

PERENCANAAN SISTEM PENYEDIAAN AIR BERSIH DI DESA DUMOGA II KECAMATAN DUMOGA TIMUR KABUPATEN BOLAANG MONGONDOW

Tio Herdin Rismawanto

Alex Binilang , Fuad Halim

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: tio.rismawanto@gmail.com

ABSTRAK

Desa Dumoga II terletak di Kecamatan Dumoga Timur Kabupaten Bolaang Mongondow yang saat ini belum mendapatkan pelayanan air bersih dari PDAM. Untuk memenuhi kebutuhan air bersih sehari-hari masyarakat mengandalkan air sumur, namun pada musim hujan sumur warga menjadi keruh sedangkan pada musim kemarau sumur warga menjadi kering. Desa ini memiliki potensi mata air yang dinamakan mata air Mobulu-Bulu, namun belum dimanfaatkan karena jarak yang akan di tempuh cukup jauh serta medan yang sulit untuk dilalui. Sehingga perlu dibuat suatu sistem penyediaan air bersih yang baik dan bisa melayani masyarakat.

Proyeksi pertumbuhan penduduk untuk 20 tahun kedepan dihitung menggunakan metode regresi eksponensial, diperoleh sebanyak 2049 jiwa. Sehingga didapat kebutuhan air bersih desa Dumoga II yaitu 0,859 liter/detik atau 36,225 liter/orang/hari hingga tahun 2035. Dari debit mata air yang tersedia sebesar 1,718 liter/detik. Maka dapat dipastikan bahwa kebutuhan air dapat dipenuhi.

Perencanaan sistem air bersih dilakukan dengan cara menangkap air dari mata air Mobulu-bulu dengan menggunakan bangunan penangkap mata air (broncaptering) kemudian disalurkan dengan sistem gravitasi (gravity system) ke reservoir distribusi, selanjutnya air didistribusikan ke penduduk melalui hidran umum dengan sistem gravitasi. Ukuran broncaptering (2 x 1,25 x 1,25) m dan ukuran reservoir distribusi (5 x 4 x 4,5) m. Jenis pipa yang digunakan adalah HDPE. Untuk menganalisis sistem perpipaan distribusi, menggunakan program Epanet 2.0. Perencanaan ini sesuai dengan tujuan yaitu dapat menyediakan dan memenuhi kebutuhan air bersih di desa Dumoga II.

Kata kunci : Desa Dumoga II, Hidran Umum, Perencanaan Sistem Air Bersih

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Penyediaan air bersih untuk masyarakat mempunyai peranan yang sangat penting di mana keberadaannya sangat dibutuhkan baik di musim kemarau maupun di musim penghujan. Air bersih yang dibutuhkan oleh masyarakat sebagai kebutuhan sehari-hari harus memenuhi berbagai persyaratan, terutama kualitas, kuantitas, dan kontinuitas. Pengaruh dari ketersediaan air bersih tidak hanya pada kebutuhan rumah tangga, tetapi berpengaruh pada sektor sosial, ekonomi, maupun fasilitas umum, seiring dengan tingkat pertumbuhan penduduk. Dengan bertambahnya jumlah penduduk dan beragamnya aktivitas maka kebutuhan akan air semakin meningkat. Melihat besarnya peranan dan fungsi air bersih sangat penting bagi peningkatan kesejahteraan masyarakat.

Sampai saat ini, penyediaan air bersih untuk masyarakat masih dihadapkan pada beberapa permasalahan yang cukup kompleks dan sampai

saat ini belum dapat di atasi sepenuhnya. Salah satu masalah yang masih dihadapi sampai saat ini yakni masih rendahnya tingkat pelayanan air bersih untuk masyarakat, terutama di daerah perdesaan.

Desa Dumoga II adalah desa yang terletak di Kecamatan Dumoga Timur, Kabupaten Bolaang Mongondow yang memiliki 3 dusun dengan luas desa 485 Ha, dengan jumlah penduduk pada tahun 2015 adalah 758 jiwa. Sebagian besar penduduk berprofesi sebagai petani. Untuk memenuhi kebutuhan air bersih sehari-hari masyarakat mengandalkan air sumur, kelemahan dari pada air sumur di desa Dumoga II pada musim kemarau banyak sumur warga mengalami kekeringan sedangkan pada musim penghujan seringkali air menjadi keruh bercampur tanah.

Di desa ini terdapat mata air yaitu mata air Mobulu-Bulu yang sering dimanfaatkan oleh masyarakat petani di sekitarnya untuk kebutuhan sehari-hari, mata air Mobulu-Bulu terletak di

lokasi kawasan hutan lindung yang berdekatan dengan perkebunan warga desa Dumoga II. Berdasarkan informasi dari masyarakat mata air ini tidak pernah mengalami kekeringan walaupun musim kemarau. Jarak mata air Mobulu-Bulu ± 4 km dari desa, jarak yang cukup jauh dan terletak di puncak gunung dengan medan yang cukup sulit untuk dilalui yang mengakibatkan masyarakat susah untuk menjangkau dan memanfaatkan air bersih tersebut. Sampai saat ini desa Dumoga II belum tersedia sistem pelayanan air bersih.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada maka dapat dirumuskan permasalahannya yakni tidak ada sistem pelayanan air bersih di desa Dumoga II, sehingga perlu direncanakan sistem penyediaan air bersih yang dapat memenuhi kebutuhan masyarakat.

Pembatasan Masalah

Batasan-batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Analisis kebutuhan air bersih sampai 20 tahun ke depan.
2. Sistem pelayanan air bersih sebatas hidran-hidran umum (HU).
3. Perhitungan konstruksi struktur bangunan air tidak diperhitungkan.
4. Analisis dan perencanaan sistem perpipaan menggunakan software Epanet 2.0.

Tujuan Penelitian

Untuk merencanakan sistem pelayanan air bersih yang mampu melayani kebutuhan masyarakat di desa Dumoga II sampai pada tahun 2035.

Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan menjadi pertimbangan kepada pihak-pihak yang berkepentingan mengenai penyediaan kebutuhan air bersih di desa Dumoga II guna menunjang aktivitas sehari-hari masyarakat.

LANDASAN TEORI

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).

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.

Kehilangan Air

Kehilangan air ditentukan dengan asumsi sebesar 15% dari kebutuhan rata-rata di mana kebutuhan rata-rata adalah sejumlah dari kebutuhan domestik ditambah dengan kebutuhan non domestik.

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.

