

SKRIPSI

EVALUASI DISTRIBUSI AIR BERSIH SPAM KOTA BAUBAU

Disusun dan diajukan oleh:

**MOHAMMAD FATHURAHMAN
D011 19 1043**



**PROGRAM STUDI SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

EVALUASI DISTRIBUSI AIR BERSIH SPAM KOTA BAUBAU

Disusun dan diajukan oleh

MOHAMMAD FATHURAHMAN
D011 19 1043

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada tanggal 6 Maret 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Eng. Ir. Bambang Bakri, S.T, M.T., IPU

NIP: 198104252008121001

Pembimbing Pendamping,



Ir. Silman Pongmanda, S.T., M.T.

NIP: 197210102000031001

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, S.T., M. Eng.

NIP: 196805292002121002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Mohammad Fathurahman

NIM : D011191043

Program Studi : Teknik Sipil

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

{Evaluasi Distribusi Air Bersih SPAM Kota Baubau}

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

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.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 12 Maret 2024

Yang Menyatakan



Mohammad Fathurahman

ABSTRAK

MOHAMMAD FATHURAHMAN. *Evaluasi Distribusi Air Bersih SPAM Kota Baubau* (dibimbing oleh Dr. Eng. Bambang Bakri, S.T., M.T. dan Silman Pongmanda, S.T., M.T.)

Indonesia sebagai salah satu negara maritim dan negara berkembang, tidak lepas dari permasalahan pemerataan air bersih bagi masyarakatnya. Dalam Undang-Undang RI No. 17 Tahun 2009 tentang Sumber Daya Air, salah satu pokok bahasan yang diatur di dalamnya adalah pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) di Indonesia. Sejauh ini, pengelolaan air minum di Indonesia ditangani oleh PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum), namun dalam perjalanannya, tingkat pelayanan yang diberikan kepada masyarakat secara rata-rata masih tergolong rendah.

Tujuan penelitian dari tugas akhir ini untuk mengetahui kondisi eksisting daerah layanan PDAM Kota Baubau khususnya di wilayah layanan Zona I, menghitung kebutuhan air bersih dan total debit air bersih yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan air bersih di Wilayah Zona I pada tahun 2043 mendatang, dan mengetahui bagaimana kapasitas sistem jaringan distribusi air bersih untuk wilayah layanan Zona I.

Pada penelitian ini menggunakan pendekatan studi kasus dan bersifat deskriptif, dengan tujuan untuk dapat mengetahui apakah evaluasi program pemenuhan kebutuhan air bersih di Wilayah Zona I sudah dapat terpenuhi atau belum. Data yang dipakai dalam penelitian ini yaitu data sekunder, dimana data sekunder berupa data jumlah penduduk Kota Baubau khususnya di Wilayah Zona I dan data kondisi eksisting sarana SPAM Kota Baubau.

Dari hasil perhitungan dan analisis proyeksi kebutuhan air bersih di Zona I tahun 2043 didapatkan kebutuhan air rata-rata sebesar 78,62 l/detik, untuk kebutuhan air maksimum sebesar 90,41 l/detik, dan untuk kebutuhan air pada jam puncak sebesar 117,92 l/detik.

Kata Kunci: Air, Distribusi, Waternet, Baubau

ABSTRACT

MOHAMMAD FATHURAHMAN. *Evaluation of Clean Water Distribution at Drinking Water Supply System in Baubau City (supervised by Dr. Eng. Bambang Bakri, S.T., M.T. and Silman Pongmanda, S.T., M.T.)*

Indonesia, as a maritime country and developing country, cannot be separated from the problem of equal distribution of clean water for its people. In RI Law no. 17 of 2009 concerning Water Resources, one of the subjects regulated therein is the development of the Drinking Water Supply System (SPAM) in Indonesia. So far, drinking water management in Indonesia has been handled by PDAM (Regional Drinking Water Company), but along the way, the level of service provided to the community on average is still relatively low.

The research objective of this final assignment is to determine the existing conditions of the Baubau City PDAM service area, especially in the Zone I Region, to calculate the need for clean water and the total clean water discharge needed to meet the clean water needs in the Zone I Region in 2043.

This research uses a case study approach and is descriptive in nature, with the aim of finding out whether the evaluation program to fulfill clean water needs in Zone I Region has been fulfilled or not. The data used in this research are primary data and secondary data, where primary data is data from direct interviews with PDAM administrators, while secondary data is data on the population of Baubau City, especially in Zone I and data on the existing conditions of Baubau City.

