

PERENCANAAN SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI AIR BERSIH DI KELURAHAN PANGOLOMBIAN KECAMATAN TOMOHON SELATAN

Hesti Kalensun

Lingkan Kawet, Fuad Halim

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi

Email: hesti_kalensun@yahoo.com

ABSTRAK

Ketersediaan air bersih sangatlah penting bagi kehidupan manusia, karena air bersih merupakan kebutuhan utama manusia. Untuk itu sangat penting direncanakan suatu sistem penyediaan air bersih yang dikelola dengan baik.

Kelurahan Pangolombian belum memiliki sistem jaringan air bersih yang baik dan memadai sehingga perlu direncanakan sistem jaringan penyediaan air bersih yang baik dan bisa melayani masyarakat.

Sumber air yang akan dimanfaatkan adalah mata air zuuna. Sistem jaringan air bersih yang direncanakan yaitu dengan menampung air dari mata air kemudian dialirkan menuju ke reservoir distribusi, selanjutnya air didistribusikan ke penduduk melalui Hidran Umum dengan sistem gravitasi. Sistem jaringan air bersih direncanakan dapat memenuhi kebutuhan air bersih sampai tahun 2034. Kebutuhan air bersih dihitung berdasarkan proyeksi jumlah penduduk dengan menggunakan analisa logaritma. Dari hasil perhitungan, kebutuhan air bersih di Kelurahan Pangolombian pada tahun 2034 dengan jumlah penduduk 2393 jiwa mencapai 1,003 lt/detik. Diameter pipa transmisi adalah 4 inch dan pipa distribusi 3 inch. Untuk mendesain sistem jaringan air bersih digunakan software EPANET 2.0.

Kata kunci : *Sistem Jaringan Air Bersih, Kelurahan Pangolombian, Hidran Umum*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kelurahan Pangolombian berada di daerah pegunungan (dataran tinggi) di Kecamatan Tomohon Selatan Kota Tomohon dan berbatasan dengan 3 Kelurahan dan 1 Kabupaten.

Kelurahan Pangolombian terdapat sumber air bersih yang dialirkan ke tong penampungan dan kran umum. Sumber air ini adalah mata air zuuna dengan debit 6,31 lt/detik. Tetapi pada kenyataannya tidak semua warga mendapatkan air bersih dari sumber air tersebut. Ini disebabkan karena pipa yang digunakan terbatas dan ada kran yang sudah tidak berfungsi lagi, sehingga mengakibatkan banyak warga sulit mendapatkan air bersih.

Dari masalah tersebut maka perlu adanya upaya dalam rangka meningkatkan penyediaan air bersih di Kelurahan Pangolombian, yaitu di rencanakan sistem jaringan distribusi air bersih.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada maka dapat dirumuskan masalah yang terjadi di Kelurahan Pangolombian adalah belum adanya

sistem jaringan air bersih yang baik dan memadai sehingga perlu direncanakan sistem jaringan penyediaan air bersih yang baik dan bisa melayani masyarakat Kelurahan Pangolombian.

Batasan Masalah

- Daerah yang ditinjau adalah Kelurahan Pangolombian.
- Menganalisa kebutuhan air bersih Kelurahan Pangolombian sampai 20 tahun ke depan
- Analisa kebutuhan air bersih meliputi kebutuhan domestik dan non domestik
- Sistem penyediaan air bersih sampai pada hidran umum.
- Sistem pengolahan air bersih dan struktur bangunan tidak dibahas.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan desain sistem jaringan air bersih yang baik sehingga bisa memenuhi kebutuhan penduduk Kelurahan Pangolombian.

Manfaat Penelitian

- Penelitian ini diharapkan dapat membantu instansi/institusi terkait dan juga masyarakat

dalam mengatasi permasalahan penyediaan air bersih di Kelurahan Pangolombian Kecamatan Tomohon Selatan.

- Sebagai acuan bagi perencana tentang cara merencanakan sistem jaringan distribusi air bersih di Kelurahan Pangolombian Kecamatan Tomohon Selatan.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur

Studi literatur bertujuan untuk mendapatkan dukungan dan landasan teori dari buku-buku yang berhubungan dengan skripsi atau materi penelitian.
2. Survey lokasi dan pengumpulan data

Survey lokasi bertujuan untuk mengetahui kondisi lapangan yang sebenarnya dan permasalahan yang terjadi dalam hal sistem penyediaan air bersih di Kelurahan Pangolombian Kecamatan Tomohon Selatan dan juga mengumpulkan data yang diperlukan.
3. Pengolahan dan pembahasan data
4. Kesimpulan dan saran

LANDASAN TEORI

Sumber Air

1. Air Laut

Air laut mempunyai sifat asin, karena mengandung garam NaCl. Kadar garam NaCl dalam air laut 3 % sehingga tidak memenuhi syarat untuk diminum.
2. Air Hujan

Air hujan disebut juga dengan air angkasa dengan sifat kualitas :

 - a. Bersifat lunak karena tidak mengandung larutan garam dan zat-zat mineral
 - b. Pada umumnya bersifat lebih bersih
 - c. Dapat bersifat korosif
3. Air Permukaan
 - a. Air waduk (berasal dari air hujan)
 - b. Air sungai (berasal dari air hujan dan mata air)
 - c. Air danau (berasal dari air hujan, air sungai atau mata air)
4. Air tanah

Air tanah terbagi atas 3 yaitu:

 - a. Air Tanah Dangkal

Terjadi karena daya proses peresapan air permukaan tanah. Air tanah dangkal akan terdapat pada kedalaman 15 meter.

- b. Air Tanah Dalam

Terdapat pada lapisan rapat air pertama dan kedalaman 100-300 meter.

- c. Mata Air

Mata air adalah tempat dimana air tanah keluar kepermukaan tanah. Keluarnya air tanah tersebut secara alami dan biasanya terletak di lereng-lereng gunung atau sepanjang tepi sungai.

Berdasarkan munculnya kepermukaan air tanah terbagi atas 2 yaitu :

1. Mata air (*gravity spring*) yaitu air mengalir dengan gaya berat sendiri.
2. Mata air artesis berasal dari lapisan air yang dalam posisi tertekan.