Tabel 1. Kriteria/Standar Perencanaan Sistem Air Bersih Pedesaan

| 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 Air Non Domestik (Sn) | 5 % |
| 6 | Kehilangan Air Akibat Kebocoran | 15 % |
| 7 | Faktor Puncak Untuk Harian Maksimum | 1,5 Q _t |
| 8 | Pelayanan HU | 100 orang /unit |
| 9 | Pelayanan SR | 10 orang/unit |
| 10 | Jam Operasi | 24 jam/hari |
| 11 | Aliran Maksimum HU | 3000 l/hari |
| 12 | Aliran Maksimum SR | 900 l/hari |

Sumber : Pedoman Teknis Penyediaan Air Bersih IKK Pedesaan,1990

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 adalah kebutuhan air pada jam-jam tertentu dalam satu hari di mana kebutuhan airnya akan memuncak.

Berdasarkan ketentuan yang sudah ditetapkan oleh Pedoman/Pentunjuk Teknik dan Manual Bagian 6 : Air Minum Perkotaan, NSPM Kimpraswil, 2002, kebutuhan air harian maksimum dihitung berdasarkan faktor pengali yaitu 1,15-1,25 di kali dengan kebutuhan air total. Dan untuk kebutuhan air jam puncak dihitung berdasarkan faktor pengali yaitu 1,65-1,75 dikali dengan kebutuhan air total.

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 :

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

Dimana :

- D = Diameter pipa (m)
- L = Panjang pipa (m)
- C_{HW} = Koefisien Hazen – Williams
- Q = Debit (m³/det)

Simulasi Hidrolis

Fasilitas yang lengkap serta pemodelan hidrolis yang akurat adalah salah satu langkah yang efektif dalam membuat model tentang pengaliran serta kualitas air. *Epanet 2.0* adalah alat bantu analisis hidrolis yang di dalamnya terkandung kemampuan seperti pemodelan data terhadap variasi tipe dari *valve* termasuk *shutoff*, *check*, *pressure regulating*, dan *flow control valve*, sehingga menghasilkan sistem dasar yang dapat dioperasikan pada tangki sederhana, tekanan pada pipa, dan kecepatan aliran air pada pipa.

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Daerah yang termasuk dalam lingkup wilayah studi adalah wilayah desa Dumoga II

Kecamatan Dumoga Timur Kabupaten Bolaang Mongondow. Luas desa Dumoga II sebesar 485 Ha dengan jumlah penduduk pada tahun 2015 mencapai 758 Jiwa. Secara geografis wilayah desa Dumoga II berbatasan langsung dengan :

- Sebelah utara : Dumoga
- Sebelah Timur : Dumoga IV
- Sebelah Barat : Dumara
- Sebelah Selatan : Dumoga



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Kependudukan

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Bolaang Mongondow, jumlah penduduk di desa Dumoga II pada tahun 2006 sampai 2015 dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Jumlah Penduduk Desa Dumoga II

| No | Tahun | Jumlah Penduduk (Jiwa) |
|----|-------|------------------------|
| 1 | 2006 | 489 |
| 2 | 2007 | 521 |
| 3 | 2008 | 549 |
| 4 | 2009 | 572 |
| 5 | 2010 | 593 |
| 6 | 2011 | 636 |
| 7 | 2012 | 661 |
| 8 | 2013 | 710 |
| 9 | 2014 | 730 |
| 10 | 2015 | 758 |

Sumber : Badan Pusat Statistik Kabupaten Bolaang Mongondow

Kondisi Sumber Air

Debit pada tabel 3 didapat dari hasil pengukuran langsung dilapangan dengan menggunakan alat bantu berupa ember 8 liter wadah ukur 2 liter dan *stopwatch*. Air dari mata air ditampung pada ember 8 liter (air yang

ditampung jangan terisi penuh), selanjutnya dihitung berapa waktu air dan ukur berapa liter air yang terisi di ember tersebut. Jadi, volume air di ember 8 liter akan dibagi dengan waktu. Maka, akan didapat debit pada mata air.

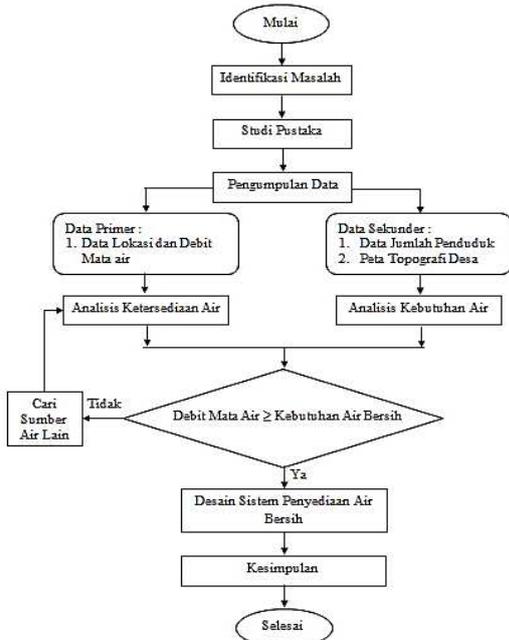
Tabel 3. Debit Mata Air

| Nama Mata Air | Lokasi | Koordinat | | Elevasi (meter) | Debit (liter/detik) |
|---------------|-------------------------|-------------|--------------|-----------------|---------------------|
| | | N | E | | |
| Mobulu-Bulu | Hutan Lindung Dumoga II | 0°37'51.02" | 124°2'29.72" | 260 | 1,718 |

Kondisi Sumber Mata Air Mobulu-Bulu

Mata air Mobulu-bulu yang ada di desa Dumoga II kondisinya sangat mencukupi yaitu sebesar 1,718 liter/detik sedangkan kebutuhan masyarakat hanya 0,859 liter/detik pada 20 tahun ke depan.

Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Proyeksi Jumlah Penduduk

Tabel 4. Hasil Rekapitulasi Proyeksi Jumlah Penduduk

| No. | Metode Analisis Regresi | y | Koefisien Korelasi [r] | Koefisien Determinasi [r ²] | Standar Error [Se] |
|-----|-------------------------|-----------------------------------|------------------------|---|--------------------|
| 1. | Linear | y = 455,27 + 30,297 x | 0,997 | 0,994 | 7,530 |
| 2. | Logaritma | y = (443,951 + 117,813 ln x) | 0,939 | 0,881 | 33,651 |
| 3. | Eksponensial | y = 470,123 x e ^{0,049x} | 0,998 | 0,995 | 7,315 |

Setelah dihitung pertumbuhan jumlah penduduk menggunakan analisis regresi linier, logaritma dan eksponensial. Maka, dipilih hasil dari analisis regresi eksponensial karena memberikan nilai standard error terkecil yang berarti kesalahan baku yang terjadi lebih kecil dibandingkan 2 metode lainnya.