From the results of calculations and analysis of distribution network performance simulations using WaterNet Software in Zone I in 2043, it was found that the average water demand was 94.67 l/sec, the maximum water demand was 108.87 l/sec, and the water demand during peak hours. of 142.00 l/sec.

Keywords: Water, Distribution, Waternet, Baubau

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GRAFIK.....	ix
KATA PENGANTAR.....	x
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Definisi Air.....	4
2.2 Sumber Air Bersih.....	4
2.3 Kebutuhan Air Bersih.....	6
2.4 Sistem Penyediaan Air Minum.....	8
2.5 Persyaratan dalam Penyediaan Air Bersih.....	10
2.6 Proyeksi Jumlah Penduduk.....	12
2.7 Kehilangan Air (Kebocoran Air).....	14
2.8 Sistem Pengaliran.....	14
2.9 Sistem Jaringan Distribusi.....	15
2.10 Perpipaan.....	17
2.11 Teori Yang Digunakan dalam Analisis Data.....	18
2.12 Program Waternet.....	24
BAB 3 METODE PENELITIAN/PERANCANGAN.....	27
3.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian.....	27
3.2 Metode Penelitian.....	29
3.3 Rancangan Penelitian.....	29
3.4 Analisis Data.....	30
3.5 Kesimpulan dan Rekomendasi.....	30
3.6 Tahapan Penelitian.....	31
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	32
4.1 Kondisi Eksisting Layanan PDAM Baubau.....	32
4.2 Data Hasil Penelitian.....	34
4.3 Analisis Data.....	36
4.4 Kriteria Kebutuhan Air Bersih.....	41
4.5 Kehilangan Air.....	41
4.6 Proyeksi Kebutuhan Air Bersih.....	42
4.7 Analisa Jaringan Pipa Menggunakan Program Waternet.....	58
4.8 Hasil Output Waternet.....	59
4.9 Pembahasan.....	73

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	81
5.1 Kesimpulan.....	81
5.2 Saran.....	82
DAFTAR PUSTAKA	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Skematik Sistem Penyediaan Air Minum	8
Gambar 2. Sistem Cabang.....	15
Gambar 3. Sistem Gridiron	16
Gambar 4. Sistem Melingkar	16
Gambar 5. Saluran Pipa dengan Diameter Berbeda.....	18
Gambar 6. Persamaan Kontinuitas pada Pipa Bercabang	19
Gambar 7. Garis Energi dan Hidrolis pada Zat Cair.....	20
Gambar 8. Diagram Moody	22
Gambar 9. Peta Administrasi Kota Baubau	28
Gambar 10. Lokasi Penelitian	29
Gambar 11. Peta Zona Pelayanan SPAM Kota Baubau	32
Gambar 12. Skema Pelayanan Distribusi SPAM Zona I Kota Baubau	34
Gambar 13. Peta Jaringan Distribusi Air Bersih Wilayah Zona I.....	35
Gambar 14. Node dan Pipa Distribusi Air Bersih Zona I Kota Baubau	47
Gambar 15. Peta Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih Wilayah Layanan Zona I..	59
Gambar 16. Gambar Energi Relatif untuk Analisis Tahun 2023	60
Gambar 17. Gambar Energi Relatif untuk Analisis Tahun 2043	60
Gambar 18. Gambar Kecepatan Aliran untuk Analisis Tahun 2023	61
Gambar 19. Gambar Kecepatan Aliran untuk Analisis Tahun 2043	61
Gambar 20. Gambar Kehilangan Energi untuk Analisis Tahun 2023	62
Gambar 21. Gambar Kehilangan Energi untuk Analisis Tahun 2043	62
Gambar 22. Pipa yang Mengalami Perubahan Diameter	75

