

Analisis Kebutuhan dan Ketersediaan Jaringan Air Bersih di Kecamatan Wilihama Kabupaten Flores Timur

Analysis of Demand and Water Supply Network in Wilihama District East Flores Regency

Wilhelmus Bunganaen^{1*}, Ruslan Ramang^{2*}, Blasius Keli Eha Puhu Gelong^{3*}

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

³Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

Article info:

Kata kunci:

Sumber air, analisis, software epanet

Keywords:

Water source, analysis, software epanet

Article history:

Received: 31-08-2023

Accepted: 26-09-2023

*Koresponden email:

wilembunganaen@staf.undana.ac.id

Ruslanramang@gmail.com

amanopugel24@gmail.com

Abstrak

Sumber air yang tersuplai untuk Kecamatan Wilihama berasal dari sumber air Igolodo, sumber air Wailawe dan Sumber air Waibele. Oleh karena ketersediaan air yang terbatas dan kebutuhan air yang terus meningkat maka perlu dilakukan analisis untuk mengetahui potensi sumber air dan kebutuhan air di Kecamatan Wilihama serta menganalisis jaringan air bersih menggunakan *Software Epanet 2.0*. Berdasarkan hasil analisis diperoleh debit puncak kemarau sumber air Igolodo, sumber air Wailawe dan sumber air Waibele berturut-turut adalah 6,50 liter/detik, 3,52 liter/detik, dan 1,18 liter/detik. Besar kebutuhan air harian maksimum pada tahun 2040 untuk daerah layanan Igolodo, Wailawe dan Waibele berturut-turut adalah 8,66 liter/detik, 8,02 liter/detik, dan 1,06 liter/detik. Hasil analisis jaringan air bersih menggunakan *Software Epanet 2.0* menyatakan semua parameter hidrolis pada *node* dan *link* bernilai positif dan memenuhi syarat PERMEN PUPR 2016.

Abstract

The water source supplied to Wilihama District comes from the Igolodo water source, the Wailawe water source and the Waibele water source. Due to the limited availability of water and the increasing demand for water, it is necessary to conduct an analysis to determine the potential of water sources and water needs in Wilihama District and analyze the clean water network using Epanet 2.0 software. Based on the results of the analysis, the peak dry discharge from Igolodo water sources, Wailawe water sources and Waibele water sources were 6.50 liters/second, 3.52 liters/second, and 1.18 liters/second, respectively. The maximum daily water needs in 2040 for the igolodo, wailawe and waibele service areas are 8.66 liters/second, 8.02 liters/ second, 1.06 liters/second, respectively. The result of the clean water network analysis using Epanet 2.0 software stated that all hydraulic parameters at nodes and links were positive and met the requirements of PERMEN PUPR 2016.

Kutipan: Diisi oleh Editor

1. Pendahuluan

Air bersih merupakan salah satu komponen utama bagi keberlangsungan hidup manusia. Kegunaan air bersih mencakup semua aspek kehidupan manusia sehingga perlu mendapat prioritas penanganan terkait ketersediaan air bersih, mengingat kebutuhan akan air bersih tidak terbatas.

Kecamatan Witihama merupakan salah satu dari 19 kecamatan yang ada di Kabupaten Flores Timur. Kecamatan Witihama terdiri dari 16 desa yaitu Watololong, Tuwagoetobi, Riangduli, Pledo, Watoone, Weranggere, Oringbele, Waiwuring, Tobitika, Sandosi, Balaweling, Lamabelawa, Lewopulo, Lamaleka, Balaweling Noten, dan Baobage. Kecamatan Witihama memiliki luas wilayah 77,97 km², serta jumlah penduduk 14.565 jiwa (BPS, 2020).

Ketersediaan sumber air bersih yang terbatas merupakan salah satu masalah yang dihadapi dalam hal pemenuhan kebutuhan air bersih untuk masyarakat Kecamatan Witihama. Kebutuhan air bersih masyarakat Witihama tentunya akan terus meningkat setiap tahun seiring dengan pertambahan jumlah penduduk serta perkembangan wilayah. Mengingat cakupan daerah layanan yang luas dan terbatasnya sumber daya air, oleh karena itu penulis merasa perlu untuk melakukan penelitian dengan judul "Analisis Kebutuhan dan Ketersediaan Jaringan Air Bersih di Kecamatan Witihama Kabupaten Flores Timur".

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi sumber air yang tersuplai untuk Kecamatan Witihama, mengetahui besar kebutuhan air bersih, serta menganalisis sistem jaringan air bersih di Kecamatan Witihama untuk 20 tahun mendatang.

2. Bahan dan Metode

2.1. Siklus hidrologi

Secara luas hidrologi berarti ilmu yang menjelaskan tentang kehadiran gerakan air di alam ini, yang meliputi berbagai gerakan air, berbagai bentuk air yang menyangkut perubahan-perubahan antara lain: keadaan zat cair, padat dan gas dalam atmosfer di atas dan di bawah permukaan tanah (Soewano, 1995). Siklus hidrologi adalah gerakan air laut menguap ke udara, kemudian jatuh ke permukaan tanah sebagai hujan atau bentuk presipitasi lain, dan menimbulkan limpasan yang mengalir kembali ke laut (Suripin, 2004).

2.2. Pengertian sumber daya air

Sumber daya air adalah air, sumber air, dan daya air yang terkandung di dalamnya. Air adalah semua air yang terdapat pada, di atas, ataupun di bawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini air permukaan, air tanah air hujan, dan air laut yang berada di darat. Sumber air adalah tempat atau wadah air alami dan/atau buatan yang terdapat pada, di atas, ataupun di bawah permukaan tanah. Daya air adalah potensi yang terkandung dalam air dan/atau pada sumber air yang memberikan manfaat ataupun kerugian bagi kehidupan dan penghidupan manusia serta lingkungannya (Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2004).