Persyaratan Penyediaan Air Bersih

Persyaratan Kualitatif

Persyaratan kualitatif menggambarkan mutu atau kualitas dari air baku air bersih.

- a. Syarat-syarat fisik

Air minum harus jernih, tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa
- b. Syarat-syarat kimia

Air minum tidak boleh mengandung bahan-bahan kimia.
- c. Syarat *bakteriologis* atau *mikrobiologis*

Air minum tidak boleh mengandung kuman patogen dan parasitic
- d. Syarat-syarat *radiologis*

Air minum tidak boleh mengandung zat yang menghasilkan bahan yang mengandung radioaktif.

Persyaratan Kuantitatif

Persyaratan kuantitatif dalam penyediaan air bersih adalah ditinjau dari banyaknya air baku yang tersedia. Artinya, air baku tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan sesuai dengan jumlah penduduk yang akan dilayani.

Persyaratan Kontinuitas

Arti kontinuitas disini adalah bahwa air baku untuk air bersih tersebut dapat diambil terus menerus dengan fluktuasi debit yang relatif tetap, baik pada saat musim kemarau maupun musim hujan.

Kebutuhan Air Bersih

Pertumbuhan Jumlah Penduduk

Untuk memproyeksikan jumlah penduduk pada 10 tahun mendatang, maka dapat dihitung dengan analisa regresi.

- a. Analisa regresi linear.

$$y = a + bx \dots\dots\dots(1)$$

$$a = \frac{\Sigma y - b \Sigma x}{n} \dots\dots\dots(2)$$

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \dots\dots\dots(3)$$

b. Analisa Regresi Eksponential.

$$y = a e^{bx} \dots\dots\dots(4)$$

$$b = \text{Exp} \frac{n \sum x (\text{Ln } y) - \sum(x) \sum(\text{Ln } y)}{(n \sum x^2) - (\sum x)^2} \dots\dots\dots(5)$$

$$a = \text{Exp} \frac{(\sum \text{Ln } Y) - (b \sum x)}{n} \dots\dots\dots(6)$$

c. Analisa Regresi Logaritma

$$y = a + b \ln x \dots\dots\dots(7)$$

$$a = \frac{\sum y - b \sum (\ln x)}{n} \dots\dots\dots(8)$$

$$b = \frac{n(\sum x) y - \sum(\ln x) \sum y}{n \sum (\ln x)^2 - (\sum \ln x)^2} \dots\dots\dots(9)$$

Dimana : y = Jumlah Penduduk

x = Jumlah Tahun

a,b = Koefisien Regresi

n = Jumlah Data

Syarat : $-1 \leq r \leq 1$

Kebutuhan Domestik

Kebutuhan air bersih untuk pemenuhan kegiatan sehari-hari atau rumah tangga seperti: untuk minum, memasak, kesehatan individu, menyiram tanaman, pengangkutan air buangan.

Kebutuhan Non Domestik

1. Kebutuhan institusional
Kebutuhan air bersih untuk kegiatan perkantoran dan sekolah.
2. Kebutuhan komersial dan industri
Kebutuhan air bersih untuk kegiatan hotel, pasar, dan sebagainya.
3. Kebutuhan fasilitas umum
Kebutuhan air bersih untuk kegiatan tempat ibadah, rekreasi, dll.

Tabel 1. Kriteria Teknis Penyediaan Air Bersih

No	Uraian	Kriteria
1	Hidran Umum (HU)	30 l/orang/hari
2	Sambungan Rumah (SR)	90 l/orang/hari
3	Lingkup Pelayanan	60-100 %
4	Perbandingan HU : SR	20:80 – 50:50
5	Kebutuhan non domestik	5 %
6	Kehilangan air akibat kebocoran	15 %
7	Faktor puncak untuk harian maksimum	1,5 Qr
8		100 orang /unit
9	Pelayanan HU	10 orang/unit
10	Pelayanan SR	12 jam/hari
11	Jam Operasi	3000 l/hari
12	Aliran Maksimum HU	900 l/hari
13	Aliran Maksimum SR	10 tahun
	Periode Perencanaan	

Sumber: Pedoman Teknis Penyediaan Air Bersih IKK Pedesaan, 1990.

Kehilangan Air

Kehilangan air didefinisikan sebagai jumlah air yang hilang akibat:

- Pemasangan sambungan yang tidak tepat
- Terkena tekanan dari luar sehingga menyebabkan pipa retak atau pecah
- Penyambungan liar

Kebutuhan Air Total

Kebutuhan air total adalah total kebutuhan air baik domestik, non domestik ditambah kehilangan air.

$$Q_r = Q_d + Q_n + Q_a \dots\dots\dots(10)$$

Dimana :

Q_r = Kebutuhan air rata-rata (ltr/hari)

Q_d = Kebutuhan air domestik (ltr/hari)

Q_n = Kebutuhan air non domestik (ltr/hari)

Q_a = Kehilangan air (liter/hari)

Kebutuhan Air Harian Maksimum dan Jam Puncak

Kebutuhan air harian maksimum adalah kebutuhan air pada hari tertentu dalam setiap minggu, bulan, dan tahun dimana kebutuhan airnya sangat tinggi.

$$Q_m = 1,25 \times Q_t \dots\dots\dots(11)$$

Dimana :

Q_m = Debit kebutuhan air harian maksimum (liter/hari)

Q_t = Debit kebutuhan air total (liter/hari)

Kebutuhan air jam puncak adalah kebutuhan air pada jam-jam tertentu dalam satu hari dimana kebutuhan airnya akan memuncak.

$$Q_p = 1,75 \times Q_t \dots\dots\dots(12)$$

Dimana :

Q_m = Debit kebutuhan air jam puncak (liter/hari)

Q_t = Debit kebutuhan air total (liter/hari)

Sistem Penyediaan Air Bersih

Bangunan Pengambilan

Bangunan pengambilan air baku untuk penyediaan air bersih disebut dengan bangunan penangkap air atau intake.

Sistem Transmisi Air Bersih

Sistem transmisi air bersih adalah sistem perpipaan dari bangunan pengambilan air baku ke bangunan pengolahan air bersih.

Sistem Distribusi

Sistem distribusi air bersih adalah pendistribusian atau pembagian air melalui sistem perpipaan dari bangunan pengolahan (reservoir) kedaerah pelayanan (konsumen).

