

TINJAUAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR BERSIH PDAM DI DANAU NGADE

Nurmala Burhan^{1*}, Nani Nagu², Chairul Anwar³

^{1*}Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Khairun

^{2,3} Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Khairun

Abstrak : Kebutuhan akan penyediaan air merupakan sumber kehidupan. Manusia dan semua makhluk hidup membutuhkan air untuk kepentingan lainnya. Ketersediaan air dari segi kualitas maupun kuantitas mutlak diperlukan. Penyediaan air bersih bagi penduduk Kota Ternate khususnya di Kota Ternate selatan seringkali terkendala. Penyebab dari krisis ketersediaan air ini antara lain sumber Existing tidak dapat dioptimalkan karena terbatasnya kapasitas sumber air. Salah satu masalah yang dihadapi ialah bagaimana sistem pengolahan air bersih di IPA Ngade dan berapa besar kuantitas air yang dihasilkan IPA Ngade, tujuan penelitian ini ialah untuk mengetahui sistem pengolahan air bersih di IPA Ngade dan kuantitas air yang dapat dihasil oleh IPA ngade. Penelitian ini dilakukan didanau Laguna di Kelurahan Ngade kawasan kota Ternate, Penelitian ini menggunakan beberapa data Primer diantaranya : data yang didapat dari hasil pengujian di laboratorium untuk mengetahui kualitas air dan data sekunder berupa Data kapasitas sumber air danau Laguna dan Data kapasitas produksi air danau Laguna. Dari hasil pengujian di laboratorium untuk mengetahui kualitas air menunjukkan bahwa sumber air yang ada di danau Laguna telah memenuhi standar baku mutu air sesuai dengan peraturan pemerintah nomor 82 tahun 2001 dan kuantitas air yang dapat dihasil yaitu sebesar 3 liter/detik.

Kata kunci : Eksisting, Instalasi Pengolahan Air Bersih.

I. PENDAHULUAN

Kota Ternate terletak dipesisir timur Pulau Ternate yang berhadapan dengan pesisir barat Pulau Halmahera bagian tengah. Morfologi pulau ini didominasi oleh pegunungan dan sedikit dataran pantai disekeliling pulau. Morfologi pegunungan dibentuk oleh Gunung Gamalama yang merupakan gunung api dengan ketinggian 1746 meter diatas permukaan laut.

Secara geografis Kota Ternate terletak pada posisi 0o-2o Lintang Utara dan 126o-128o Bujur Timur dengan ketinggian rata-rata dari permukaan laut yang beragam dan disederhanakan/dikelompokan dalam 3 kategori, yaitu ; Rendah (0 - 499 M), Sedang (500-699 M), Tinggi (lebih dari 700 M). Luas wilayah Kota Ternate adalah 5.795,4 Km² dan lebih didominasi oleh wilayah laut 5.633,34 Km² sedangkan luas daratan 162,069 Km².

Besar curah hujan tahunan umumnya rata-rata diatas 2300 mm per-tahun, dengan temperatur udara dan kelembaban nisbi 26,7 °C dan 83 %. Sedangkan penyinaran Matahari tahunan rata-rata sebesar 57,36 %, dengan kecepatan angin rata-rata sebesar 7,96 Km/Jam dengan arah angin dominan kearah utara dan barat.

Kota Ternate memiliki 2 buah danau air tawar yaitu danau Laguna yang terletak dipesisir pantai timur pulau Ternate (sebelah Selatan pusat Kota Ternate) dan danau Tolire Jaha terletak arah Barat Daya Kota Ternate. Volume air Danau Laguna ±3.547,894 m³ atau ±3,55 Milyar Liter), maka danau ini memiliki potensi sebagai sumber air minum.(Sumber: Kementerian Pekerjaan umum, Satker PKPAM).

Kebutuhan akan penyediaan air merupakan sumber kehidupan. Manusia dan semua makhluk hidup membutuhkan air untuk kepentingan lainnya. Ketersediaan air dari segi kualitas maupun kuantitas mutlak diperlukan. Air merupakan material yang membuat kehidupan terjadi di

Bumi. Air merupakan bagian dari kehidupan kita, diantaranya dimanfaatkan untuk berbagai keperluan rumah tangga, menjaga kesehatan dan menjaga kelangsungan makhluk hidup termasuk manusia.

