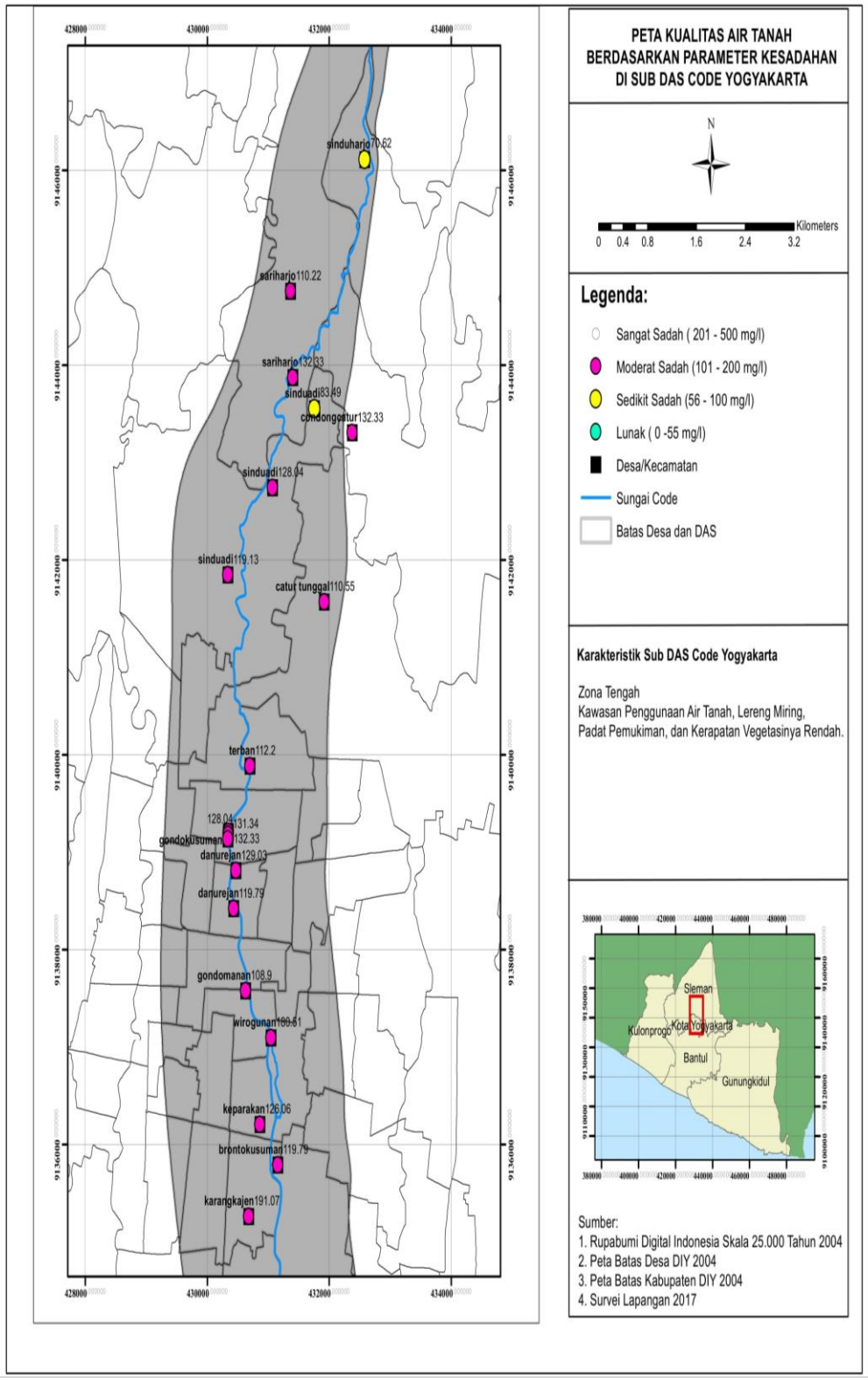
4.2.6 Pemetaan Kesadahan Sub DAS Code

Pemetaan bertujuan untuk mengetahui persebaran kesadahan total air sumur warga di wilayah Sub DAS Code Yogyakarta berbasis aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG). Berikut adalah hasil pemetaan persebaran kesadahan air tanah di Sub DAS Code :



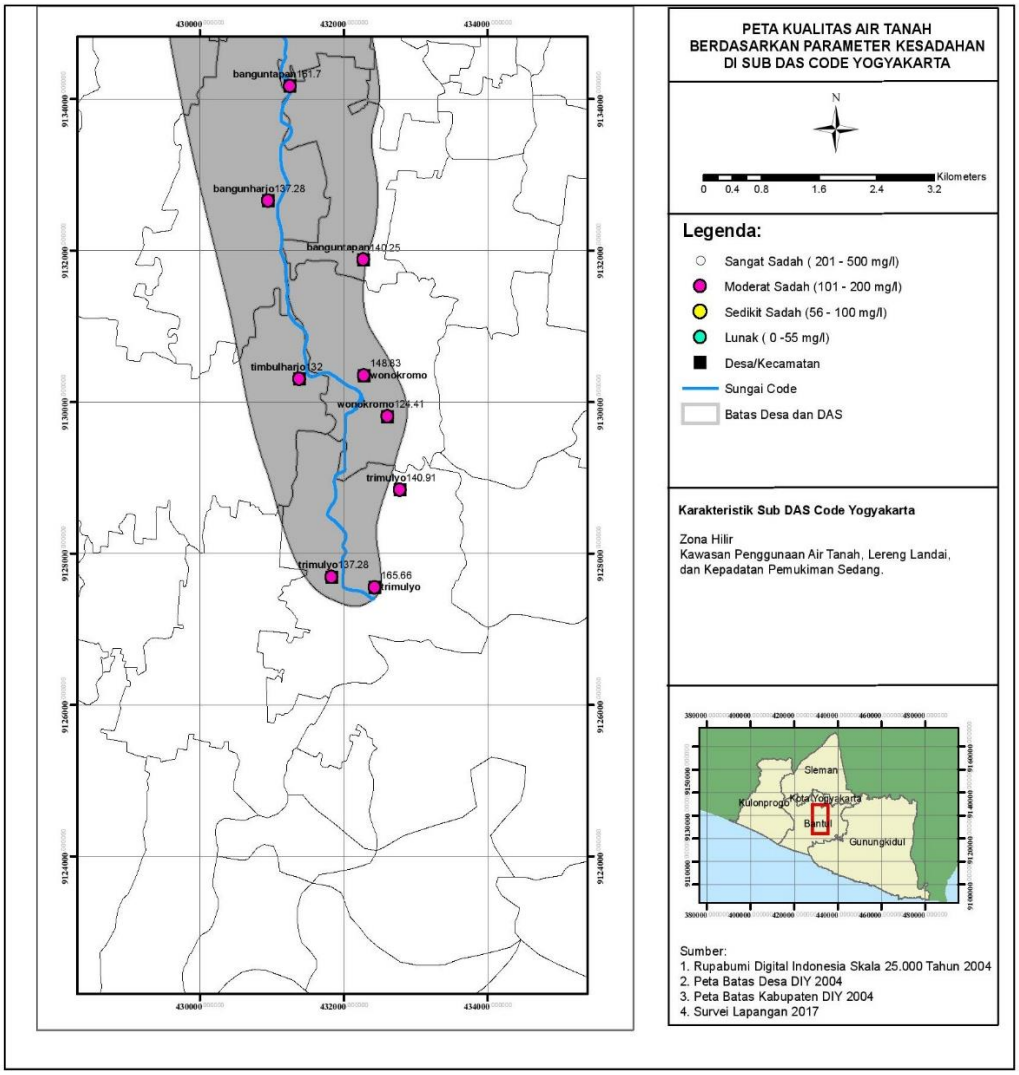
Gambar 4.4 Peta Kualitas Air Tanah Berdasarkan Parameter Kesadahan di Wilayah Hulu

