

## PENGEMBANGAN SISTEM PENYEDIAAN AIR BERSIH DI DESA PATOKAAN KECAMATAN TALAWAAN KABUPATEN MINAHASA UTARA

Eden Tampubolon

Isri R. Mangangka, Liany A. Hendratta

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: [edentampubolon18@gmail.com](mailto:edentampubolon18@gmail.com)

### ABSTRAK

*Desa Patokaan adalah sebuah desa yang berlokasi di Kecamatan Talawaan, Kabupaten Minahasa Utara. Desa Patokaan memiliki sebuah mata air yaitu Walino dengan kapasitas air sebesar 1,5 liter/detik. Mata Air tersebut dimanfaatkan warga Desa Patokaan sebagai sumber air bersih. Akan tetapi sistem penyediaan air bersih di desa patokaan sudah tidak tertata dengan baik, dikarenakan pipa-pipa yang sudah rusak dan bangunan-bangunan hidrolis yang sudah tidak terawat. Untuk itu perlu direncanakan pengembangan sistem penyediaan air bersih bagi masyarakat Desa Patokaan.*

*Kebutuhan air bersih dihitung berdasarkan proyeksi jumlah penduduk menggunakan Analisis Regresi Eksponensial. Dari hasil perhitungan dengan menggunakan Analisis Regresi Eksponensial diperoleh jumlah penduduk Desa Patokaan pada tahun 2031 sebesar 1178 jiwa dengan kebutuhan total air bersih mencapai 0,514 liter/detik atau 37,699 liter/orang/hari.*

*Perencanaan sistem penyediaan air bersih terdiri dari perencanaan pipa transmisi dengan jenis HDPE berdiameter 4" untuk pipa sambungan dari Bak Penangkap ke Reservoir. Dimensi reservoir Distribusi berukuran 4 m x 3 m x 3 m dengan diameter pipa distribusinya menggunakan pipa dengan diameter 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub>". Perencanaan ini sesuai dengan tujuan yaitu dapat menyediakan dan memenuhi kebutuhan air bersih di Desa Patokaan.*

**Kata kunci:** *Desa Patokaan, Kebutuhan Air, Sistem Penyediaan Air Bersih*

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang sangat penting dan dibutuhkan oleh makhluk hidup di muka bumi, dan juga merupakan sumber daya yang sangat diperlukan oleh manusia untuk memenuhi kebutuhannya. Ketersediaan dan kebutuhan air sangat penting dan harus seimbang untuk menjamin keberlanjutan sumber daya air. Semakin tinggi taraf kehidupan seseorang, maka kebutuhan air pun akan meningkat.

Desa Patokaan adalah Desa yang berada di Kecamatan Talawaan, Kabupaten Minahasa Utara. Desa Patokaan memiliki luas daerah sekitar 750 Ha dan memiliki jumlah penduduk sekitar 593 jiwa pada tahun 2016. Di desa Patokaan terdapat sebuah mata air yaitu mata air Walino dengan debit sebesar 1,5 liter/detik yang dimanfaatkan warga setempat untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari seperti mencuci baju, mencuci perabotan rumah tangga, dan lain sebagainya. Akan tetapi, lokasi mata air Walino yang terletak agak jauh dari pemukiman desa

membuat warga setempat cukup mengalami kesulitan dalam memanfaatkan mata air tersebut. Melihat kondisi diatas, Pemerintah desa setempat akhirnya membuat Bak penampung dan pipa-pipa transmisi sekalipun hanya sebatas kran-kran umum agar warga desa dapat menggunakan mata air Walino dengan lebih mudah. Tetapi kondisi Bak Penampung yang ada saat ini, sudah tidak memadai lagi untuk menyuplai kebutuhan air bersih warga-warga setempat dikarenakan Bak Penampung yang sudah tidak layak dan tidak terawat. Demikian pula halnya dengan pipa-pipa transmisi, terlihat sudah tidak terawat serta terdapat kebocoran-kebocoran.

Ada juga beberapa warga yang memanfaatkan air sumur untuk kebutuhan air bersih mereka, namun saat terjadi musim kemarau sebagian besar sumur warga mengalami kekeringan dan saat terjadi hujan, air sumur warga menjadi keruh.

#### Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat disimpulkan bahwa sistem penyediaan air bersih yang ada, belum dapat memenuhi kebutuhan air

bersih penduduk di Desa Patokaan, sehingga perlu dilakukan peningkatan layanan distribusi air bersih.

**Pembatasan Masalah**

Batasan-batasan masalah yang terangkum dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Analisis ketersediaan air bersih di Desa Patokaan untuk 15 tahun ke depan.
2. Sistem pelayanan air bersih sebatas hidran umum (HU)
3. Perhitungan konstruksi dimensi hidrolik bangunan air tidak ditinjau.

**Tujuan Penelitian**

Tujuan dari Penelitian ini adalah untuk melakukan perencanaan dalam peningkatan Sistem Jaringan Air Bersih di Desa Patokaan, agar dapat memenuhi kebutuhan Air bersih warga desa Patokaan.

**Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini :

1. Menjadi pembelajaran bagi peneliti tentang sistem penyediaan air bersih.
2. Dapat menjadi pedoman untuk pihak-pihak yang berkepentingan dalam hal pengembangan air bersih di Desa Patokaan.

**LANDASAN TEORI**

**Siklus Hidrologi**

Siklus hidrologi merupakan proses berkelanjutan dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi.

**Pertumbuhan Jumlah Penduduk**

Analisis pertumbuhan penduduk dilakukan dengan 3 model analisis, yakni :

1. Analisis regresi linear
2. Analisis regresi logaritma
3. Analisis regresi eksponensial

**Kebutuhan Air**

Kebutuhan air yang dimaksud adalah meliputi kebutuhan domestik dan non domestik.

**1. Kebutuhan Domestik**

Kebutuhan air domestik adalah pemenuhan kegiatan sehari-hari atau rumah tangga seperti : untuk minum, memasak, kesehatan individu (mandi, cuci, dan sebagainya), menyiram tanaman, pengangkutan air buangan (buangan dapur dan toilet).