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Tingkat Konsumsi Air Rumah Tangga Sesuai Kategori Kota.....	7
Tabel 2. Tingkat Konsumsi/Pemakaian Air Non Domestik.....	7
Tabel 3. Unsur Fungsional dalam Sistem Penyediaan Air Bersih.....	10
Tabel 4. Koefisien Kekasaran Pipa Hazen-Williams	21
Tabel 5. Diameter Kekasaran (e) beberapa Bahan (Material) Pipa Baru.....	23
Tabel 6. Data Penduduk Kota Baubau per Kecamatan di Zona I	34
Tabel 7. Data Kapasitas dan Jumlah Produksi Air Bersih	35
Tabel 8. Data Penduduk Wilayah Layanan Zona I Kota Baubau	36
Tabel 9. Proyeksi Penduduk dengan Metode Aritmatika.....	37
Tabel 10. Proyeksi Penduduk dengan Metode Geometrik.....	37
Tabel 11. Proyeksi Penduduk dengan Metode Eksponensial.....	38
Tabel 12. Nilai Standar Deviasi tiap Metode per Kecamatan	39
Tabel 13. Nilai Korelasi tiap Metode per Kecamatan.....	39
Tabel 14. Pertambahan Jumlah Penduduk Wilayah Zona I Kota Baubau	40
Tabel 15. Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Hingga Tahun 2043 di Zona I.....	40
Tabel 16. Perhitungan Proyeksi Kebutuhan Air Bersih Kota Baubau Wilayah Layanan Zona I 2023-2043	45
Tabel 17. Kebutuhan Air Tiap Node Tahun Rencana 2023.....	49
Tabel 18. Kebutuhan Air Tiap Node Tahun Rencana 2043.....	52
Tabel 19. Elevasi Node dan Debit Konsumsi	55
Tabel 20. Panjang dan Diameter Pipa	56
Tabel 21. Energi Absolut dan Energi Relatif Tahun 2023.....	63
Tabel 22. Energi Absolut dan Energi Relatif Tahun 2043.....	65
Tabel 23. Debit dan Kehilangan Energi Tahun 2023.....	67
Tabel 24. Debit dan Kehilangan Energi Tahun 2043.....	69
Tabel 25. Perbandingan Perubahan Ukuran Diamter Pipa.....	74
Tabel 26. Energi Relatif dan Energi Absolut Tahun 2043 dengan Perubahan Pipa.....	76
Tabel 27. Debit dan Kehilangan Energi Tahun 2043 dengan Perubahan Pipa	78

DAFTAR GRAFIK

Grafik 1. Pertumbuhan Penduduk dan Kebutuhan Air tiap 5 Tahun	46
Grafik 2. Kecepatan Aliran Pipa Tahun 2023 dan Tahun 2043	71
Grafik 3. Energi Relatif Tahun 2023.....	72
Grafik 4. Energi Relatif Tahun 2043.....	72
Grafik 5. Energi Relatif Tahun 2043 dengan Perubahan Ukuran Pipa	80
Grafik 6. Kecepatan Aliran Pipa Tahun 2043 dengan Perubahan Ukuran Pipa ...	80

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil‘aalamin, puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT karena atas nikmat, berkat, dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Evaluasi Distribusi Air Bersih SPAM Kota Baubau” yang merupakan salah satu syarat dalam penyelesaian studi pada Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa banyak kendala yang dihadapi dalam penyusunan tugas akhir ini, namun berkat bantuan dari berbagai pihak, maka tugas akhir ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, dengan segala ketulusan dan kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. **Allah SWT** yang telah memberikan petunjuk dan memudahkan jalan penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua tercinta, yaitu ayahanda **Mohammad Abduh S.T.P., M.Si**, dan ibunda **Yanny Etyaningsih** atas doa, kasih sayang, dan segala doa dan dukungan yang telah diberikan, Serta kepada seluruh keluarga besar atas dorongan dan segala dukungan selama ini, baik sprititual maupun materi.
3. **Bapak Prof Dr.Eng.Ir. Muhammad Isran Ramli, ST.,MT.,IPM., ASEAN.Eng. .**, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. **Bapak Prof. Dr. H. M Wihardi Tjaronge ST., M.Eng.**, selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. **Bapak Dr. Eng. Bambang Bakri, S.T.**, selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penulisan ini.
6. **Bapak Silman Pongmanda, S.T., M.T.**, selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penulisan ini.
7. Seluruh dosen Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

8. Seluruh staf dan karyawan Departemen Teknik Sipil, staf dan karyawan Fakultas Teknik serta staf Laboratorium dan asisten Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
9. Teman-teman **DEZTROYER** yang sudah membantu dan memberikan dukungan dalam terselesaikannya tugas akhir ini
10. Saudara-saudariku **PORTLAND 2020**, yang banyak memberikan dukungan dan bantuan selama masa kuliah.
11. Dokter kecil yang selalu menyemangati dan memberikan dukungan moral