Penyediaan air bersih bagi penduduk Kota Ternate seringkali terkendala. Penyebab dari krisis ketersediaan air ini antara lain Sumber Existing tidak dapat dioptimalkan karena terbatasnya kapasitas sumber air yang sebagian besar adalah sumur bor, presentase pelayanan sudah cukup tinggi namun kontinuitas dan kapasitas pelayanan tidak dapat dipenuhi. Kondisi ini diperparah dengan Terintrusinya beberapa sumber andalan, yaitu di, Ake Gaale, Kulaba dan Sulamadaha, sehingga kapasitas pelayanan turun dari 405 L/Det menjadi 330 L/Det, mengakibatkan pelayanan Zona IV dan V dilakukan secara bergilir. Sedangkan zona lain juga bergilir bahkan ada yang 2 hari sekali, yaitu dibagian selatan Kota ternate dan Ternate tengah, seperti kalumata puncak, Maliaro atas, Soa Puncak, Gamayau, Marikurubu, Tabahawa dan Tongole.

Untuk memenuhi kebutuhan air masyarakat Kota Ternate selatan, pemerintah Kota Ternate memakai air permukaan (Danau) yang di kelola oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). Karena semakin rendahnya kualitas air tanah, PDAM belum mampu memasok air dengan jumlah dan kualitas yang cukup, maka pengolahan air permukaan (danau) menjadi sumber alternatif bagi masyarakat Kota Ternate kedepannya. Berdasarkan uraian diatas, dapat dirumuskan pertanyaan penelitian yaitu :

1. Bagaimana sistem pengolahan air bersih di IPA Ngade?
2. Berapa besar kuantitas air yang dihasilkan IPA Ngade?
3. Bagaimana kualitas air di IPA Ngade?

Tujuan Penelitian :

1. Untuk mengetahui sistem pengolahan air bersih di IPA Ngade.
2. Untuk mengetahui kuantitas air yang dihasilkan IPA Ngade.
3. Untuk mengetahui kualitas air danau Ngade.

II. METODOLOGI

Penyusunan metode penelitian diperlukan untuk menetapkan kegiatan secara sistematis. Data yang dikumpulkan yaitu data kuantitatif dan kualitatif berupa identifikasi kondisi eksisting prasarana air bersih yang ada berdasarkan kuantitas dan kontinuitasnya, serta analisis proyeksi kualitas air bersih. Penelitian ini dilakukan selama \pm 3 bulan. Dimulai pada tanggal 1 April 2016 sampai dengan 30 Juni 2016. Penelitian ini dilakukan didanau Laguna di Kelurahan Ngade kawasan kota Ternate.. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif yaitu metode yang digunakan untuk menjelaskan data – data yang diperoleh dalam penelitian untuk memperoleh kesimpulan dan metode kompersi yaitu metode yang digunakan untuk membandingkan kesamaan pandangan dan perubahan – perubahan pandangan orang terhadap suatu peristiwa. Dalam penelitian ini membandingkan antara kualitas air di daerah penelitian dengan kriteria baku mutu air Peraturan Menteri Kesehatan No 416/MENKES/PER/IX /1990 (tabel 2.3). Analisis kualitas air melalui uji laboratorium sangat menentukan karena hasil dari analisis dapat bermanfaat untuk mendapatkan standar baku mutu air agar air tersebut dapat diketahui boleh tidaknya digunakan oleh penduduk untuk keperluan sehari – hari, kendala yang dihadapi dalam hal kualitas air, dan solusinya bagi penduduk.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sistem Pengolahan Air Bersih di IPA Ngade

1). Instalasi pengolahan air bersih di IPA Ngade

Instalasi pengolahan air bersih di IPA Ngade memanfaatkan air danau laguna melalui saluran terbuka (intake) kemudian air masuk ke bak pengumpul dan dipompakan ke instalasi pengolahan air yang berada pada elevasi 134 m dari permukaan laut. Instalasi ini

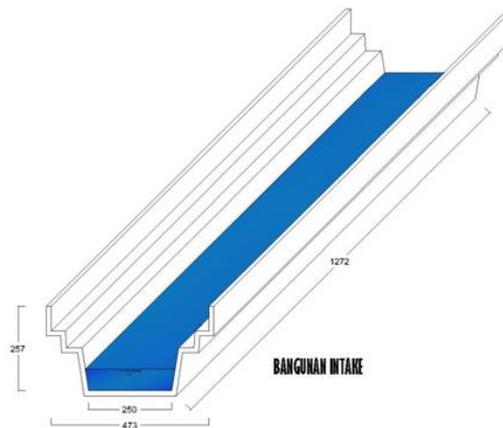
menggunakan sistem pompa, air yang masuk pada intake akan melalui proses penyaringan (screen) sebelum masuk ke bak pengumpul.