Kebutuhan Air Domestik:

$$Q_d = Y \times S_d$$

Dimana :

$Q_d$  = Debit Kebutuhan Air Domestik (l/hari)

$Y$  = Jumlah Penduduk (Jiwa)

$S_d$  = Standar Kebutuhan Air Domestik (l/orang/hari)

**2. Kebutuhan Non Domestik**

Kebutuhan air non-domestik adalah kebutuhan air bersih untuk sarana dan prasarana berupa kepentingan sosial/umum seperti untuk pendidikan atau sekolah, tempat ibadah, dan lain sebagainya. Kebutuhan Air Non Domestik :

$$Q_n = Q_d \times S_n$$

Dimana :

$Q_n$  = Kebutuhan Air Non Domestik (l/hari)

$Q_d$  = Kebutuhan Air Domestik (l/hari)

$S_n$  = Angka Presentase Non Domestik (%)

Tabel 1. Kriteria Teknis Penyediaan Air Bersih

| No | Uraian                              | Kriteria            |
|----|-------------------------------------|---------------------|
| 1  | Hidran Umum (HU)                    | 30 liter/orang/hari |
| 2  | Sambungan Rumah (SR)                | 90 liter/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  | Pelayanan HU                        | 100 orang/unit      |
| 9  | Pelayanan SR                        | 10 orang/unit       |
| 10 | Jam Operasi                         | 12 jam/hari         |
| 11 | Aliran Maksimum HU                  | 3000 liter/hari     |
| 12 | Aliran Maksimum SR                  | 900 liter/hari      |
| 13 | Periode Perencanaan                 | 15 tahun            |

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

**Kehilangan Air**

Kehilangan air ditentukan dengan asumsi sebesar 20% dari kebutuhan rata-rata dimana kebutuhan rata-rata adalah sejumlah dari kebutuhan domestik ditambah dengan kebutuhan non domestik.

$$Q_a = (Q_d + Q_n) \times r_a$$

Dimana :

$Q_a$  = Debit Kehilangan Air (l/hari)

$Q_d$  = Kebutuhan Air Domestik (l/hari)

$Q_n$  = Kebutuhan Air Non Domestik (l/hari)

$r_a$  = Angka Presentase Kehilangan Air (%)

**Kebutuhan Air Total**

Perhitungan kebutuhan air total berguna untuk menghitung jumlah debit yang dibutuhkan. Kebutuhan air total dihitung dengan cara kebutuhan air domestik, non domestik ditambah kehilangan air.

$$Q_t = Q_d + Q_n + Q_a$$

Dengan :

- $Q_t$  = Kebutuhan Air Total (l/hari)
- $Q_d$  = Kebutuhan Air Domestik (l/hari)
- $Q_n$  = Kebutuhan Air Non Domestik (l/hari)
- $Q_a$  = Kehilangan Air (l/hari)

Tabel 2. Kriteria/Standar Perencanaan Sistem Air Bersih Pedesaan

| URAIAN   | KATEGORI KOTA BERDASARKAN JUMLAH PENDUDUK (JIWA) |                           |                           |                         |                         |
|--|--|---------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|
|  | >1.000.000                                       | 500.000 s/d 1.000.000     | 100.000 s/d 500.000       | 20.000 s/d 100.000      | < 20.000                |
|  | Kota Metropolitan                                | Kota Besar                | Kota Sedang               | Kota Kecil              | Desa                    |
| 1  | 2  | 3                         | 4                         | 5                       | 6                       |
| 1. Konsumsi Unit Sambungan Rumah (SR) ( liter/org/hari ) | > 150  | 150 - 120                 | 90 - 120                  | 80 - 120                | 60 - 80                 |
| 2. Konsumsi Unit Hidran (HU) ( liter/org/hari )          | 20 - 40  | 20 - 40                   | 20 - 40                   | 20 - 40                 | 20 - 40                 |
| 3. Konsumsi unit non domestik                            |  |                           |                           |                         |                         |
| a. Niaga Kecil (liter/unit/hari)                         | 600 - 900  | 600 - 900                 |                           | 600                     |                         |
| b. Niaga Besar (liter/unit/hari)                         | 1000 - 5000                                      | 1000 - 5000               |                           | 1500                    |                         |
| c. Industri Besar (liter/detik/ha)                       | 0.2 - 0.8  | 0.2 - 0.8                 |                           | 0.2 - 0.8               |                         |
| d. Pariwisata (liter/detik/ha)                           | 0.1 - 0.3  | 0.1 - 0.3                 |                           | 0.1 - 0.3               |                         |
| 4. Kehilangan Air (%)                                    | 20 - 30  | 20 - 30                   | 20 - 30                   | 20 - 30                 | 20 - 30                 |
| 5. Faktor Hari Maksimum                                  | 1.15 - 1.25<br>* harian                          | 1.15 - 1.25<br>* harian   | 1.15 - 1.25<br>* harian   | 1.15 - 1.25<br>* harian | 1.15 - 1.25<br>* harian |
| 6. Faktor Jam Puncak                                     | 1.75 - 2.0<br>* hari maks                        | 1.75 - 2.0<br>* hari maks | 1.75 - 2.0<br>* hari maks | 1.75<br>* hari maks     | 1.75<br>* hari maks     |
| 7. Jumlah Jiwa Per SR ( Jiwa )                           | 5  | 5                         | 5                         | 5                       | 5                       |
| 8. Jumlah Jiwa Per HU ( Jiwa )                           | 100  | 100                       | 100                       | 100 - 200               | 200                     |
| 9. Sisa Tekan Di penyediaan                              |  |                           |                           |                         |                         |
| Distribusi ( Meter )                                     | 10   | 10                        | 10                        | 10                      | 10                      |
| 10. Jam Operasi ( jam )                                  | 24   | 24                        | 24                        | 24                      | 24                      |
| 11. Volume Reservoir ( % Max Day Demand )                | 15 - 25  | 15 - 25                   | 15 - 25                   | 15 - 25                 | 15 - 25                 |
| 12. SR : HU  | 50 : 50<br>s/d<br>80 : 20                        | 50 : 50<br>s/d<br>80 : 20 | 80 : 20                   | 70 : 30                 | 70 : 30                 |
| 13. Cakupan Pelayanan (%)                                | 90   | 90                        | 90                        | 90                      | 70                      |

Sumber :Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya PU Dinas, 1996.

### Kebutuhan Air Harian Maksimum dan Jam Puncak

Kebutuhan air harian maksimum (*max day*) adalah kebutuhan air pada hari tertentu dalam setiap minggu, bulan, dan tahun di mana kebutuhan airnya sangat tinggi.