2.3. Sumber air

Sumber-sumber air dikategorikan sebagai air hujan, air permukaan, dan air tanah. Air permukaan terdiri dari air sungai, air danau dan air laut, sedangkan air tanah terdiri dari air tanah dangkal, air tanah dalam dan mata air (Sutrisno, 1991). Sumber air yang tersuplai untuk Kecamatan Witihama berasal dari mata air Igolodo, mata air Wailawe dan mata air Waibele.

2.4. Kebutuhan air bersih

Menurut Ditjen Cipta Karya (2000) kebutuhan air bersih terdiri atas dua jenis yaitu kebutuhan air domestik dan kebutuhan air non domestik.

2.4.1. Kebutuhan air domestik

Kebutuhan air domestik yaitu kebutuhan air yang digunakan pada tempat-tempat hunian pribadi untuk memenuhi keperluan sehari-hari. Standar kriteria perencanaan kebutuhan air bersih sektor domestik dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria perencanaan air bersih dan standar kebutuhan air domestik

| No | URAIAN | Kategori Kota Berdasarkan Jumlah 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 |
| 1 | Konsumsi unit sambung rumah (SR) l/o/h | 190 | 170 | 130 | 100 | 80 |
| 2 | Konsumsi unit hidran umum (HU) l/o/h | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| 3 | Konsumsi unit non domestik (%) | 20-30 | 20-30 | 20-30 | 20-30 | 20-30 |
| 4 | Kehilangan air (%) | 20-30 | 20-30 | 20-30 | 20-30 | 20-30 |
| 5 | Faktor hari maksimum | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 |
| 6 | Faktor jam puncak | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| 7 | Jumlah jiwa per SR | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 8 | Jumlah jiwa per HU | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 9 | Sisa tekan di penyediaan distribusi (mka) | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 10 | Jam operasi | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 |
| 11 | Vol. reservoir (% max day demand) | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| 12 | SR : HU | 50:50 s/d 80:20 | 50:50 s/d 80:20 | 80:20 | 70:30 | 70:30 |
| 13 | Cakupan pelayanan (%) | 90 | 90 | 90 | 90 | 70 |

Sumber: Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya PU, 1996.

2.4.2. *Kebutuhan air non domestik*

Analisis kebutuhan air sektor non domestik dilaksanakan dengan berpegang pada analisis data pertumbuhan terakhir fasilitas-fasilitas yang ada pada daerah layanan (Ndoen, 2017). Besarnya konsumsi penggunaan air bersih sektor non domestik didasarkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kebutuhan air non domestik untuk kategori V (per desa)

| Sektor | Nilai | Satuan |
|----------------------|-------|-------------------|
| Sekolah | 5 | liter/murid/hari |
| Rumah Sakit | 200 | liter/bed/hari |
| Puskesmas | 1200 | liter/unit/hari |
| Masjid | 3000 | liter/unit/hari |
| Mushola | 2000 | liter/unit/hari |
| Pasar | 12000 | liter/hektar/hari |
| Komersial / Industri | 10 | liter/hari |

Sumber: Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya PU, 1996.

2.5. *Proyeksi penduduk*

Pertumbuhan penduduk adalah perubahan jumlah penduduk di suatu wilayah tertentu pada waktu tertentu dibandingkan waktu sebelumnya (Klosterman, 1990).

a. *Metode aritmatik*

$$P_n = P_o + (n \cdot q) \cdot P_o \tag{1}$$

b. *Metode geometrik*

$$P_n = P_o \cdot (1 + q)^n \tag{2}$$

c. *Metode eksponensial*

$$P_n = P_o . (e)^{n.q} \tag{3}$$

Dimana :

- P_n : jumlah penduduk pada tahun rencana
- P_o : jumlah penduduk pada tahun dasar
- n : Selisih tahun rencana terhadap tahun dasar
- q : tingkat perkembangan penduduk (%)
- e : bilangan eksponensial = 2,7182818

Penentuan pilihan metode proyeksi jumlah penduduk yang digunakan dengan hasil perhitungan yang paling mendekati kebenaran harus dilakukan analisis dengan menggunakan rumus (Soewarno, 1995) :

$$S = \sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n X_i\right)^2}{n(n-1)}} \tag{4}$$

Dimana :

- S : Standar deviasi
- X_i : Variabel independen (Jumlah penduduk)
- n : Jumlah sampel (banyaknya data)

Metode perhitungan proyeksi penduduk yang digunakan paling tepat adalah yang memberikan nilai standar deviasi terkecil.

2.6. *Perhitungan Kebutuhan Air Bersih*

a. *Kebutuhan air domestik*

$$q_D = JP \times (pl\%) \times S \tag{5}$$

b. *Kebutuhan air non domestik*

$$q_{nD} = (nD\%) \times q_D \tag{6}$$

c. *Kebutuhan air total*

$$q_T = q_D + q_{nD} \tag{7}$$

d. *Kehilangan dan kebocoran*

$$q_{HL} = q_T \times (K_t \%) \tag{8}$$

e. *Kebutuhan air rata-rata harian*

$$q_{RH} = q_T + q_{HL} \tag{9}$$

f. *Kebutuhan air harian maksimum*

$$q_m = q_{RH} \times F1 \tag{10}$$

g. *Kebutuhan air pada jam puncak*

$$q_{JP} = q_m \times F2 \tag{11}$$

Dimana :