Tidak ada kata yang dapat penulis gambarkan atas rasa terima kasih penulis kepada semua pihak, dan semoga Tuhan yang Maha Kuasa senantiasa melimpahkan berkat dan rahmat-Nya pada kita semua. Akhir kata penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, sehingga dengan segala keterbukaan penulis mengharapkan masukan dari semua pihak. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Gowa, Maret 2024

Penulis

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan salah satu kebutuhan yang sangat penting untuk keberlangsungan hidup makhluk hidup. Oleh karena itu ketersediaan air yang terjangkau dan berkelanjutan merupakan bagian yang penting bagi setiap individu. Besarnya kebutuhan air di setiap daerah berbeda-beda dan berubah-ubah yang dipengaruhi oleh iklim, kebijakan pengembangan daerah dan masalah lingkungan hidup.

Pertambahan penduduk dengan segala aktifitas yang dilakukan menyebabkan kebutuhan air meningkat baik dari segi kuantitas maupun dari segi kualitas. Air bersih sangat dibutuhkan oleh manusia baik untuk kebutuhan sehari-hari, kebutuhan industri, kebutuhan komersial, maupun kegiatan lainnya. Mengingat betapa pentingnya air untuk kehidupan manusia, namun ketersediaannya di alam terbatas, maka perlu pengelolaan dan pemanfaatannya secara efisien dan efektif.

Penyediaan air minum merupakan salah satu hal penting dan menjadi prioritas dalam perencanaan suatu daerah. Indonesia sebagai salah satu negara maritim dan negara berkembang, tidak lepas dari permasalahan pemerataan air bersih bagi masyarakatnya. Saat ini penyediaan air minum merupakan agenda nasional yang tertuang dalam RPJMN 2020 – 2024. Pemerintah menetapkan target *Sustainability Development Goal* (SDG's) di bidang air minum untuk tahun 2030, mencapai akses universal dan merata terhadap air minum yang aman dan terjangkau bagi semua masyarakat dengan akses “layak dan aman”. Penyediaan air bersih merupakan salah satu kebutuhan dasar dan hak masyarakat yang harus dipenuhi oleh pemerintah, baik pemerintah daerah maupun pemerintah pusat. Ketersediaan air bersih merupakan salah satu penentu peningkatan kesejahteraan masyarakat, yang mana diharapkan dengan ketersediaan air bersih dapat meningkatkan derajat kesehatan masyarakat.

Dalam Undang-Undang RI No 17 tahun 2019 tentang Sumber Daya Air, dimana hal tersebut menuntut pengelolaan sumber daya air dilakukan secara utuh dari hulu sampai ke hilir dengan basis wilayah sungai. Karena itu kehadiran PDAM

sebagai kesatuan milik Pemerintah daerah yang memberikan jasa pelayanan dan menyelenggarakan kemanfaatan umum dibidang air minum. Namun dalam perjalanannya sejauh ini tingkat pelayanan kepada publik secara rata-rata masih tergolong rendah.

Penyediaan air bersih dari sumber ke konsumen melalui beberapa cara yaitu langsung di tampung dari pipa transmisi menuju ke jaringan konsumen ataupun melalui reservoir dan kemudian dialirkan melalui jaringan distribusi sesuai dengan fungsi pokoknya yaitu menghantarkan air bersih keseluruh pelanggan dengan tetap memperhatikan faktor kualitas, kuantitas dan tekanan air. Namun pada kenyataannya sering kali air yang di konsumsi pelanggan berkurang ataupun tidak mengalir sama sekali. Permasalahan tersebut muncul ketika jaringan distribusi tidak dapat beroperasi dengan baik ataupun terjadi kerusakan pada beberapa bagian jaringan distribusi karena faktor teknis maupun non teknis.