Saluran intake berada pada elevasi 9 m dari permukaan laut dengan elevasi muka air adalah 7.4 m. Bangunan intake ini berfungsi untuk mengumpulkan air dari sumbernya untuk menjaga kuantitas (debit) air yang dibutuhkan oleh instalasi pengolahan. Selain itu intake juga harus mampu menyaring benda – benda kasar yang akan terbawa oleh air itu sendiri. Air dari intake tadi kemudian disalurkan ke bak pengumpul air untuk di pompakan ke IPA.

Air baku diambil dari danau Laguna dengan menggunakan 1 unit saluran terbuka dengan ukuran sebagai berikut :

- Panjang Intake = 12,72 m
- Lebar atas = 4,73 m
- Lebar bawah = 2,50 m
- Tinggi = 1,30 m

Dari data diatas, didapatkan kapasitas tampung untuk intake sebesar 41,34 m³



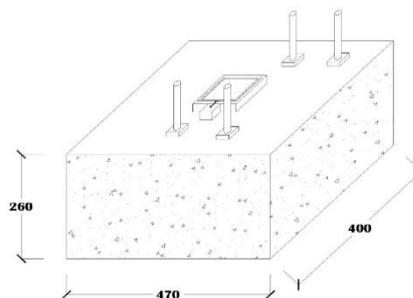
Gambar 1. Bangunan Intake
Sumber : Digambar Ulang

2). Bak Pengumpul

Bak pengumpul berfungsi untuk mengumpulkan air yang telah mengalami proses penyaringan pada saluran intake. Air yang ada pada bak pengumpul kemudian dipompa ke IPA. Bak pengumpul berada elevasi 11 m dari permukaan laut dengan kapasitas tampungan adalah 48,88 m³

Berikut ini adalah data teknis bak pengumpul eksisting:

- Jumlah : 1 unit
- Konstruksi : Beton



Gambar 2. Bak Pengumpul Air
Sumber : Di Gambar Ulang

3). *Koagulasi*

Unit ini merupakan pengolahan tahap pertama yang akan dilakukan. Pada umumnya air baku yang bersumber dari air permukaan telah terkontaminasi. Dalam hal ini air di Danau Laguna yang telah terkontaminasi dengan air hujan serta tercemari oleh daun-daun dan limbah yang ada disekitar danau, oleh karena itu proses ini sangat dibutuhkan.

Air yang ada pada bak pengumpul tadi kemudian dipompa menuju ke bak koagulasi yang berada pada elevasi 134 m dari permukaan laut. Bahan koagulan yang sering digunakan adalah aluminium sulfat/tawas. Jumlah bahan koagulan yang digunakan tergantung dari tingkat kekeruhan air. Penggunaan tawas sebagai bahan koagulan akan menurunkan pH air. Sebelum air baku diaduk dalam bak koagulasi air akan dicampur dengan aluminium sulfat/tawas. Proses koagulasi bertujuan untuk menghilangkan partikel-partikel padat yang tersuspensi dalam koloidal yang terkandung dalam air.

4). *Flokulasi*

Flokulasi adalah tahap pengadukan lambat yang mengikuti unit pengaduk cepat. Penyaringan dilakukan pada tangki vertical. Pada sistem pengolahan air bersih di Danau Ngade terdapat 2 media penyaringan yaitu , dilakukan pada bak pengaduk cepat dan lambat.

Dari unit koagulasi Air akan dialirkan menuju bak pengaduk cepat dan lambat yang berada pada elevasi 133 m. Dari bak ini diharapkan terjadi pengadukan antara air baku dan koagulan, sehingga didapatkan campuran yang homogen dan sempurna. Kedua bak ini memiliki ukuran dan diameter yang sama yaitu tinggi bak 308 cm dan diameter 130 cm hasil dari pengukuran langsung dilapangan.