- JP : Jumlah penduduk tahun rencana (jiwa)
- Pl% : Prosentase pelayanan
- q_D : Kebutuhan air domestik (liter/hari)
- S : Standar kebutuhan air rata-rata
- q_{nD} : Kebutuhan air non domestik (liter/hari)
- nD% : Prosentase kebutuhan air non domestik
- q_T : Kebutuhan air total (liter/hari)
- q_{HL} : Jumlah air akibat kehilangan dan kebocoran (liter/hari)
- K_t % : Prosentase kehilangan dan kebocoran
- q_{RH} : Kebutuhan air rata-rata harian (liter/hari)
- q_m : Kebutuhan air harian maksimum (liter/hari)
- F1 : Faktor kebutuhan air harian maksimum
- F2 : Faktor kebutuhan air pada jam puncak

2.7. Software Epanet

Software Epanet adalah program komputer yang menggambarkan simulasi hidrolis dan kecenderungan kualitas air yang mengalir di dalam jaringan pipa. Data yang dimasukkan dalam *Software Epanet* antara lain: peta jaringan, *node/junction*/titik dari komponen distribusi, elevasi, jenis pipa, panjang pipa, diameter pipa, bentuk dan ukuran reservoir, serta konsentrasi khlor di sumber air. *output Software Epanet* diantaranya yaitu debit (*flow*), tekanan (*pressure*), kecepatan (*velocity*), kehilangan energi (*headloss*), dan kualitas air (Rossman A. L, 2000).

2.8. Teknik analisis data

Tahapan-tahapan analisis data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data primer dan data sekunder yang dibutuhkan.
2. Memproyeksi jumlah penduduk untuk 20 tahun ke depan (Tahun 2021 sampai Tahun 2040) menggunakan tiga metode yaitu metode aritmatik, metode geometrik, dan metode eksponensial. Dari ketiga metode tersebut, dipakai metode dengan nilai standar deviasi terkecil untuk digunakan dalam perhitungan kebutuhan air bersih.
3. Menghitung besar kebutuhan air bersih untuk 20 tahun ke depan (Tahun 2021 sampai Tahun 2040). Dalam menganalisa besar kebutuhan air bersih dilakukan perhitungan kebutuhan air domestik dan kebutuhan air non domestik berdasarkan standar kriteria perencanaan Dirjen Cipta Karya, 1996.
4. Melakukan analisa terhadap besar kebutuhan dengan ketersediaan air.
5. Melakukan simulasi hidrolis jaringan air bersih pada *Software Epanet 2.0*
 - a. Melakukan penggambaran jaringan perpipaan
 - b. Melakukan *input data*
 - c. Menjalankan *Software Epanet 2.0* untuk menganalisis jaringan
6. Melakukan pembahasan dari hasil analisis kebutuhan air bersih, ketersediaan air yang ada serta simulasi hidrolis *Software Epanet 2.0*, lalu memberikan kesimpulan dan saran.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Sumber air

3.1.1. Sumber air Igolodo

Sumber air Igolodo terletak di Desa Kolilanang Kecamatan Adonara. Sumber air Igolodo merupakan sumber air yang berasal dari satu mata air dan satu aliran permukaan yang kemudian dialirkan ke dalam *broncaptering*. *Broncaptering* tersebut berada pada koordinat S 08°18'22.4" E 123°11'58.6" dengan elevasi 388 mdpl. Debit air yang masuk ke *broncaptering* dari mata air sebesar 1,22 liter/detik dan dari aliran permukaan sebesar 5,28 liter/detik, Sehingga total debit air yang masuk ke *broncaptering* sebesar 6,50 liter/detik. Sumber air Igolodo didistribusikan untuk 6 desa (Oringbele, Watoone, Lamabelawa, Weranggere, Pledo, dan Waiwuring). Sistem pengaliran dari sumber air ke daerah layanan menggunakan sistem gravitasi.

3.1.2. Sumber air Wailawe

Sumber air Wailawe terletak di Desa Puhu Kecamatan Adonara Timur. Sumber air Wailawe merupakan sumber air yang berasal dari 5 titik mata air yang dialirkan ke bak pengumpul. Mata air 1 berada pada koordinat S 08°17.552' E 123°11.349' elevasi 634 mdpl, memiliki debit 1,21 liter/detik. Mata air 2 berada pada koordinat S 08°19.569' E 123°11.344' elevasi 639 mdpl, memiliki debit 0,16 liter/detik. Mata air 3 berada pada koordinat S 08°19.569' E 123°11.313' elevasi 637 mdpl, memiliki debit 1,33 liter/detik. Mata air 4 berada pada koordinat S 08°19.645' E 123°11.314' elevasi 618 mdpl, memiliki debit 0.54 liter/detik. Mata air 5 berada pada koordinat S 08°19.601' E 123°11.261' elevasi 645 mdpl, memiliki debit 0,28 liter/detik. Bak pengumpul Wailawe berada pada koordinat S 08° 19.577' E 123° 11.318' dengan elevasi 600 mdpl. Total debit sumber air Wailawe yang masuk ke bak pengumpul sebesar 3,52 liter/detik. Sumber air Wailawe didistribusikan untuk 9 desa (Watololong, Tuwagoetobi, Riangduli, Sandosi, Tobitika, Balaweling, Lamaleka, Balaweling Noten, dan Baobage). Sistem pengaliran dari sumber air ke daerah layanan menggunakan sistem gravitasi.