Kebutuhan air jam puncak (*peak*) adalah kebutuhan air pada jam-jam tertentu dalam satu hari di mana kebutuhan airnya akan memuncak.

Berdasarkan ketentuan yang sudah ditetapkan oleh Pedoman Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya PU Dinas, 1996, kebutuhan air harian maksimum dihitung berdasarkan faktor pengali yaitu 1,15-1,25 di kali dengan kebutuhan air total.

$$Q_m = 1,25 \times Q_t$$

Dimana :

- $Q_m$  = Kebutuhan Air Harian Maksimum (l/hari)
- $Q_t$  = Kebutuhan Air Total (l/Hari)

Dan untuk kebutuhan air jam puncak dihitung berdasarkan faktor pengali yaitu 1,65-1,75 dikali dengan kebutuhan air total.

$$Q_p = 1,75 \times Q_t$$

Dimana :

- $Q_p$  = Kebutuhan Air Jam Puncak (l/hari)
- $Q_t$  = Kebutuhan Air Total (l/hari)

### 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 ke daerah pelayanan (konsumen).

### Kehilangan Energi

Besarnya kehilangan energi akibat gesekan pada pipa dapat ditentukan sebagai berikut :

### Persamaan Hazen - Williams

$$H_f = \frac{10,67 \times Q^{1,852}}{C_{HW}^{1,852} D^{4,87}} \times L$$

Dimana :

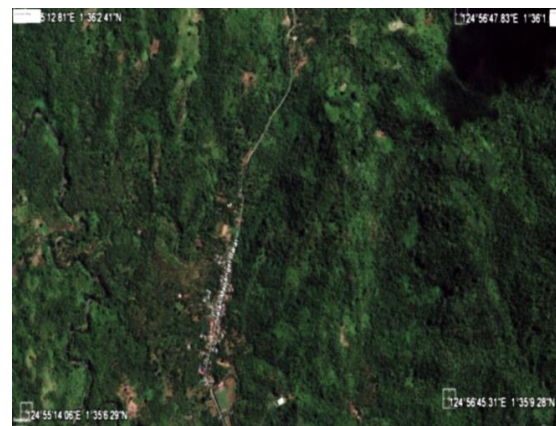
- D = Diameter pipa (m)
- L = Panjang pipa (m)
- $C_{HW}$  = Koefisien Hazen – Williams
- Q = Debit (m<sup>3</sup>/det)

## METODOLOGI PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Daerah yang termasuk dalam lingkup wilayah studi wilayah Desa Patokaan Kecamatan talawaan Kabupaten Minahasa Utara. Luas Desa Patokaan sebesar 750 Ha dengan jumlah penduduk pada tahun 2016 mencapai 593 Jiwa. Secara geografis Desa Patokaan berbatasan langsung dengan:

- Sebelah utara : Desa Teep Warissa
- Sebelah Selatan : Desa Talawaan Bantik
- Sebelah Timur : Desa Tumbohon
- Sebelah Barat : Desa Wusa



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

**Kependudukan**

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Minahasa Utara, jumlah penduduk di Desa Patokaan pada Tahun 2008 sampai 2016 dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Jumlah Penduduk Desa Patokaan Tahun 2008-2016

| No | Tahun | Jumlah Penduduk |
|----|-------|-----------------|
| 1  | 2008  | 407             |
| 2  | 2009  | 426             |
| 3  | 2010  | 442             |
| 4  | 2011  | 451             |
| 5  | 2012  | 465             |
| 6  | 2013  | 495             |
| 7  | 2014  | 518             |
| 8  | 2015  | 552             |
| 9  | 2016  | 593             |

**Kondisi Sumber Air**

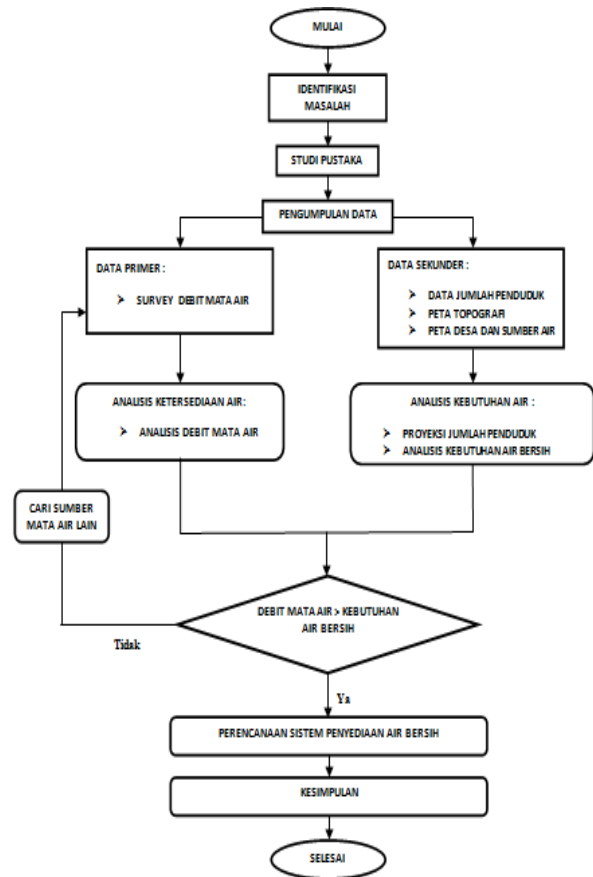
Sumber air bersih Desa Patokaan sendiri adalah mata air, dimana terdapat sebuah mata air yang dimanfaatkan oleh masyarakat dengan Debit dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 4. Debit Mata Air

| No | Sumber Air (Mata Air) | Debit (liter/detik) |
|----|-----------------------|---------------------|
| 1  | Walino                | 1.5                 |

Debit pada tabel 3 didapat dari hasil pengukuran langsung dilapangan dan bukan didapatkan dari data kantor Desa. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat bantu berupa ember 8 liter dan *stopwatch*. Air dari mata air di tampung pada ember 8 liter, secara bersamaan hidupkan *stopwatch*. Biarkan air memenuhi ember sampai pada batas yang ditentukan. Setelah air terisi pada ember sesuai dengan batas yang di inginkan, matikan *stopwatch*, secara bersamaan tarik ember. selanjutnya dihitung berapa liter air yang tertampung didalam ember tersebut. Untuk pengamatan ini dilakukan sebanyak 6 kali. Hasil pengukuran debitnya didapat dari nilai rata-rata air yang terisi didalam ember dibagi dengan rata-rata waktu ketika air terisi di ember. Pengukuran ini dilakukan pada bulan agustus dengan kondisi cuaca tidak pada musim kemarau atau penghujan berkepanjangan. Kondisi mata air juga dipastikan

tidak akan menurun seiring bertambahnya tahun, dikarenakan daerah disekitar mata air masih terlindungi dengan pepohonan yang rimbun dan sampai saat ini tidak ada pembangunan fasilitas apapun di mata air ataupun daerah sekitar mata air.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

**ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

**Proyeksi Jumlah Penduduk**

Tabel 5. Hasil Rekapitulasi Analisis Regresi

| No | Trend        | Y                             | R     | r <sup>2</sup> | Se     |
|----|--------------|-------------------------------|-------|----------------|--------|
| 1  | Linear       | 425,611+11,9.X                | 0,977 | 0,955          | 13,791 |
| 2  | Logaritma    | 375,284+75,88.lnX             | 0,887 | 0,786          | 30,36  |
| 3  | Eksponensial | 383,386.e <sup>0,0449.x</sup> | 0,986 | 0,972          | 10,880 |

Berdasarkan hasil analisis di atas, maka didapatkan metode analisis regresi linier yang terbaik dengan perhitungan nilai korelasi (r) yaitu 0,986 dan nilai determinasi (r<sup>2</sup>) yaitu 0,972 dimana kedua nilai ini paling mendekati angka 1 (satu) dan juga memiliki nilai *standard error* (Se) terkecil yaitu 10,880 sehingga dalam



menghitung kebutuhan air bersih domestik digunakan proyeksi pertumbuhan penduduk berdasarkan analisis regresi Eksponensial.

Tabel 6. Proyeksi Jumlah Penduduk Desa Patokaan

| Tahun | x  | Jumlah Penduduk (Jiwa) |
|-------|----|------------------------|
| 2017  | 10 | 628                    |
| 2018  | 11 | 657                    |
| 2019  | 12 | 687                    |
| 2020  | 13 | 719                    |
| 2021  | 14 | 752                    |
| 2022  | 15 | 786                    |
| 2023  | 16 | 822                    |
| 2024  | 17 | 860                    |
| 2025  | 18 | 900                    |
| 2026  | 19 | 941                    |
| 2027  | 20 | 984                    |
| 2028  | 21 | 1029                   |
| 2029  | 22 | 1076                   |
| 2030  | 23 | 1126                   |
| 2031  | 24 | 1178                   |

**Analisis Kebutuhan Air Domestik**

Kebutuhan air domestik diperkirakan dengan menggunakan angka pemakaian air per kapita per hari dan standart kebutuhan air dari Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya PU Dinas, 1996. Berikut ini adalah perhitungan kebutuhan air domestik pedesaan pada tahun 2031. Menurut Pedoman Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya PU Dinas, 1996, kebutuhan air baku untuk pedesaan yaitu 30 liter/orang/hari.

$$\begin{aligned}
 Q_d &= Y_n \cdot S_d \\
 &= 1178 \cdot 30 \text{ liter/hari} \\
 &= 35340 \text{ liter/hari} \\
 &= \frac{35340}{24 \times 3600} = 0,409 \text{ liter/detik}
 \end{aligned}$$

**Analisis Kebutuhan Air Non Domestik**

Kebutuhan non domestik adalah kebutuhan untuk fasilitas pelayanan umum, seperti kantor, sekolah, rumah sakit atau puskesmas, tempat ibadah, terminal, dan lain-lain. Berdasarkan sumber dari Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya PU Dinas, 1996 untuk kebutuhan non domestik angka presentase yang dipakai adalah sebesar 5%.

Berikut ini adalah perhitungan debit kebutuhan air non domestik untuk tahun 2031 :

$$\begin{aligned}
 Q_n &= Q_d \cdot S_n \\
 &= (35340 \cdot 5\%) \text{ liter/hari} \\
 &= 1767 \text{ liter/hari} \\
 &= 0.0204 \text{ liter/detik}
 \end{aligned}$$

**Analisis Kehilangan Air**

Kehilangan air pada umumnya disebabkan karena adanya kebocoran air pada pipa transmisi dan distribusi serta kesalahan dalam pembacaan meter. Berdasarkan sumber dari IKK pedesaan kebocoran/kehilangan air yaitu sebesar 15% dari kebutuhan rata-rata dimana kebutuhan rata-rata adalah sejumlah dari kebutuhan domestik ditambah dengan kebutuhan non domestik lalu dikalikan dengan angka presentase kehilangan air. Berikut ini adalah perhitungan  $Q_a$  untuk tahun 2031 :

$$\begin{aligned}
 Q_a &= (Q_d + Q_n) \cdot r_a \\
 &= ((35340 + 1767) \cdot 20\%) \text{ liter/hari} \\
 &= 7421.4 \text{ liter/hari} \\
 &= 0.085 \text{ liter/detik}
 \end{aligned}$$

**Analisis Kebutuhan Air Total**

Kebutuhan air total adalah kebutuhan air baik domestik, non domestik ditambah dengan kehilangan air. Berikut adalah perhitungan  $Q_t$  untuk tahun 2031 :

$$\begin{aligned}
 Q_t &= Q_d + Q_n + Q_a \\
 &= (0,409 + 0,0204 + 0,085) \text{ liter/detik} \\
 &= 0,514 \text{ liter/detik}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, kebutuhan air total pada 15 tahun mendatang (Tahun 2031) adalah 0,514 liter/detik atau 37,699 liter/orang/hari.

**Kebutuhan Air Harian Maksimum dan Jam Puncak**

Kebutuhan air harian maksimum dihitung berdasarkan faktor pengali yaitu 1,15-1,25 di kali dengan kebutuhan air total.