Kesadahan menurut Suripin (2004) diklasifikasikan ke dalam 4 jenis yaitu air lunak (0 -55 mg/L), sedikit sadah (56 – 100 mg/L), sadah moderat (101 – 200 mg/L), dan sangat sadah (201 – 500 mg/L). Hasil penelitian di wilayah hulu Sub DAS Code menunjukkan bahwa kualitas air berdasarkan parameter kesadahan berada pada golongan air lunak dan air sedikit sadah. Di bawah ini adalah pemetaan persebaran kesadahan di wilayah tengah Sub DAS Code :



Gambar 4.5 Peta Kualitas Air Tanah Berdasarkan Parameter Kesadahan di Wilayah Tengah

Karakteristik wilayah tengah Sub DAS Code merupakan daerah padat pemukiman dan merupakan wilayah dengan penggunaan air tanah lebih banyak dibandingkan dengan wilayah hulu dan hilirnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas air tanah berdasarkan parameter kesadahan di wilayah tengah Sub DAS Code termasuk ke dalam golongan sedikit sadah (56 – 100 mg/L) yang berada di dua titik yaitu Sinduharjo dan Condongcatur dan golongan air moderat sadah (101- 200 mg/L) di wilayah tengah penelitian. Di bawah ini adalah pemetaan persebaran kesadahan di wilayah hilir Sub DAS Code :



Gambar 4.6 Peta Kualitas Air Tanah Berdasarkan Parameter Kesadahan di Wilayah Hilir

Wilayah hilir penelitian berada di daerah Bantul. Berdasarkan hasil pengujian laboratorium, kualitas air tanah berdasarkan parameter kesadahan termasuk ke dalam golongan air moderat sadah dengan rentang nilai kesadahan 101 – 200 mg/L.

Kabupaten Sleman merupakan bagian dari Satuan Morfologi Kaki Gunungapi Tengah Merapi. Pada umumnya kondisi daerah ini relatif sama, dengan kemiringan lereng yang relatif sama dari utara dan selatan. Kota Yogyakarta hanya memiliki satuan geomorfologi berupa dataran fluvio-vulkanik yang merupakan hasil proses pengendapan material-material vulkanik yang berasal dari gunungapi Merapi. Dataran fluvio-vulkanik ini menerus ke arah selatan memasuki wilayah Kabupaten Bantul, dan berakhir pada morfologi yang berupa *Sand Dune*. Pada bagian sebelah timur wilayah Kabupaten Bantul terdapat tinggian yang berupa perbukitan struktural, sedangkan pada wilayah sebelah barat terdapat tinggian yang berupa perbukitan batu gamping.

Proses-proses geomorfologi yang terjadi dominan adalah proses pelapukan, erosi permukaan, runtuhan dan longsoran pada tebing-tebing sungai. Pola aliran yang berkembang di daerah ini adalah pola aliran sub paralel-paralel dimana sungai-sungainya dipasok oleh air bawah tanah.

Stratigrafi daerah penelitian terdapat formasi batuan yang disusun oleh formasi batuan tertua yaitu Formasi Nanggulan dan yang paling muda yaitu endapan aluvium. Menurut Warsono (1990), stratigrafi Kuarter Sub DAS Code sebagian besar termasuk dalam formasi batuan hasil erupsi Gunung Merapi yang terbagi ke dalam 2 kelompok batuan Kuarter. Batuan itu terdiri dari Batuan Volkanik Tua Merapi dan Batuan Volkanik Muda Merapi.

Wilayah Kabupaten Sleman tersusun atas berbagai macam batuan yang sebagian besar merupakan hasil rombakan gunung api yang melingkupi sebagian besar wilayah utara dan tengah Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman sendiri dan Sebagian Kabupaten Bantul. Khusus di wilayah Perbukitan Prambanan dan wilayah Berbah-Kalasan, bagian Selatan-Tenggara tersusun oleh batuan sedimen vulkaniklastik seperti batu beku mikrodiorit, batupasir, batu lempung dan konglomerat yang menyusun kelompok Perbukitan Godean. Berdasarkan satuan

formasi, litologi yang menyusun daerah Sleman dari muda ke tua adalah sebagai berikut: Endapan longsoran dari awan panas, Endapan Gunungapi Merapi Muda, Endapan gunung api Merapi Tua, Formasi Sentolo, Formasi Nglanggran, Formasi Semilir, Formasi Kebobutak, Formasi Andesit tua, Formasi Nanggulan, Andesit, Mikrodorit.

