

## **Teknik Pengolahan Airtanah Payau Menjadi Air Bersih, di Desa Kanoman, Kecamatan Panjatan, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta**

**Fahri Ali Arey, Suharwanto, dan Ekha Yogafanny**

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN “Veteran” Yogyakarta  
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara), Condongcatur, Yogyakarta, 55283

E-mail korespondensi: ekha.yogafanny@upnyk.ac.id

### **ABSTRAK**

Penduduk di Desa Kanoman tidak dapat menggunakan air tanah yang ada dikarenakan airtanah yang berasal dari sumur gali dirasa sedikit payau. Warga hanya menggunakan airtanah dari sumur gali tersebut untuk kebutuhan sehari-hari kecuali untuk konsumsi karena takut apabila air tersebut dikonsumsi akan menimbulkan gangguan bagi kesehatan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas airtanah, penyebab terbentuknya airtanah payau, dan arahan pengolahan airtanah payau di daerah penelitian sebagai air bersih. Metode yang dalam penelitian ini diantaranya adalah metode survei dan pemetaan, metode matematis, metode analisis laboratorium dan pengambilan sampel dengan metode *purposive sampling*. Analisis yang digunakan untuk mengetahui penyebab airtanah payau adalah analisis karakteristik akuifer, analisis arah aliran airtanah, dan analisis kualitas airtanah. parameter fisik seperti DHL dan TDS. Untuk parameter kimia yang diuji diantaranya adalah salinitas, pH, Cl, Ca, Na, dan kesadahan sebagai  $\text{CaCO}_3$ . Hasil yang diperoleh yaitu kualitas airtanah di lokasi penelitian tergolong sebagai air payau. Hal ini dapat diketahui dari beberapa parameter yang terkandung didalam airtanah dan memiliki nilai melebihi batas baku mutu sebagai air bersih, antara lain yaitu nilai TDS sebesar 1120 ppm, nilai DHL 2270  $\mu\text{hos/cm}$ , nilai klorida 317,6 mg/L, nilai salinitas 1 (‰) dan nilai natrium 1059 mg/L. Airtanah payau di daerah penelitian merupakan air formasi (*connate water*) yang terperangkap akibat aktivitas marin berupa laut dangkal atau zona lithoral pada masa lampau. Pemanfaatan zeolit sebagai *water filter treatment* untuk arahan pengolahan air payau sebagai air bersih kurang menunjukkan hasil yang optimal dalam mengabsorpsi ion-ion dalam air, sehingga arahan pengolahan berupa *reverse osmosis* sebagai alternatif lain dalam mengolah air payau menjadi air yang layak dikonsumsi.

**Kata Kunci:** Adsorbent; Airtanah payau ; Media

### **ABSTRACT**

*Residents in the village of Kanoman cannot use existing groundwater because groundwater coming from dug wells feels a little brackish. Residents only use ground water from dug wells for their daily needs except for consumption because they are worried that if the water is consumed it will cause health problems. The purpose of this study was to determine groundwater quality, the cause of brackish groundwater formation, and the direction of brackish water treatment at research area as clean water. The methods in this study include survey and mapping methods, mathematical methods, laboratory analysis methods and sampling using the purposive sampling method. The analysis used to determine the cause of brackish ground water is the analysis of aquifer characteristics, analysis of the direction of groundwater flow, and analysis of groundwater quality. The physical parameters such as DHL and TDS. The chemical parameters tested included salinity, pH, Cl, Ca, Na, and hardness as  $\text{CaCO}_3$ . The results obtained are groundwater quality at the research location classified as brackish water. This can be seen from several parameters contained in groundwater and has a value exceeding the quality standard limit as clean water, including the TDS value of 1120 ppm, the value of DHL 2270  $\mu\text{hos/cm}$ , chloride value 317.6 mg/L, salinity value 1 (‰) and the value of sodium 1059 mg/L. Brackish groundwater in the research area is connate water which is trapped due to marine activity in the form of shallow sea or lithoral zone in the past. The use of zeolite as a water filter for the direction of brackish water processing as clean water has not shown optimal results in the absorption of ions in water, so the direction of processing in the form of reverse osmosis as another alternative in processing brackish water is suitable for consumption.*

**Keywords:** Adsorbent ; Brackish groundwater; Media

## **PENDAHULUAN**

Air merupakan salah satu unsur penting dalam kehidupan. Hampir seluruh kehidupan di dunia ini tidak terlepas dari adanya unsur air. Kualitas airtanah yang ada di alam berbeda – beda baik menurut ruang dan waktu terutama karena pengaruh aktifitas manusia, jenis batuan, karakteristik akuifer, topografi, dan juga penggunaan lahan di tempat tersebut.