Dalam perencanaan sistem distribusi air bersih, beberapa faktor yang harus diperhatikan antara lain adalah :

1. Daerah layanan dan jumlah penduduk yang akan dilayani.
2. Kebutuhan air
Debit yang harus disediakan untuk distribusi daerah pelayanan.
3. Letak topografi daerah layanan, yang akan menentukan sistem jaringan dan pola aliran yang sesuai.
4. Jenis sambungan sistem

Tipe Pengaliran

1. *Gravity System*

Sistem ini digunakan bila reservoir terletak di daerah yang tinggi.

2. *Pumping System*

Sistem ini digunakan bila reservoir terletak di daerah yang rendah sehingga memerlukan pompa.

3. *Dual System*

Cara kerja sama seperti Pumping System, namun apabila pemakaian air di kota kecil, maka sebagian air akan tertampung pada “*service reservoir*”.

Layout Sistem Distribusi

1. *DEAD END or TREE –SYSTEM*

Halangan yang diberikan oleh sistem ini adalah jumlah debit pada suatu tempat tertentu tidak mencukupi apabila digunakan secara darurat seperti pemadam kebakaran.

2. *GRID – IRON SYSTEM*

Keuntungan sistem ini :

- Air dapat disuplai ke setiap titik
 - Dalam kasus darurat lebih mudah teratasi
- Kerugian sistem ini :

- Biaya lebih mahal karena pipa dibutuhkan lebih panjang
- Perencanaan lebih sulit

3. *CIRCULAR or RING – SYSTEM*

- Sistem ini perencanaannya mudah
- Tapi membutuhkan pipa yang panjang dan valve yang banyak
- Keuntungan dan kerugian sistem ini sama dengan *GRID – IRON SYSTEM*, kecuali dalam hal perencanaan
- Sistem ini sangat baik bila jalan teratur

4. *RADIAL SYSTEM*

- Sistem ini memberikan suplai yang cepat dan memuaskan
- Merencanakan ukuran pipa amatlah mudah.

Tabel 2. Kriteria Pipa Transmisi dan Distribusi Menurut Kep Men PU no.18 Tahun 2007

No	Uraian	Kriteria Pipa Transmisi	Kriteria pipa Distribusi
1	Debit Perencanaan (Qmax)	F max x Q rerata	F max x Q rerata
2	Faktor Harian Maksimum (Fmax)	1,10-1,50	1,15-3
3	Jenis saluran	Pipa atau Terbuka	-
4	Kecepatan Aliran dalam Pipa a. Kecepatan minimum (Vmin) b. Kecepatan maksimum (Vmax) PVC DCIP	0,3-0,6 m/s 0,3-4,5 m/s 6,0 m/s	0,3-0,6 m/s 0,3-4,5 m/s 6,0 m/s
5	Tekanan Air dalam Pipa a. Tekanan minimum (Hmin) b. Tekanan maksimum (Hmaks)	1 atm	0,5-1,0 atm, pada titik jangkauan terjauh
6	Pipa PVC Pipa DCIP Pipa PE 100 Pipa PE 80	6-8 atm 10 atm 12,4 atm 9,0 atm	6-8 atm 11 atm 12,4 atm 9,0 atm
7	Kecepatan Saluran Terbuka a) Kecepatan minimum (Vmin) b) Kecepatan maksimum (Vmaks)	0,6 m/s 1,5 m/s	
8	Kemiringan Saluran Terbuka	0,005-0,001	-
9	Tinggi bebas saluran terbuka	15 cm (minimum)	-
10	Kemiringan tebing terhadap dasar saluran	45° untuk trapesium	-

Sumber: Pedoman Teknis Penyediaan Air Bersih IKK Pedesaan, 1990

Tabel 3. Beberapa jenis pipa, keuntungan dan kerugiannya secara sepintas

Jenis Pipa	Keuntungan	Kerugian
Besi Tuang	Pipa ini murah, mudah disambung, tahan karat	Berat, biaya transportasi
PVC	Ringan, mudah diangkut dan dipasang, tidak bereaksi dengan air	Tekanan rendah
HDPE	Ringan, mudah diangkut dan dipasang, tidak bereaksi dengan air, mencapai 100 m tanpa sambungan untuk diameter kecil	Tekanan rendah
Besi Galvanis	Tekanan tinggi	Berat, transportasi dan instalasi lebih mahal

Sumber : Pedoman Teknis Penyediaan Air Bersih IKK Pedesaan, 1990

Tabel 4. Koefisien Kekasaran Pipa Menurut Hazen-Wiliams

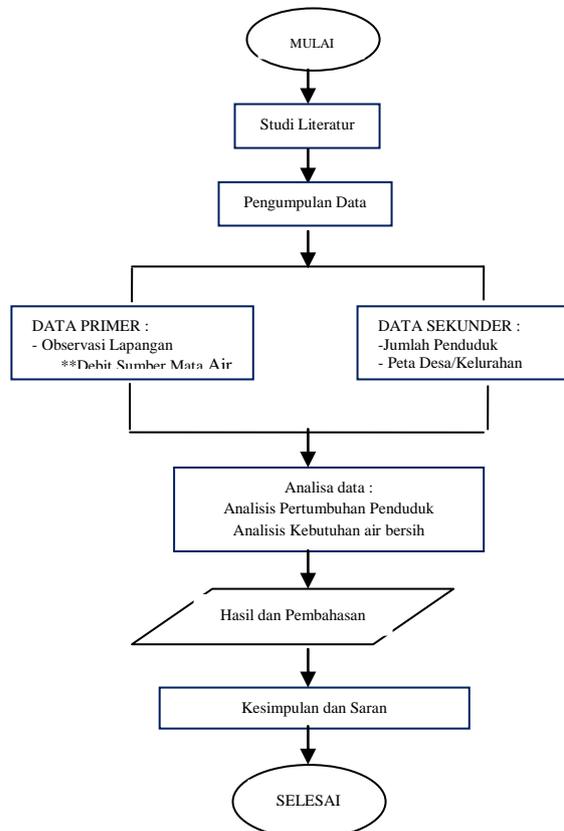
Material	C _{HW}
<i>Asbestos Cement</i> (Asbes semen)	140
<i>Brass</i> (tembaga)	135
<i>Brick</i> (batu bata)	100
<i>Cast Iron, New</i> (Besi tuang, baru)	130
Concrete	140
<i>Steel forms</i> (Dicetak dengan baja)	120
<i>Wooden forms</i> (Dicetak dengan kayu)	135
	135