Kondisi geologi perkotaan Yogyakarta sebagian besar disusun oleh material vulkanik Gunung Merapi muda. Material tersebut merupakan hasil sedimentasi dari aliran lahar, aliran piroklastik dan juga material sedimen vulkaniklastik yang terjadi selama zaman Kuarter (Pleistosen – Holosen). Secara fisik, material vulkanik yang menutupi wilayah perkotaan Yogyakarta (Kota Yogyakarta, sebagian wilayah Sleman, Bantul, dan Kulonprogo) belum mengalami konsolidasi yang baik, artinya merupakan material yang lepas-lepas. Singkapan dari material vulkanik tersebut dapat terlihat baik pada lereng-lereng sungai yang melewati Kota Yogyakarta (Sungai Code, Sungai Gajahwong, dan Sungai Winongo, terutama bagian hulu atau pada tebing sungai tersebut yang tidak tertutup dinding-dinding beton). Sebagian besar dari material vulkanik tersebut telah mengalami pelapukan, sehingga beberapa tempat di wilayah perkotaan Yogyakarta telah membentuk *top-soil* / tanah yang sangat tebal di atas pinggiran perkotaan Yogyakarta atau pada lereng-lereng sungai yang mengalir melewati Yogyakarta di bagian hulunya.

Kabupaten Bantul tersusun atas litologi yang bervariasi dimulai dari endapan alluvium pada bagian atas, kemudian endapan Gunungapi Merapi Muda, Formasi Sentolo, Formasi Sambipitu, Formasi Nglanggran dan terbawah/paling tua Formasi Semilir. Susunan batuan penyusun daerah penelitian menjadi salah satu faktor analisa kualitas air tanah di Sub DAS Code di bawah baku mutu yang di tetapkan pemerintah dalam Permenkes No. 492 tahun 2010 sebesar 500 mg/L.

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian dan pemetaan kesadahan air tanah di wilayah Sub DAS Code Yogyakarta adalah :

a. Kualitas air tanah berdasarkan parameter kesadahan di wilayah penelitian menunjukkan hasil di bawah baku mutu yang disyaratkan oleh pemerintah melalui Permenkes RI No. 492 tahun 2010 yaitu di bawah 500 mg/L.
b. Kesadahan air tanah di wilayah hulu termasuk ke dalam golongan air lunak dan golongan air sedikit sadah, kesadahan air tanah di wilayah tengah termasuk golongan air sedikit sadah dan golongan air sadah moderat, dan kesadahan air tanah di wilayah hilir termasuk golongan air sadah moderat.

5.2 Saran

a. Apabila penelitian ini diteruskan atau ditindaklanjuti alangkah lebih baik jika mengetahui formasi tanah dan batuan penyusun wilayah penelitian terlebih dahulu
b. Perlu adanya kajian hubungan sebab – akibat konsumsi air tanah dengan kesehatan masyarakat di wilayah penelitian

DAFTAR PUSTAKA

Abadi, M. F., 2011. **Pemetaan Kualitas Air Tanah di Desa Dauh Puri Kaja Kota Denpasar**. Tesis Program Pascasarjana Universitas Udayana, Hal : 5 – 6.

Allan F. R. and John A. C. 1979. **Groundwater**. Department of Geological sciences, University or British Columbia, Vancouver, British Columbia.

Amaal, M., Abdel, S., Manal, H.A.K., Waed, R.A., Wafaa, M.Y., Rani, H.A., Tasneem, I. 2017. Quality Assesment of Groundwater dan Agricultural Soil in Hail Region, Saudi Arabia. *Egyptian Journal of Aquatic Research (2017) 43*, p : 55-64.

Annapoorna, H and Janadhana, M.R. 2015. Assessment of Groundwater Quality for Drinking Purpose in Rural Areas Surrounding a Defunct Copper Mine. *International Conference on Water Resources, Coastal, and Ocean Engineering (ICWRCOE 2015)* p: 685 – 692

Astuti, D.W., Fatimah, S., Anie, S., 2016. Analisis Kadar Kesadahan Total pada Air Sumur di Padukuhan Bandung Playen Gunung Kidul Yogyakarta. Kesmas 1(01).

Astuti, D.W., Rahayu, M., dan Rahayu, D.S. 2015. Penetapan Kesadahan Total ($CaCO_3$) Air Sumur di Dusun Cekelan Kemusu Boyolali dengan Metode Kompleksometri. Kesmas. Hal:119 – 124

Bayu, A.S., As'ari, Adey, T. 2012. Pemetaan Akuifer Air Tanah di Sekitar Candi Prambanan Kabupaten Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta dengan menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis. *Jurnal MIPA UNSRAT Online 1(1)*, hal : 37-44.

Bemmelen, V. R. W. 1949. **The Geology of Indonesia, Vol 1A**. General Geology, The Hague Martinus Nijhoff, Netherlands

Effendi, H. 2003. **Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan**. Yogyakarta: Kanisius.

Gabriel, J. 2001. **Fisika Lingkungan** . *Cetakan Pertama.* Jakarta: Penerbit Hipokrates.

Hadian, M.S.D. dan Abdurahman, O. Sebaran Akuifer dan Aliran Air Tanah di Kecamatan Batuceper dan Kecamatan Benda Kota Tangerang, Provinsi Banten. *Jurnal Geologi Indonesia*. 2006, *61*, Hal:115-116.

Hapsari, D. 2015. Kajian Kulitas Air Sumur Gali dan Perilaku Masyarakat di Sekitar Pabrik Semen Kelurahan Karangtalun Kecamatan Cilacap Utara Kabupaten Cilacap. *Jurnal Sains dan Teknologi* Hal: 01 – 17.

Harjito. 2014. Metode Tracer Test untuk Mencari Hubungan Antar Sistem Sungai Bawah Tanah di Akuifer Karst. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan* Hal:01 – 13.

Hindarko, S. 2002. **Manfaatkan Air Tanah Tanpa Merusak Kelestariannya**. Seri Lingkungan Hidup. Penerbit ESHA.

Junguo, L., Qingying, L, and Hong Y. 2016**.** Assessing water scarcity by simultaneously considering environmental flow requirements, water quantity, and water quality. *Ecological Indicators*. 60 (2016) p:434–441

Mona, E.S. and Salem, W.M. 2015. Hydrochemical Assesment of Surface Nile Water and Groundwater in an Industry Area – South West Cairo. *Egyptian Journal of Petroleum 24 (2015)*, Hal : 277 – 288.