Kebutuhan air tawar dalam pemenuhan kebutuhan hidup manusia sehari-hari sangatlah tinggi. Diperlukan air tawar sebanyak 12 liter tiap orang setiap hari. Sementara itu, jumlah dan ketersediaan air tawar yang ada tidak mencukupi kebutuhan tersebut. Dari jumlah keseluruhan air 97 % terdapat dalam lautan sementara sisanya dalam bentuk air tawar (Saeni, 1986).

Penduduk di Desa Kanoman tidak dapat menggunakan airtanah yang ada dikarenakan airtanah yang berasal dari sumur gali dirasa sedikit asin atau payau. Warga hanya menggunakan airtanah dari sumur gali tersebut untuk kebutuhan mencuci atau menyiram tanaman karena takut apabila air tersebut dikonsumsi akan menimbulkan gangguan bagi kesehatan. Oleh karena itu penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Teknik Pengolahan Airtanah Payau Menjadi Air Bersih di Desa Kanoman, Kecamatan Panjatan, Kabupaten Kulon progo, Daerah Istimewa Yogyakarta.”

## **METODE**

Penelitian dilakukan dengan cara melakukan pengamatan dan pengukuran secara langsung di lapangan untuk mendapatkan data faktual, mengolah data lapangan yang telah didapat dan melakukan analisa terhadap data yang ada. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode survei dan pemetaan, uji laboratorium, matematis, dan metode evaluasi. Metode survei dan pemetaan dilakukan untuk mendapatkan data primer di lapangan dilakukan dengan cara pengukuran, pengamatan, pencarian informasi yang terkait dengan objek penelitian yang terdapat di lapangan. Metode survei lapangan meliputi pencarian data mengenai komponen geofisik yaitu bentuklahan, satuan batuan, penggunaan lahan, jenis tanah, serta komponen pendukung lainnya.

Metode uji laboratorium dilakukan untuk mengetahui kualitas air airtanah berdasarkan peraturan yang berlaku yaitu Peraturan Gubernur DIY Nomor 20 tahun 2008. Metode matematik yang digunakan pada penelitian ini meliputi perhitungan *hydraulic loading rate*. Metode evaluasi merupakan cara yang digunakan untuk mengevaluasi hasil analisis data yang didapatkan dari survei lapangan, uji laboratorium, dan dari perhitungan yang menggunakan metode matematis. Hasil evaluasi digunakan sebagai acuan dalam menentukan arahan pengelolaan airtanah payau.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Kualitas airtanah dinilai berdasarkan dua parameter yaitu parameter fisik dan kimia. Parameter fisik yang dievaluasi adalah TDS dan DHL, sedangkan parameter kimia yang di evaluasi diantaranya adalah pH, salinitas, Cl, Ca, Na, dan kesadahan sebagai CaCO<sub>3</sub>.

## 1. Kualitas Airtanah Berdasarkan Parameter Fisik

### a. Total Dissolved Solid (TDS)

TDS (*Total Dissolved Solid*) merupakan parameter fisik kualitas baku dan merupakan zat terlarut (baik zat organik maupun anorganik, misalnya: garam) yang terdapat pada sebuah larutan. Berdasarkan hasil pengujian kualitas air di lapangan menggunakan alat TDS meter, yang kemudian disesuaikan dengan klasifikasi TDS menurut Santjoko (1998), maka dapat diketahui bahwa pada lokasi penelitian terdapat 1 sampel airtanah yang tergolong airtanah payau. Menurut Santjoko (1998) batas klasifikasi TDS untuk airtanah payau adalah apabila nilai konsentrasi TDS melebihi 1000 ppm. Konsentrasi TDS pada sampel airtanah yang di uji sebesar 1120 ppm. Tingginya nilai konsentrasi TDS pada airtanah dapat diperkirakan disebabkan oleh tingginya kandungan total zat terlarut dalam airtanah yang berasal dari pelarutan.