<i>Centrifugally spun</i>	-
<i>Cement</i>	120
<i>Copper</i>	140
<i>Corrugated metal</i>	135
<i>Galvanized iron</i>	150
<i>Glass</i>	
<i>Lead</i>	148
<i>Plastic (PVC)</i>	145
Steel	110
<i>Coal-tar enamel</i>	120
<i>New unlined</i>	
<i>Riveted</i>	
<i>Wood stave</i>	

Sumber: Pedoman Teknis Penyediaan Air Bersih IKK Pedesaan, 1990

- Analisa ketersediaan air bersih
 - Analisa kebutuhan air bersih
5. Desain sistem jaringan distribusi air bersih

Bagan Alir Penelitian



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

METODOLOGI PENELITIAN

Gambaran Umum Lokasi penelitian

Geografis

Kelurahan Pangolombian memiliki luas wilayah 375 ha. Terletak di Kecamatan Tomohon Selatan Kota Tomohon dan berbatasan dengan 3 Kelurahan dan 1 Kabupaten. Berdasarkan letak geografis berada pada posisi antara 1^o16'21,72"LU dan 124^o50'29,08"BT.

Kependudukan

Sebagian besar masyarakat Kelurahan pangolombian berprofesi sebagai petani. Berdasarkan data yang didapat dari Balai Kelurahan Pangolombian Jumlah penduduk adalah 2.261 jiwa.

Topografi dan Klimatologi

Berdasarkan letak topografi wilayah Kelurahan Pangolombian berada di daerah pegunungan dan terletak pada ketinggian sekitar 800 m diatas permukaan laut.

Prosedur Penelitian

Penelitian ini adalah suatu studi kasus yang berisikan tinjauan tentang kondisi di lapangan disertai analisa dengan literatur-literatur yang ada.

Langkah-langkah penelitian adalah sebagai berikut :

1. Studi literatur
2. Penetapan lokasi penelitian
3. Survey lokasi dan pengambilan data baik data primer maupun data sekunder
4. Analisa data
 - Analisa pertumbuhan penduduk dengan metode regresi

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Proyeksi Kebutuhan Air Bersih

Analisis Regresi Linear

Tabel 5. Analisis Regresi Linear

Tahun	Nomor (x)	Jumlah Penduduk (y)	x ²	xy	y ²
2005	1	2048	1	2048	4194304
2006	2	2068	4	4136	4276624
2007	3	2132	9	6396	4545424
2008	4	2226	16	8904	4955076
2009	5	2234	25	11170	4990756
2010	6	2232	36	13392	4981824
2011	7	2239	49	15673	5013121
2012	8	2250	64	18000	5062500
2013	9	2256	81	20304	5089536
2014	10	2261	100	22610	5112121
Jumlah	55	21946	385	122633	48221286

Sumber : Hasil analisa

Keterangan :

- x = Jumlah Tahun.
- n = Jumlah data
- y = Jumlah Penduduk
- r = nilai korelasi

Maka diperoleh :

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} = 23,39$$

$$a = \frac{\sum y - b \sum x}{n} = 2065,955$$

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2}} = 0,877$$

nilai korelasi (r^2) = 0,769

Persamaan Jumlah Penduduk adalah :

$$y = a + bx = 2065,955 + 23,39x$$

Maka Proyeksi Jumlah Penduduk untuk Tahun ke 11 (2015) :

$$y = 2065,955 + 23,39(11) = 2324 \text{ jiwa}$$

Analisis Regresi Logaritma

Tabel 6. Analisis Regresi Logaritma

Tahun	Nomor (x)	Jumlah Penduduk (y)	y ²	Ln(x)	(lnx) ²	(lnx)y
2005	1	2048	4194304	0	0	0
2006	2	2068	4276624	0,693	0,480	1433,428
2007	3	2132	4545424	1,099	1,207	2342,241
2008	4	2226	4955076	1,386	1,921	3085,891
2009	5	2234	4990756	1,609	2,590	3595,484
2010	6	2232	4981824	1,792	3,210	3999,207
2011	7	2239	5013121	1,946	3,787	4356,893
2012	8	2250	5062500	2,079	4,324	4678,743
2013	9	2256	5089536	2,197	4,828	4956,939
2014	10	2261	5112121	2,303	5,302	5206,145
Total	55	21946	48221286	15,104	27,650	33654,97

Sumber : Hasil analisa

Maka diperoleh :

$$b = \frac{n \sum (\ln x)y - \sum (\ln x) \sum y}{n \sum (\ln x)^2 - (\sum \ln x)^2} = 104,805$$

$$a = \frac{\sum y - b \sum \ln x}{n} = 2036,298$$

$$r = \frac{n \sum (\ln x)y - \sum (\ln x) \sum y}{\sqrt{n \sum (\ln x)^2 - (\sum \ln x)^2} \sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2}} = 0,952$$

Jadi, untuk Proyeksi Jumlah Penduduk dengan Analisis Regresi Linear memiliki nilai korelasi (r^2) = 0,906

Persamaan Jumlah Penduduk adalah :

$$y = a + b \ln x = 2036,298 + 104,805 \ln x$$

Maka Proyeksi Jumlah Penduduk untuk Tahun ke 11 (2015) :

$$y = 2036,298 + 104,805 \ln(11) = 2288 \text{ jiwa}$$

Analisis Regresi Eksponential

Tabel 7. Analisis Regresi Eksponential

Tahun	Nomor (x)	Jumlah Penduduk (y)	x ²	Ln x	Ln y	(lny) ²	x(lny)
2005	1	2048	1	0	7,625	58,135	7,625
2006	2	2068	4	0,693	7,634	58,283	15,269
2007	3	2132	9	1,099	7,665	58,749	22,995
2008	4	2226	16	1,386	7,708	59,413	30,832
2009	5	2234	25	1,609	7,712	59,468	38,558
2010	6	2232	36	1,792	7,711	59,454	46,264
2011	7	2239	49	1,946	7,714	59,503	53,997
2012	8	2250	64	2,079	7,719	59,578	61,749
2013	9	2256	81	2,197	7,721	59,619	69,492
2014	10	2261	100	2,303	7,724	59,653	77,236
Total	55	21946	385	15,104	76,931	591,855	424,015