Munir, M. 2003. **Geologi Lingkungan**. Bayumedia Publishing.

Santika, S. 1987. **Metodologi Penelitian Air**. Surabaya: Usaha Nasional.

Sujatmiko, A. 2009. **Kajian Pengelolaan Airtanah di Kawasan Pariwisata Parangtritis Kabupaten Bantul Yogyakarta,** Program Magister Ilmu Lingkungan, Program Pasca Sarjana, Universitas Diponegoro, Semarang

Suripin. 2004. **Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air Tanah**. Yogyakarta : Kanisius

Warsono, S. 1990. **Survei Konservasi Airtanah Daerah Istimewa Yogyakarta**. Direktorat Jendral Geologi dan Sumberdaya Mineral, Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Bandung.

LAMPIRAN 1

HASIL UJI KESADAHAN

No	Nama Desa	Pemilik	Koordinat		Jenis Sumur	Kesadahan Total (mg/L)	Kesadahan Kalsium (mg/L)	Kesadahan Magnesium (mg/L)
			X	Y				
1	Girikerto	Ngatinem	-7º36.772’S	110º24.192’E	Sumur gali	49,83	15,97	2,41
2	Purwobinangun	Silah	-7º37.080’S	110º24.455’E	Sumur gali	71,28	21,25	4,41
3	Purwobinangun	Sutiman	-7º36.772’S	110º24.700’E	Sumur gali	54,12	16,5	3,13
4	Donoharjo	Anggun	-7º41.280’S	110º23.503’E	Sumur gali	60,6	15,71	5,05
5	Donoharjo	Soginem	-7º41.642’S	110º23.296’E	Sumur gali	71,61	18,88	5,93
6	Sardonoharjo	Kelompok Peternak Sari Makmur	-7º42.050’S	110º23.772’E	Sumur gali	72,6	15,58	8,18
7	Sardonoharjo	Surajiman	-7º42.098’S	110º24.304’E	Sumur gali	80,52	23,63	5,21
8	Sinduharjo	Broto Hadi S.	-7º43.471’S	110º23.317’E	Sumur gali	70,62	16,1	7,38
9	Sariharjo	Muji	-7º44.203’S	110º22.656’E	Sumur gali	110,22	23,5	12,51
10	Sariharjo	Kuat Rejeki	-7º44.684’S	110º22.675’E	Sumur gali	132,33	32,21	12,59
11	Sinduadi	Suhadi	-7º44.858’S	110º22.866’E	Sumur gali	83,49	21,12	7,46
12	Condongcatur	Yanti	-7º44.992’S	110º23.204’E	Sumur gali	132,33	39,47	8,18
13	Sinduadi	Tusiran	-7º45.298’S	110º22.494’E	Sumur gali	128,04	33,53	10,75
14	Catur tunggal	Tugino	-7º45.934’S	110º22.953’E	Sumur gali	110,55	35,9	5,05
15	Candibinangun	Tri	-7º40.665’S	110º23.681’E	Sumur gali	75,24	21,25	5,37
16	Candibinangun	Mardi	-7º40.042’S	110º23.954’E	Sumur gali	61,71	15,71	5,45
17	Harjobinangun	Sudipawiro	-7º40.577’S	110º24.498’E	Sumur gali	64,68	17,69	4,97

No	Nama Desa	Pemilik	Koordinat		Jenis Sumur	Kesadahan Total (mg/L)	Kesadahan Kalsium (mg/L)	Kesadahan Magnesium (mg/L)
			X	Y				
18	Sinduadi	Wartini	-7º45.783’S	110º22.094’E	Sumur gali	119,13	33,79	8,42
19	Terban	Ngadiman	-7º46.848’S	110º22.289’E	Sumur gali	112,2	30,1	8,98
20	Gondokusuman	Warga Ledok Code	-7º47.212’S	110º22.097’E	Sumur gali	132,33	36,56	9,94
21	Gondokusuman	Warga Ledok Code	-7º47.228’S	110º22.094’E	Sumur gali	128,04	33,79	10,59
22	Gondokusuman	Warga Ledok Code	-7º47.254’S	110º22.091’E	Sumur gali	131,34	36,17	9,94
23	Danurejan	Sumur Warga	-7º47.430’S	110º22.164’E	Sumur gali	129,03	33,92	10,75
24	Danurejan	Sumur Warga	-7º47.642’S	110º22.143’E	Sumur gali	119,79	30,23	10,75
25	Gondomanan	Suwarso	-7º48.100’S	110º22.249’E	Sumur gali	108,9	27,85	9,54
26	Keparakan	Fajar	-7º48.844’S	110º22.375’E	Sumur gali	126,06	39,73	6,50
27	Karangkajen	Agung	-7º49.357’S	110º22.274’E	Sumur gali	191,07	47,78	17,39
28	Banguntapan	Yani	-7º49.946’S	110º22.586’E	Sumur gali	161,7	37,49	16,55
29	Bangunharjo	Hari	-7º50.768’S	110º22.419’E	Sumur gali	137,28	39,86	9,14
30	Timbulharjo	Waringah	-7º52.046’S	110º22.599’E	Sumur gali	132	33,26	11,88
31	Trimulyo	Dariyah	-7º53.466’S	110º22.896’E	Sumur gali	137,28	32,21	13,76
32	Trimulyo	Afiyatun	-7º52.841’S	110º23.411’E	Sumur gali	140,91	35,64	12,58
33	Trimulyo	Istiyari	-7º53.540’S	110º23.221’E	Sumur gali	165,66	45,80	12,41
34	Wonokromo	Mujirah	-7º52.315’S	110º23.320’E	Sumur gali	124,41	29,83	12,12
35	Wonokromo	Aminah	-7º52.022’S	110º23.141’E	Sumur gali	148,83	49,24	6,25
36	Banguntapan	Adiutomo	-7º51.193’S	110º23.139’E	Sumur bor	140,25	34,32	13,23