Kebutuhan air jam puncak dihitung berdasarkan faktor pengali yaitu 1,65-1,75 dikali dengan kebutuhan air total. Berikut adalah perhitungan  $Q_m$  dan  $Q_p$  untuk tahun 2031 :

$$\begin{aligned}
 Q_m &= 1,25 \times Q_t \\
 &= 1,25 \times 0,514 \text{ liter/detik} \\
 &= 0,642 \text{ liter/detik} \\
 &= 0,000642 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 Q_p &= 1,75 \times Q_t \\
 &= 1,75 \times 0,514 \text{ liter/detik} \\
 &= 0,899 \text{ liter/detik} \\
 &= 0,000899 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

**Desain Sistem Jaringan Air Bersih**

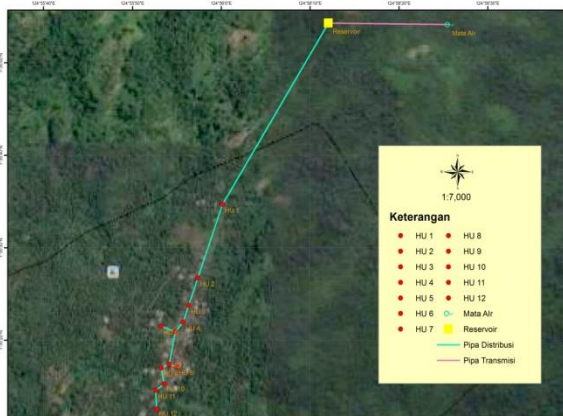
Sumber mata air di Desa Patokaan Kecamatan Talawaan terletak ±1 kilometer dari pemukiman warga. Tipe pengaliran yang akan

digunakan pada sistem transmisi adalah dengan menggunakan sistem gravitasi karena sumber mata air berada pada elevasi yang lebih rendah dari daerah distribusi. Dalam *system plan* ini, jenis pipayang akan digunakan dalam sistem transmisi sampai distribusi adalah pipa HDPE.

**Desain Hidrolis Hidran Umum**

Sesuai standar tersebut dicantumkan bahwa jumlah jiwa per hidran umum untuk daerah pedesaan adalah 100-200 jiwa. Jumlah hidran umum daerah layanan sistem jaringan air bersih dihitung sebagai berikut :

- Jumlah penduduk = 1178 jiwa
- Jumlah hidran umum =  $1178/100 = 11,78 \approx 12$  Hidran
- Kebutuhan air total = 0,514 liter/detik
- Kebutuhan air tiap hidran =  $0,514/12 = 0,0428$  liter/detik/HU

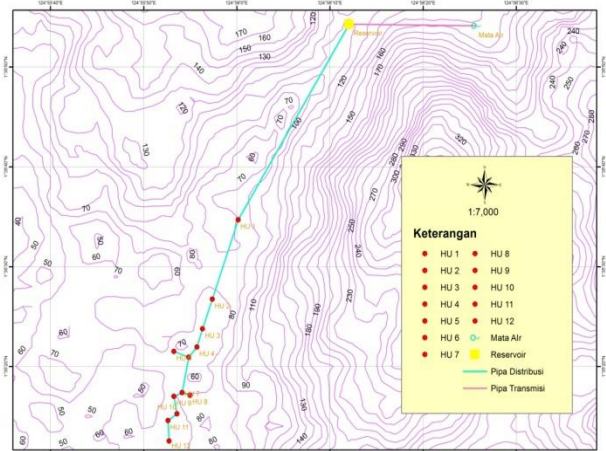


Gambar 3. Penempatan Hidran Umum

**Desain Jaringan Perpipaan Transmisi dan Distribusi**

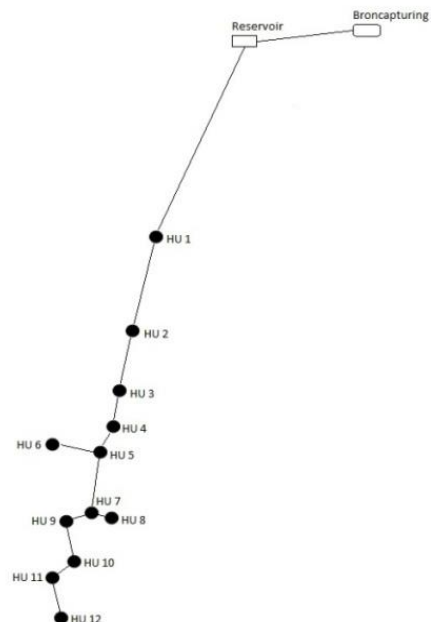
Aliran dalam pipa pada suatu jaringan perpipaan umumnya dapat digolongkan sebagai aliran turbulen. Rumus Hazen-Williams adalah salah satu rumus empiris dan sederhana dan sangat umum digunakan dalam industri perpipaan. Karenanya rumus ini dapat digunakan untuk mendesain diameter rencana, baik pipa transmisi maupun pipa distribusi. Persamaan yang digunakan dalam menghitung diameter pipa transmisi dan pipa distribusi air bersih menggunakan Hazen-Williams. Dalam hal ini, penggunaan pipa menggunakan pipa HDPE, dikarenakan pipa transmisi air baku mulai dari broncaptering sampai reservoir harus melewati

hutan dan jalan yang berbelok-belok. Pipa HDPE ini juga bersifat lentur.



Gambar 4. Skema Perencanaan Sistem Jaringan Perpipaan

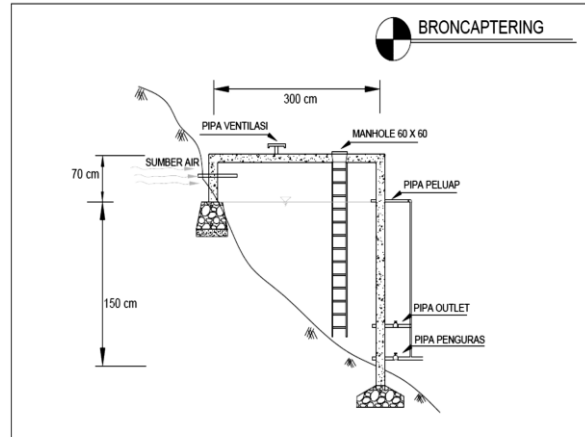
Dalam perencanaan ini hanya digunakan 1 skema jaringan. Pada skema jaringan ini, mata air berada lebih tinggi dari daerah layanan namun berada di dalam kawasan hutan. Untuk itu air akan dikumpul di broncaptering kemudian disalurkan secara gravitasi ke reservoir distribusi yang berada lebih dekat dengan daerah layanan. Sehingga air dari reservoir akan dialirkan secara gravitasi ke 12 hidran umum.