Sumber : Hasil analisa

Keterangan :

- x = Jumlah Tahun.
- n = Jumlah data
- y = Jumlah Penduduk

Maka diperoleh :

$$b = \frac{n \sum x(\ln y) - \sum(x) \sum(\ln y)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} = 0,0108$$

$$a = \exp \frac{\sum \ln y - b \sum x}{n} = 2066,748$$

$$r = \frac{n \sum x(\ln y) - \sum x \sum(\ln y)}{\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{n \sum (\ln y)^2 - (\sum \ln y)^2}} = 0,874$$

Jadi, untuk Proyeksi Jumlah Penduduk dengan Analisis Regresi Eksponential memiliki nilai korelasi (r^2) = 0,763

Persamaan Jumlah Penduduk adalah :

$$y = a e^{bx} = 2066,748 (e^{0,0108(x)})$$

Maka Proyeksi Jumlah Penduduk untuk Tahun ke 11 (2015) :

$$y = 2066,748 (e^{0,0108(11)}) = 2328 \text{ jiwa}$$

Syarat : $-1 \leq r \leq 1$.Maka proyeksi jumlah penduduk yang akan digunakan yaitu analisis regresi logaritma dengan nilai korelasi (R^2) 0,906. Dimana analisis regresi logaritma memiliki nilai korelasi yang paling mendekati 1.

Tabel 8. Proyeksi Jumlah Penduduk Kelurahan Pangolombian

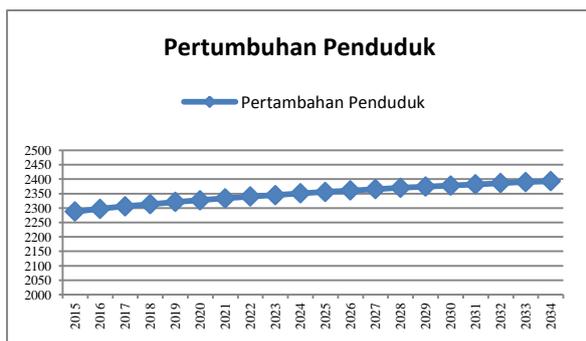
Tahun	x	Jumlah Penduduk(Jiwa)
2015	11	2288
2016	12	2297
2017	13	2306
2018	14	2313
2019	15	2321
2020	16	2327
2021	17	2334
2022	18	2340
2023	19	2345
2024	20	2351
2025	21	2356
2026	22	2361
2027	23	2365
2028	24	2370
2029	25	2374
2030	26	2378
2031	27	2382
2032	28	2386
2033	29	2390
2034	30	2393

Sumber : Hasil analisa

Tabel 9. Kebutuhan Air Domestik Kelurahan Pangolombian

Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)	Kebutuhan air bersih (lt/hari)	Kebutuhan air bersih (lt/det)	Kebutuhan air bersih (m ³ /det)
2015	2288	68640	0,794	0,000794
2016	2297	68910	0,798	0,000798
2017	2306	69180	0,801	0,000801
2018	2313	69390	0,803	0,000803
2019	2321	69630	0,806	0,000806
2020	2327	69810	0,808	0,000808
2021	2334	70020	0,810	0,00081
2022	2340	70200	0,813	0,000813
2023	2345	70350	0,814	0,000814
2024	2351	70530	0,816	0,000816
2025	2356	70680	0,818	0,000818
2026	2361	70830	0,820	0,00082
2027	2365	70950	0,821	0,000821
2028	2370	71100	0,823	0,000823
2029	2374	71220	0,824	0,000824
2030	2378	71340	0,826	0,000826
2031	2382	71460	0,827	0,000827
2032	2386	71580	0,828	0,000828
2033	2390	71700	0,830	0,00083
2034	2393	71790	0,831	0,000831

Sumber : Hasil analisa



Gambar 2. Pertumbuhan Penduduk Kelurahan Pangolombian (Tahun 2015 – 2034)

Sumber : Hasil analisa

Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik adalah kebutuhan yang diperlukan manusia untuk kehidupan sehari-hari seperti minum, masak, mck, bersih-bersih, dan lain-lain.

Berikut adalah kebutuhan air domestik Kelurahan Pangolombian untuk tahun 2015.

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{pedesaan}} &= \text{Jumlah penduduk} \times 30 \text{ lt/orang/hari} \\
 &= 2288 \times 30 \text{ lt/hari} = 68640 \text{ lt/hari} \\
 &= 2860 \text{ lt/jam} = 0,794 \text{ lt/dtk} \\
 &= 0,000794 \text{ m}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan Air Non Domestik

Kebutuhan air non domestik adalah kebutuhan untuk fasilitas pelayanan umum, seperti kantor, sekolah, rumah sakit atau puskesmas, tempat ibadah, terminal, dan lain-lain. Kebutuhan air non domestik berdasarkan kriteria perencanaan IKK pedesaan adalah 5% dari kebutuhan air domestik.

Tabel 10. Kebutuhan Air Non Domestik Kelurahan Pangolombian

Tahun	Kebutuhan Air Domestik		Kebutuhan Air Non Domestik	
	(lt/hari)	(lt/det)	(lt/hari)	(lt/det)
2015	68640	0,794	3432	0,039
2016	68910	0,798	3445,5	0,040
2017	69180	0,801	3459	0,040
2018	69390	0,803	3469,5	0,040
2019	69630	0,806	3481,5	0,040
2020	69810	0,808	3490,5	0,040
2021	70020	0,810	3501	0,041
2022	70200	0,813	3510	0,041
2023	70350	0,814	3517,5	0,041
2024	70530	0,816	3526,5	0,041
2025	70680	0,818	3534	0,041
2026	70830	0,820	3541,5	0,041
2027	70950	0,821	3547,5	0,041
2028	71100	0,823	3555	0,041
2029	71220	0,824	3561	0,041
2030	71340	0,826	3567	0,041
2031	71460	0,827	3573	0,041
2032	71580	0,828	3579	0,041
2033	71700	0,830	3585	0,042
2034	71790	0,831	3589,5	0,042

Sumber : Hasil analisa

Kehilangan Air

Kehilangan air umumnya disebabkan karena adanya kebocoran pada pipa serta kesalahan pada pembacaan meter. Berdasarkan kriteria perencanaan IKK pedesaan 1990 kebocoran atau kehilangan air yaitu 15% dari kebutuhan rata-rata, dimana kebutuhan rata-rata adalah hasil penjumlahan dari kebutuhan air domestik dan kebutuhan air non domestik.

