

TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN PENGEMBANGAN PENYEDIAAN AIR
BERSIH KABUPATEN TORAJA UTARA**

***THE DEVELOPMENT OF REGIONAL WATER SUPPLY
SYSTEM PLANNING IN NORTH TORAJA***

**Eurico Maseroh Boby Lande
D011 18 1350**



**PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2023**

LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)

**PERENCANAAN PENGEMBANGAN PENYEDIAAN AIR BERSIH KABUPATEN
TORAJA UTARA**

Disusun dan diajukan oleh:

EURICO MASEROH BOBY LANDE

D011 18 1350

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 8 Februari 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

menyetujui,

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Dr. Eng. Bambang Bakri, S.T., M.T
NIP: 198104252008121001



Ir. Silman Pongmanda, S.T. M.T
NIP: 197210102000031001



Ketua Program Studi,

Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng
NIP: 196805292002121002

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama Eurico Maseroh Boby Lande, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **"Perencanaan Pengembangan Penyediaan Air Bersih Kabupaten Toraja Utara"**, adalah karya ilmiah penulis sendiri, dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun.

Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Gowa, 20 Februari 2023

Yang membuat pernyataan



Eurico Maseroh Boby Lande
NIM: D011 18 1350

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmatnya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir sebagai salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Tugas Akhir ini disusun berdasarkan hasil penelitian di Kabupaten Toraja Utara khususnya Kecamatan Rantepao.

Tugas Akhir dengan judul “Perencanaan Pengembangan Penyediaan Air Bersih Kabupaten Toraja Utara” diharapkan dapat memberikan pengetahuan kepada pembaca dan penulis.

Penyusunan Tugas Akhir ini merupakan hasil dari bimbingan, petunjuk, dan perhatian yang telah dilimpahkan oleh dosen pembimbing. Sehubungan dengan itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr.Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST., MT., IPM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Prof. Dr. Muh, Wihardi Tjaronge, S.T., M.Eng., selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Dr. Eng. Bambang Bakri, S.T. M.T., selaku dosen pembimbing I dan Bapak Ir. Silman Pongmanda, S.T. M.T., selaku dosen pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktu dan tenaga untuk memberikan bimbingan serta arahan dalam menyelesaikan penelitian dan penyusunan Tugas Akhir ini.

4. Seluruh Dosen Staf dan Karyawan Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.
5. Direktur utama dan seluruh staf Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kabupaten Toraja Utara yang telah Berkenan memberikan data yang dibutuhkan secara maksimal.
6. Kedua orang tua tercinta, yaitu ayahanda Samuel Lande S.E. dan ibunda Surya Bobby serta kakak saya Hananta Shanon Bobby Lande S.Ked atas segala kasih sayang, dukungan dan doa yang senantiasa diberikan hingga saya bisa berada sampai di titik ini.
7. Miranda Rantela'bi S.Ked yang selalu memberikan semangat, motivasi, perhatian, waktu dan tenaganya selama proses pengerjaan dan penelitian Tugas Akhir ini.
8. Teman seperjuangan IPK 4 yang senantiasa giat memberikan segala dukungan, bimbingan, dan ilmu selama pengerjaan tugas akhir ini.
9. Seluruh rekan-rekan Transisi 2019 terima kasih atas kebersamaannya.
10. Berbagai pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu dengan semua dukungan yang telah diberikan, hingga terselesaikannya tugas akhir ini.
11. *Last but not least, i wanna thank me, i wanna thank me for believing in me, i wanna thank me for doing all this hard work, i wanna thank me for having no days off, i wanna thank me for never quitting.*

ABSTRAK

Air merupakan sumber daya alam yang melimpah karena dapat ditemukan di setiap tempat di permukaan bumi. Ia merupakan sumber daya alam yang sangat penting dan dibutuhkan setiap makhluk hidup. Bagi manusia, kebutuhan akan air adalah mutlak karena hampir semua aktivitas manusia memerlukan air.

Indonesia sebagai salah satu negara berkembang tidak lepas dari permasalahan pemerataan air bersih bagi masyarakatnya. Dalam Undang-Undang RI No 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air, Rencana Pengelolaan Sumber Daya Air adalah hasil Perencanaan secara menyeluruh dan terpadu yang diperlukan untuk menyelenggarakan Pengelolaan Sumber Daya Air.

Tujuan dari penelitian ini, yaitu untuk mengetahui kondisi eksisting layanan PDAM Kabupaten Toraja Utara, menghitung perencanaan pengembangan kebutuhan air bersih di wilayah Kabupaten Toraja Utara khususnya Kecamatan Rantepao di tahun 2021 – 2036 mendatang. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data sekunder, yaitu data yang di peroleh dari literatur.