No	Nama Desa	Pemilik	Koordinat		Jenis Sumur	Kesadahan Total (mg/L)	Kesadahan Kalsium (mg/L)	Kesadahan Magnesium (mg/L)
			X	Y				
37	Brontokusuman	Herni	-7º49.070’S	110º22.535’E	Sumur gali	119,79	33,13	8,97
38	Wirogunan	Sumur Warga	-7º48.362’S	110º22.474’E	Sumur gali	180,51	56,10	9,77

No	Nama Desa	Pemilik	Koordinat		Jenis Sumur	H (m)	p (m)		pH	Suhu (ºC)	TDS (mg/L)
			X	Y							
1	Girikerto	Ngatinem	-7º36.772’S	110º24.192’E	Sumur gali	7		1	6, 6	23	80
2	Purwobinangun	Silah	-7º37.080’S	110º24.455’E	Sumur gali	8		1,3	6,8	24	126
3	Purwobinangun	Sutiman	-7º36.772’S	110º24.700’E	Sumur gali	7		0,8	6,7	24	75
4	Donoharjo	Anggun	-7º41.280’S	110º23.503’E	Sumur gali	7		1	7,2	27	96
5	Donoharjo	Soginem	-7º41.642’S	110º23.296’E	Sumur gali	7		1	7,2	27	105
6	Sardonoharjo	Kelompok Peternak Sari Makmur	-7º42.050’S	110º23.772’E	Sumur gali	7		1	7,2	27	123
7	Sardonoharjo	Surajiman	-7º42.098’S	110º24.304’E	Sumur gali	6		1	7	27	133
8	Sinduharjo	Broto Hadi S.	-7º43.471’S	110º23.317’E	Sumur gali	8		1	7,5	27	113
9	Sariharjo	Muji	-7º44.203’S	110º22.656’E	Sumur gali	6		1	8,1	28	232
10	Sariharjo	Kuat Rejeki	-7º44.684’S	110º22.675’E	Sumur gali	7		1,5	7,1	27	232
11	Sinduadi	Suhadi	-7º44.858’S	110º22.866’E	Sumur gali	8		1	7,3	27	150
12	Condongcatur	Yanti	-7º44.992’S	110º23.204’E	Sumur gali	8		1	6,9	27,5	280
13	Sinduadi	Tusiran	-7º45.298’S	110º22.494’E	Sumur gali	10		0,5	7,3	27	316
14	Catur tunggal	Tugino	-7º45.934’S	110º22.953’E	Sumur gali	10		1	6,9	29	293
15	Candibinangun	Tri	-7º40.665’S	110º23.681’E	Sumur gali	6		1	7,1	27	151
16	Candibinangun	Mardi	-7º40.042’S	110º23.954’E	Sumur gali	7		1	7,2	25	79
17	Harjobinangun	Sudipawiro	-7º40.577’S	110º24.498’E	Sumur gali	7		0,5	6,8	25	83
18	Sinduadi	Wartini	-7º45.783’S	110º22.094’E	Sumur gali	10		1	7,2	26	248
19	Terban	Ngadiman	-7º46.848’S	110º22.289’E	Sumur gali	10		1	7,2	27	269

No	Nama Desa	Pemilik	Koordinat		Jenis Sumur	H (m)	p (m)		pH	Suhu (ºC)	TDS (mg/L)
			X	Y							
20	Gondokusuman	Warga Ledok Code	-7º47.212’S	110º22.097’E	Sumur gali	6		1	7,3	27	287
21	Gondokusuman	Warga Ledok Code	-7º47.228’S	110º22.094’E	Sumur gali	6		1	7,3	28	288
22	Gondokusuman	Warga Ledok Code	-7º47.254’S	110º22.091’E	Sumur gali	6		1	7,2	27	278
23	Danurejan	Sumur Warga	-7º47.430’S	110º22.164’E	Sumur gali	8		1	6,6	29	305
24	Danurejan	Sumur Warga	-7º47.642’S	110º22.143’E	Sumur gali	8		0,8	6,8	28	284
25	Gondomanan	Suwarso	-7º48.100’S	110º22.249’E	Sumur gali	10		1	6,5	30	264
26	Keparakan	Fajar	-7º48.844’S	110º22.375’E	Sumur gali	8		1	7	29	250
27	Karangkajen	Agung	-7º49.357’S	110º22.274’E	Sumur gali	8		1	6,8	27	430
28	Banguntapan	Yani	-7º49.946’S	110º22.586’E	Sumur gali	7		1	7	27	334
29	Bangunharjo	Hari	-7º50.768’S	110º22.419’E	Sumur gali	6		1	6,5	27	304
30	Timbulharjo	Waringah	-7º52.046’S	110º22.599’E	Sumur gali	6		1	6,6	27	264
31	Trimulyo	Dariyah	-7º53.466’S	110º22.896’E	Sumur gali	6		1	6,6	28	295
32	Trimulyo	Afiyatun	-7º52.841’S	110º23.411’E	Sumur gali	6		1	7	28	257
33	Trimulyo	Istiyari	-7º53.540’S	110º23.221’E	Sumur gali	8		1	6,6	30	328
34	Wonokromo	Mujirah	-7º52.315’S	110º23.320’E	Sumur gali	6		1	6,8	28	228
35	Wonokromo	Aminah	-7º52.022’S	110º23.141’E	Sumur gali	8		1	6,7	29	296
36	Banguntapan	Adiutomo	-7º51.193’S	110º23.139’E	sumur bor	19		1	6,7	29	267
37	Brontokusuman	Herni	-7º49.070’S	110º22.535’E	Sumur gali	7		1	6,7	29	224
38	Wirogunan	Sumur Warga	-7º48.362’S	110º22.474’E	Sumur gali	5		1	7	29	310