Syarat : $-1 \leq r \leq 1$. Sehingga dari hasil perhitungan dan perbandingan ketiga analisis regresi di atas, maka proyeksi jumlah penduduk yang akan digunakan yaitu analisis regresi eksponensial dengan nilai korelasi (r) yaitu 0,998. Dimana analisis regresi eksponensial memiliki nilai determinasi (r²) yang paling mendekati 1 yaitu 0,995 dan juga memiliki nilai *standard error* (Se) terkecil yaitu 7,315 . Sehingga dalam menghitung kebutuhan air bersih digunakan proyeksi pertumbuhan penduduk berdasarkan analisis regresi eksponensial.

Tabel 5. Proyeksi Jumlah Penduduk Desa Dumoga II

| Tahun | Jumlah Penduduk (Jiwa) |
|-------|------------------------|
| 2016 | 806 |
| 2017 | 847 |
| 2018 | 890 |
| 2019 | 934 |
| 2020 | 981 |
| 2021 | 1031 |
| 2022 | 1083 |
| 2023 | 1137 |
| 2024 | 1194 |
| 2025 | 1254 |
| 2026 | 1317 |
| 2027 | 1384 |
| 2028 | 1453 |
| 2029 | 1526 |
| 2030 | 1603 |
| 2031 | 1684 |
| 2032 | 1768 |
| 2033 | 1857 |
| 2034 | 1951 |
| 2035 | 2049 |

Analisis Kebutuhan Air Domestik

Pedoman Teknis Penyediaan Air Bersih IKK Pedesaan, kebutuhan air baku untuk pedesaan yaitu 30 liter/orang/hari. Pada tabel 6 disajikan kebutuhan air pedesaan dari tahun 2016 hingga tahun 2035.

Tabel 6. Kebutuhan Air Domestik Desa Dumoga II

| Tahun | Jumlah Penduduk | Kebutuhan Air | |
|-------|-----------------|---------------|---------------|
| | (Jiwa) | (liter/hari) | (liter/detik) |
| 2016 | 806 | 24180 | 0,280 |
| 2017 | 847 | 25410 | 0,294 |
| 2018 | 890 | 26700 | 0,309 |
| 2019 | 934 | 28020 | 0,324 |
| 2020 | 981 | 29430 | 0,341 |
| 2021 | 1031 | 30930 | 0,358 |
| 2022 | 1083 | 32490 | 0,376 |
| 2023 | 1137 | 34110 | 0,395 |
| 2024 | 1194 | 35820 | 0,415 |
| 2025 | 1254 | 37620 | 0,435 |
| 2026 | 1317 | 39510 | 0,457 |
| 2027 | 1384 | 41520 | 0,481 |
| 2028 | 1453 | 43590 | 0,505 |
| 2029 | 1526 | 45780 | 0,530 |
| 2030 | 1603 | 48090 | 0,557 |
| 2031 | 1684 | 50520 | 0,585 |
| 2032 | 1768 | 53040 | 0,614 |
| 2033 | 1857 | 55710 | 0,645 |
| 2034 | 1951 | 58530 | 0,677 |
| 2035 | 2049 | 61470 | 0,711 |

Analisis Kebutuhan Air Non Domestik

Berdasarkan sumber dari IKK pedesaan untuk kebutuhan non-domestik angka persentase yang dipakai adalah sebesar 5%. Berikut ini adalah tabel 7 yang menyajikan perhitungan-perhitungan kebutuhan non-domestik.

Tabel 7. Kebutuhan Air Non Domestik Desa Dumoga II

| Tahun | Debit Kebutuhan Air Domestik | | Debit Kebutuhan Air Non Domestik | |
|-------|------------------------------|-------------|----------------------------------|-------------|
| | liter/hari | liter/detik | liter/hari | liter/detik |
| 2016 | 24180 | 0,280 | 1209 | 0,014 |
| 2017 | 25410 | 0,294 | 1271 | 0,015 |
| 2018 | 26700 | 0,309 | 1335 | 0,015 |
| 2019 | 28020 | 0,324 | 1401 | 0,016 |
| 2020 | 29430 | 0,341 | 1472 | 0,017 |
| 2021 | 30930 | 0,358 | 1547 | 0,018 |
| 2022 | 32490 | 0,376 | 1625 | 0,019 |
| 2023 | 34110 | 0,395 | 1706 | 0,020 |
| 2024 | 35820 | 0,415 | 1791 | 0,021 |
| 2025 | 37620 | 0,435 | 1881 | 0,022 |
| 2026 | 39510 | 0,457 | 1976 | 0,023 |
| 2027 | 41520 | 0,481 | 2076 | 0,024 |
| 2028 | 43590 | 0,505 | 2180 | 0,025 |
| 2029 | 45780 | 0,530 | 2289 | 0,026 |
| 2030 | 48090 | 0,557 | 2405 | 0,028 |
| 2031 | 50520 | 0,585 | 2526 | 0,029 |
| 2032 | 53040 | 0,614 | 2652 | 0,031 |
| 2033 | 55710 | 0,645 | 2786 | 0,032 |
| 2034 | 58530 | 0,677 | 2927 | 0,034 |
| 2035 | 61470 | 0,711 | 3074 | 0,036 |

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 di mana kebutuhan rata-rata adalah sejumlah dari kebutuhan domestik ditambah dengan kebutuhan non domestik.