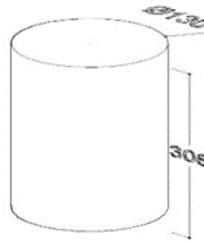
Gambar 3. Flokulasi
Sumber : Digambar Ulang

5). *Filtrasi*

Instalasi Pengolahan Air pada umumnya air akan melewati bak sedimentasi terlebih dahulu kemudian masuk ke unit filtrasi namun dari hasil pengamatan dan wawancara yang dilakukan dilapangan, IPA Ngade tidak memiliki bak sedimentasi atau unit pengolahan lumpur, air yang keluar dari bak flokulasi selanjutnya akan diproses masuk ke bak filtrasi.

Filtrasi dimaksudkan untuk menyaring zat padat tersuspensi yang tertinggal dalam air jernih (Clarified Water). Unit filtrasi ini sesuai dengan namanya adalah untuk menyaring dengan media berbutir. Media berbutir ini biasanya terdiri dari antrasit, pasir silica, dan kerikil silica dengan ketebalan berbeda.

Pada IPA Ngade ini dari pengamatan yang dilakukan Media berbutir yang digunakan untuk menyaring adalah pasir silica.



Gambar 4. Filtrasi
Sumber : Digambar Ulang

6). *Desinfeksi*

Proses klorinasi akhir disebut juga proses desinfeksi yang bertujuan untuk membunuh mikroorganisme didalam air yang masih terdapat dalam air ketika proses filtrasi. Meskipun air sudah melalui berbagai proses pengolahan sebelumnya dan kelihatan bersih, namun masih terkontaminasi dengan mikroba yang membahayakan kesehatan manusia sehingga diperlukan desinfektan dalam jumlah minimum yang diinjeksikan ke dalam jaringan distribusi.

Proses ini diharapkan mampu mengurangi kadar Fe dan Mn yang terdapat dalam air akibat dari membusuknya zat-zat organis. Jenis desinfektan yang digunakan di IPA Ngade adalah jenis umum (kaporit/Hypho Chlorit). Pemakaian kaporit untuk IPA Ngade dilakukan dengan meneteskan kaporit kedalam air.

7). *Reservoir*

Air yang telah melalui proses pengolahan tadi kemudian ditampung dalam bak penampung (reservoir) yang berfungsi untuk menampung air untuk sementara waktu sebelum air tersebut didistribusikan. Dari hasil tinjauan langsung dilapangan reservoir yang digunakan pada instalasi ini berjenis ground storage reservoir dengan elevasi 133 m yang berjumlah 2 unit.



Gambar 5. Bangunan Reservoir
Sumber : Dokumentasi

B. Kuantitas Air Danau Ngade

Dari hasil wawancara pada salah satu pegawai PDAM Ternate, air yang didistribusikan ke warga Mangga Dua empang ini hanya sebesar 3 liter/detik. Sementara jika dilihat dari jenis pompa yang digunakan yaitu pompa centrifugal dengan tipe CD EF 32-100, air dari bak pengumpul yang akan dipompa menuju IPA hanya berkapasitas 5 liter/detik dengan head pompa 150 dan diameter pipa yang digunakan adalah 315 mm.

Berikut cara untuk mengetahui kapasitas pompa: pembacaan langsung dari meteran pompa dengan menggunakan stop watch. Sesuai dengan jenis pompa. Harus melihat dari panel listrik yang berada di rumah jaga. Dari panel ini akan terbaca frekuensi dan voltase listrik untuk daya dorong pompa. Karena daya yang digunakan PDAM adalah tenaga listrik dari PLN sesuai dengan standar yang diberikan PLN untuk setiap pompa PDAM frekuensi pompa harus berada pada 50 hertz dan voltase sebesar 380 V atau sebesar 22 ampere untuk pompa jenis CR 32.

Ditinjau dari sisi persyaratan kuantitas penyediaan air bersih, instalasi pengolahan air bersih di Ngade ini perlu melakukan pengembangan untuk memenuhi kebutuhan air bersih warga masyarakat Ternate Selatan.

C. Kualitas Air di Danau Ngade

Pada saat pemeriksaan kualitas air, air diambil dari tiga titik yang menjadi acuan, dari ketiga sampel tersebut, air yang diambil yaitu dari tepian danau, tengah danau, dan paling dalam dari danau. Dari ketiga sampel diambil parameter seperti bau, rasa, suhu dll. Pemeriksaan kualitas air dilakukan oleh pihak PDAM Kota Ternate dan pemeriksaan ini dilakukan di Laboratorium PDAM Ternate.