3.1.3. Sumber Air Waibele

Sumber air Waibele terletak di Desa Lewopulo Kecamatan Witihama. Sumber air Waibele didistribusikan untuk desa Lewopulo. Sumber air Waibele terdiri dari 3 titik mata air yang berdekatan kemudian dialirkan ke dalam *broncaptering* yang berada pada koordinat S 08°16.803' E 123°15.120' dengan elevasi 292 mdpl. Debit air yang masuk ke *broncaptering* sebesar 1,18 liter/detik. Sistem pengaliran dari sumber air ke daerah layanan menggunakan sistem gravitasi.

3.2. Proyeksi jumlah penduduk, fasilitas dan kebutuhan air bersih

3.2.1. Proyeksi penduduk

Proyeksi jumlah penduduk dilakukan untuk setiap desa di Kecamatan Witihama. Jumlah penduduk diproyeksikan untuk 20 tahun kedepan dari tahun 2021 sampai tahun 2040 berdasarkan data penduduk 10 tahun terakhir yaitu dari tahun 2011 sampai dengan tahun 2020. Proyeksi jumlah penduduk dihitung menggunakan metode aritmatik, metode geometrik, dan metode eksponensial.

Berdasarkan hasil analisis dari ketiga metode tersebut maka jumlah penduduk yang digunakan dalam perhitungan kebutuhan air bersih adalah hasil proyeksi penduduk dari metode aritmatik dikarenakan metode aritmatik memiliki nilai standar deviasi terkecil.

Tabel 3. Hasil perhitungan proyeksi jumlah penduduk setiap desa di Kecamatan Witihama Tahun 2040 menggunakan metode aritmatik

| No | Desa | Jumlah penduduk pada tahun proyeksi (jiwa) | | | | | | | | | | | | |
|----|------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 2021 | 2022 | 2024 | 2025 | 2026 | 2028 | 2030 | 2032 | 2034 | 2035 | 2036 | 2038 | 2040 |
| 1 | Watololong | 464 | 469 | 479 | 483 | 488 | 498 | 507 | 517 | 527 | 531 | 536 | 546 | 555 |
| 2 | Tuwagoetobi | 1794 | 1801 | 1815 | 1822 | 1829 | 1842 | 1856 | 1870 | 1883 | 1890 | 1897 | 1911 | 1924 |
| 3 | Riangduli | 582 | 589 | 603 | 610 | 617 | 631 | 645 | 659 | 673 | 680 | 687 | 701 | 715 |
| 4 | Pledo | 2030 | 2087 | 2200 | 2256 | 2313 | 2426 | 2539 | 2652 | 2765 | 2821 | 2878 | 2991 | 3104 |
| 5 | Watoone | 1633 | 1639 | 1652 | 1658 | 1665 | 1678 | 1690 | 1703 | 1716 | 1722 | 1729 | 1742 | 1754 |
| 6 | Weranggere | 614 | 615 | 617 | 618 | 619 | 621 | 622 | 624 | 626 | 627 | 628 | 630 | 631 |
| 7 | Oring Bele | 1542 | 1552 | 1572 | 1581 | 1591 | 1611 | 1630 | 1650 | 1670 | 1679 | 1689 | 1709 | 1728 |
| 8 | Waiwuring | 381 | 384 | 389 | 392 | 394 | 400 | 405 | 410 | 416 | 418 | 421 | 426 | 432 |
| 9 | Tobitika | 535 | 536 | 538 | 539 | 539 | 541 | 543 | 544 | 546 | 547 | 548 | 549 | 551 |
| 10 | Sandos | 1480 | 1481 | 1483 | 1483 | 1484 | 1486 | 1487 | 1489 | 1491 | 1491 | 1492 | 1494 | 1495 |
| 11 | Balaweling | 650 | 663 | 689 | 702 | 715 | 741 | 767 | 792 | 818 | 831 | 844 | 870 | 896 |
| 12 | Lamabelawa | 1055 | 1057 | 1060 | 1062 | 1064 | 1067 | 1070 | 1074 | 1077 | 1079 | 1080 | 1084 | 1087 |
| 13 | Lewopulo | 810 | 820 | 841 | 851 | 861 | 882 | 903 | 923 | 944 | 954 | 965 | 985 | 1006 |
| 14 | Lamaleka | 337 | 347 | 367 | 377 | 387 | 406 | 426 | 446 | 465 | 475 | 485 | 505 | 524 |
| 15 | Balaweling Noten | 506 | 520 | 547 | 561 | 574 | 602 | 629 | 656 | 684 | 697 | 711 | 738 | 766 |
| 16 | Baobage | 484 | 493 | 511 | 520 | 529 | 547 | 564 | 582 | 600 | 609 | 618 | 635 | 653 |

3.2.2. Proyeksi fasilitas kawasan

Berdasarkan hasil perhitungan disimpulkan bahwa jumlah fasilitas di Kecamatan Witihama tahun 2020 tidak mengalami penambahan hingga tahun 2040. Data fasilitas Kawasan di Kecamatan Witihama Tahun 2020 dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi data fasilitas kawasan di Kecamatan Witihama Tahun 2020