Berdasarkan analisa data yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa dari ketiga Instalasi Pengolahan Air (IPA) di Kecamatan Rantepao kapasitas yang terpasang dapat menampung sekitar 60 lt/dtk. Dengan masing-masing IPA dapat menampung 20 lt/dtk dan sumber air bakunya yang berasal dari Sungai Sa'dan tetapi dari ketiga IPA hanya satu yang mencapai kapasitas produksi, yaitu IPA Singki sedangkan untuk IPA Bolu kapasitas produksinya 14 lt/dtk, dan IPA Pasele 12 lt/dtk. Untuk IPA Bolu *idle capacity*-nya 6 lt/dtk dan jumlah sambungan rumah 1.415 unit dengan menggunakan sistem pengaliran transmisi pompa. Untuk IPA Singki *idle capacity*-nya 0 lt/dtk dan jumlah sambungan rumah 1.480 unit dengan menggunakan sistem pengaliran transmisi pompanisasi. Untuk IPA Pasele *idle capacity*-nya 8 lt/dtk dan jumlah sambungan rumah 1.191 unit dengan menggunakan sistem pengaliran transmisi Pompanisasi.

Kata Kunci: Sumber Daya, Air Bersih

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| LEMBAR PENGESAHAN | i |
| PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH | ii |
| KATA PENGANTAR | iii |
| ABSTRAK | v |
| DAFTAR ISI | vi |
| DAFTAR GAMBAR | viii |
| DAFTAR TABEL | ix |
| BAB 1. PENDAHULUAN | 1 |
| A. Latar Belakang | 1 |
| B. Rumusan Masalah | 3 |
| BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA | 4 |
| A. Kebutuhan Air Bersih | 4 |
| B. Persyaratan dalam Penyediaan Air Bersih | 10 |
| C. Hidraulika Jaringan Pipa | 13 |
| D. Kehilangan Tinggi Tekan (<i>Head Loss</i>) | 16 |
| E. Sistem Pengaliran Air Bersih | 19 |
| F. Perlengkapan Jaringan Pendistribusian Air Bersih | 21 |
| BAB 3. SUMBER AIR BERSIH KABUPATEN TORAJA UTARA | 22 |
| A. Lokasi dan Waktu Penelitian | 22 |
| B. Jenis Penelitian dan Sumber Data | 23 |
| C. Instalasi Pengolahan Air | 23 |
| BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN | 36 |
| A. Analisis Lokasi | 36 |
| B. Jumlah Penduduk | 36 |
| C. Proyeksi Jumlah Penduduk | 37 |
| D. Proyeksi Sektor Non Domestik Kecamatan Rantepao | 47 |
| E. Perhitungan Kebutuhan Air | 47 |
| F. Analisa Kebutuhan Air | 51 |
| G. Kebutuhan Air Non Domestik | 52 |

| | |
|---|-----------|
| H. Distribusi Eksisting Kecamatan Rantepao..... | 55 |
| I. Simulasi Hidrolis Jaringan Eksisting..... | 55 |
| J. Rencana dan Pengembangan Jaringan..... | 58 |
| BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN..... | 63 |
| A. Kesimpulan..... | 63 |
| B. Saran..... | 63 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 64 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 1. Grafik Fluktuasi Pemakaian Harian | 10 |
| Gambar 2. Aliran Dengan Penampang Pipa Yang Berbeda..... | 15 |
| Gambar 3. Aliran Pada Pipa Bercabang | 16 |
| Gambar 4. Sistem Pengaliran Gravitasi | 20 |
| Gambar 5. Sistem Pengaliran Perpompaan | 20 |
| Gambar 6. Sistem Pengaliran Penggabungan | 21 |
| Gambar 7. Lokasi Kabupaten Toraja Utara | 22 |
| Gambar 8. Lokasi Kecamatan Rantepao..... | 24 |
| Gambar 9. Skematik Spam Eksisting Rantepao..... | 25 |
| Gambar 10. Unit Air Baku..... | 26 |
| Gambar 11. Unit Produksi | 27 |
| Gambar 12. Unit Distribusi | 28 |
| Gambar 13. Unit Air Baku..... | 29 |
| Gambar 14. Unit Produksi | 30 |
| Gambar 15. Unit Distribusi | 31 |
| Gambar 16. Unit Air Baku..... | 32 |
| Gambar 17. Unit Produksi | 33 |
| Gambar 18. Unit Distribusi | 34 |
| Gambar 19. Diagram Alir Penelitian | 35 |
| Gambar 20. Grafik Proyeksi Perhitungan..... | 40 |
| Gambar 21. Grafik Kebutuhan Air | 49 |
| Gambar 22. Grafik Persentase Perbandingan Tingkat Pelayanan dan Sambungan Rumah | 55 |
| Gambar 23. Peta Jaringan Pipa Distribusi dan Perkembangannya..... | 57 |
| Gambar 24. Perbandingan Kebutuhan air dan Kapasitas Produksi | 59 |
| Gambar 25. Alur Rencana Sistem Pelayanan Air dari Intake Sampai ke Pelanggan..... | 61 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 1. Rata-Rata Tingkat Kebutuhan Air | 4 |
| Tabel 2. Koefisien Kehilangan Tinggi Tekan Berdasarkan Bentuk Pipa.. | 18 |
| Tabel 3. Data SPAM BNA/ IPA Bolu..... | 25 |
| Tabel 4. Data SPAM BNA/ IPA Singki | 28 |
| Tabel 5. Data SPAM BNA/ IPA Pasele | 31 |
| Tabel 6. Jumlah Penduduk..... | 37 |
| Tabel 7. Jumlah Penduduk Tahun 2017-2021 Kecamatan Rantepao | 37 |
| Tabel 8. Jumlah Penduduk Tahun 2017-2021 Kecamatan Rantepao | 38 |
| Tabel 9. Metode Aljabar..... | 40 |
| Tabel 10. Metode Geometri | 42 |
| Tabel 11. Metode Least Square | 43 |
| Tabel 12. Uji Korelasi Metode Aljabar | 43 |
| Tabel 13. Uji Korelasi Metode Geometri | 43 |
| Tabel 14. Uji Korelasi Metode Least Square | 44 |
| Tabel 15. Standar Deviasi dan Koefisien Variasi Aljabar..... | 44 |
| Tabel 16. Standar Deviasi dan Koefisien Variasi Geometri | 44 |
| Tabel 17. Standar Deviasi dan Koefisien Variasi Least Square..... | 45 |
| Tabel 18. Prediksi Jumlah Penduduk Sampai Tahun 2036 Dengan 3 Metode..... | 45 |
| Tabel 19. Metode Least Square | 46 |
| Tabel 20. Kebutuhan Jumlah Air Setiap 5 Tahun | 54 |
| Tabel 21. Eksisting Kecamatan Rantepao..... | 61 |