### b. Daya Hantar Listrik (DHL)

Airtanah diklasifikasikan sebagai airtanah payau apabila memiliki konsentrasi DHL melebihi 1500  $\mu\text{mhos/cm}$  (Suherman, 2007). Berdasarkan hasil pengujian kualitas air di lapangan menggunakan alat TDS meter, yang kemudian disesuaikan dengan klasifikasi DHL menurut (Suherman, 2007). maka dapat diketahui bahwa pada lokasi penelitian terdapat 1 sampel airtanah yang tergolong airtanah payau. Konsentrasi DHL pada sampel airtanah yang di uji sebesar 2270  $\mu\text{mhos/cm}$ . Tinggi rendahnya nilai DHL berbanding lurus dengan nilai TDS, apabila nilai TDS tinggi maka nilai DHL juga akan tinggi begitupun sebaliknya. Tingginya nilai TDS pada airtanah tersebut menandakan tingginya jumlah padatan terlarut dalam air tersebut. Hal ini menandakan banyak pula ion-ion yang terkandung dalam air yang dapat saling berinteraksi sehingga meningkatkan daya hantar listrik dalam airtanah tersebut.

## 2. Kualitas Airtanah Berdasarkan Parameter Kimia

**Tabel 1.** Nilai Kandungan *Potential Hydrogen* (pH) sebelum Pengolahan (menggunakan Hasil Laboratorium Balai BTKLPPY)

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji
1	pH		7,7
2	Salinitas	(‰)	1
3	Klorida	mg/L	317,6
4	Kalsium (Ca)	mg/L	64
5	Natrium	mg/L	1059
6	Kesadahan	mg/L	282

Sumber : Data Primer Penulis, 2019

### a. Potential Hydrogen (pH)

*Potential Hydrogen* (pH) merupakan istilah yang digunakan untuk menyatakan tingkat derajat keasaman suatu larutan. Dalam air pH merupakan faktor yang harus dipertimbangkan mengingat bahwa derajat keasaman dari air akan sangat mempengaruhi aktivitas pengolahan yang akan dilakukan. Berdasarkan hasil pengujian *Potential Hydrogen* (pH) pada sampel air

sumur di daerah penelitian, diketahui nilai pH adalah 7,7. Hal ini menunjukkan bahwa sampel air sumur tersebut tidak melebihi baku mutu yang ditetapkan dalam Permenkes RI No. 416/Menkes/Per/IX/1990 yaitu 6,5 – 8,5. Sehingga masih tergolong normal untuk dikonsumsi. Berikut **Tabel 1**.

### b. Salinitas

Penilaian kadar salinitas dilakukan dengan mengacu pada baku mutu Permenkes RI No. 416/Menkes/Per/IX/1990 dengan peruntukan sebagai air baku. Menurut Goetz,P.W. (1986) tingkat keasinan mataair menurut salinitasnya tidak lebih dari 0,5 ‰. Berdasarkan hasil uji air sampel di laboratorium, menunjukkan bahwa air sampel dari lokasi penelitian tersebut melebihi bakumutu, dengan tingkat keasinan yaitu 1,0 ‰. Konsentrasi salinitas yang tinggi ini berasal dari banyaknya zat terlarut dalam airtanah yang membentuk garam-garam terlarut dalam air sehingga konsentrasi salinitas berbanding lurus dengan konsentrasi TDS. Konsentrasi salinitas yang tinggi menyebabkan rasa payau pada airtanah. Berikut **Tabel 2**.