| No | Desa | Fasilitas Pendidikan | | | | Fasilitas Pelayanan Kesehatan | | | Fasilitas Peribadatan | | | | Fasilitas Perkantoran | | Fasilitas Perdagangan |
|----|------------------|----------------------|----|-----|-----|-------------------------------|----------|--------|-----------------------|--------|--------|-------------|-----------------------|-------|-----------------------|
| | | TK | SD | SMP | SMA | Puskesmas | Polindes | Masjid | Mushola | Gereja | Kapela | Kantor Desa | Kantor Camat | Pasar | |
| 1 | Watololong | 1 | 1 | - | - | - | 1 | - | - | 1 | - | 1 | - | - | |
| 2 | Tuwagoetobi | 1 | 2 | - | - | 1 | - | 1 | - | 1 | 1 | 1 | - | - | |
| 3 | Riangduli | 1 | 1 | 1 | - | - | 1 | 1 | - | - | - | 1 | - | - | |
| 4 | Pledo | - | 3 | 1 | - | - | 1 | - | - | - | - | 1 | - | - | |
| 5 | Watoone | 1 | 2 | 1 | 1 | - | 1 | - | - | - | 1 | 1 | - | - | |
| 6 | Weranggere | 1 | 1 | - | - | - | 1 | 1 | - | - | - | 1 | - | - | |
| 7 | Oring Bele | 2 | 2 | 1 | 2 | - | - | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 8 | Waiwuring | - | 1 | - | - | - | 1 | 1 | - | - | - | 1 | - | - | |
| 9 | Tobitika | 1 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - | |
| 10 | Sandosi | 1 | 1 | 1 | - | 1 | - | - | - | 1 | - | 1 | - | - | |
| 11 | Balaweling | - | - | 1 | - | - | 1 | - | - | 1 | - | 1 | - | - | |
| 12 | Lamabelawa | 2 | 1 | - | - | 1 | - | - | 1 | - | - | 1 | - | - | |
| 13 | Lewopulo | 1 | 1 | - | - | - | 1 | 1 | 1 | 1 | - | 1 | - | - | |
| 14 | Lamaleka | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | 1 | 1 | - | - | |
| 15 | Balaweling Noten | 1 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | 1 | 1 | - | - | |
| 16 | Baobage | 1 | 1 | - | - | - | 1 | - | - | 1 | - | 1 | - | - | |

3.2.3. Kebutuhan air bersih

Rekapitulasi hasil perhitungan kebutuhan air bersih tahun 2040 di Kecamatan Witihama dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Perhitungan kebutuhan air bersih Tahun 2040 di Kecamatan Witihama

| No | Nama Desa | Kebutuhan air domestik Qd (ltr/dtk) | Kebutuhan air non domestik Qn (ltr/dtk) | Kebutuhan air total (ltr/dtk) | Kehilangan air (ltr/dtk) | Kebutuhan air rata-rata harian (ltr/dtk) | Kebutuhan air harian maksimum (ltr/dtk) | Kebutuhan air jam puncak (ltr/dtk) |
|----|------------------|-------------------------------------|---|-------------------------------|--------------------------|--|---|------------------------------------|
| 1 | Watololong | 0,37 | 0,06 | 0,44 | 0,09 | 0,52 | 0,57 | 0,86 |
| 2 | Tuwagoetobi | 1,29 | 0,11 | 1,40 | 0,28 | 1,68 | 1,85 | 2,77 |
| 3 | Riangduli | 0,48 | 0,11 | 0,59 | 0,12 | 0,71 | 0,78 | 1,17 |
| 4 | Pledo | 2,08 | 0,11 | 2,20 | 0,44 | 2,64 | 2,90 | 4,35 |
| 5 | Watoone | 1,18 | 0,12 | 1,30 | 0,26 | 1,56 | 1,72 | 2,58 |
| 6 | Weranggere | 0,42 | 0,06 | 0,49 | 0,10 | 0,59 | 0,64 | 0,97 |
| 7 | Oring Bele | 1,16 | 0,29 | 1,45 | 0,29 | 1,73 | 1,91 | 2,86 |
| 8 | Waiwuring | 0,29 | 0,06 | 0,35 | 0,07 | 0,42 | 0,46 | 0,69 |
| 9 | Tobitika | 0,37 | 0,01 | 0,38 | 0,08 | 0,46 | 0,51 | 0,76 |
| 10 | Sandosi | 1,00 | 0,10 | 1,10 | 0,22 | 1,32 | 1,45 | 2,18 |
| 11 | Balaweling | 0,60 | 0,07 | 0,67 | 0,13 | 0,80 | 0,88 | 1,32 |
| 12 | Lamabelawa | 0,73 | 0,05 | 0,78 | 0,16 | 0,94 | 1,03 | 1,55 |
| 13 | Lewopulo | 0,68 | 0,13 | 0,81 | 0,16 | 0,97 | 1,06 | 1,60 |
| 14 | Lamaleka | 0,35 | 0,04 | 0,39 | 0,08 | 0,47 | 0,51 | 0,77 |
| 15 | Balaweling Noten | 0,51 | 0,06 | 0,57 | 0,11 | 0,69 | 0,76 | 1,13 |
| 16 | Baobage | 0,44 | 0,07 | 0,50 | 0,10 | 0,61 | 0,67 | 1,00 |

3.3. Perbandingan kebutuhan air dengan ketersediaan air

Hasil analisis kebutuhan air dengan ketersediaan air dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Ketersediaan air dan kebutuhan air bersih di Kecamatan Witihama