Di Kota Baubau dalam pengoperasiannya sistem distribusi air bersih masih terbilang belum maksimal. Baru sebagian masyarakat di Kota Baubau yang menggunakan layanan PDAM dan beberapa konsumen di daerah tertentu belum memperoleh akses air 24 jam. Pada jaringan distribusi air bersih PDAM Kota Baubau banyak sarana pendukung atau komponen jaringan yang kurang diperhatikan kondisinya misalnya pada jaringan pipa distribusinya yang kotor ataupun mengalami kerusakan sehingga tidak dapat beroperasi dengan maksimal. Untuk mengetahui lebih lanjut bagaimana pelayanan PDAM maka diperlukan studi tentang **“Evaluasi Distribusi Air Bersih SPAM Kota Baubau”**. Dengan demikian diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat memberikan gambaran nyata tentang distribusi air bersih di Kota Baubau.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang terkait, maka dapat dirumuskan beberapa masalah yaitu:

1. Bagaimana kondisi eksisting layanan PDAM di Kota Baubau?
2. Berapa total kebutuhan air bersih di Kota Baubau pada tahun 2043?
3. Bagaimana kapasitas sistem jaringan distribusi air bersih di Kota Baubau?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis kondisi eksisting layanan PDAM di Kota Baubau.
2. Mengidentifikasi kebutuhan air bersih penduduk Kota Baubau di masa yang akan datang (tahun 2043).
3. Menganalisis kapasitas sistem jaringan distribusi air bersih Kota Baubau.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah diharapkan dapat menjadi bahan evaluasi dan referensi data serta berkontribusi terhadap pembangunan sistem penyediaan air minum di Kota Baubau.

1.5 Ruang Lingkup

Dalam penulisan ini, penulis membatasi ruang lingkup untuk lebih mengenal objek yang akan diteliti mengingat luasnya permasalahan yang akan diteliti dan keterbatasan waktu penulis, dengan maksud agar masalah yang diteliti tidak menyimpang dari tujuan semula dan tetap relevan dengan judulnya.

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Ruang Lingkup Wilayah

Ruang lingkup wilayah atau lokasi penelitian dalam hal ini adalah Kota Baubau khususnya wilayah cakupan PDAM Kota Baubau di Wilayah Layanan Zona I.

2. Ruang Lingkup Pembahasan

Penelitian ini untuk menganalisis kebutuhan air bersih di Kota Baubau dengan menggunakan data jumlah penduduk dan diproyeksikan untuk 20 tahun ke depan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Air

1. Pengertian Air

Air adalah sumber daya alam yang mutlak digunakan bagi hidup dan kehidupan manusia dan dalam sistem tata lingkungan, air adalah unsur lingkungan. Kebutuhan manusia akan kebutuhan air selalu meningkat dari waktu ke waktu, bukan saja karena meningkatnya jumlah manusia yang memerlukan air tersebut, melainkan juga karena meningkatnya intensitas dan ragam dari kebutuhan akan air. (M. Daud Silalahi, 2002).

2. Pengertian Air Bersih

Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari dan akan menjadi air minum setelah dimasak lebih dahulu. Sebagai batasannya air bersih adalah air yang memenuhi persyaratan bagi sistem penyediaan air minum. Adapun persyaratan yang dimaksud adalah persyaratan dari segi kualitas air yang meliputi kualitas fisik, kimia, biologi, dan radiologis, sehingga apabila dikonsumsi tidak menimbulkan efek samping. (Ketentuan Umum Permenkes no. 416/Menkes/PER/IX/1990. Dalam Modul Gambaran Umum Penyediaan dan Pengelolaan Air Minum Edisi Maret 2003 hal.3 dari 41)

2.2 Sumber Air Bersih

Sumber air merupakan salah satu komponen utama yang ada pada suatu sistem penyediaan air bersih, karena tanpa sumber air maka suatu sistem penyediaan air bersih tidak akan berfungsi. Hal tersebut mengindikasikan suatu hal bahwa terdapat beberapa sumber air yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber air minum menurut (Asmadi, dkk, 2011).

1. Air Laut

Air laut mempunyai sifat asin, karena mengandung garam NaCl. Kadar garam NaCl dalam air laut kurang lebih 3% dengan keadaan ini maka air laut tidak memenuhi syarat untuk diminum.

2. Air Atmosfer (air hujan)

Cara untuk menjadikan air hujan sebagai air minum hendaknya jangan saat air hujan baru mulai turun, karena masih mengandung banyak kotoran air hujan juga mempunyai sifat agresif terutama terhadap pipa-pipa penyalur maupun bak-bak reservoir, sehingga hal ini akan mempercepat terjadinya korosi atau karatan. Air hujan juga mempunyai sifat lunak, sehingga akan boros terhadap pemakaian sabun.