**Tabel 2.** Nilai Kandungan Salinitas sebelum Pengolahan (menggunakan Hasil Laboratorium Balai BTKLPPY)

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji
1	pH		7,7
2	Salinitas	(‰)	1
3	Klorida	mg/L	317,6
4	Kalsium (Ca)	mg/L	64
5	Natrium	mg/L	1059
6	Kesadahan	mg/L	282

Sumber : Data Primer Penulis, 2019

### c. Kesadahan

Berdasarkan hasil pengujian kualitas airtanah yang telah dilakukan di laboratorium yang telah disesuaikan dengan baku mutu Permenkes RI No. 416/Menkes/Per/IX/1990, konsentrasi kesadahan pada lokasi penelitian masih tergolong aman karena berada di bawah batas baku mutu yang ditetapkan. Batas baku mutu yang ditetapkan untuk nilai kesadahan sebagai  $\text{CaCO}_3$  adalah sebesar 500 mg/L, sedangkan nilai kesadahan sebagai  $\text{CaCO}_3$  hasil uji airtanah dari sampel airtanah di lokasi penelitian yaitu 282 mg/L. Berikut **Tabel 3**.

**Tabel 3.** Nilai Kandungan Kesadahan sebelum Pengolahan (menggunakan Hasil Laboratorium Balai BTKLPPY)

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji
1	pH		7,7
2	Salinitas	(‰)	1
3	Klorida	mg/L	317,6
4	Kalsium (Ca)	mg/L	64
5	Natrium	mg/L	1059
6	Kesadahan	mg/L	282

Sumber : Data Primer Penulis, 2019

#### d. Natrium

Berdasarkan baku mutu Permenkes RI No. 416/Menkes/Per/IX/1990 dengan peruntukan sebagai air baku air bersih, batas natrium dalam air yang diperbolehkan adalah 200 mg/L. Hasil laboratorium menunjukkan bahwa dari sampel airtanah yang diujikan melebihi batas baku mutu, dengan konsentrasi 1059 mg/L. Konsentrasi natrium hasil laboratorium ini berbanding lurus dengan konsentrasi DHL, TDS dan salinitas. Hal itu disebabkan karena airtanah pada lokasi penelitian berada pada litologi yang terbentuk pada lingkungan pengendapan laut. Berikut **Tabel 4**.

**Tabel 4.** Nilai Kandungan Natrium sebelum Pengolahan (menggunakan Hasil Laboratorium Balai BTKLPPY)

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji
1	pH		7,7
2	Salinitas	(‰)	1
3	Klorida	mg/L	317,6
4	Kalsium (Ca)	mg/L	64
5	Natrium	mg/L	1059
6	Kesadahan	mg/L	282

Sumber : Data Primer Penulis, 2019

#### e. Kalsium (Ca)

Baik buruknya kandungan kalsium dalam air dinilai berdasarkan baku mutu Permenkes RI No. 416/Menkes/Per/IX/1990 dengan peruntukan sebagai air baku air bersih. Batas kalsium dalam air yang diperbolehkan adalah 75-200 mg/L. Berdasarkan hasil laboratorium, airtanah pada lokasi penelitian menunjukkan hasil nilai Ca adalah 64 mg/L. Hal tersebut menandakan bahwa 1 sampel airtanah di daerah penelitian berada di bawah batas baku mutu yang ditentukan. Berikut **Tabel 5**.

**Tabel 5.** Nilai Kandungan Kalsium sebelum Pengolahan (menggunakan Hasil Laboratorium Balai BTKLPPY)

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji
1	pH		7,7
2	Salinitas	(‰)	1
3	Klorida	mg/L	317,6
4	Kalsium (Ca)	mg/L	64
5	Natrium	mg/L	1059
6	Kesadahan	mg/L	282

Sumber : Data Primer Penulis, 2019

### f. Klorida (Cl)

Santjoko (1998) menyatakan bahwa airtanah dikatakan payau apabila nilai konsentrasi klorida melebihi 500 mg/L. Konsentrasi klorida ini juga disesuaikan dengan baku mutu Permenkes RI No. 416/Menkes/Per/IX/1990 dengan peruntukan sebagai air baku. Dalam baku mutu tersebut menyatakan bahwa batas klorida dalam air yang diperbolehkan adalah 500 mg/L. Berdasarkan hasil uji sampel airtanah di laboratorium, konsentrasi klorida di daerah penelitian adalah 317,6 mg/L. Hal ini menjelaskan bahwa konsentrasi klorida di lokasi penelitian tidak melebihi klasifikasi sebagai airpayau dan masih normal untuk digunakan. Berikut **Tabel 6**.