| No | Sumber Air | Debit (liter/detik) | Daerah Layanan | Kebutuhan Air | | Keterangan |
|---------------------------------------|------------|------------------------|------------------|---|---|--|
| | | | | Harian Maksimum (liter/detik) Tahun 2021 | Harian Maksimum (liter/detik) Tahun 2040 | |
| 1 | Igolodo | 6,5 | Pledo | 1,90 | 2,90 | Sumber air Igolodo mengalami defisit air sebesar 2,16 liter/detik untuk memenuhi kebutuhan air daerah layanan tahun 2040 |
| | | | Watoone | 1,60 | 1,72 | |
| | | | Weranggere | 0,63 | 0,64 | |
| | | | Oringbele | 1,72 | 1,91 | |
| | | | Waiwuring | 0,41 | 0,46 | |
| | | | Lamabelawa | 1,00 | 1,03 | |
| Total Kebutuhan air harian maksimum = | | | | 7,28 | 8,66 | |
| 2 | Wailawe | 3,52 | Watololong | 0,49 | 0,57 | sumber air Wailawe mengalami defisit air sebesar 4,50 liter/detik untuk memenuhi kebutuhan air daerah layanan tahun 2040 |
| | | | Tuwagoetobi | 1,73 | 1,89 | |
| | | | Riangduli | 0,64 | 0,78 | |
| | | | Tobitika | 0,49 | 0,51 | |
| | | | Sandosi | 1,44 | 1,45 | |
| | | | Balaweling | 0,66 | 0,88 | |
| | | | Lamaleka | 0,34 | 0,51 | |
| | | | Balaweling Noten | 0,51 | 0,76 | |
| Baobage | 0,51 | 0,67 | | | | |
| Total Kebutuhan air harian maksimum = | | | | 6,81 | 8,02 | |
| 3 | Waibele | 1,18 | Lewopulo | 0,89 | 1,06 | Surplus 0.12 liter/detik |

Untuk mencapai pemerataan pemenuhan kebutuhan air bersih di setiap daerah layanan, maka harus dilakukan pendistribusian air bersih secara bergilir. Penjadwalan pendistribusian air bersih secara bergilir dilakukan dengan mempertimbangkan kondisi topografi dan besar kebutuhan air bersih daerah layanan.

Pendistribusian air bersih yang bersumber dari sumber air Igolodo dijadwalkan secara bergilir setiap 2 hari sekali untuk daerah layanannya selama 24 jam, dimana pendistribusian dilakukan untuk 3 desa dalam satu hari. Distribusi dilakukan untuk desa Oringbele, Watoone dan Weranggere pada hari yang sama, sedangkan untuk hari berikutnya didistribusikan untuk desa Lamabelawa, Pledo dan Waiwuring.

Pendistribusian air bersih yang bersumber dari sumber air Wailawe dijadwalkan secara bergilir setiap 3 hari sekali untuk daerah layanannya selama 24 jam, dimana pendistribusian dilakukan untuk 3 desa dalam satu hari. Distribusi hari pertama dilakukan untuk Desa Lamaleka, Balaweling dan Balaweling Noten, sedangkan untuk hari kedua didistribusikan untuk Desa Tobitika, Sandosi dan Baobage, kemudian untuk hari ketiga didistribusikan untuk Desa Watololong, Tuwagoetobi, dan Riangduli.

3.4. Simulasi jaringan air bersih menggunakan Software Epanet 2.0

Tahapan-tahapan dalam melakukan simulasi dengan menggunakan *software epanet 2.0* untuk pemodelan sistem distribusi air bersih adalah sebagai berikut:

a. Pengaturan project

Jalankan *epanet 2.0* kemudian pilih *File > New* untuk membuat *project* baru, setelah itu pilih *Project > Default > Hydraulics* untuk mengatur pilihan satuan debit (*flow units*) dalam satuan LPS (Liter Per Sekon) dan memilih metode Hazen-Wiliam (H-W) sebagai *formula headloss*.

b. Pengaturan notasi

Selanjutnya, pilih beberapa pilihan tampilan yang akan ditambahkan pada objek, langkah yang dilakukan yaitu pilih *view > Option > notation*.

c. Input trase jaringan

Trase jaringan eksisting dibuat dengan menggunakan *Software Google Earth*. Gambar trase lalu dimasukkan ke *Software Epanet 2.0* sebagai latar penggambaran (*backdrop*) jaringan air bersih. Langkah yang dilakukan yaitu *view > load > backdrop*.

d. Mengatur dimensi pada lembar kerja

Selanjutnya pilih *view > dimensions* untuk mengatur koordinat *lower left* dan *upper right*, serta memilih satuan *maps unit* yang digunakan yaitu meter. Titik koordinat *upper right* dan *lower left* merupakan titik kanan atas dan titik kiri bawah pada lembar kerja *epanet*.

e. Menggambar dan memasukan data pada objek

Setelah selesai melakukan pengaturan kemudian proses berikutnya yaitu melakukan penggambaran dan memasukan data pada objek seperti: *reservoir*, *junction*, *tank* (bak penampung), *pipe* (pipa), *valve* (katup).

f. Melakukan run data input

Setelah selesai *input* data dilakukan *running* dengan mengklik tombol *run* (🏃) pada *toolbar*. Hasil *run* akan menunjukkan jaringan perpipaan air yang dibuat dapat beroperasi dengan lancar atau bermasalah. Jika masih ada tekanan yang bernilai negatif, *epanet 2.0* akan menunjukkan peringatan pada hasil *run* dan menunjuk *junction* lokasi terdapatnya tekanan negatif.

g. Hasil run (output)

Hasil *run epanet (output)* berupa tinggi tekanan (*pressure*), debit (*flow*), tinggi kecepatan (*velocity*) dan kehilangan energi (*unit headloss*). Hasil *run* simulasi jaringan air Igolodo, Wailawe, dan waibele berturut-turut dilihat pada Tabel 7, Tabel 8, dan Tabel 9.