Tabel 8. Kehilangan Air

| Tahun | Debit Kebutuhan Air Domestik (Qd) | | Debit Kebutuhan Air Non Domestik (Qn) | | Kehilangan Air (Qa) Qa = (Qd + Qn) x 0,15 | |
|-------|-----------------------------------|-------------|---------------------------------------|-------------|--|-------------|
| | liter/hari | liter/detik | liter/hari | liter/detik | liter/hari | liter/detik |
| 2016 | 24180 | 0,280 | 1209 | 0,014 | 3808 | 0,044 |
| 2017 | 25410 | 0,294 | 1271 | 0,015 | 4002 | 0,046 |
| 2018 | 26700 | 0,309 | 1335 | 0,015 | 4205 | 0,049 |
| 2019 | 28020 | 0,324 | 1401 | 0,016 | 4413 | 0,051 |
| 2020 | 29430 | 0,341 | 1472 | 0,017 | 4635 | 0,054 |
| 2021 | 30930 | 0,358 | 1547 | 0,018 | 4871 | 0,056 |
| 2022 | 32490 | 0,376 | 1625 | 0,019 | 5117 | 0,059 |
| 2023 | 34110 | 0,395 | 1706 | 0,020 | 5372 | 0,062 |
| 2024 | 35820 | 0,415 | 1791 | 0,021 | 5642 | 0,065 |
| 2025 | 37620 | 0,435 | 1881 | 0,022 | 5925 | 0,069 |
| 2026 | 39510 | 0,457 | 1976 | 0,023 | 6223 | 0,072 |
| 2027 | 41520 | 0,481 | 2076 | 0,024 | 6539 | 0,076 |
| 2028 | 43590 | 0,505 | 2180 | 0,025 | 6865 | 0,079 |
| 2029 | 45780 | 0,530 | 2289 | 0,026 | 7210 | 0,083 |
| 2030 | 48090 | 0,557 | 2405 | 0,028 | 7574 | 0,088 |
| 2031 | 50520 | 0,585 | 2526 | 0,029 | 7957 | 0,092 |
| 2032 | 53040 | 0,614 | 2652 | 0,031 | 8354 | 0,097 |
| 2033 | 55710 | 0,645 | 2786 | 0,032 | 8774 | 0,102 |
| 2034 | 58530 | 0,677 | 2927 | 0,034 | 9218 | 0,107 |
| 2035 | 61470 | 0,711 | 3074 | 0,036 | 9682 | 0,112 |

Analisis Kebutuhan Air Total

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

Tabel 9. Kebutuhan Air Total

| Tahun | Kebutuhan Air Domestik (Qd) | Kebutuhan Air Non Domestik (Qn) | Kehilangan Air (Qa) | Kebutuhan Air Total (Qt) |
|-------|-----------------------------|---------------------------------|---------------------|--------------------------|
| | liter/detik | liter/detik | liter/detik | liter/detik |
| 2016 | 0,280 | 0,014 | 0,044 | 0,338 |
| 2017 | 0,294 | 0,015 | 0,046 | 0,355 |
| 2018 | 0,309 | 0,015 | 0,049 | 0,373 |
| 2019 | 0,324 | 0,016 | 0,051 | 0,392 |
| 2020 | 0,341 | 0,017 | 0,054 | 0,411 |
| 2021 | 0,358 | 0,018 | 0,056 | 0,432 |
| 2022 | 0,376 | 0,019 | 0,059 | 0,454 |
| 2023 | 0,395 | 0,020 | 0,062 | 0,477 |
| 2024 | 0,415 | 0,021 | 0,065 | 0,501 |
| 2025 | 0,435 | 0,022 | 0,069 | 0,526 |
| 2026 | 0,457 | 0,023 | 0,072 | 0,552 |
| 2027 | 0,481 | 0,024 | 0,076 | 0,580 |
| 2028 | 0,505 | 0,025 | 0,079 | 0,609 |
| 2029 | 0,530 | 0,026 | 0,083 | 0,640 |
| 2030 | 0,557 | 0,028 | 0,088 | 0,672 |
| 2031 | 0,585 | 0,029 | 0,092 | 0,706 |
| 2032 | 0,614 | 0,031 | 0,097 | 0,741 |
| 2033 | 0,645 | 0,032 | 0,102 | 0,779 |
| 2034 | 0,677 | 0,034 | 0,107 | 0,818 |
| 2035 | 0,711 | 0,036 | 0,112 | 0,859 |

Berdasarkan perhitungan pada tabel di atas maka kebutuhan air total tahun 2035 mencapai 0,859 liter/detik atau 36,225 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.

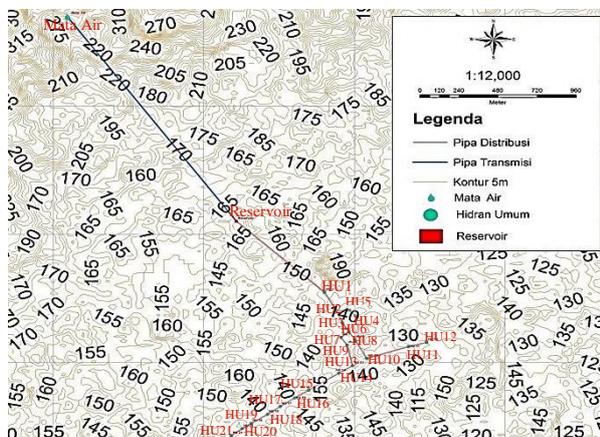
Tabel 10. Kebutuhan Air Harian Maksimum dan Jam Puncak

| Tahun | Debit Total | Debit Harian Max | Debit Jam Puncak |
|-------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | (Q _t) | (Q _m) | (Q _p) |
| | liter/detik | liter/detik | liter/detik |
| (1) | (2) | (3) = 1,25 x (2) | (4) = 1,75 x (2) |
| 2016 | 0,338 | 0,422 | 0,591 |
| 2017 | 0,355 | 0,444 | 0,621 |
| 2018 | 0,373 | 0,466 | 0,653 |
| 2019 | 0,392 | 0,489 | 0,685 |
| 2020 | 0,411 | 0,514 | 0,720 |
| 2021 | 0,432 | 0,540 | 0,756 |
| 2022 | 0,454 | 0,568 | 0,795 |
| 2023 | 0,477 | 0,596 | 0,834 |
| 2024 | 0,501 | 0,626 | 0,876 |
| 2025 | 0,526 | 0,657 | 0,920 |
| 2026 | 0,552 | 0,690 | 0,966 |
| 2027 | 0,580 | 0,725 | 1,015 |
| 2028 | 0,609 | 0,762 | 1,066 |
| 2029 | 0,640 | 0,800 | 1,120 |
| 2030 | 0,672 | 0,840 | 1,176 |
| 2031 | 0,706 | 0,883 | 1,236 |
| 2032 | 0,741 | 0,927 | 1,297 |
| 2033 | 0,779 | 0,973 | 1,363 |
| 2034 | 0,818 | 1,022 | 1,431 |
| 2035 | 0,859 | 1,074 | 1,503 |

Desain Sistem Jaringan Air Bersih

Dalam *system plan* ini, jenis pipa yang akan digunakan dalam sistem transmisi sampai distribusi adalah pipa HDPE.