**Tabel 6.** Nilai Kandungan Klorida sebelum Pengolahan (menggunakan Hasil Laboratorium Balai BTKLPPY)

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji
1	pH		7,7
2	Salinitas	(‰)	1
3	Klorida	mg/L	317,6
4	Kalsium (Ca)	mg/L	64
5	Natrium	mg/L	1059
6	Kesadahan	mg/L	282

Sumber : Data Primer Penulis, 2019

Airtanah payau di daerah penelitian merupakan air formasi (*connate water*) yang terperangkap akibat aktivitas marin berupa laut dangkal atau zona lithoral pada masa lampau. Pemanfaatan zeolit sebagai *water filter treatment* untuk arahan pengolahan air payau sebagai air bersih kurang menunjukkan hasil yang optimal dalam mengabsorpsi ion-ion dalam air, sehingga arahan pengolahan berupa *reverse osmosis* sebagai alternatif lain dalam mengolah air payau menjadi air yang layak dikonsumsi.

### 3. Genesa Air Tanah Payau

Genesa air tanah payau di daerah penelitian diketahui dengan menganalisis data bor atau data log Desa Kanoman, Kecamatan Panjatan, Kabupaten Kulon Progo. Berdasarkan analisis data bor di daerah penelitian terdapat endapan lempung marin yang mengandung fosil moluska laut dangkal yang terbentuk pada lapisan tertentu di bawah permukaan tanah yang terdapat secara setempat pada satuan dataran fluviomarin.

Dataran fluviomarin di daerah penelitian merupakan dataran aluvial bekas zona laut dangkal, yang sangat memungkinkan untuk ditemukannya jebakan lempung marin dengan sistem perlapisan selang-seling antara lempung marin dan endapan aluvial McDonal dan Partners, (1984) dalam Santosa, (2010). Dataran fluviomarin di daerah penelitian merupakan bekas zona transisi marin dengan darat yang dapat dikatakan sebagai zona laut dangkal (*lithoral*). Keterdapatannya airtanah payau yang secara lokal daerah penelitian dan konsep yang dikemukakan

oleh McDonal dan Partners, (1984) dalam Santosa (2010) di atas dan hasil analisis data bor, menjelaskan bahwa airtanah payau di lokasi penelitian merupakan air payau yang bermula air formasi (*connate water*) yang terperangkap akibat aktivitas marin berupa laut dangkal atau zona lithoral pada masa lampau.

#### 4. Arahan Pengolahan

##### **Osmosis Bolak Balik (*Reverse Osmosis*)**

Alternatif lain yang dapat digunakan untuk mengolah air payau adalah teknologi *reverse osmosis*. Alternatif ini digunakan, karena berdasarkan hasil uji hasil pengolahan hasilnya belum maksimal. Teknologi *reverse osmosis* memiliki beberapa keunggulan apabila dibandingkan dengan teknologi lain seperti pertukaran ion. Kelebihannya yaitu tidak membutuhkan regenerasi bahan kimia, dan konstan selama proses operasi, dan hanya menghasilkan sedikit limbah kimia yang merupakan sisa bahan kimia pembersih membran (Priambodo dkk, 2009). Berdasarkan kelebihan – kelebihan tersebut, maka dipilihlah teknologi *reverse osmosis* sebagai teknologi alternatif dalam pengolahan air payau.

Proses *reverse osmosis* untuk desalinasi air payau memiliki beberapa karakteristik yang berbeda dengan desalinasi air laut, diantaranya:

1. Rancang bangun modul membran *reverse osmosis* untuk desalinasi air payau umumnya hanya terdiri dari 1 tahap saja mengingat kadar garam umpan yang tidak terlalu tinggi.
2. *Recovery* air lebih tinggi dibandingkan dengan desalinasi air laut.
3. Suhu umpan kadang – kadang sangat tinggi sehingga harus diturunkan lebih dahulu agar tidak merusak modul (Wenten, 1999 dalam L.K Dewi dkk).

Teknologi pengolahan air asin/ payau menerapkan sistem osmosis yang dibalik yaitu dengan memberikan tekanan yang lebih besar dari tekanan osmosis air asin/payau. air asin/payau tersebut ditekan supaya melewati membran yang bersifat semi permeabel, molekul yang mempunyai diameter lebih besar dari air akan tersaring (Haryoto dan Herlambang, 1999).