BAB 1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Air bersih memiliki peranan yang sangat penting bagi masyarakat, air bersih berperan besar untuk menunjang kehidupan manusia sekaligus menjadi kebutuhan dasar manusia. Air bersih haruslah sesuai dengan standar yang dikeluarkan oleh departemen Kesehatan agar bisa dikatakan sebagai air bersih.

Terkadang terdapat beberapa permasalahan dalam penyediaan air bersih, beberapa faktor yang dapat menyebabkan penyediaan air bersih terganggu seperti faktor masyarakat sebagai pelaku penghasil sampah, teknologi serta manajemen air yang buruk. Ketiga hal ini kemudian memiliki posisi yang dapat memberikan dampak positif dalam penyediaan air bersih. Hutton dalam tulisannya mengatakan bahwa manusia menjadi salah satu faktor yang mempersulit ketersediaan air bersih akibat dari penetapan pemilihan sumber air. Pemilihan sumber air yang masih mengandalkan sumur sebagai alternatif dapat memberikan resiko tercemarnya air bersih. Secara geografis Kabupaten Toraja Utara memiliki luas wilayah 1 151,47 Ha dan terdapat 151 kelurahan. (Peta Administrasi Toraja Utara 2021) Dengan total luas wilayah Toraja Utara yang secara umum dikuasai daratan seharusnya tidak menyebabkan masyarakat Toraja Utara kesulitan untuk mendapatkan pasokan air bersih yang diperlukan, namun pada kenyataannya pada beberapa bagian masyarakat toraja lebih senang untuk

membuat sumur dalam memperoleh air bersih. Hal ini kemungkinan dipengaruhi oleh penggundulan pohon yang dapat mengganggu lokasi tersedianya mata air (Pawarangan, I.,2021). Selain itu Aswad dkk melaporkan bahwa masalah lingkungan yang kurang baik dapat menyebabkan pencemaran lingkungan (Aswad, 2018). Seiring bertambahnya waktu, jumlah populasi di Kabupaten Toraja Utara pun kian meningkat, hal ini dapat menjadi penyebab akan perilaku masyarakat yang mencemari lingkungan sehingga mampu mempengaruhi akses kepada air bersih, kesadaran masyarakat sangatlah penting dalam menjaga lingkungan, sehingga proses penyediaan air bersih bisa lebih mudah didapatkan (Tunggul,2012)

Dalam proses pemecahan masalah mata air, pemerintah harus memberikan himbauan untuk membangkitkan kesadaran masyarakat akan pentingnya lingkungan demi menjaga ketersediaan air bersih. Dalam masalah pengelolaan air bersih pemerintah harus memperhatikan segala golongan masyarakat yang ada tanpa memandang strata sosial dan ekonomi mereka, serta pemerintah harus mampu lebih banyak melibatkan peran masyarakat terhadap penyediaan air bersih agar mampu meningkatkan rasa keterlibatan dan rasa tanggung jawabnya sebagai manusia (Alihar,2018)

Kabupaten Toraja Utara menjadi salah satu dari banyaknya daerah-daerah di Indonesia yang mengalami permasalahan terkait air bersih. Pada kenyataannya Toraja Utara memiliki ketersediaan mata air yang cukup

berlimpah, namun dikarenakan beberapa hal yang disampaikan di atas sehingga beberapa masyarakat Toraja Utara kesulitan mendapatkan air bersih. Selain dari pencemaran lingkungan, persediaan air bersih juga dipengaruhi oleh musim kemarau sehingga penggunaan air menjadi terbatas, berdasarkan permasalahan dan alasan di atas maka peneliti bertujuan untuk membuat naskah skripsi dengan judul “Perencanaan Pengembangan Penyediaan Air Bersih Kabupaten Toraja Utara”