LAMPIRAN 2

KONDISI LINGKUNGAN SUMUR

Sumur	Nama Lokasi	Jenis Sumur	H (m)	P (m)	D (m)	Kondisi Lingkungan Sumur
1	Girikerto	Sumur gali	7	5	1	Sumur terletak di depan rumah, air tanah digunakan untuk keperluan pabrik (industri rumahan), sumur merupakan sumur gali yang sudah lama digunakan, pengambilan air langsung dari sumur menggunakan *water sampler*
2	Purwobinangun	Sumur gali	8	6	1,3	Letak sumur berada di depan rumah, disamping sumur terdapat WC, lokasi di sekitar bangunan sumur digunakan sebagai tempat mencuci, merupakan sumur konstruksi lama dengan pasangan batu kali, pengambilan air melalui *water sampler*
3	Purwobinangun	Sumur gali	7	5	0,8	Sumur berada di samping rumah, letak sumur juga dekat dengan kandang sapi dan kambing, pengambilan air langsung menggunakan *water sampler*
4	Donoharjo	Sumur gali	7	5	1	Letak sumur berada di belakang rumah, tanah di sekitar sumur merupakan tanah berpasir, air sumur digunakan secara bersama – sama dengan beberapa tetangga
5	Donoharjo	Sumur gali	7	5,5	1	Letak sumur berada di depan rumah, lokasi sumur berada dekat dengan jalan raya, pengambilan air langsung menggunakan *water sampler*
6	Sardonoharjo	Sumur gali	7	5	1	Sumur berada di kawasan peternakan sapi, lokasi sumur dekat dengan kandang sapi, penggunaan air tanah untuk keperluan peternakan, pengambilan menggunakan *water sampler*

7	Sardonoharjo	Sumur gali	6	5	1	Sumur terletak di pekarangan samping rumah, konstruksi sumur merupakan sumur lama dengan pasangan batu kali, sumur berada dekat dengan kandang ayam
8	Sinduharjo	Sumur gali	8	3,5	1	Sumur terletak di depan rumah dan berada di samping kamar mandi, didekat bangunan sumur digunakan sebagai tempat mencuci, air sumur dipakai secara bersama – sama untuk keperluan sehari – hari
9	Sariharjo	Sumur gali	6	4,5	1	Sumur berada di tengah – tengah bangunan indekos, air sumur ditampung dalam *reservoir* (pengambilan sampel dari kran), jarak septik tank dengan sumur > 5 m, disekitar bangunan sumur digunakan sebagai tempat mencuci
10	Sariharjo	Sumur gali	7	6	1,5	Lokasi sumur berada di samping rumah, jarak sumur dengan septik tang jauh, jarak sumur dengan sungai (Hulu Code) < 10 m, konstruksi sumur merupakan susunan batu kali
11	Sinduadi	Sumur gali	8	6	1	Letak sumur berada di samping rumah, jarak sumur > 5 m dengan septik tank, air sumur hanya digunakan untuk kegiatan mencuci dan mandi
12	Condongcatur	Sumur gali	8	5	1	Jarak tangki dengan septik tank < 5m, sumur berada di belakang rumah, sumur digunakan oleh 3 rumah, di area sekitar bangunan sumur digunakan sebagai tempat mencuci
13	Sinduadi	Sumur gali	10	8	0,5	Sumur dipakai untuk bersama – sama, pengambilan dari tandon air menggunakan kran, letak tandon air berada persis di atas sumur
14	Catur Tunggal	Sumur gali	10	4	1	Pengambilan air sampel dari kran (air ditampung dalam tandon), septik tank secara komunal, sumur terletak di WC dan berada di samping rumah. Lokasi pengambilan air sumur berada di area padat penduduk

15	Candibinangun	Sumur gali	6	4,5	1	Sumur terletak di pekarangan rumah, air sumur hanya dipakai untuk keperluan mencuci, sumur berada di dekat kandang ayam dan kandang sapi
16	Candibinangun	Sumur gali	7	4,5	1	Letak sumur berada di belakang rumah berdampingan dengan kamar mandi. Sumur dipakai untuk bersama – sama (3 rumah) lokasi sumur berdekatan dengan sungai kecil di sebelahnya yang berjarak > 5 m
17	Harjobinangun	Sumur gali	7	5	0,5	Sumur berada di depan rumah dan masih digunakan untuk kebutuhan sehari – hari dikarenakan PDAM belum dapat dijangkau masyarakat setempat. Menurut penuturan warga setempat, air tanah di Daerah Kaliwanglu kualitasnya buruk (berbau) sehingga hanya digunakan untuk kebutuhan mandi dan mencuci.
18	Sinduadi	Sumur gali	10	8	1	Sumur terletak di pekarangan rumah, keberadaan air tergantung pada musim, saat kemarau sumur bisa kering, jarak sumur dengan septik tank > 5 m dan tanahnya berpasir
19	Terban	Sumur gali	10	8,5	1	Sumur terletak di dalam rumah, bentuk fisik sumur tida terlihat. Pengambilan sampel menggunakan kran air. Lokasi pengambilan sampel merupakan wilayah padat penduduk.
20	Gondokusuman	Sumur gali	6	4,5	1	Sumur terletak di antara pemukiman padat penduduk, jarak sumur dan septik tank < 5 m, sumur hanya berjarak <5 m dari Sungai Code, sumur digunakan secara bersama – sama oleh warga Ledok Code, di sekitaran bangunan sumur digunakan sebagai tempat mencuci.
21	Gondokusuman	Sumur gali	6	4,5	1	Sumur terletak di antara pemukiman padat penduduk, jarak sumur dan septik tank < 5 m, sumur hanya berjarak < 5m dari Sungai Code, sumur digunakan secara bersama – sama oleh warga Ledok Code, di sekitaran bangunan sumur digunakan sebagai tempat mencuci.