3. Air permukaan

Air permukaan adalah air hujan yang mengalir di permukaan bumi. Pada umumnya air permukaan bumi ini akan mendapat pengotoran selama pengalirannya, misalnya oleh lumpur, batang-batang kayu, daun-daun, kotoran industri dan lainnya. Air permukaan ada dua macam yaitu air sungai dan air rawa.

Air sungai yang digunakan hendaknya melewati pengolahan yang sempurna, mengingat bahwa air sungai pada umumnya mempunyai derajat pengotoran yang tinggi. Untuk air rawa kebanyakan berwarna disebabkan adanya zat-zat organik yang telah membusuk, yang menyebabkan warna kuning coklat, sehingga untuk pengambilan air sebaiknya dilakukan pada kedalaman tertentu.

Air permukaan yang lazim digunakan ialah air sungai atau air waduk atau dari waktu dan bangunan pengambilan air baku yang lebih dikenal dengan "intake". Dimana pada bangunan pengambilan (intake) harus dilengkapi fasilitas mencegah sampah kasar atau partikel kasar antara lain: lumut, batang pohon, daun, plastik, dan lain-lain.

4. Air Tanah

Air tanah adalah air yang berada di bawah permukaan tanah di dalam zona jenuh dimana tekanan hidrostatisnya sama atau lebih besar dari tekanan atmosfer. Air tanah terutama berasal dari air hujan yang jatuh di permukaan tanah atau bumi dan sebagian besar meresap kedalam tanah dan mengisi rongga-rongga atau pori-pori di dalam tanah. Kandungan air tanah di dalam tanah tergantung dari struktur tanahnya, apakah tanah yang rembes air atau mempunyai lapisan air yang kedap air. Jenis air tanah terbagi atas dua:

- a. Air tanah dangkal, terjadi karena adanya proses peresapan air dari permukaan tanah, air dangkal ini pada umumnya berada pada kedalaman 15,0 m².

- b. Air tanah dalam, terdapat setelah lapis rapat air yang pertama. Pengambilan air tanah dalam tidak semudah air tanah dangkal karena harus menggunakan bor dan biasanya berada pada kedalaman 100-300 m2.

5. Mata Air

Mata air yaitu air tanah yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah dengan hampir tidak dipengaruhi oleh musim, sedangkan kualitas dan kuantitasnya sama dengan air dalam. Berdasarkan keluarnya atau munculnya kepermukaan tanah terbagi atas:

- a. Rembesan, dimana air ke luar dari lereng-lereng.
- b. Umbul, dimana air keluar kepermukaan pada suatu dataran.

2.3 Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air merupakan banyaknya air yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan air dalam kegiatan sehari-hari. Dalam hal ini, kebutuhan air yang diperhitungkan yaitu kebutuhan air untuk peruntukan rumah tangga (domestik), fasilitas umum meliputi perkantoran, Pendidikan (non domestik), irigasi, kantor, industri, peternakan dan lain-lain.

Kebutuhan air bersih dikategorikan menjadi dua yaitu kebutuhan air domestik dan kebutuhan air non domestik.

1. Kebutuhan Domestik

Kebutuhan domestik dimaksudkan untuk memenuhi kebutuhan air rumah tangga sehari-hari atau tujuan intensif lainnya seperti: memasak, minum, berkebun, mencuci dan lain-lain. Dimana distribusi air bersih dilakukan melalui sambungan rumah (SR) dan kebutuhan umum yang disediakan melalui fasilitas umum (HU). Ada dua faktor yang harus diperhatikan untuk memenuhi kebutuhan air domestik masyarakat, antara lain:

- a. Jumlah penduduk yang akan dilayani menurut target tahapan perencanaan sesuai dengan rencana cakupan pelayanan;
- b. Tingkat pemakaian air bersih diasumsikan tergantung pada kategori daerah dan jumlah penduduknya.

Tabel 1. Tingkat Konsumsi Air Rumah Tangga Sesuai Kategori Kota

No.	Kategori Kota	Jumlah Penduduk	Sistem	Tingkat Pemakaian Air (liter/orang/hari)
1	Kota Metropolitan	> 1.000.000	Non Standar	190
2	Kota Besar	500.000 - 1.000.000	Non Standar	170
3	Kota Sedang	100.000 - 500.000	Non Standar	150
4	Kota Kecil	20.000 - 100.000	Standar BNA	130
5	Kota Kecamatan	< 20.000	Standar IKK	100
6	Kota Pusat Pertumbuhan	< 3.000	Standar DPP	60

Sumber : SK-SNI Air Minum 2001

2. Kebutuhan Non Domestik

Kebutuhan non domestik dialokasikan pada pelayanan untuk memenuhi kebutuhan air bersih berbagai fasilitas sosial (masjid, gereja, panti asuhan, rumah sakit, dan sebagainya, dan komersial terjadi dalam industri, pertanian, lembaga dan kantor, pariwisata dan lain-lain. Besarnya pemakaian air untuk kebutuhan non domestik diperhitungkan 20% dari kebutuhan domestik.