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka masalah yang akan diteliti dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana rencana ketersediaan air bersih dari tahun 2021-2036 terkait terkait pengembangan wilayah dalam memenuhi kebutuhan air bersih di Kabupaten Toraja Utara?
2. Bagaimana sistem perkembangan jaringan distribusi yang akan direncanakan di Kabupaten Toraja Utara?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk menganalisis proyeksi penduduk terkait pengembangan wilayah dalam memenuhi kebutuhan air bersih di Kabupaten Toraja Utara
2. Untuk mengetahui pengembangan jaringan distribusi air bersih yang akan direncanakan di Kabupaten Toraja Utara.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Kebutuhan Air Bersih

Total kebutuhan air bersih total meliputi domestik serta non domestik yang ditambahkan dengan total kehilangan air yang kemudian di hitung dan disamakan dengan jumlah penduduk (Kimpraswil,2002)

Tabel 1. Rata-Rata Tingkat Kebutuhan Air

| No. | Kategori | Jumlah penduduk | Tingkat pemakaian air |
|-----|-------------------|-----------------|-----------------------|
| 1 | Kota Metropolitan | >1.000.000 | 120 lt/org/hari |
| 2 | Kota Besar | 1.000.000 | 100 lt/org/hari |
| 3 | Kota Sedang | 500.000 | 90 lt/org/hari |
| 4 | Kota Kecil | 100.000 | 60 lt/org/hari |
| 5 | Kota Kecamatan | 3.000 - 20.000 | 45 lt/org/hari |

Sumber : Ditjen Cipta karya direktorat Air bersih

1) Pertumbuhan Penduduk

Dalam menghitung kebutuhan air bersih maka perlu dilakukan perhitungan terhadap penduduk dimasa yang akan datang dengan cara mengetahui jumlah penduduk yang ada terlebih dahulu, atau sederhananya seperti berikut (Supranto,1984)

- Jumlah penduduk saat ini sebagai acuan untuk mengitung jumlah penduduk di masa yang akan datang
- Kenaikan ataupun pertumbuhan penduduk.

Beberapa hal berikut merupakan rumus atau analisa untuk laju pertumbuhan penduduk

- Analisa regresi linier

Persamaan yang digunakan dalam analisa regresi linier adalah sebagai berikut :

$$P_n = a + b \cdot x$$

$$a = \frac{(\sum y \cdot \sum x^2) - (\sum x \cdot \sum xy)}{(n \cdot \sum x^2) - (\sum x)^2}$$

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

P_n = Jumlah penduduk tahun ke-n

x = Tambahan tahun + 1

a, b = Konstanta

N = Jumlah Data Awal

X = Jumlah Data

Y = Jumlah Penduduk

- Analisa regresi Logaritma

Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$y = a + b \cdot \ln x$$

$$a = \frac{1}{n} \{ \sum y - b \cdot \sum (\ln x) \}$$

$$b = \frac{\sum (y \cdot \ln x) - \frac{1}{n} \sum (\ln x) \cdot \sum yx}{\sum x^2 - \frac{1}{n} (\sum x)^2}$$

X = Jumlah Data

Y = Jumlah Penduduk

a, b = Konstanta

- Analisa Regresi Exponensial

Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\ln a = \frac{1}{n} \{ \sum (\ln y) - b \cdot \sum x \}$$

$$b = \frac{\sum (x \cdot \ln y) - \frac{1}{n} \sum x \cdot \sum (\ln y)}{n \sum x^2 - \frac{1}{n} (\sum x)^2}$$

$$y = a \cdot e^{b \cdot x}$$

x = Selisih tahun proyeksi +1

y = Jumlah penduduk

2) Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik merupakan kebutuhan air bersih bagi seluruh penduduk yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Lebih daripada makanan serta minuman yang dikonsumsi melalui mulut, air bersih diperlukan dalam banyak kepentingan pokok seperti mandi, mencuci dan bentuk kebersihan lingkungan lainnya (Pedoman sistem pengelolaan air bersih 2007 PUPR)

Untuk menentukan kebutuhan air minum di suatu daerah ataupun kawasan maka dibutuhkan data pemakaian air yang bisa diterapkan untuk kota yang bersangkutan, hal ini dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti

Iklim, Karakteristik penduduk, permasalahan lingkungan hidup. Harga air, Kuantitas air, serta terakhir kualitas air.

Persamaan yang di gunakan adalah sebagai berikut:

$$QD = QSR + QHU$$

3) Kebutuhan Air Non-Domestik

Hal ini merupakan kebutuhan air bersih untuk sarana dan prasarana daerah yang ada. Sarana dan prasarana berupa hal-hal yang bersifat kepentingan umum seperti tempat ibadah, sekolah, kesehatan, dan juga kepentingan komersial seperti perhotelan, kantor dan restoran-restoran yang ada (Kimpraswil,2002).