Tabel 11. Kehilangan Air

Tahun	Kebutuhan Air Domestik		Kebutuhan Air Non Domestik		Kehilangan Air	
	(lt/hari)	(lt/det)	(lt/hari)	(lt/det)	(lt/hari)	(lt/det)
2015	68640	0,794	3432	0,039	10810,8	0,125
2016	68910	0,798	3445,5	0,040	10853,33	0,126
2017	69180	0,801	3459	0,040	10895,85	0,126
2018	69390	0,803	3469,5	0,040	10928,93	0,127
2019	69630	0,806	3481,5	0,040	10966,73	0,127
2020	69810	0,808	3490,5	0,040	10995,08	0,127
2021	70020	0,810	3501	0,041	11028,15	0,128
2022	70200	0,813	3510	0,041	11056,5	0,128
2023	70350	0,814	3517,5	0,041	11080,13	0,128
2024	70530	0,816	3526,5	0,041	11108,48	0,129
2025	70680	0,818	3534	0,041	11132,1	0,129
2026	70830	0,820	3541,5	0,041	11155,73	0,12
2027	70950	0,821	3547,5	0,041	11174,63	0,129
2028	71100	0,823	3555	0,041	11198,25	0,130
2029	71220	0,824	3561	0,041	11217,15	0,130
2030	71340	0,826	3567	0,041	11236,05	0,130
2031	71460	0,827	3573	0,041	11254,95	0,130
2032	71580	0,828	3579	0,041	11273,85	0,131
2033	71700	0,830	3585	0,042	11292,75	0,131
2034	71790	0,831	3589,5	0,042	11306,93	0,131

Sumber : Hasil analisa

Kebutuhan Air Total

Kebutuhan air total adalah total kebutuhan air domestik, kebutuhan air non domestik dan kehilangan air.

Tabel 12. Kebutuhan Air Total

Kebutuhan Domestik (lt/hari)	Air (lt/det)	Kebutuhan Non Domestik (lt/hari)	Air (lt/det)	Kehilangan Air		Kebutuhan Air Total	
				(lt/hari)	(lt/det)	(lt/hari)	(lt/det)
68640	0,794	3432	0,039	10810,8	0,125	82882,8	0,960
68910	0,798	3445,5	0,040	10853,33	0,126	83208,83	0,963
69180	0,801	3459	0,040	10895,85	0,126	83534,85	0,970
69390	0,803	3469,5	0,040	10928,93	0,127	83788,43	0,970
69630	0,806	3481,5	0,040	10966,73	0,127	84078,23	0,973
69810	0,808	3490,5	0,040	10995,08	0,127	84295,58	0,976
70020	0,810	3501	0,041	11028,15	0,128	84549,15	0,979
70200	0,813	3510	0,041	11056,5	0,128	84766,5	0,981
70350	0,814	3517,5	0,041	11080,13	0,128	84947,63	0,983
70530	0,816	3526,5	0,041	11108,48	0,129	85164,98	0,986
70680	0,818	3534	0,041	11132,1	0,129	85346,1	0,988
70830	0,820	3541,5	0,041	11155,73	0,12	85527,23	0,990
70950	0,821	3547,5	0,041	11174,63	0,129	85672,13	0,991
71100	0,823	3555	0,041	11198,25	0,130	85853,25	0,994
71220	0,824	3561	0,041	11217,15	0,130	85998,15	0,995
71340	0,826	3567	0,041	11236,05	0,130	86143,05	0,997
71460	0,827	3573	0,041	11254,95	0,130	86287,95	0,999
71580	0,828	3579	0,041	11273,85	0,131	86432,85	1,000
71700	0,830	3585	0,042	11292,75	0,131	86577,75	1,002
71790	0,831	3589,5	0,042	11306,93	0,131	86686,43	1,003

Sumber : Hasil analisa

Kebutuhan Air Harian Maksimum dan Jam Puncak

Kebutuhan air harian maksimum dan jam puncak dihitung berdasarkan kriteria perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU, 1996 dengan faktor pengali yaitu,

- Kebutuhan air harian maksimum = 1,15 – 1,25 dikali dengan kebutuhan air total
- Kebutuhan air jam puncak = 1,65 – 2,00 dikali dengan kebutuhan air total

$$Q_m = 1,25 \times 1,003 = 1,254 \text{ lt/detik} = 0,001254 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$Q_p = 1,75 \times 1,003 = 1,755 \text{ lt/detik} = 0,001755 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Tabel 13. Kebutuhan Air Harian Maksimum dan Jam Puncak

Tahun	Kebutuhan Air Harian Maksimum		Kebutuhan Air Jam Puncak	
	(lt/hari)	(lt/det)	(lt/hari)	(lt/det)
2015	103603,5	1,199	145044,9	1,679
2016	104011	1,204	145615,4	1,685
2017	104418,6	1,209	146186	1,692
2018	104735,5	1,212	146629,7	1,697
2019	105097,8	1,216	147136,9	1,703
2020	105369,5	1,220	147517,3	1,707
2021	105686,4	1,223	147961	1,713
2022	105958,1	1,226	148341,4	1,717
2023	106184,5	1,229	148658,3	1,721
2024	106456,2	1,232	149038,7	1,725
2025	106682,6	1,235	149355,7	1,729
2026	106909	1,237	149672,6	1,732322
2027	107090,2	1,240	149926,2	1,735257
2028	107316,6	1,242	150243,2	1,738926
2029	107497,7	1,244	150496,8	1,741861
2030	107678,8	1,246	150750,3	1,744796
2031	107859,9	1,248	151003,9	1,74773
2032	108041,1	1,251	151257,5	1,750665
2033	108222,2	1,253	151511,1	1,7536
2034	108358	1,254	151701,2	1,755801

Sumber : Hasil analisa

Analisa Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih

Sistem Plan Penyediaan Air Bersih

Rencana sistem penyediaan air bersih dari mata air zuuna ke Kelurahan Pangolombian adalah sebagai berikut :

1. Air dari mata air zuuna ditampung terlebih dahulu pada bak penampung atau bak penangkap mata air dengan elevasi + 888 m.
2. Dari bak penangkap mata air (bronkaptering) air dialirkan secara gravitasi menuju reservoir pada elevasi + 884 m.
3. Selanjutnya air dari reservoir didistribusikan secara gravitasi melalui pipa distribusi menuju hidran-hidran umum yang ada pada

daerah layanan, dalam hal ini Kelurahan Pangolombian.