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Air Bersih (Tepi Danau)

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu (Permenkes No. 416 Tahun 1990)	Hasil Analisa	Ket
1	Bau	-	Tidak Berbau	Tidak Berbau	MS
2	Rasa	-	Tidak Berasa	Tidak Berasa	MS
3	Suhu	°C	Suhu Udara °C ± 30	29.3	MS
4	Kekeruhan	Sk1 NTU	5	3.6	MS
5	DHL	Umhos	-	42	MS
6	Ph	-	6.5 - 8.5	7.73	MS
7	TDS	Mg/l	500	21	MS
8	Kesadahan (CaCo3)	Mg/l	500	48	MS
9	Khlorida (CL)	Mg/l	600	11	MS
10	Nitrat (NO3)	Mg/l	10	2.0	MS
11	Nitrit (NO2)	Mg/l	1.0	0.1	MS
12	Besi (Fe)	Mg/l	0.3	0.19	MS
13	Mangan (Mn)	Mg/l	0.5	0.09	MS
14	Tembaga (CU)	Mg/l	2.0	0.12	MS
15	Seng (ZN)	Mg/l	15.0	15	MS
16	Kromium, Valens -6	Mg/l	0.05	0.01	MS

Sumber : PDAM Kota Ternate 2016

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Air Bersih (Tengah)

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu (Permenkes No. 416 Tahun 1990)	Hasil Analisa	Ket
1	Bau	-	Tidak Berbau	Tidak Berbau	MS
2	Rasa	-	Tidak Berasa	Tidak Berasa	MS
3	Suhu	°C	Suhu Udara °C ± 30	29.0	MS
4	Kekeruhan	SkI NTU	5	3.0	MS
5	DHL	Umhos	-	42	MS
6	Ph	-	6.5 - 8.5	7.65	MS
7	TDS	Mg/l	500	21	MS
8	Kesadahan (CaCo3)	Mg/l	500	27	MS
9	Khlorida (CL)	Mg/l	600	6	MS
10	Nitrat (NO3)	Mg/l	10	0.1	MS
11	Nitrit (NO2)	Mg/l	1.0	0.09	MS
12	Besi (Fe)	Mg/l	1.0	0.09	MS
13	Mangan (Mn)	Mg/l	0.5	0.08	MS
14	Tembaga (CU)	Mg/l	2.0	0.1	MS
15	Seng (ZN)	Mg/l	15.0	1.3	MS
16	Kromium, Valens -6	Mg/l	0.05	0.01	MS

Sumber : PDAM Kota Ternate 2016

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Air Bersih (Dalam)

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu (Permenkes No. 416 Tahun 1990)	Hasil Analisa	Ket
1	Bau	-	Tidak Berbau	Tidak Berbau	MS
2	Rasa	-	Tidak Berasa	Tidak Berasa	MS
3	Suhu	°C	Suhu Udara °C ± 30	28.9	MS
4	Kekeruhan	SkI NTU	5	2.96	MS
5	DHL	Umhos	-	42	MS
6	Ph	-	6.5 - 8.5	7,65	MS
7	TDS	Mg/l	500	21	MS
8	Kesadahan (CaCo3)	Mg/l	500	25	MS
9	Khlorida (CL)	Mg/l	600	5	MS
10	Nitrat (NO3)	Mg/l	10	0.09	MS
11	Nitrit (NO2)	Mg/l	1.0	0.09	MS
12	Besi (Fe)	Mg/l	1.0	0.1	MS
13	Mangan (Mn)	Mg/l	0.5	0.08	MS
14	Tembaga (CU)	Mg/l	2.0	0.1	MS
15	Seng (ZN)	Mg/l	15.0	1.1	MS
16	Kromium, Valens -6	Mg/l	0.05	0.01	MS

Sumber : PDAM Kota Ternate 2016

Dari data hasil pemeriksaan kualitas air diatas, dapat dikatakan bahwa air didanau Ngade telah memenuhi baku mutu air sesuai dengan peraturan pemerintah No.82 Tahun 2001. Sementara untuk kualitas air yang telah diolah belum diketahui kualitasnya dikarenakan IPA Ngade ini telah berhenti sejak juni 2014 lalu. Faktor penyebab berhentinya IPA Ngade yaitu biaya operasional yang lebih besar dari biaya produksi dan debit yang dihasilkan terlalu kecil untuk melayani masyarakat. Sehingga direncanakan penggantian yang akan dilakukan oleh Kementerian Pekerjaan Umum satuan kerja PKPAM.