Persamaan yang di gunakan adalah sebagai berikut:

$$QND = (15 - 30)\% \times QD$$

Dengan:

QND = Kebutuhan air non domestik (L/hari)

QD = Kebutuhan air domestik (L/hari)

4) Total Kebutuhan Air Bersih

Besarnya kebutuhan air bersih dalam suatu wilayah dipengaruhi oleh beberapa faktor lain, diantaranya adalah Pemakaian air,

Perkembangan penduduk serta rencana daerah layanan. Total kebutuhan air dengan memperhitungkan (Dharmasetiawan, 2004)

- **Kapasitas rata-rata**

$$Q_R = Q_{ply} \times Q_h$$

- **Kapasitas hari maksimum**

$$Q_{h\ max} = Q_{rata-rata} \times f \cdot H_{max\ h}$$

- **Kapasitas jam puncak**

$$Q_{peak} = Q_{rata-rata} \times f_{peak}$$

Dimana:

Q_D = Kebutuhan air domestik (L/hari)

Q_{SR} = Kebutuhan air untuk sambungan rumah (L/hari)

Q_{HU} = Kebutuhan air untuk hidran umum (L/hari)

Q_{ND} = Kebutuhan air non domestik (L/hari)

Q_{ply} = Kebutuhan pelayanan (L/hari)

Q_h = Banyaknya Kehilangan air (L/hari) Q

R = Kapasitas rata-rata (L/hari)

$Q_{h\ max}$ = Kapasitas hari maksimum (L/detik)

Q_{peak} = Kapasitas jam puncak (L/detik)

$f \cdot H_{max}$ = Faktor hari maksimum

f_{peak} = Faktor jam puncak

5) Kehilangan Air

Kehilangan air umumnya disebabkan oleh kebocoran air pada pipa transmisi dan distribusi serta kesalahan dalam pembacaan

meteran. Dalam suatu perencanaan pembangunan air total kehilangan air haruslah bisa terukur atau diperkirakan.

6) Kebutuhan jam puncak

Dalam satu hari didapatkan pada jam-jam tertentu waktu ataupun periode penggunaan dan pemakaian air pada level maksimal. Keadaan ini terjadi dikarenakan adanya pengaruh daripada pola pemakaian air harian. Pada saat itu terjadi besarnya faktor puncak yang didasari kepada perkiraan karakteristik daerah Toraja Utara sekitar 140%-170% kemudian dikalikan dengan debit rata-rata. Kapasitas pipa induk serta retikulasi direncanakan hampir sama dengan kebutuhan puncak (Dharmasetiawan, 2004)

$$Q_{peak} = F_{peak} \cdot Q_{max}$$

Dengan:

Q_{peak} = kebutuhan air jam puncak (liter/detik)

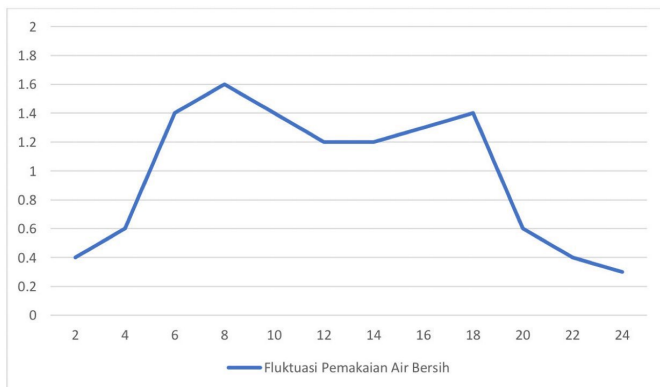
Q_{max} = kebutuhan air harian maksimum (liter/detik)

F_{peak} = kebutuhan air harian maksimum (liter/detik)

7) Fluktuasi

Fluktuasi merupakan presentase pemakaian air pada tiap jamnya yang bergantung kepada aktifitas penduduk, adat istiadat ataupun kebiasaan penduduk serta tata pola dari suatu kota. Hal ini yang

mampu menyebabkan terjadinya perubahan kebutuhan air pada setiap waktunya.



Gambar 1. Grafik Fluktuasi Pemakaian Harian

B. Persyaratan dalam Penyediaan Air Bersih

Menurut Sutrisno, T, dkk (2010: 21) terdapat syarat yang perlu diperhatikan dalam proses penyediaan air bersih, diantaranya kualitas air harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1) Persyaratan Kualitatif

Persyaratan kualitatif adalah persyaratan yang menggambarkan mutu atau kualitas air bersih. Persyaratan kualitatif ini meliputi persyaratan fisik, persyaratan kimia, persyaratan biologis dan persyaratan radiologis.

a. Syarat Fisik

Syarat fisik dalam hal ini adalah indikator yang menunjukkan tingkat kejernihan, bau, rasa dan juga suhu air bersih. Syarat fisik yang harus dimiliki oleh air bersih adalah harus jernih, tidak berbau dan tidak berasa. Syarat fisik yang harus dimiliki yaitu air tidak boleh berwarna, air tidak boleh berbau, air tidak boleh berbau, suhu air hendaknya dibawah udara (sejuk $\pm 25^{\circ}\text{C}$) dan air harus jernih.