Desain Sistem Jaringan Air Bersih
Desain Bangunan (Broncaptering)

Broncaptering adalah bangunan yang dibangun untuk menangkap mata air yang keluar dari mata air. Ukuran bangunan selalu disesuaikan dengan kondisi penyebaran keluaran mata air.

Desain Hidrolis Reservoir

Kapasitas berguna reservoir diambil 20% dari total kebutuhan harian maksimum yaitu 0,001254 m³/detik.

Kapasitas berguna reservoir
 = 0,20 x 0,001254 m³/det x (24 x 3600)
 = 21,669 m³

Ukuran kapasitas berguna reservoir :
 P = 3 m ; T air = 2,9 m
 tinggi= kedalaman dari kapasitas air berguna

Kontrol :

Dimensi kapasitas berguna > Kapasitas reservoir yang dibutuhkan
 26,1 m³ > 21,669 m³.....OK!

Diambil kapasitas mati reservoir 0,1 m dan tinggi ruang udara 1 m. Sehingga total tinggi reservoir distribusi adalah = 4 m.

Jadi dimensi reservoir menjadi (3x3x4) m

Desain Jaringan Perpipaan

Dalam mendesain diameter rencana untuk pipa digunakan rumus Hasen- William yaitu :

$$H_f = \frac{10.67 \times Q^{1,85}}{C_{\square}^{1,85} \times D^{4,87}} \times L$$

Dimana:

- C_{hw} : Koefisien Hasen-William
- S : gradient hidrolis (s = H_f / L)
- H_f : Kehilangan tenaga (m)
- Q : debit (m³/detik)
- L : panjang pipa (m)
- D : diameter pipa (m)

Pipa Transmisi

Jenis pipa yang digunakan adalah jenis pipa PVC.

Perhitungan pipa transmisi :

L = 240,06 m
 Q = 6,31 lt/detik = 0,00631 m³/detik
 C_{hw} = 150
 ΔH = (+888 m) – (+884 m) = 4 m
 D = 4 inch = 0,1016 m

Mengalami kehilangan head :

$$H_f = \frac{10.67 \times Q^{1,85}}{C_{\square}^{1,85} \times D^{4,87}} \times L = 1,409 \text{ m}$$

Kontrol :

H_f < ΔH
 1,409 m < 4m OK

Desain Sistem Jaringan Pipa Menggunakan Epanet 2.0

Tabel 14. Node Parameter Jaringan Air Bersih Kelurahan Pangolombian

Node ID	Elevation (m)	Diam. (mm)	Head (m)	Pressure (m)	
Pipe P101	121.0	750	1.18	10.82	
Pipe P102	124.13	500	0.08	4.37	
Pipe P103	127.64	500	0.08	2.73	
Pipe P104	128.56	500	0.71	2.12	
Pipe P105	128.56	500	0.37	0.86	
Pipe P106	124.410	500	0.28	0.14	0.87
Pipe P107	128.56	500	0.22	0.15	0.24
Pipe P108	128.56	500	0.07	0.04	0.84
Pipe P109	122.215	500	0.07	0.04	0.84
Pipe P110	127.754	500	0.28	0.14	0.87
Pipe P111	128.840	500	0.22	0.15	0.34
Pipe P112	128.56	500	0.18	0.07	0.76
Pipe P113	128.840	500	0.07	0.04	0.84
Pipe P114	122.215	500	0.06	0.04	0.37
Pipe P115	124.410	500	0.06	0.04	2.72
Pipe P116	128.56	500	0.21	0.06	3.17
Pipe P117	127.754	500	0.28	0.14	0.87
Pipe P118	128.840	500	0.22	0.15	0.33
Pipe P119	128.56	500	0.16	0.07	0.36
Pipe P120	128.56	500	0.17	0.07	0.84
Pipe P121	128.56	500	0.17	0.07	0.86
Pipe P122	128.56	500	0.20	0.14	0.87
Pipe P123	127.754	500	0.17	0.07	0.84
Pipe P124	127.754	500	0.16	0.07	0.36
Pipe P125	128.56	500	0.17	0.07	0.84

Sumber : Hasil analisa

Tabel 15. Link Parameter Jaringan Air Bersih Kelurahan Pangolombian

Link ID	Elevation (m)	Diam. (mm)	Head (m)	Pressure (m)
Link H11	882	0.0731	892.26	0.98
Link H12	882	0.0731	892.65	0.95
Link H13	882	0.0731	892.47	0.47
Link H14	882	0.0731	892.42	0.42
Link H15	880	0.0731	892.30	2.30
Link H16	870	0.0731	892.36	4.36
Link H17	870	0.0731	892.36	4.36
Link H18	875	0.0731	892.36	7.36
Link H19	861	0.0731	892.44	1.44
Link H20	870	0.0731	892.42	3.42
Link H21	877	0.0731	892.41	5.41
Link H22	876	0.0731	892.41	6.41
Link H23	876	0.0731	893.69	7.69
Link H24	875.6	0.0731	893.45	7.65
Link H25	874	0.0731	893.27	9.27
Link H26	874	0.0731	893.24	9.24
Link H27	872.3	0.0731	893.25	10.93
Link H28	871.2	0.0731	893.22	11.93
Link H29	870.4	0.0731	893.22	12.92
Link H30	872	0.0731	893.22	11.23
Link H31	871	0.0731	893.21	12.21
Link H32	871	0.0731	893.20	12.20
Link H33	870.3	0.0731	893.20	12.90
Link H34	870.3	0.0731	893.31	12.70
Reservoir R1	888	884.06	888.06	0.06
Reservoir R2	884	884.06	884.06	0.06

Sumber : Hasil analisa

Desain hidrolis hidran umum

Berdasarkan ketentuan dari pedoman teknis penyediaan air bersih IKK pedesaan, 1990 untuk perencanaan hidran umum yaitu 100 jiwa/unit.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah hidran umum} &= \text{Jumlah penduduk} / 100 \\ &= 2393 / 100 \\ &= 23,93 = 24 \text{ HU} \end{aligned}$$

Kebutuhan air jam puncak = 1,755 lt/detik

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air tiap hidran} \\ &= 1,755 / 24 = 0,0731 \text{ lt/detik} \end{aligned}$$

Dengan demikian setiap hidran direncanakan dapat melayani 100 jiwa dengan kebutuhan rata-rata air ditiap hidran sebesar 0,0731 lt/detik.