22	Gondokusuman	Sumur gali	6	4,5	1	Sumur terletak di antara pemukiman padat penduduk, jarak sumur dan septik tank < 5 m, sumur hanya berjarak <5 m dari Sungai Code, sumur digunakan secara bersama – sama oleh warga Ledok Code, di sekitaran bangunan sumur digunakan sebagai tempat mencuci.
23	Danurejan	Sumur gali	8	6	1	Pengambilan sampel air menggunakan kran yang pipanya langsung dari sumur (tidak ditampung di tandon air) sumur berada di depan kamar mandi, air sumur dipakai secara bersama – sama oleh warga sekitar.
24	Danurejan	Sumur gali	8	4,5	0,8	Sumur terletak di depan rumah warga, dipakai secara bersama – sama oleh warga sekitar, jarak sumur dengan Sungai Code < 10 m
25	Gondomanan	Sumur gali	10	8	1	Sumur berada di depan kamar mandi dan dekat kandang ayam, letak sumur dengan Sungai Code < 7 m, letak septik tank > 5 m, pengambilan air sampel menggunakan kran dikarenakan sumur sudah tertutup.
26	Keparakan	Sumur gali	8	6,5	1	Letak sumur berada di depan rumah, sumur merupakan sumur gali konstruksi lama dengan material penyusun buis beton. Pengambilan air menggunakan kran yang berasal dari tampungan air.
27	Karangkajen	Sumur gali	8	5,5	1	Pengambilan sampel air menggunakan kran yang airnya di tampung dalam tandon air, bentuk fisik sumur tidak terlihat karena terletak tidak di atas permukaan tanah, jarak sumur dengan septik tank > 5 m
28	Banguntapan	Sumur gali	7	5	1	Pengambilan air sampel dari tandon, air berwarna kuning keruh, letak sumur berada di samping kamar mandi, jarak sumur dengan Sungai Code < 10 m. Pengambilan air sampel menggunakan kran
29	Bangunharjo	Sumur gali	6	4,5	1	Pengambilan sampel air langsung dari sumur dengan *water sampler*, letak sumur berada di dalam rumah, di samping bangunan sumur digunakan sebagai tempat mencuci

30	Timbulharjo	Sumur gali	6	4,5	1	Bak tampungan septik tank < 5 m, air sampel diambil langsung dari sumur, sumur berada di samping WC
31	Trimulyo	Sumur gali	6	4	1	Pengambilan air dilakukan secara langsung menggunakan *water sampler*, jarak sumur dengan septik tank > 5 m, sumur berada di halaman belakang rumah
32	Trimulyo	Sumur gali	6	4,5	1	Pengambilan air langsung dari sumur melalui pipa tanpa ditampung dalam tandon, jarak septik tank dengan sumur > 5 m, sumur berada di samping dapur
33	Trimulyo	Sumur gali	8	6,5	1	Sumur berada di depan kamar mandi, pengambilan air dari kran (air ditampung dalam tandon), tandon air langsung terkena sinar matahari
34	Wonokromo	Sumur gali	6	4,5	1	Sampel air tanah diambil secara langsung, letak sumur berada di halaman depan rumah. Air sumur tidak digunakan untuk keperluan sehari – hari.
35	Wonokromo	Sumur gali	8	5,5	1	Pengambilan air sampel dilakukan secara langsung melalui pipa dari sumur, jarak sumur dengan septik tank > 5m, sumur terletak disamping dapur
36	Banguntapan	Sumur bor	19		1	Sumur berada di depan rumah dan di samping kamar mandi, jarak sumur dengan septik tank < 5 m, pengambilan sampel air menggunakan kran (air ditampung dalam tandon)
37	Brontokusuman	Sumur gali	7	5,5	1	Letak sumur berada di depan rumah, jarak sumur dengan septik tank > 5 m, air sumur ditampung dalam tandon air sehingga pengambilan air sampel dari kran.
38	Wirogunan	Sumur gali	5	3	1	Sumur terletak di depan kamar mandi umum, letak sumur dengan sungai code < 5 m, pengambilan sampel air langsung dari sumur.

LAMPIRAN 3

CARA KERJA UJI KESADAHAN

A. Alat dan Bahan

- Alat

Buret 50 ml dan statip	(1 buah)
Erlenmeyer 250 ml	(3 buah)
Pipet volume 10 ml dan 5 ml	(@1 buah)
Gelas ukur 100 ml	(1 buah)
Gelas beaker 100 ml	(1 buah)
Gelas beaker 1000 ml	(1 buah)
Sendok sungu	(1 buah)
Kaca arloji	(1 buah)

- Bahan

Larutan buffer pH 10

Larutan buffer pH 12

Indikator EBT (Erio Chrom Black T)

Indikator Murexida

Larutan standar kalsium (0,01N)

- Standarisasi larutan EDTA

Pipet 10 ml larutan standar Kalsium (A) dan dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer. Tambah 5 ml larutan buffer pH 10 dan 50 mg indikator EBT. Titrasi dengan larutan EDTA ± 0,0096 N sampai cairan berubah dari ungu menjadi biru laut (C).

B. Langkah kerja

Kesadahan Total

1. Ambil 50 ml sampel secara triplo (3 kali) ke dalam erlenmeyer 250 ml dan tambahkan dengan air suling 50 ml.
2. Tambahkan 1 ml larutan penyangga buffer pH 10.
3. Tambahkan indikator EBT seujung sendok spatula.
4. Titrasi dengan EDTA sampai cairan berubah warna dari ungu menjadi biru laut.
5. Catat banyak (ml) EDTA yang diperlukan

Kesadahan Kalsium

1. Ambil 50 ml sampel secara triplo (3 kali) ke dalam erlenmeyer 250 ml dan tambahkan air suling 50 ml.
2. Tambahkan 1 ml larutan buffer pH 12.
3. Tambahkan indikator murexida seujung sendok spatula.
4. Titrasi dengan larutan EDTA sampai cairan berubah warna dari *orange* menjadi ungu.

LAMPIRAN 4

MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

Lampiran
Peraturan Menteri Kesehatan
Nomor : 492/Menkes/Per/IV/2010
Tanggal : 19 April 2010

PERSYARATAN KUALITAS AIR MINUM

I. PARAMETER WAJIB

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan		
	a. Parameter Mikrobiologi		
	1) E.Coli	Jumlah per 100 ml sampel	0
	2) Total Bakteri Koliform	Jumlah per 100 ml sampel	0
	b.Kimia an-organik		
	1) Arsen	mg/l	0,01
	2) Fluorida	mg/l	1,5
	3) Total Kromium	mg/l	0,05
	4) Kadmium	mg/l	0,003
	5) Nitrit, (Sebagai $N0_{2^-}$)	mg/l	3
	6) Nitrat, (Sebagai $N0_{3^-}$)	mg/l	50
	7) Sianida	mg/l	0,07
	8) Selenium	mg/l	0,01
2	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan		
	a.Parameter Fisik		
	1) Bau		Tidak berbau
	2) Warna	TCU	15
	3)Total zat padat terlarut (TDS)	mg/l	500
	4) Kekeruhan	NTU	5
	5) Rasa		Tidak berasa
	6) Suhu	□C	suhu udara ± 3
	b.Parameter Kimiawi		
	1) Aluminium	mg/l	0,2
	2) Besi	mg/l	0,3
	3) Kesadahan	mg/l	500
	4) Khlorida	mg/l	250
	5) Mangan	mg/l	0,4
	6) pH		6,5-8,5