b. Syarat Kimia

Syarat kimia air bersih adalah syarat yang membatasi air bersih dari kandungan jumlah zat kimia di dalamnya. Air bersih yang layak tidak boleh mengandung bahan-bahan kimia dalam jumlah yang melampaui batas. Beberapa kandungan zat kimia yang selalu terdapat dalam air antara lain adalah pH, total solid, zat organik, CO_2 agresif, kesadahan, Kalsium (C_a), Besi (F_e), Mangan (M_n), Tembaga (C_u), Seng (Z_n), Chlorida (C_l), Nitrit (NO_2), Flourida (f), serta logam berat. Semua kandungan zat kimia tersebut harus dibatasi komposisinya di dalam air bersih yang siap digunakan oleh masyarakat, baik itu untuk keperluan sehari-hari maupun untuk keperluan makan dan minum.

c. Syarat Radiologis

Syarat radiologis dalam air bersih adalah persyaratan yang mengharuskan air bersih bebas dari kandungan bahan-bahan yang tercemar zat radioaktif seperti sinar alfa, beta dan gamma dan juga

limbah pembuangan seperti akibat dari pembangkit listrik tenaga nuklir.

2) Persyaratan Kuantitatif

Persyaratan kuantitatif dalam penyediaan air bersih adalah persyaratan yang menjelaskan tentang kuantitas dari air baku yang kemudian akan diolah menjadi air bersih siap guna. Kuantitas air baku tersebut berpengaruh dalam pemenuhan kebutuhan air bersih penduduk di suatu daerah yang dilayani. Selain ditinjau dari banyaknya jumlah air baku yang akan diolah menjadi air bersih, persyaratan kuantitatif juga dapat ditinjau dari standar debit air bersih yang dialirkan ke konsumen yang menggunakan air bersih tersebut. Kebutuhan air bersih masyarakat umum bervariasi tergantung pada letak geografis, kebudayaan, tingkat ekonomi, dan lingkungan tempat tinggal.

3) Persyaratan Kontinuitas

Persyaratan kontinuitas yang dimaksud adalah bahwa air baku yang merupakan sumber air bersih harus dapat diambil secara terus menerus dengan besar debit yang relatif tetap.

4) Persyaratan Tekanan Air

Persyaratan tekanan air merupakan persyaratan yang menjelaskan tentang bagaimana air bersih yang akan dialirkan ke konsumen memiliki tekanan yang cukup dan stabil sehingga dapat melayani kebutuhan masyarakat setiap waktu dengan efektif dan efisien.

C. Hidraulika Jaringan Pipa

1) Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran didalam pipa hanya boleh sebesar 0,3 – 6 m/detik kemudian hal ini akan menyesuaikan dengan kondisi setempat mengenai kemiringan lahan maupun adanya penambahan tekanan dari pompa. Kecepatan yang terlalu kecil dapat menyebabkan endapan dalam pipa tidak terdorong, selain itu juga dapat menyebabkan diameter pipa berkurang karena endapan. Sebaliknya, jika kecepatan aliran terlalu tinggi maka dapat menyebabkan korosi pada pipa dan menambahkan nilai headloss pada elevasi reservoirnya yang harus tinggi. Dalam menghitung kecepatan harus menggunakan rumus sebagai berikut (Haestad, 2002 : 267)

$$Q = A.V$$

$$Q = \frac{1}{4}\pi D^2V$$

Dengan:

Q = Debit aliran (m³/detik)

A = Luas basah (m²)

V = Kecepatan aliran (m/det)

D = Diameter pipa (m)

2) Hukum Bernoulli

Air yang terdapat pada pipa selalu mengalir dari tempat yang memiliki tinggi energy yang lebih besar ketempat yang memiliki

energy yang kecil. Sederhananya hukum ini dikenal dengan prinsip Bernoulli. Hukum Bernoulli menyatakan bahwa tinggi energy total yang ada pada sebuah penampang pipa adalah merupakan jumlah energy kecepatan, energy tekanan dan energy ketinggian dan dituliskan dalam persamaan sebagai berikut (Haestad, 2002)

E_{Tot} = Energi ketinggian + Energi kecepatan + Energi tekanan

$$E_{Tot} = h + \frac{V^2}{2g} + \frac{P}{\gamma w}$$

Berdasarkan hukum kekekalan energy apabila tidak terdapat energy yang lolos atau diterima diantara dua titik dalam satu sistem yang tertutup, maka energy tetap berada dalaam kondisi konstan. Hal ini kemudian dituliskan dalam rumus/Persamaan sebagai berikut:

$$h_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = h_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_L$$

Dengan penjelasan sebagai berikut :

$\frac{P_1}{\gamma}, \frac{P_2}{\gamma}$ = Tinggi tekan dititik 1 dan 2 dalam skala meter

$\frac{V_1^2}{2g}, \frac{V_2^2}{2g}$ = Tinggi energy di titik 1 dan 2 dalam skala meter