Gambar 5. Skema Jaringan Perpipaan

Tabel 7. Elevasi dan jarak pada *node* dan *link* Jaringan

| SISTEM JARINGAN |             | SISTEM JARINGAN     |           |
|-----------------|-------------|---------------------|-----------|
| Node            | Elevasi (m) | Link                | Jarak (m) |
| Broncaptering   | 142         | Broncaptering – Res | 392       |
| Reservoir       | 110         | Reservoir - HU1     | 686       |
| HU1             | 72          | HU1 – HU2           | 252       |
| HU2             | 76          | HU2 – HU3           | 98        |
| HU3             | 74          | HU3 – HU4           | 56        |
| HU4             | 73          | HU4 – HU5           | 42        |
| HU5             | 73          | HU5 – HU6           | 49        |
| HU6             | 77          | HU5 – HU7           | 105       |
| HU7             | 80          | HU7 – HU8           | 21        |
| HU8             | 80          | HU7 – HU9           | 28        |
| HU9             | 80          | HU9 – HU10          | 56        |
| HU10            | 75          | HU10 – HU11         | 35        |
| HU11            | 74          | HU11 – HU12         | 63        |
| HU12            | 73          |                     |           |



Gambar 7. Detail Potongan A-A Broncaptering

**Desain Bangunan Penangkap Mata Air (Broncaptering)**

*Broncaptering* berfungsi untuk menangkap air dari mata air dan langsung di alirkan ke reservoir. Struktur *broncaptering* terbuat dari beton bertulang kepad air serta pemasangan batu kali. Dalam penelitian ini, *broncaptering* tidak direncanakan karena *broncaptering* yang digunakan untuk menangkap air masih dalam kondisi baik, belum mengalami kebocoran dan kerusakan. Pada jaringanyang direncanakan air yang berasal dari kawasan hutan yang memiliki debit 1.5 liter/detik akan ditangkap di broncaptering, kemudian di alirkan ke reservoir, selanjutnya di distribusikan ke 12 hidran umum yang tersedia.

- Total seluruh jumlah penduduk berada pada skema jaringan rencana dan debit kebutuhan air total sebesar 37,699 liter/orang/hari
- $100\% \times 1178 \text{ orang} = 1178 \text{ orang}$   
 Untuk kebutuhan air bersih =  $1178 \times 37,699 = 44409,42 \text{ liter/hari}$   
 =  $44,409 \text{ m}^3/\text{hari}$   
 =  $1,85 \text{ m}^3/\text{jam}$

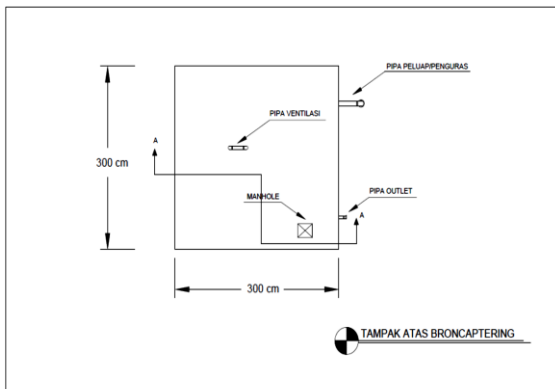
**Desain Hidrolis Reservoir**

Pada zona jaringan yang direncanakan, mata air berada di didaerah yang sulit dijangkau. Untuk itu air akan dikumpul di broncaptering kemudian di alirkan secara gravitasi ke reservoir distribusi.

- Penduduk pada skema jaringan adalah total jumlah penduduk pada tahun 2031 dan debit kebutuhan air total sebesar 37,699 liter/orang/hari
- kebutuhan air bersih =  $1178 \times 37,69$   
 =  $44409,42 \text{ l/hari}$   
 =  $44,409 \text{ m}^3/\text{hari}$   
 =  $1,85 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Suplai Air =  $1,5 \text{ liter/detik}$   
 =  $5400 \text{ liter/jam}$   
 =  $5,4 \text{ m}^3/\text{jam}$

Tabel 8. Hitungan Kapasitas Berguna Reservoir

| Jam         | Suplai Air (m3) | Kebutuhan Air (m3) | Volume Air di Reservoir (m3) |
|-------------|-----------------|--------------------|------------------------------|
| 0           |                 |                    | X                            |
| 00.00-01.00 | 5.4             | 0                  | x + 5.40                     |
| 01.00-02.00 | 5.4             | 0                  | x + 10.80                    |
| 02.00-03.00 | 5.4             | 0                  | x + 16.20                    |
| 03.00-04.00 | 5.4             | 3.093              | x + 18.50                    |
| 04.00-05.00 | 5.4             | 4.640              | x + 19.26                    |
| 05.00-06.00 | 5.4             | 5.413              | x + 19.25                    |
| 06.00-07.00 | 5.4             | 6.186              | x + 18.46                    |
| 07.00-08.00 | 5.4             | 6.186              | x + 17.68                    |
| 08.00-09.00 | 5.4             | 4.949              | x + 18.13                    |
| 09.00-10.00 | 5.4             | 4.021              | x + 19.51                    |
| 10.00-11.00 | 5.4             | 4.021              | x + 20.89                    |
| 11.00-12.00 | 5.4             | 3.557              | x + 22.73                    |
| 12.00-13.00 | 5.4             | 3.557              | x + 24.57                    |
| 13.00-14.00 | 5.4             | 3.866              | x + 26.11                    |
| 14.00-15.00 | 5.4             | 4.640              | x + 26.87                    |
| 15.00-16.00 | 5.4             | 6.186              | x + 26.08                    |
| 16.00-17.00 | 5.4             | 6.186              | x + 25.30                    |
| 17.00-18.00 | 5.4             | 7.132              | x + 23.56                    |
| 18.00-19.00 | 5.4             | 7.132              | x + 21.82                    |
| 19.00-20.00 | 5.4             | 5.567              | x + 21.65                    |
| 20.00-21.00 | 5.4             | 4.949              | x + 22.10                    |
| 21.00-22.00 | 5.4             | 4.021              | x + 23.47                    |
| 22.00-23.00 | 5.4             | 4.002              | x + 22.86                    |
| 23.00-24.00 | 5.4             | 0                  | x + 28.26                    |
| Σ           |                 | 93.409             |                              |



Gambar 6. Tampak Atas Broncaptering

- Volume minimal =  $x + 5,40$   
 Pada volume kosong, 0 =  $x + 5,40$   
 $x = 5,40$
- Volume Maksimum =  $x + 28,26$
- Kapasitas berguna Bak Reservoir =  $5,40 + 28,26 = 33,66 \text{ m}^3$