IV. KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian Tugas Akhir di IPA Ngade ini maka Penulis menarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem pengolahan air bersih di IPA Ngade menggunakan sistem saringan pasir lambat dengan unit pengolahan yaitu intake, bak pengumpul, koagulasi, flokulasi, filtrasi desinfeksi dan reservoir.
2. Kuantitas air yang dihasilkan IPA Ngade ini hanya sebesar 3 L/Detik. Maka Instalasi ini belum layak difungsikan lagi karena debit yang dihasilkan kecil sehingga menyebabkan biaya operasional yang lebih besar dari biaya produksi.
3. Dari parameter yang diuji, kualitas air pada danau Laguna sudah sesuai standar yang ditetapkan Peraturan pemerintah No. 82 tahun 2001. Hanya saja untuk parameter suhu hasilnya melebihi standar maksimum baku mutu air.

Saran diperlukan perhatian dari pemerintah daerah Kota Ternate untuk memenuhi keinginan konsumen akan air yang berkualitas mengingat ketersediaan sumber air baku yang sebagian besar adalah air tanah dalam (sumur bor) yang beberapa diantaranya telah mengalami intrusi air laut. Untuk memenuhi kebutuhan air minum di kota Ternate sebaiknya dilakukan perbaikan. Agar IPA Ngade ini dapat menghasilkan debit yang lebih besar dari kapasitas produksi sebelumnya. Dan agar dapat memenuhi keinginan konsumen akan air yang berkualitas sebaiknya dari pihak PDAM dapat melakukan pemeriksaan kualitas air setelah diolah.

REFERENSI

- [1] Afrike Wahyuni Saputri. Evaluasi Pengolahan Air Minum IPA Babakan, <http://www.google.co.id>. Diakses pada tanggal 20 Februari 2016. 2011
- [2] Aryansah. Instalasi Pengolahan Air Bersih. <https://aryansah.wordpress.com> Diakses pada tanggal 10 Maret 2016. 2010.
- [3] Dian Vitta Agustina.. Analisa Kinerja Sistem Distribusi Air Bersih PDAM. <http://tesis.googlecode.com/files/> Diakses pada tanggal 04 Maret 2016. 2007
- [4] Hendri Yatno. Perencanaan Pengolahan Air Bersih Kecamatan Perbaungan. <http://www.google.com> . Diakses pada tanggal 25 Februari 2016. 2009
- [5] Kawamura, Susumu. *Integrated Design of Water Treatment Facilities*. John Wiley & Sons, Inc. New York. 1990
- [6] Keputusan Menteri Kesehatan No.907/MENKES/SK/VII/2002 Tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air
- [7] Mary Salintung, Pengenalan Sistem Air Minum.
- [8] Mochtar H. Diktat Kuliah Satuan Operasi. Pusditek PU-UNDIP. Semarang. 1999
- [9] Peraturan Menteri Kesehatan No.416 Tahun 1990 Tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air.
- [10] Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air
- [11] Qasim, S.R, Motley, E.M, & Zhu,G. *Water Works Engineering : Planning, Design, and Operation*. London: Prentice-Hall. 2000.
- [12] Reynold, Tom D. *Unit Operation And Processed in Environmental Engineering*. Brooks/Cole Engineering Devison, California. 1982

- [13] Suriawiria C.T, Teknologi penyediaan Air Bersih, P.T. Rineka Cipta, Jakarta, 1991.nonim. Drainase Perkotaan. Penerbit Gunadarma. Jakarta.1997
- [14] Dulbahri. Sistem Informasi Geografi. UGM Press 7. Yogyakarta. 1996
- [15] Harto Br, Sri. Analisis Hidrologi. Penerbit Gramedia Pustaka Utam. Jakarta. 1993
- [16] Kambuaya, Lorens. Bentuk dan Dimensi Saluran Terbuka. Diakses dalam <http://lorenskambuaya.blogspot.in/html/m=1> pada tanggal 5 Maret 2016. 2014.
- [17] Kota Ternate. BPS. Kota Ternate Dalam Angka 2011. BPS Kota Ternate. Ternate. 2014
- [18] Prahasta, Eddy. Konsep-konsep Dasar Sistem Informasi Geografis. Penerbit CV. Informatika. Bandung. 2001
- [19] Soewarno. Hidrologi-Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data Jilid 1. Penerbit Nova. Bandung. 1991

Halaman ini sengaja dikosongkan