P_1, P_2 = tekanan di titik 1 dan 2 dalam satuan kg/m²

γw = Berat jenis air dalam satuan Kg/m³

V_1, V_2 = kecepatan aliran di titik 1 dan 2 dalam satuan m/detik

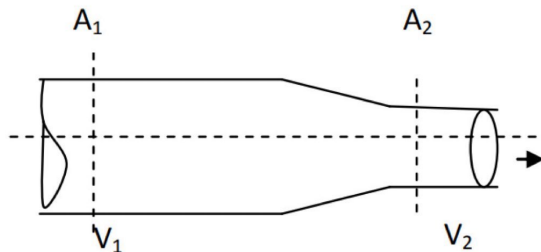
g = percepatan gravitasi dalam satuan m/det²

h_1, h_2 = tinggi elevasi di titik 1 dan 2 dari garis yang ditinjau dalam satuan meter

h_L = kehilangan tinggi tekan dalam pipa dalam satuan meter

3) Hukum Kontinuitas

Air dalam pipa yang mengalir secara terus menerus mempunyai luas penampang dan kecepatan akan memiliki debit yang sama. Dalam hukum persamaan kontinuitas dinyatakan bahwa debit yang masuk kedalam pipa sama dengan debit yang keluar dari dalam pipa



Gambar 2. Aliran Dengan Penampang Pipa Yang Berbeda (Triatmodjo,1996).

Sehingga dapat dituliskan dalam persamaan sebagai berikut:

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2$$

$$Q = A \cdot V = \text{konstan}$$

Dengan :

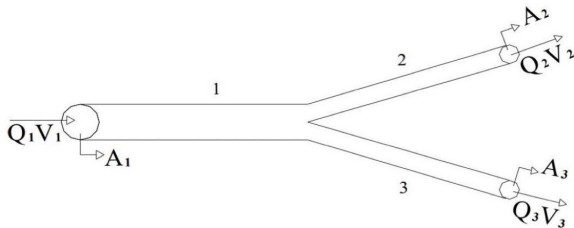
Q_1, Q_2 = debit pada potongan 1 dan 2 (m³/det)

V_1, V_2 = kecepatan pada potongan 1 dan 2 (m/det)

A_1, A_2 = luas penampang pada potongan 1 dan 2 (m²)

Selain daripada gambar diatas terdapat pula aliran percabangan pipa dimana berlaku juga hukum kontinuitas yang sama dimana debit yang masuk pada satu pipa sama dengan debit yang keluar pada pipa (Triatmodjo,1996).

4)



Gambar 3. Aliran Pada Pipa bercabang

Gambar diatas kemudian diuraikan dalam rumus sebagai berikut

$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$

$$A_1 \cdot V_1 = (A_2 \cdot V_2) + (A_3 \cdot V_3)$$

Dengan :

Q_1, Q_2, Q_3 = debit pada potongan 1, 2 dan 3 (m³/det)

V_1, V_2, V_3 = kecepatan pada potongan 1, 2 dan 3 (m/det)

A_1, A_2, A_3 = luas penampang pada potongan 1, 2 dan 3 (m

D. Kehilangan Tinggi Tekan (*Head Loss*)

1) Kehilangan Tinggi Major (*Major Losses*)

Persamaan Hazen-Williams sangat dikenal di Amerika serikat. Persamaan ini lebih sederhana dibanding milik *Darcy-Weisbach* karena koefisien kehilangan energy (Chw) yang tidak berubah

terhadap Reynold Number. Persamaan tersebut dijelaskan sebagai berikut (Triatmadja, R., 2006)

$$Q = 0,278Ch_wD^{2,63}I^{0,54}$$

$$I = \frac{hf}{L}$$

$$hf = \left[\frac{\pi}{4(0,278)} \right]^{1,85} \frac{L}{D^{1,17}} \left[\frac{V}{Ch_w} \right]^{1,85}$$

Dengan :

- Q = debit aliran pada pipa (m³/dt)
- Ch_w = koefisien kekasaran Hazen Williams (tabel)
- D = diameter pipa (m)
- I = kemiringan garis energi
- hf = kehilangan tinggi tekan mayor (m)
- L = Panjang pipa (m)
- V = kecepatan aliran pada pipa (m/dt)

2) *Minor Losses*

Salah satu faktor yang menambah besarnya kehilangan tinggi tekanan pada aliran adalah kehilangan tinggi tekan minor. Hal ini disebabkan karena adanya perubahan mendadak dari ukuran penampang pipa yang mampu mengakibatkan turbulensi, belokan, terdapat katup dan beragam sambungan. Kehilangan tinggi tekan minor semakin besar apabila terjadi suatu perlambatan kecepatan aliran didalam pipa dibandingkan peningkatan kecepatan akibat terjadi pusaran arus yang ditimbulkan oleh pemisahan aliran dari

bidang batas pipa. Pada jaringan pipa sederhana hal ini tidak boleh disepelakan karena memiliki pengaruh yang cukup signifikan.