Ukuran kapasitas berguna Reservoir ditetapkan sebagai berikut :

- Panjang = 4 m
- Lebar = 3 m
- Tinggi = 3 m
- Volume Reservoir =  $(4 \times 3 \times 3) \text{ m}^3$   
 $= 36 \text{ m}^3 >$  Kapasitas reservoir yang dibutuhkan  
 $= 36 \text{ m}^3 > 33,66 \text{ m}^3$
- Direncanakan pula tinggi ruang udara adalah 1 m dan tinggi kapasitas mati adalah 0,5 m. sehingga total tinggi dari reservoir adalah  $2,5 \text{ m} + 1 \text{ m} + 0,5 \text{ m} = 4 \text{ m}$   
 Maka dimensi reservoir adalah  $(4 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 3 \text{ m})$

### Desain Jaringan Perpipedaan Transmisi Dan Distribusi

Perhitungan pipa transmisi secara manual dengan menggunakan rumus Hazen-Williams adalah sebagai berikut :

Beda tinggi antara tinggi muka air di Bak Penampung dan Pipa Inlet Reservoir ( $H$ ) = 32 m, panjang pipa  $392 + 10\%$  dari panjang dipeta, maka  $L = 392 + (10\% \times 392) = 431,2 \text{ m}$ , serta untuk koefisien kekasaran Pipa HDPE ( $C_{hw}$ ) yaitu 140.

Catatan : 10% diambil berdasarkan bentuk jalan dan elevasi

$$Q_m = 0,642 \text{ liter/detik} = 0,000642 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$D \text{ (Diameter Pipa)} = 4'' = 0,1016 \text{ m}$$

Mengalami kehilangan head :

$$H_f = \frac{10,675 \times Q^{1,852}}{C_{HW}^{1,852} \times D^{4,8704}} \times L$$

$$H_f = \frac{10,675 \times 0,000642^{1,852}}{140^{1,852} \times 0,1016^{4,8704}} \times 431,2$$

$$= 4,10 \text{ m}$$

$$\text{Kontrol : } H_f < H$$

$$4,10 < 32 \text{ m} \dots\dots\dots \text{OK !}$$

Pipa distribusi utama mulai dari reservoir sampai ke konsumen menggunakan pipa jenis HDPE (*High Density Polyethylene*). Perpipedaan dihitung dengan persamaan Hazen – Williams.

- Pipa HU 2 - HU 3  
 $\Delta H = 76 - 74 = 2 \text{ m}$   
 $L = 98 \text{ m} = 0,098 \text{ km}$   
 $D = 2 \frac{1}{2}'' = 63,5 \text{ mm} = 0,0635 \text{ m}$   
 $Q = 0,00043 \text{ m}^3/\text{detik}$   
 $C_{hw} = 140$

- Hitung Luas (A)  

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi 0,0635^2}{4} = 0,000316 \text{ m}^2$$

- Hitung headloss ( $H_f$ )  

$$H_f = \frac{10,675 \times Q^{1,852}}{C_{HW}^{1,852} \times D^{4,8704}} \times L$$

$$= \frac{10,675 \times 0,00043^{1,852}}{140^{1,852} \times 0,0635^{4,8704}} \times 98 = 0,0437 \text{ m}$$

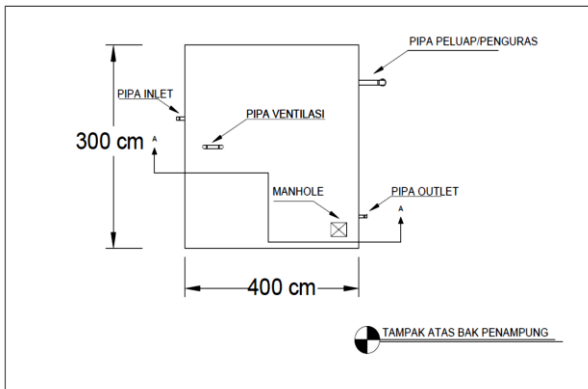
$$\text{Headloss } (H_f) \text{ per km} = \frac{0,0437 \text{ m}}{0,098 \text{ km}} = 0,445 \text{ m/km}$$

- Hitung kecepatan aliran  

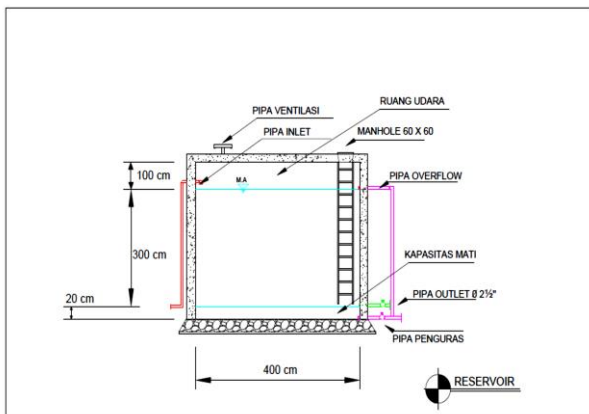
$$V = Q / A$$

$$= 0,00043 / 0,000316$$

$$= 1,360 \text{ m/det}$$



Gambar 8. Tampak Atas Reservoir



Gambar 9. Detail Potongan A-A Reservoir



- Hitung Pressure  
 $\text{Pressure HU3} = \text{Pressure HU2} + \text{Beda Elevasi} - \text{Headloss}$   
 $= 33,94 + 2 - 0,04 = 35,94 \text{ m}$
- Hitung Head  
 $\text{Head HU3} = \text{Elevasi} + \text{Pressure}$   
 $= 74 + 35,94$   
 $= 109,94 \text{ m}$

Tabel 9. Rekapitulasi Hasil Perhitungan *Headloss* ( $H_f$ )

| Nama Pipa               | Luas (M <sup>2</sup> ) | Headloss (M) |
|-------------------------|------------------------|--------------|
| Broncaptering-Reservoir | 0,07979                | 81,63        |
| Reservoir-HU1           | 0,07979                | 0,06         |
| HU1-HU2                 | 0,000316               | 0,05         |
| HU2-HU3                 | 0,000316               | 0,04         |
| HU3-HU4                 | 0,000316               | 0,04         |
| HU4-HU5                 | 0,000316               | 0,03         |
| HU5-HU6                 | 0,000316               | 0,00         |
| HU5-HU7                 | 0,000316               | 0,02         |
| HU7-HU8                 | 0,000316               | 0,00         |
| HU7-HU9                 | 0,000316               | 0,01         |
| HU9-HU10                | 0,000316               | 0,00         |
| HU10-HU11               | 0,000316               | 0,00         |
| HU11-HU12               | 0,000316               | 0,00         |