Pembahasan

Proyeksi Jumlah Penduduk

Untuk perhitungan jumlah penduduk di Kelurahan Pangolombian Kecamatan Tomohon Selatan, dihitung dengan menggunakan tiga metode regresi yaitu regresi linier, logaritma, dan eksponensial. Dan metode yang digunakan dalam memperkirakan pertumbuhan penduduk untuk 20 tahun kedepan adalah metode regresi logaritma.

Proyeksi jumlah penduduk dihitung sampai 20 tahun kedepan, dan jumlah penduduk pada tahun 2034 adalah 2393 jiwa.

Kebutuhan dan Kehilangan Air

Analisa kebutuhan air meliputi kebutuhan air domestik dan non domestik. Dan untuk kebutuhan air domestik pada tahun 2015 adalah 68640 lt/hari atau 0,794444 lt/detik, dan pada tahun 2034 kebutuhan domestik adalah 71790 lt/hari atau 0,830903 lt/detik. Untuk kebutuhan air non domestik pada tahun 2015 sebesar 3432 lt/hari atau 0,039722 lt/detik dan pada tahun 2034 3589,5 lt/hari atau 0,041545 lt/detik.

Untuk kehilangan air pada tahun 2015 sebanyak 10810,8 lt/hari atau 0,125125 lt/detik, dan pada tahun 2034 kehilangan air sebanyak 11306,93 lt/hari atau 0,130867 lt/detik. Sehingga kebutuhan air total pada tahun 2015 adalah 82882,8 lt/hari dan pada tahun 2034 kebutuhan air total adalah sebanyak 86686,43 lt/hari.

Untuk kebutuhan air harian maksimum pada tahun 2015 adalah sebanyak 1,19911 lt/detik dan pada tahun 2034 sebanyak 1,25414 lt/detik. Dan untuk kebutuhan air jam puncak pada tahun 2015 sebanyak 1,67876 lt/detik dan pada tahun 2034 sebanyak 1,7558 lt/detik.

Ketersediaan Air

Sumber air yang digunakan dari penelitian ini adalah mata air zuuna. Dan debit yang dapat dimanfaatkan dari sumber air ini adalah 6,31 lt/detik. Dan kebutuhan air total sampai 20 tahun kedepan sebesar 86686,43 lt/hari atau 1,003315 lt/detik. Sehingga sumber air ini masih cukup untuk melayani masyarakat di Kelurahan Pangolombian sampai 20 tahun kedepan yaitu pada tahun 2034.

Sistem Jaringan Air Bersih

Bak penampung (bronkaptering) terbuat dari beton bertulang kedap air serta pemasangan batu kali.

Kapasitas reservoir adalah 21,669 m³ dengan dimensi panjang = 3m, lebar = 3m, tinggi = 4m. Dalam mendesain sistem jaringan air bersih didapat diameter untuk pipa transmisi yaitu 4 inch = 101,6mm dengan panjang 240,06m. Dan untuk pipa distribusi berdiameter 3 inch = 50,8m.

Jumlah hidran yang tersebar di daerah pelayanan ada 24 hidran umum dengan mengikuti pola persebaran rumah penduduk. Dan kebutuhan air tiap hidran sebesar 0.0731 liter/detik.

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil analisis maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Analisis kebutuhan air bersih penduduk Kelurahan Pangolombian pada tahun 2034 mencapai 86686,43 lt/hari atau 36,224 lt/orang/hari. Dan sumber mata air yang dimanfaatkan sebagai sumber air dengan debit 6,31 liter/detik dapat memenuhi kebutuhan air bersih ditahun 2034 yaitu sebesar 1,003 liter/detik
2. Sistem distribusi dialirkan dengan sistem gravitasi yang berawal dari bak penangkap mata air (bronkaptering) menuju reservoir dan kemudian dialirkan pada hidran-hidran umum yang tersebar di daerah layanan dalam hal ini Kelurahan Pangolombian Kecamatan Tomohon Selatan.
3. Kapasitas reservoir sebesar 21,669 m³, dengan dimensi reservoir (3m x 3m x 4m). Hidran umum berjumlah 24 buah dengan kapasitas 2m³, dan untuk kebutuhan tiap hidran sebesar 0,0731 liter/detik.

Saran

Jika sistem jaringan air bersih telah dioperasikan, maka sebaiknya dibentuk organisasi pengelola yang berkompeten dalam pekerjaan ini agar pendistribusiannya dapat berjalan dengan baik, dan juga diperlukan

keterlibatan masyarakat dalam pemeliharaan sarana yang ada dan dapat menjaga kelestarian lingkungan di daerah tersebut agar sumber air yang ada tetap terjaga dan dapat terus dimanfaatkan.

DAFTAR PUSTAKA

Anonimous, 1990. Pedoman Teknis Penyediaan Air Bersih IKK Pedesaan. Direktorat Jenderal Cipta Karya Departemen PU

Anonimous, 2010, *Buku Manual Program Epanet*, <http://darmadi18.files.wordpress.com/2010/11/buku-manual-program-epanetversibahasaindonesia.pdf>

Triatmadja Radiana, 2007, *Sistem Penyediaan Air Minum Perpipaan*, Yogyakarta,

Triatmodjo Bambang, 2008, *Hidraulika II*, Beta Offset, Yogyakarta

Triatmodjo Bambang, 2008, *Hidrologi Terapan*, Yogyakarta