Kehilangan energy pada tempat tersebut disebut dengan kehilangan energy minor. Kehilangan energy minor ditulis dalam persamaan sebagai berikut (Triatmodjo, 2008: 109)

$$hf = K \frac{V^2}{2g}$$

Dengan:

hf = kehilangan tinggi minor (m)

V = kecepatan rata-rata dalam pipa (m/dt)

g = percepatan gravitasi (m/dt²)

K = koefisien kehilangan tinggi tekan minor (tabel)

Tabel 2. Koefisien Kehilangan Tinggi Tekan Berdasarkan Bentuk Pipa

| Jenis perubahan bentuk pipa | K | Jenis perubahan bentuk pipa | K |
|------------------------------|------------|-----------------------------|-----------|
| Inlet | | Belokan 90 derajat | |
| Bell mouth | 0,03 –0,05 | R/D = 4 | 0,16-0,18 |
| Rounded | 0,12-0,25 | R/D = 2 | 0,19-0,25 |
| Sharp edged | 0,50 | R/D = 1 | 0,35-0,40 |
| Projecting | 0,80 | Belokan Tertentu | |
| Pengecilan Tiba-tiba | | $\theta = 15$ derajat | 0,05 |
| D2/D1 = 0,80 | 0,18 | $\theta = 30$ derajat | 0,10 |
| D2/D1 = 0,50 | 0,37 | $\theta = 45$ derajat | 0,20 |
| D2/D1 = 0,20 | 0,49 | $\theta = 60$ derajat | 0,35 |
| Pengecilan Mengerucut | | $\theta = 90$ derajat | 0,80 |
| D2/D1 = 0,80 | 0,05 | T (Tee) | |
| D2/D1 = 0,50 | 0,07 | Aliran searah | 0,03-0,04 |

| | | | |
|------------------------------|------|-----------------------|-----------|
| D2/D1 = 0,20 | 0,08 | Aliran bercabang | 0,75-1,80 |
| Pembesaran Tiba-tiba | | Persilangan | |
| D2/D1 = 0,80 | 0,16 | Aliran searah | 0,50 |
| D2/D1 = 0,50 | 0,57 | Aliran bercabang | 0,75 |
| D2/D1 = 0,20 | 0,92 | 45 derajat Wye | |
| Pembesaran Mengerucut | | Aliran searah | 0,30 |
| D2/D1 = 0,80 | 0,03 | Aliran bercabang | 0,50 |
| D2/D1 = 0,50 | 0,08 | | |
| D2/D1 = 0,20 | 0,13 | | |

Sumber : : Triatmodjo (2008 : 111)

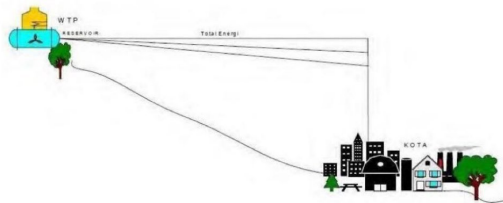
E. Sistem Pengaliran Air Bersih

Dalam proses pengaliran ataupun distribusi air bersih, bisa menggunakan salah satu dari 3 sistem berikut :

1) Sistem Gravitasi

Sistem pengaliran gravitasi digunakan apabila elevasi sumber air mempunyai perbedaan cukup besar dengan elevasi daerah pelayanan, sehingga tekanan yang diperlukan dapat dipertahankan. Cara ini

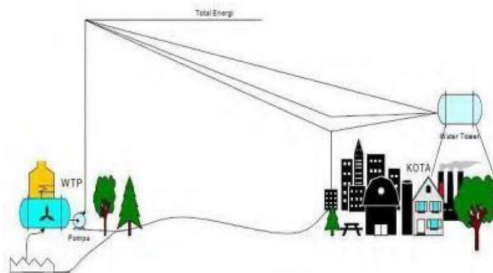
dianggap cukup ekonomis, karena hanya memanfaatkan beda ketinggian lokasi.



Gambar 4. Sistem Pengaliran Gravitasi

2) Sistem Perpompaan

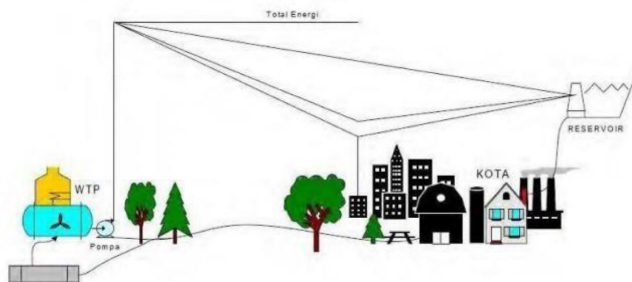
Pada cara ini pompa digunakan untuk meningkatkan tekanan yang diperlukan untuk mendistribusikan air dari reservoir distribusi ke konsumen. Sistem ini digunakan jika elevasi antara sumber air atau instalasi pengolahan dan daerah pelayanan tidak dapat memberikan tekanan yang cukup.



Gambar 5. Sistem Pengaliran Perpompaan

3) Sistem Pergabungan

Hal ini dilakukan ketika fluktuasi debit dan tekanan pada jaringan distribusi meluap yaitu pada saat jam puncak dan saat jam pemakaian minimum. Maka dibutuhkan gabungan energi dari sistem pompa serta gravitasi.



Gambar 6. Sistem Pengaliran Penggabungan

F. Perlengkapan Jaringan Pendistribusian Air Bersih

Pada sistem pendistribusian air, salah satu komponen penting adalah pipa. Pipa berfungsi sebagai suatu sarana dalam mengalirkan air serta sumber air ke dalam tendon, ataupun dari tendon menuju ke konsumen. Pipa tersebut berbentuk penampang lingkaran dengan diameter yang bervariasi.