Untuk lebih jelasnya, rencana sistem (*system plan*) penyediaan air bersih di desa Dumoga II dapat dilihat pada gambar:



Gambar 3. Skema Perencanaan Sistem Jaringan Perpipaan di desa Dumoga II

Tabel 11. Elevasi Dan Jarak Pada *Node* Dan *Link*

| Node | Elevasi (m) | Link | Jarak (m) |
|---------------|-------------|---------------------|-----------|
| Broncaptering | 260 | Broncaptering - Res | 1824 |
| Reservoir | 170 | Reservoir - HU1 | 756 |
| HU1 | 157,5 | HU1 - HU2 | 144 |
| HU2 | 147,5 | HU2 - HU5 | 84 |
| HU3 | 142,1 | HU5 - HU4 | 48 |
| HU4 | 140 | HU2 - HU3 | 96 |
| HU5 | 145 | HU3 - HU6 | 72 |
| HU6 | 147,5 | HU6 - HU7 | 60 |
| HU7 | 145,6 | HU6 - HU8 | 60 |
| HU8 | 145 | HU7 - HU9 | 72 |
| HU9 | 147,3 | HU8 - HU10 | 156 |
| HU10 | 140 | HU10 - HU11 | 264 |
| HU11 | 130 | HU11 - HU12 | 108 |
| HU12 | 135 | HU9 - HU13 | 156 |
| HU13 | 147,5 | HU13 - HU14 | 96 |
| HU14 | 148,3 | HU14 - HU15 | 216 |
| HU15 | 150 | HU15 - HU16 | 96 |
| HU16 | 147,1 | HU16 - HU17 | 108 |
| HU17 | 142 | HU17 - HU18 | 96 |
| HU18 | 145 | HU18 - HU19 | 120 |
| HU19 | 142 | HU19 - HU20 | 72 |
| HU20 | 141 | HU20 - HU21 | 84 |
| HU21 | 145 | | |

Desain Hidrolis Hidran Umum

Berdasarkan ketentuan dari Pedoman Teknis Penyediaan Air Bersih IKK Pedesaan, 1990, untuk perencanaan hidran umum, kriteria pelayanan hidran umum 100 Jiwa/unit. Dengan perhitungan sebagai berikut:

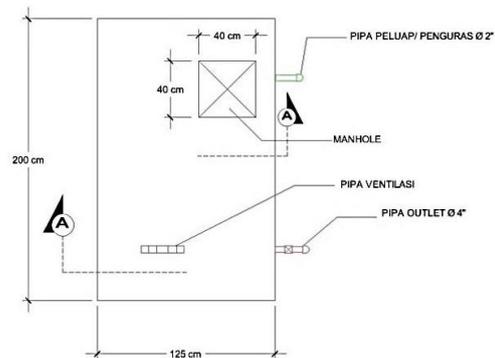
- Jumlah penduduk : 2049 Jiwa
- Jumlah hidran : 2049/100
= 20,49 ≈ 21 hidran
- Kebutuhan air jam puncak : 1,503 liter/detik
- Kebutuhan air tiap hidran : 1,503/21 = 0,07 liter/detik/HU

Desain Bangunan Penangkap Mata Air (*Broncaptering*)

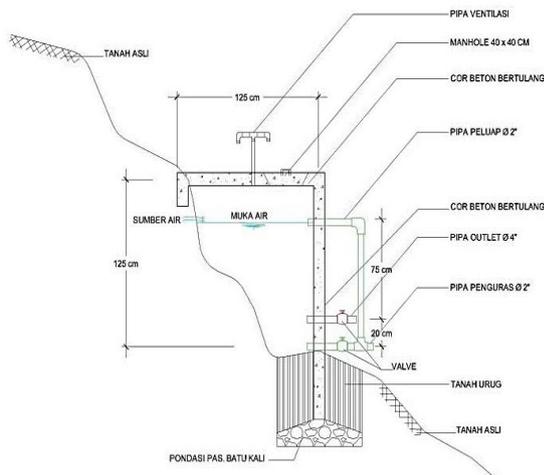
Broncaptering yaitu bangunan yang digunakan untuk menampung atau menangkap air yang ke luar dari mata air. Titik-titik mata air dibungkus, kemudian dari bangunan air yang dibentuk bak ini, air dialirkan ke bangunan reservoir yang ada.

Direncanakan dimensi *broncaptering* :

- Panjang= 2 meter
- Lebar = 1,25 meter
- Tinggi = 1,25 meter



Gambar 4. Tampak Atas *Broncaptering*



Gambar 5. Potongan A-A Broncaptering

Desain Hidrolis Reservoir

Reservoir direncanakan pada daerah ketinggian yang merupakan elevasi tertinggi dari lokasi ke desa agar bisa dialirkan secara gravitasi dan direncanakan berada dekat dengan daerah layanan agar mudah dikontrol. Perhitungan reservoir sebagai berikut.

Mata air ditampung di Broncaptering yang kemudian dialirkan ke reservoir dengan debit 1,718 liter/detik atau 6,185 m³/jam atau 148,435 m³/hari. Jumlah penduduk tahun 2035 adalah 2049 jiwa. Debit kebutuhan air total tahun 2035 adalah 0,859 liter/detik.

Berdasarkan grafik fluktuasi kebutuhan air bersih dari DPU Ditjen Cipta Karya Direktorat Air Bersih didapat nilai *load factor* pada tabel berikut :

Tabel 12. Hasil Perhitungan Fluktuasi Pemakaian Air

| Jam | Load Factor | Rekapitulasi Presentase Pemakaian Air (%) | Pemakaian Air Bersih Tahun 2035 (m ³ /hari) |
|---------------|-------------|---|--|
| 00.00 - 01.00 | 0,3 | 1,2510 | 0,928 |
| 01.00 - 02.00 | 0,37 | 1,5430 | 1,145 |
| 02.00 - 03.00 | 0,45 | 1,8766 | 1,393 |
| 03.00 - 04.00 | 0,64 | 2,6689 | 1,981 |
| 04.00 - 05.00 | 1,15 | 4,7957 | 3,559 |
| 05.00 - 06.00 | 1,4 | 5,8382 | 4,333 |
| 06.00 - 07.00 | 1,53 | 6,3803 | 4,735 |
| 07.00 - 08.00 | 1,56 | 6,5054 | 4,828 |
| 08.00 - 09.00 | 1,41 | 5,8799 | 4,364 |
| 09.00 - 10.00 | 1,38 | 5,7548 | 4,271 |
| 10.00 - 11.00 | 1,27 | 5,2961 | 3,931 |
| 11.00 - 12.00 | 1,2 | 5,0042 | 3,714 |
| 12.00 - 13.00 | 1,14 | 4,7540 | 3,528 |
| 13.00 - 14.00 | 1,17 | 4,8791 | 3,621 |
| 14.00 - 15.00 | 1,18 | 4,9208 | 3,652 |
| 15.00 - 16.00 | 1,22 | 5,0876 | 3,776 |
| 16.00 - 17.00 | 1,31 | 5,4629 | 4,054 |
| 17.00 - 18.00 | 1,38 | 5,7548 | 4,271 |
| 18.00 - 19.00 | 1,25 | 5,2127 | 3,869 |
| 19.00 - 20.00 | 0,98 | 4,0867 | 3,033 |
| 20.00 - 21.00 | 0,62 | 2,5855 | 1,919 |
| 21.00 - 22.00 | 0,45 | 1,8766 | 1,393 |
| 22.00 - 23.00 | 0,37 | 1,5430 | 1,145 |
| 23.00 - 24.00 | 0,25 | 1,0425 | 0,774 |
| Σ | 23,98 | 100 | 74,218 |