Berdasarkan Petunjuk Teknis Subbidang Air Bersih pada Lampiran 3.a Peraturan Menteri PU NO. 39/ PRT/ M/ 2006 tentang Petunjuk Teknis Penggunaan Dana Alokasi Khusus Bidang Infrastruktur Tahun 2007, ketentuan umum yang harus dipenuhi dalam penyusunan penyelenggaraan sistem Instalasi Pengolahan Air Minum dengan sistem *reverse osmosis* adalah sebagai berikut:

1. Air baku yang digunakan Instalasi Pengolahan Air Minum dengan sistem *reverse osmosis*, instalasi air minum harus tergantung air dengan karakteristik yang ada di lokasi tersebut, antara lain air laut, air payau, air dengan kadar Fe tinggi, TDS tinggi, dan air yang karakteristiknya sulit untuk diolah dengan instalasi konvensional.
2. Uji mutu air olahan harus diperiksa minimal setiap 3 bulan sekali untuk uji bakteriologi khusus analisa coliform.
3. Uji kimia dan fisik secara lengkap dilakukan setiap 6 bulan sekali.
4. Bahan – bahan yang digunakan sebaiknya semua dari bahan anti karat.
5. Untuk unit RO digunakan RO dari pabrikan yang sudah sesuai dengan standar (AWWA).

## KESIMPULAN

1. Kualitas airtanah di lokasi penelitian tergolong sebagai air payau. Hal ini dapat diketahui dari beberapa parameter yang terkandung didalam airtanah dan memiliki nilai melebihi batas baku mutu sebagai air bersih, antara lain yaitu nilai TDS sebesar 1120 ppm, nilai DHL 2270  $\mu\text{mhos/cm}$ , nilai klorida 317,6 mg/L, nilai salinitas 1 (‰) dan nilai natrium 1059 mg/L.
2. Air tanah payau di daerah penelitian terbukti merupakan air formasi (*connate water*) yang terperangkap akibat aktivitas marin berupa laut dangkal atau zona lithoral pada masa lampau.
3. Pemanfaatan zeolit sebagai *water filter treatment* kurang menunjukkan hasil yang optimal dalam mengabsorpsi ion – ion dalam air, namun dapat dilakukan di daerah penelitian, dengan cara penambahan material zeolit. Selain itu, dapat dilakukan arahan pengolahan berupa *reverse osmosis* sebagai alternatif lain dalam mengolah air payau menjadi air yang layak dikonsumsi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Goetz, P.W. (ed.). 1986. *The New Encyclopedia Britannica (15th edn)*, Vol.3, p.937, Encyclopedia Britannica Inc., Chicago.
- Haryoto dan Herlambang. 1999. *Pengolahan Air Asin atau Payau dengan Sistem Osmosis Balik*. Kelompok Teknologi Pengelolaan Air Bersih dan Limbah Cair Direktorat Teknologi Lingkungan, Deputi Bidang Teknologi Informasi, Energi, Material dan Lingkungan Badan Pengkajian Dan Penerapan Teknologi Jakarta, 1999
- Priambodo, Arie. 2009. *Panduan Praktis Menghadapi Bencana*. Yogyakarta: Kanisius
- Saeni, M.S. 1989. *Kimia Lingkungan*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Ditjen Pendidikan Tinggi, Pusat Antar Universitas Ilmu Hayati Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Santosa, L.W. 2010. *Pengaruh Genesis Bentuklahan terhadap Hidrostratigrafi Akuifer dan Hidrogeokimia dalam Evolusi Airtanah Bebas - Kasus pada Bentanglahan Kepesisiran Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta*. Disertasi, Program Doktor pada Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta
- Santjoko, Herman. 2008. *Hubungan Kualitas Airtanah Payau dengan Gangguan Kesehatan pada Penduduk di Daerah Dataran Aluvial Pantai*, (Tesis Jurusan Ilmu Lingkungan) Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 416 Tahun 1990 Tentang Syarat Syarat dan Pengawasan Kualitas Air.
- Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 20 Tahun 2008 Tentang Baku Mutu Air di Provinsi DIY.