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
	7) Seng	mg/l	3
	8) Sulfat	mg/l	250
	9) Tembaga	mg/l	2
	10) Amonia	mg/l	1,5

II. PARAMETER TAMBAHAN

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1.	KIMIAWI		
a.	Bahan Anorganik		
	Air Raksa	mg/l	0,001
	Antimon	mg/l	0,02
	Barium	mg/l	0,7
	Boron	mg/l	0,5
	Molybdenum	mg/l	0,07
	Nikel	mg/l	0,07
	Sodium	mg/l	200
	Timbal	mg/l	0,01
	Uranium	mg/l	0,015
b.	Bahan Organik		
	Zat Organik ($KMnO_4$)	mg/l	10
	Deterjen	mg/l	0,05
	Chlorinated alkanes		
	Carbon tetrachloride	mg/l	0,004
	Dichloromethane	mg/l	0,02
	1,2-Dichloroethane	mg/l	0,05
	Chlorinated ethenes		
	1,2-Dichloroethene	mg/l	0,05
	Trichloroethene	mg/l	0,02
	Tetrachloroethene	mg/l	0,04
	Aromatic hydrocarbons		
	Benzene	mg/l	0,01
	Toluene	mg/l	0,7
	Xylenes	mg/l	0,5
	Ethylbenzene	mg/l	0,3
	Styrene	mg/l	0,02
	Chlorinated benzenes		
	1,2-Dichlorobenzene (1,2-DCB)	mg/l	1
	1,4-Dichlorobenzene (1,4-DCB)	mg/l	0,3
	Lain-lain		
	Di(2-ethylhexyl)phthalate	mg/l	0,008
	Acrylamide	mg/l	0,0005
	Epichlorohydrin	mg/l	0,0004
	Hexachlorobutadiene	mg/l	0,0006

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
	Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA)	mg/l	0,6
	Nitrilotriacetic acid (NTA)	mg/l	0,2
c.	Pestisida		
	Alachlor	mg/l	0,02
	Aldicarb	mg/l	0,01
	Aldrin dan dieldrin	mg/l	0,00003
	Atrazine	mg/l	0,002
	Carbofuran	mg/l	0,007
	Chlordane	mg/l	0,0002
	Chlorotoluron	mg/l	0,03
	DDT	mg/l	0,001
	1,2- Dibromo-3-chloropropane (DBCP)	mg/l	0,001
	2,4 Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D)	mg/l	0,03
	1,2-Dichloropropane	mg/l	0,04
	Isoproturon	mg/l	0,009
	Lindane	mg/l	0,002
	MCPA	mg/l	0,002
	Methoxychlor	mg/l	0,02
	Metolachlor	mg/l	0,01
	Molinate	mg/l	0,006
	Pendimethalin	mg/l	0,02
	Pentachlorophenol (PCP)	mg/l	0,009
	Permethrin	mg/l	0,3
	Simazine	mg/l	0,002
	Trifluralin	mg/l	0,02
	Chlorophenoxy herbicides selain 2,4-D dan MCPA		
	2,4-DB	mg/l	0,090
	Dichlorprop	mg/l	0,10
	Fenoprop	mg/l	0,009
	Mecoprop	mg/l	0,001
	2,4,5-Trichlorophenoxyacetic acid	mg/l	0,009
d.	Desinfektan dan Hasil Sampingannya		
	Desinfektan		
	Chlorine	mg/l	5
	Hasil sampingan		
	Bromate	mg/l	0,01
	Chlorate	mg/l	0,7
	Chlorite	mg/l	0,7
	Chlorophenols		
	2,4,6 -Trichlorophenol (2,4,6-TCP)	mg/l	0,2
	Bromoform	mg/l	0,1
	Dibromochloromethane (DBCM)	mg/l	0,1
	Bromodichloromethane (BDCM)	mg/l	0,06
	Chloroform	mg/l	0,3



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
	Chlorinated acetic acids		
	Dichloroacetic acid	mg/l	0,05
	Trichloroacetic acid	mg/l	0,02
	Chloral hydrate		
	Halogenated acetonitrilies		
	Dichloroacetonitrile	mg/l	0,02
	Dibromoacetonitrile	mg/l	0,07
	Cyanogen chloride (sebagai CN)	mg/l	0,07
2.	RADIOAKTIFITAS		
	Gross alpha activity	Bq/l	0,1
	Gross beta activity	Bq/l	1

MENTERI KESEHATAN,

ttd

dr. Endang Rahayu Sedyaningsih, MPH, Dr. PH

LAMPIRAN 5



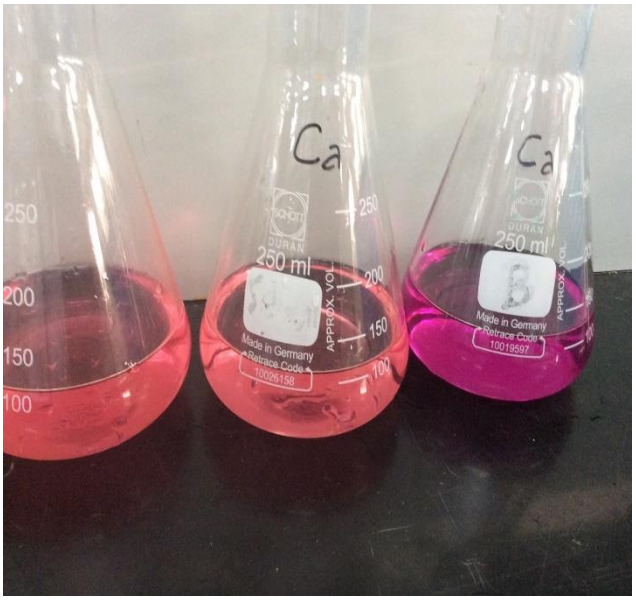
Lokasi pengambilan sampel air tanah



Lokasi pengambilan sampel air tanah



Pengujian kesadahan total



Pengujian kesadahan kalsium