Suplai merata dalam 24 jam dimana total suplai air dalam satu hari sama dengan total pemakaian dalam satu hari yaitu : 74,218 m³/hari. Maka perhitungan untuk kapasitas berguna pada bak penampung dapat dilihat pada tabel 13.

Tabel 13. Hitungan Kapasitas Berguna Dari Reservoir

| Jam | Suplai (m ³ /jam) | Pemakaian Air Bersih (m ³ /hari) | Volume Air Di Reservoir (m ³) |
|---------------|------------------------------|---|---|
| 00.00 - 01.00 | 6,185 | 0,928 | 5,257 |
| 01.00 - 02.00 | 6,185 | 1,145 | 10,296 |
| 02.00 - 03.00 | 6,185 | 1,393 | 15,089 |
| 03.00 - 04.00 | 6,185 | 1,981 | 19,293 |
| 04.00 - 05.00 | 6,185 | 3,559 | 21,919 |
| 05.00 - 06.00 | 6,185 | 4,333 | 23,771 |
| 06.00 - 07.00 | 6,185 | 4,735 | 25,220 |
| 07.00 - 08.00 | 6,185 | 4,828 | 26,577 |
| 08.00 - 09.00 | 6,185 | 4,364 | 28,398 |
| 09.00 - 10.00 | 6,185 | 4,271 | 30,312 |
| 10.00 - 11.00 | 6,185 | 3,931 | 32,566 |
| 11.00 - 12.00 | 6,185 | 3,714 | 35,037 |
| 12.00 - 13.00 | 6,185 | 3,528 | 37,694 |
| 13.00 - 14.00 | 6,185 | 3,621 | 40,258 |
| 14.00 - 15.00 | 6,185 | 3,652 | 42,791 |
| 15.00 - 16.00 | 6,185 | 3,776 | 45,200 |
| 16.00 - 17.00 | 6,185 | 4,054 | 47,331 |
| 17.00 - 18.00 | 6,185 | 4,271 | 49,245 |
| 18.00 - 19.00 | 6,185 | 3,869 | 51,561 |
| 19.00 - 20.00 | 6,185 | 3,033 | 54,713 |
| 20.00 - 21.00 | 6,185 | 1,919 | 58,979 |
| 21.00 - 22.00 | 6,185 | 1,393 | 63,771 |
| 22.00 - 23.00 | 6,185 | 1,145 | 68,811 |
| 23.00 - 24.00 | 6,185 | 0,774 | 74,222 |
| | | 74,218 | |

Volume minimal = X

Pada volume minimal bak tepat kosong, 0 = X
X = 0

Volume maksimum = X + 74,222

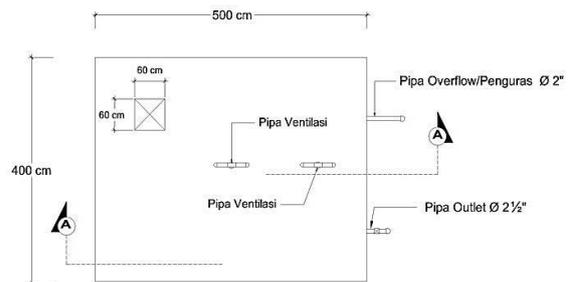
Kapasitas berguna Reservoir minimal

= 0 + 74,222 = 74,222 m³

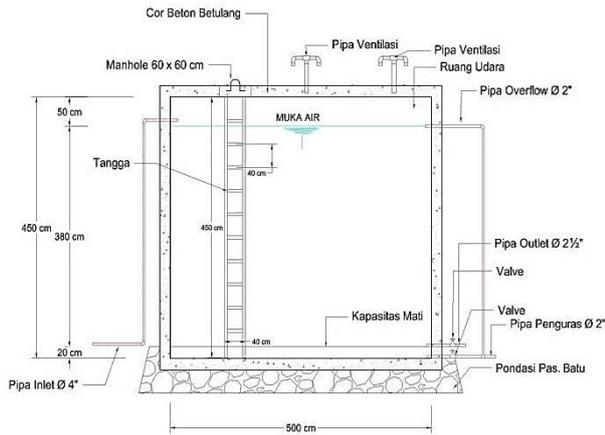
Diambil ukuran :

- Panjang dan Lebar = 5 m x 4 m
- Tinggi kapasitas berguna = 3,8 m
- Kapasitas berguna yang disiapkan = (5 x 4 x 3,8)m = 76 m³ > 74,222 m³

Diambil kapasitas mati reservoir distribusi 0,2 m dan tinggi ruang udara 0,5 m, sehingga total tinggi reservoir distribusi 4,5 m. Jadi ukuran reservoir distribusi (5 x 4 x 4,5) m.



Gambar 6. Tampak atas Reservoir



Gambar 7. Potongan A-A Reservoir

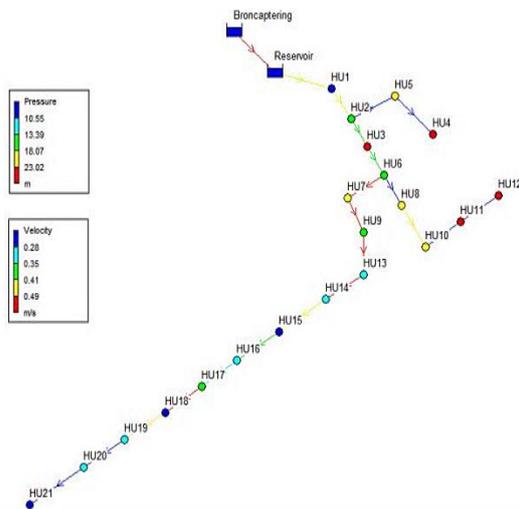
Desain Jaringan Perpipaan Transmisi dan Distribusi

Dalam penelitian ini untuk pipa transmisi dan distribusi dipilih pipa HDPE, mengingat pipa ini lebih ringan, mudah diangkut dan dipasang, tidak bereaksi dengan air, mencapai 100 m tanpa sambungan untuk diameter kecil.