Tabel 10. Hasil Perhitungan *Base Demand* dan *Pressure* dalam pipa

| Nama Hidran   | Elevasi | Pressure | Head   |
|---------------|---------|----------|--------|
| Broncaptering | 142     | 0,00     | 142,00 |
| Reservoir     | 110     | 0,00     | 110,00 |
| HU1           | 72      | 37,96    | 109,96 |
| HU2           | 76      | 33,94    | 109,94 |
| HU3           | 74      | 35,94    | 109,94 |
| HU4           | 73      | 36,94    | 109,94 |
| HU5           | 73      | 36,94    | 109,94 |
| HU6           | 77      | 32,94    | 109,94 |
| HU7           | 80      | 29,93    | 109,93 |
| HU8           | 80      | 29,93    | 109,93 |
| HU9           | 80      | 29,93    | 109,93 |
| HU10          | 75      | 34,93    | 109,93 |
| HU11          | 74      | 35,93    | 109,93 |
| HU12          | 73      | 36,93    | 109,93 |

### Pembahasan

Proyeksi pertumbuhan penduduk untuk 15 tahun kedepan dihitung menggunakan 3 metode Regresi, yaitu Metode Regresi Linier, Regresi Logaritma dan Regresi Eksponensial. Namun berdasarkan hasil Analisis, trend regresi terbaik dengan  $r^2$  terbesar dan  $Se$  terkecil adalah Analisa Regresi Eksponensial dengan jumlah penduduk pada tahun 2031 mencapai 1178 orang. Jumlah air bersih yang dibutuhkan baik kebutuhan air domestik, non-domestik dan kehilangan air pada 15 tahun mendatang (tahun 2031) adalah 0,514 liter/detik atau 37,699 liter/orang/hari. Untuk

sistem penyediaan air bersih, menggunakan hidran umum. Dari hasil analisis yang ada, diperoleh 12 hidran untuk jumlah penduduk 1178 jiwa dan kebutuhan debit tiap hidran sebesar 0,0428 liter/detik. Dalam perencanaan sistem jaringan air bersih di Desa Patokaan, untuk tipe pengalirannya menggunakan tipe pengaliran gravitasi (*gravity system*). Unit transmisi yang tersedia adalah Bak Penangkap yang sudah ada sebelumnya, jadi tidak perlu direncanakan lagi. Bak Penangkap tersebut direncanakan menggunakan Pipa dengan diameter Transmisi 4". Unit Distribusi yang direncanakan adalah Reservoir Distribusi dengan ukuran Reservoir (4 x 3 x 3) m. Pipa distribusi utama didapat dari hasil perhitungan dengan rumus Hazen-Williams. Pipa distribusi utama dari reservoir distribusi ke semua Hidran Umum, menggunakan pipa dengan diameter 2 1/2"

### PENUTUP

#### Kesimpulan

Dari hasil analisis maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Untuk pengembangan sistem penyediaan air bersih di Desa Patokaan digunakan mata air walino sebagai sumber air bersih dengan debit sebesar 1,5 liter/detik.
2. Perhitungan proyeksi jumlah penduduk digunakan adalah Analisis Regresi Eksponensial karena memiliki *Standart Error (Se)* terkecil dan memiliki nilai  $r$  (koefisien korelasi) mendekati 1.
3. Jumlah hidran umum sebanyak 12 hidran dengan kapasitas tiap hidran 2 m<sup>3</sup> dengan kebutuhan tiap hidran sebesar 0,0428 liter/detik.
4. Untuk menangkap air dari mata air, menggunakan Broncaptering dengan ukuran (4 x 3 x 3) m
5. Reservoir distribusi direncanakan dengan ukuran (4 x 3 x 3) m
6. Sistem distribusi dari reservoir distribusi menuju ke hidran umum secara gravitasi menggunakan pipa HDPE (*high density polyethylene*) berdiameter 2 1/2"

#### Saran

1. Perlu dilakukan pemeliharaan terhadap daerah disekitar mata air, agar dimasa yang akan datang, debit dari mata air tidak mengalami penurunan.

2. Dalam pengoperasian sistem penyediaan air bersih sebaiknya dibentuk organisasi pengelola yang bertugas merawat sistem penyediaan air bersih yang ada serta mengatur pendistribusian air ke pelanggan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Agus Irianto, 2004, *Statistik Konsep Dasar, Aplikasi dan Pengembangan*, Prenada Media, Jakarta, hal 158;182;186;187.
- Anonimous, 1990, *Pedoman Teknis Penyediaan Air Bersih IKK Pedesaan*, Direktorat Jenderal Cipta Karya Departemen PU, Jakarta.
- Anonimous, 2004, *El Cedro Canal Intake in the CEA Project*, <http://iecca.net/iecca2004/images/experi14.jpg>
- Anonimous, 2011, *Sistem Penyediaan Air Bersih*, hal 36;40-44,47-55;71-74. [http://adiprawito.dosen.narotama.ac.id/files/2011/10/BAB\\_VII\\_sistem\\_penyediar\\_air\\_bersih.pdf](http://adiprawito.dosen.narotama.ac.id/files/2011/10/BAB_VII_sistem_penyediar_air_bersih.pdf)
- Anonimous, 2013, *Hidrologi Mempelajari Siklus Air*, <http://www.ilmusipil.com/hidrologi-mempelajari-siklus-air>
- Bambang Triatmodjo, 2008, *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta, hal 2-5.
- NSPM Kimpraswil, 2002, *Pedoman/Petunjuk Teknik dan Manual Bagian 6, Air Minum Perkotaan*, Edisi Pertama, Jakarta.
- Radiana Triatmadja, 2007, *Sistem Penyediaan Air Minum Perpipaan*, DRAFT, Yogyakarta, hal 2-17;2-18;2-19;3-37;3-38;3-39;3-62.
- Totok C, Sutrisno, dan Eny Suciastuti, 1987, *Teknologi Penyediaan Air Bersih*, PT Bina Aksara, Jakarta, hal 16-19.
- Tanudjaja, L, 2011, *Rekayasa Lingkungan*, Materi Kuliah, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Unsrat, Manado, hal 57-61;66-68;71-74.