Tabel 7. Hasil *run* simulasi jaringan air Igolodo

| Node ID | Pressure | | Link ID | Flow LPS | Velocity m/s | Unit Headloss m/km |
|-----------|----------|--|----------|-------------|-----------------|-----------------------|
| | m | | | | | |
| Junc 1 | 50.35 | | Pipe 1 | 4.64 | 0.35 | 1.24 |
| Junc 2 | 37.97 | | Pipe 2 | 4.64 | 0.35 | 1.24 |
| Junc 3 | 48.64 | | Pipe 3 | 4.64 | 0.35 | 1.25 |
| Junc 4 | 31.21 | | Pipe 4 | 4.64 | 0.45 | 2.37 |
| Junc 5 | 65.03 | | Pipe 5 | 4.64 | 0.45 | 2.37 |
| Junc 6 | 89.63 | | Pipe 6 | 4.64 | 0.45 | 2.37 |
| Junc 7 | 113.71 | | Pipe 7 | 4.64 | 0.57 | 4.14 |
| Junc 8 | 102.49 | | Pipe 8 | 4.64 | 0.57 | 4.14 |
| Junc 9 | 118.98 | | Pipe 9 | 4.64 | 0.73 | 7.68 |
| Junc 10 | 0 | | Valve 10 | 4.64 | 0.73 | 111.98 |
| Tank TANK | 1.5 | | Pipe 11 | 4.64 | 1.44 | 40.52 |
| Junc 11 | 19.21 | | Pipe 12 | 1.03 | 0.46 | 5.91 |
| Junc 12 | 13.47 | | Pipe 13 | 0.64 | 0.45 | 7.49 |
| Junc 15 | 18.12 | | Pipe 14 | 1.72 | 0.53 | 6.43 |
| Junc 13 | 36.28 | | Pipe 15 | 1.91 | 0.59 | 7.81 |
| Junc 14 | 46.94 | | Pipe 16 | 3.36 | 0.73 | 9.27 |
| Junc 16 | 98.5 | | Pipe 17 | 0.46 | 0.51 | 12.18 |

Tabel 8. Hasil run simulasi jaringan air Wailawe

| | Pressure | | Flow | Velocity | Unit Headloss | | |
|---------------------|--------------------|---------|---------|----------|---------------|--------|------|
| | Node ID | m | Link ID | LPS | m/s | m/km | |
| SIMULASI PERTAMA | Junc 1 | 138.61 | Pipe 1 | 3.35 | 0.67 | 10.15 | |
| | Junc 2 | 202.68 | Pipe 2 | 3.35 | 0.67 | 10.15 | |
| | Junc 3 | 211.67 | Pipe 3 | 3.35 | 0.67 | 10.14 | |
| | Junc 4 | 85.93 | Pipe 4 | 3.35 | 1.01 | 27.89 | |
| | Junc 5 | 16.42 | Pipe 5 | 3.35 | 1.01 | 27.9 | |
| | Junc 6 | 42.31 | Pipe 6 | 3.35 | 1.01 | 27.9 | |
| | Junc 7 | 34.39 | Pipe 7 | 3.35 | 1.7 | 100.36 | |
| | Tank TANK1 | 2 | Pipe 8 | 3.35 | 2.66 | 297.41 | |
| | Junc 8 | 22.18 | Pipe 9 | 0.57 | 0.45 | 11.2 | |
| | Junc 9 | 109 | Pipe 10 | 2.67 | 0.8 | 18.35 | |
| SIMULASI KEDUA | Junc 10 | 226.38 | Pipe 11 | 0.78 | 0.51 | 12.57 | |
| | Junc 1 | 143.34 | Pipe 1 | 2.5 | 0.5 | 5.93 | |
| | Junc 2 | 209.88 | Pipe 2 | 2.5 | 0.5 | 5.93 | |
| | Junc 3 | 228.42 | Pipe 3 | 2.5 | 0.5 | 5.93 | |
| | Junc 4 | 132.9 | Pipe 4 | 2.5 | 0.75 | 16.3 | |
| | Junc 5 | 71.08 | Pipe 5 | 2.5 | 0.75 | 16.31 | |
| | Junc 6 | 104.91 | Pipe 6 | 2.5 | 0.75 | 16.31 | |
| | Junc 11 | 287.15 | Pipe 12 | 2.5 | 0.75 | 16.3 | |
| | Junc 12 | 202.67 | Pipe 13 | 2.5 | 0.75 | 16.31 | |
| | Tank TANK2 | 1.4 | Pipe 14 | 2.5 | 1.28 | 58.53 | |
| | Junc 13 | 20.56 | Pipe 15 | 0.76 | 0.6 | 19.05 | |
| | Junc 14 | 64.7 | Pipe 16 | 0.88 | 0.7 | 25.01 | |
| | Junc 15 | 110.91 | Pipe 17 | 0.51 | 0.41 | 9.1 | |
| | SIMULASI KETIGA | Junc 1 | 141.95 | Pipe 1 | 2.77 | 0.55 | 7.17 |
| | | Junc 2 | 207.76 | Pipe 2 | 2.77 | 0.55 | 7.17 |
| Junc 3 | | 223.51 | Pipe 3 | 2.77 | 0.55 | 7.17 | |
| Junc 4 | | 119.12 | Pipe 4 | 2.77 | 0.84 | 19.7 | |
| Junc 5 | | 55.04 | Pipe 5 | 2.77 | 0.84 | 19.71 | |
| Junc 6 | | 86.54 | Pipe 6 | 2.77 | 0.84 | 19.71 | |
| Junc 11 | | 259.86 | Pipe 12 | 2.77 | 0.84 | 19.7 | |
| Tank TANK3 | | 1.8 | Pipe 18 | 2.77 | 0.84 | 19.7 | |
| Junc 16 | | 21.1 | Pipe 19 | 1.45 | 1.15 | 63.07 | |
| Junc 17 | 62.29 | Pipe 20 | 0.51 | 0.41 | 9.11 | | |
| Junc 18 | 128.02 | Pipe 21 | 0.67 | 0.53 | 15.09 | | |