Sistem Jaringan Pipa menggunakan Epanet 2.0

Untuk perhitungan jaringan distribusi air bersih menggunakan software Epanet 2.0.

Hasil analisis perhitungan sistem jaringan pipa desa Dumoga II adalah sebagai berikut :



Gambar 8. Skema Sistem Perencanaan Air Bersih Menggunakan Epanet 2.0

Tabel 14. Node Parameter Jaringan Air Bersih Dumoga II

| Node ID | Elevation m | Base Demand LPS | Head m | Pressure m |
|---------------------|-------------|-----------------|--------|------------|
| Junc HU1 | 157.5 | 0.07 | 166.22 | 8.72 |
| Junc HU2 | 147.5 | 0.07 | 165.57 | 18.07 |
| Junc HU5 | 145 | 0.07 | 165.10 | 20.10 |
| Junc HU4 | 140 | 0.07 | 165.02 | 25.02 |
| Junc HU3 | 142.1 | 0.07 | 165.24 | 23.14 |
| Junc HU6 | 147.5 | 0.07 | 165.02 | 17.52 |
| Junc HU8 | 145 | 0.07 | 164.86 | 19.86 |
| Junc HU10 | 140 | 0.07 | 163.02 | 23.02 |
| Junc HU11 | 130 | 0.07 | 161.55 | 31.55 |
| Junc HU12 | 135 | 0.07 | 161.38 | 26.38 |
| Junc HU7 | 145.6 | 0.07 | 163.94 | 18.34 |
| Junc HU9 | 147.3 | 0.07 | 162.84 | 15.54 |
| Junc HU13 | 147.5 | 0.07 | 160.89 | 13.39 |
| Junc HU14 | 148.3 | 0.07 | 159.92 | 11.62 |
| Junc HU15 | 150 | 0.07 | 158.22 | 8.22 |
| Junc HU16 | 147.1 | 0.07 | 157.65 | 10.55 |
| Junc HU17 | 142 | 0.07 | 157.20 | 15.20 |
| Junc HU18 | 145 | 0.07 | 155.27 | 10.27 |
| Junc HU19 | 142 | 0.07 | 153.85 | 11.85 |
| Junc HU20 | 141 | 0.07 | 153.45 | 12.45 |
| Junc HU21 | 145 | 0.07 | 153.32 | 8.32 |
| Resvr Broncaptering | 260 | #N/A | 260.00 | 0.00 |
| Resvr Reservoir | 170 | #N/A | 170.00 | 0.00 |

Tabel 15. Link Parameter Jaringan Air Bersih Desa Dumoga II

| Link ID | Length m | Diameter mm | Roughness | Flow LPS | Velocity m/s | Unit Headloss m/km |
|-------------------|----------|-------------|-----------|----------|--------------|--------------------|
| Pipe Broncap-Resv | 1024 | 101.6 | 130 | 17.43 | 2.15 | 43.34 |
| Pipe Res-HU1 | 756 | 63.5 | 130 | 1.47 | 0.46 | 5.00 |
| Pipe HU1-HU2 | 144 | 63.5 | 130 | 1.40 | 0.44 | 4.56 |
| Pipe HU2-HU5 | 84 | 25.4 | 130 | 0.14 | 0.28 | 5.57 |
| Pipe HU5-HU4 | 48 | 25.4 | 130 | 0.07 | 0.14 | 1.54 |
| Pipe HU2-HU3 | 96 | 63.5 | 130 | 1.19 | 0.38 | 3.38 |
| Pipe HU3-HU6 | 72 | 63.5 | 130 | 1.12 | 0.35 | 3.02 |
| Pipe HU6-HU8 | 60 | 38.1 | 130 | 0.28 | 0.25 | 2.79 |
| Pipe HU8-HU10 | 156 | 25.4 | 130 | 0.21 | 0.41 | 11.80 |
| Pipe HU10-HU11 | 264 | 25.4 | 130 | 0.14 | 0.28 | 5.57 |
| Pipe HU11-HU12 | 108 | 25.4 | 130 | 0.07 | 0.14 | 1.54 |
| Pipe HU6-HU7 | 60 | 38.1 | 130 | 0.77 | 0.68 | 18.16 |
| Pipe HU7-HU9 | 72 | 38.1 | 130 | 0.70 | 0.61 | 15.22 |
| Pipe HU9-HU13 | 156 | 38.1 | 130 | 0.63 | 0.55 | 12.52 |
| Pipe HU13-HU14 | 96 | 38.1 | 130 | 0.56 | 0.49 | 10.07 |
| Pipe HU14-HU15 | 216 | 38.1 | 130 | 0.49 | 0.43 | 7.86 |
| Pipe HU15-HU16 | 96 | 38.1 | 130 | 0.42 | 0.37 | 5.91 |
| Pipe HU16-HU17 | 108 | 38.1 | 130 | 0.35 | 0.31 | 4.22 |
| Pipe HU17-HU18 | 96 | 25.4 | 130 | 0.28 | 0.55 | 20.10 |
| Pipe HU18-HU19 | 120 | 25.4 | 130 | 0.21 | 0.41 | 11.80 |
| Pipe HU19-HU20 | 72 | 25.4 | 130 | 0.14 | 0.28 | 5.57 |
| Pipe HU20-HU21 | 84 | 25.4 | 130 | 0.07 | 0.14 | 1.54 |

Untuk membuktikan kesesuaian perhitungan dengan menggunakan Epanet 2.0, di bawah ini adalah perhitungan kecepatan pengaliran dalam pipa (v) dan headloss (H_f) pada pipa distribusi (dari HU 20 ke HU 21) dan akan dibandingkan dengan perhitungan Epanet 2.0.

$$\Delta H = 141 - 145 = 4 \text{ m}$$

$$L = 84 \text{ m} = 0,084 \text{ km}$$

$$D = 25,4 \text{ mm} = 0,0254 \text{ m}$$

$$Q = 0,07 \text{ liter/detik} = 0,00007 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$C_{HW} = 130$$

a. Hitung Luas (A)

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \times 0,0254^2}{4} = 0,00051 \text{ m}^2$$

b. Hitung *headloss* (H_f)

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

$$= \frac{10,675 \times 0,00007^{1,852}}{130^{1,852} \times 0,0254^{4,8704}} \times 84 = 0,12912 \text{ m}$$

$$\text{Headloss } (H_f) \text{ per km} = \frac{0,12912}{0,084} = 1,54 \text{ m/km}$$

c. Hitung kecepatan aliran

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{0,00007}{0,00051}$$

$$= 0,14 \text{ m/detik}$$

Dari analisis di atas, dapat dibandingkan hasil perhitungan kecepatan pengaliran dalam pipa (v) dan *headloss* (H_f) dengan menggunakan analisis *software Epanet 2.0* dan perhitungan manual, memiliki hasil perhitungan yang sama.