Tabel 9. Hasil *run* simulasi jaringan air Wailawe

| Node ID | Pressure | | Flow | | Velocity | Unit Headloss |
|------------|----------|---------|------|------|----------|---------------|
| | m | Link ID | LPS | m/s | m/km | |
| Junc 1 | 26.32 | Pipe 1 | 0.89 | 0.43 | 5.48 | |
| Junc 2 | 47.53 | Pipe 2 | 0.89 | 0.68 | 16.88 | |
| Tank TANK1 | 1.8 | Pipe 3 | 0.89 | 1.67 | 151.46 | |
| Junc 3 | 12.15 | Pipe 4 | 0.18 | 0.6 | 31.63 | |
| Junc 4 | 14.23 | Pipe 5 | 0.09 | 0.47 | 27 | |
| Junc 5 | 12.45 | Pipe 6 | 0.18 | 0.6 | 31.64 | |
| Junc 6 | 13.34 | Pipe 7 | 0.09 | 0.47 | 26.99 | |
| Junc 7 | 13.41 | Pipe 8 | 0.18 | 0.6 | 31.64 | |
| Junc 8 | 13.3 | Pipe 9 | 0.09 | 0.47 | 26.99 | |
| Junc 9 | 13.84 | Pipe 10 | 0.95 | 0.46 | 6.21 | |
| Junc 10 | 19.83 | Pipe 11 | 0.95 | 0.72 | 19.12 | |
| Junc 11 | 24.02 | Pipe 12 | 0.95 | 1.78 | 171.67 | |
| Tank TANK2 | 1.8 | Pipe 13 | 0.95 | 1.78 | 171.66 | |
| Junc 12 | 12.28 | Pipe 14 | 0.18 | 0.6 | 31.63 | |
| Junc 13 | 13.39 | Pipe 15 | 0.09 | 0.47 | 26.98 | |
| Junc 14 | 12.07 | Pipe 16 | 0.18 | 0.6 | 31.64 | |
| Junc 15 | 13.75 | Pipe 17 | 0.09 | 0.47 | 26.99 | |
| Junc 16 | 12.43 | Pipe 18 | 0.18 | 0.6 | 31.63 | |
| Junc 17 | 14.33 | Pipe 19 | 0.09 | 0.47 | 26.98 | |

Hasil simulasi jaringan air bersih pada *software epanet 2.0* menyatakan semua parameter hidrolis pada *node* dan *link* bernilai positif yang berarti bahwa simulasi berjalan baik. Hasil *run epanet* yaitu tekanan air dan kecepatan air dalam pipa memenuhi syarat kriteria perencanaan PERMEN PUPR 2016 bahwa tinggi tekanan air minimum 10 m, sedangkan kecepatan air dalam pipa minimum 0,3 m/s dan maksimum 3 m/s.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis diperoleh debit puncak kemarau sumber air Igolodo, sumber air Wailawe dan sumber air Waibele berturut-turut adalah 6,50 liter/detik, 3,52 liter/detik, dan 1,18 liter/detik. Besar kebutuhan air harian maksimum pada tahun 2040 untuk daerah layanan Igolodo, Wailawe dan Waibele berturut-turut adalah 8,66 liter/detik, 8,02 liter/detik, dan 1,06 liter/detik. Potensi ketersediaan sumber air Igolodo dan Wailawe tidak mampu mencukupi kebutuhan air bersih daerah layanannya, sehingga pendistribusian air bersih dilakukan secara bergilir, sedangkan sumber air Waibele mampu memenuhi kebutuhan air bersih daerah layanan hingga tahun 2040. Hasil simulasi jaringan air bersih pada *Software Epanet 2.0* menyatakan semua parameter hidrolis pada *node* dan *link* bernilai positif yang berarti bahwa simulasi berjalan baik serta hasil *run epanet* yaitu tekanan air dan kecepatan air dalam pipa memenuhi syarat kriteria perencanaan PERMEN PUPR 2016. Saran yang disampaikan berdasarkan hasil penelitian yaitu dibutuhkan penambahan sumber air baru untuk mencukupi kebutuhan air bersih masyarakat Kecamatan Witihamo, perlu menjaga kelestarian lingkungan di daerah sekitar sumber air, perlu membangun kesadaran masyarakat dalam penggunaan air bersih secara bijaksana.

Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistik Kabupaten Flores Timur. 2020. *Kecamatan Witihamo dalam Angka*. Witihamo: BPS Kabupaten Flores Timur.
- Ditjen Cipta Karya. 2000. *Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas Pekerjaan Umum*. Jakarta: Dinas Pembangunan Umum.
- Ditjen Cipta Karya. 1996. *Panduan Pendamping Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Perpipaan Berbasis Masyarakat*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jakarta.

- Klosterman, R, E. 1990. *Community Analysis and Planning Techniques*. United State: Rowman.
- Ndoen, Kevin. 2017. *Analisis Keseimbangan Air (Water Balance) Di Kabupaten Sabu Raijua*. Kupang; Universitas Nusa Cendana.
- Pemerintah Indonesia. 2004. *Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2004 Tentang Sumber Daya Air*. Jakarta.
- Rossmann, L, A. 2000. *Manual Program Epanet*. Bandung: Ekamitra Engineering.
- Soewarno. 1995. *Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data*. Bandung: Nova
- Suripin. 2004. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Yogyakarta: Andi.
- Sutrisno, C. T, dan Eny Suciastuti. 1991. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Jakarta: Rineka Cipta.