Pembahasan

Pertumbuhan Penduduk

Untuk perhitungan jumlah penduduk di desa Dumoga II, 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 eksponensial. Proyeksi jumlah penduduk dihitung sampai 20 tahun kedepan, dan jumlah penduduk pada tahun 2035 adalah 2049 jiwa.

Kebutuhan dan Kehilangan Air

Analisis kebutuhan air meliputi kebutuhan air domestik dan non domestik. Dan untuk kebutuhan air domestik pada tahun 2035 sebesar 61470 liter/hari atau 0,711 liter/detik. Untuk kebutuhan air non domestik pada tahun 2035 sebesar 3074 liter/hari atau 0,036 liter/detik. Untuk kehilangan air pada tahun 2035 sebanyak 9682 liter/hari atau 0,112 liter/detik. Sehingga kebutuhan air total pada tahun 2035 adalah 0,859 liter/hari. Untuk kebutuhan air harian maksimum pada tahun 2035 adalah sebanyak 1,074 liter/detik. Dan untuk kebutuhan air jam puncak pada tahun 2035 sebanyak 1,503 liter/detik.

Ketersediaan Air

Sumber air yang digunakan dari penelitian ini adalah mata air Mobulu-Bulu. Debit yang dapat dimanfaatkan dari sumber air ini sebesar 1,718 liter/detik. Dan kebutuhan air total sampai 20 tahun kedepan sebesar 74225 liter/hari atau 0,859 liter/detik. Sehingga sumber air ini masih cukup untuk melayani masyarakat di desa

Dumoga II sampai 20 tahun kedepan yaitu pada tahun 2035.

Sistem Jaringan Air Bersih

Dalam perencanaan sistem jaringan air bersih di desa Dumoga II untuk tipe pengaliran menggunakan tipe pengaliran gravitasi (*gravity system*).

Sumber air yang direncanakan adalah mata air yang dinamakan mata air Mobulu-Bulu yang berada pada elevasi ± 260 m. Pada mata air ini, digunakan Broncaptering untuk menangkap air lalu dialirkan secara gravitasi ke reservoir yang berada pada elevasi ± 170 m.

Kapasitas Reservoir yang direncanakan adalah 76 m^3 dengan dimensi panjang = 5 m, lebar = 4 m, dan tinggi = 4,5 m. Dari Reservoir air dialirkan melalui pipa distribusi ke daerah pelayanan yang direncanakan menggunakan program EPANET 2.0, setelah dihitung menggunakan EPANET 2.0 didapat ukuran pipa bervariasi yaitu mulai dari 2 $\frac{1}{2}$ " , 1 $\frac{1}{2}$ " , 1".

Hidran umum direncanakan berdasarkan standar/kriteria penyediaan air perdesaaan yaitu 100 jiwa/hidran umum, maka untuk memenuhi kebutuhan 2049 jiwa penduduk desa Dumoga II maka direncanakan hidran umum sebanyak 21 buah. Lokasi hidran umum direncanakan mengikuti pola persebaran rumah penduduk.

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil analisis diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Perencanaan sistem penyediaan air bersih di Desa Dumoga II Kecamatan Dumoga Timur sampai tahun 2035 dengan total kebutuhan sebesar 0,859 liter/detik atau 36,225 liter/orang/hari .
2. Perhitungan proyeksi jumlah penduduk menggunakan analisa regresi eksponensial karena memiliki nilai r (koefisien korelasi) yang paling mendekati 1 dan *standart error* (Se) terkecil.
3. Untuk menangkap air dari mata air, menggunakan *broncaptering* dengan ukuran $2\text{m} \times 1,25\text{m} \times 1,25\text{m}$.
4. Air dialirkan secara gravitasi ke *reservoir* yang berukuran $5\text{m} \times 4\text{m} \times 4,5\text{m}$.
5. Untuk mengalirkan air dari *broncaptering* ke *reservoir* digunakan pipa yang berdiameter 4". Setelah air mencapai reservoir, air tersebut di alirkan ke hidran-hidran umum

dengan pipa yang berukuran $2\frac{1}{2}$ "", $1\frac{1}{2}$ "", dan 1"."

6. Air bersih didistribusikan ke penduduk secara gravitasi melalui 21 buah hidran umum yang tersebar di desa Dumoga II.

Saran

Sistem penyediaan air bersih yang direncanakan akan dapat berfungsi dengan baik apabila operasi dan pemeliharaan instalasi

dilakukan dengan baik. Untuk itu perlu dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Harus dilakukan pemeliharaan terhadap daerah disekitar mata air, agar di masa yang akan datang, debit dari mata air tidak mengalami penurunan.
2. Harus diadakan lembaga pengelola sistem penyediaan air baku untuk air bersih dan kepada pengurusnya diberi pelatihan manajemen dan teknik operasi serta pemeliharaan instalasi.

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, 2010, Peraturan Menteri Kesehatan No.492/Menkes/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, <https://www.slideshare.net/metrosanita/permenkes-492-tahun-2010> tentang-persyaratan-kualitas-air-minum
- Bambang Triatmodjo, 2008, *Hidrolika II*, Beta Offset, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta, hal 51.
- Bambang Triatmodjo, 2008, *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta, hal 2-4.
- BPS (Badan Pusat Statistik) Kabupaten Bolaang Mongondow, 2016. Data Penduduk Desa Dumoga II tahun 2006-2015.
- Ibnu Heriyanti, dkk, (1997). *Rekayasa Lingkungan*, Gunadarma, Jakarta. Hal. 27-32.
- 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.
- Tanudjaja L, 2011, *Rekayasa Lingkungan*, Materi Kuliah, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Unsrat, Manado, hal 57-61;66-68;71-74