Tabel 2. Tingkat Konsumsi/Pemakaian Air Non Domestik

No	Non Rumah Tangga (fasilitas)	Tingkat Pemakaian Air
1	Sekolah	10 liter/hari
2	Rumah Sakit	200 liter/hari
3	Puskesmas	(0,5 - 1) m ³ /unit/hari
4	Peribadatan	(0,5 - 2) m ³ /unit/hari
5	Kantor	(1 - 2) m ³ /unit/hari
6	Toko	(1 - 2) m ³ /unit/hari
7	Rumah Makan	1 m ³ /unit/hari
8	Hotel/Losmen	(100 - 150) m ³ /unit/hari
9	Pasar	(6 - 12) m ³ /unit/hari
10	Industri	(0,5 - 2) m ³ /unit/hari
11	Pelabuhan/Terminal	(10 - 20) m ³ /unit/hari
12	SPBU	(5 - 20) m ³ /unit/hari
13	Pertamanan	25 m ³ /unit/hari

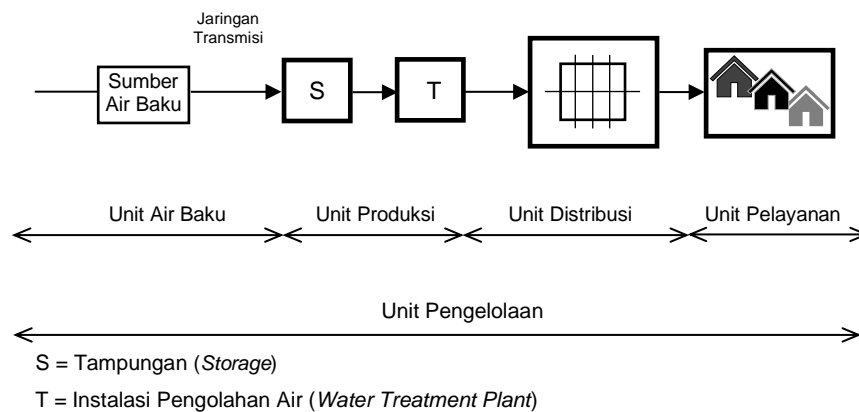
Sumber : SK-SNI Air Minum 2001

2.4 Sistem Penyediaan Air Minum

Sistem distribusi air bersih adalah sistem yang langsung berhubungan dengan konsumen, yang mempunyai fungsi pokok mendistribusikan air yang telah memenuhi syarat ke seluruh daerah pelayanan. Sistem ini meliputi unsur sistem perpipaan dan perlengkapannya, hidran kebakaran, sistem pemompaan (bila diperlukan) dan reservoir distribusi.

Sistem penyediaan air bersih harus dapat menyediakan jumlah air yang cukup untuk kebutuhan yang diperlukan. Peraturan Pemerintah No. 16 Tahun 2005 tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum menyebutkan bahwa sistem penyediaan air minum terdiri dari:

1. Unit Air baku
2. Unit Produksi
3. Unit Distribusi
4. Unit Pelayanan



Gambar 1. Skematik Sistem Penyediaan Air Minum

1. **Unit Air Baku.** Dapat terdiri dari bangunan penampungan air, bangunan pengambilan/penyadapan, alat pengukuran dan peralatan pemantauan, sistem pemompaan dan bangunan sarana pembawa serta perlengkapannya. Unit air baku, merupakan sarana pengambilan dan penyediaan air baku. Air baku wajib memenuhi baku mutu yang ditetapkan untuk penyediaan air minum sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

2. Unit Produksi. Merupakan prasarana dan sarana yang dapat digunakan untuk mengolah air baku menjadi air minum melalui proses fisik, kimiawi dan biologi. Unit produksi dapat terdiri dari bangunan pengolahan dan perlengkapannya, perangkat operasional, alat pengukuran dan peralatan pemantauan, serta bangunan penampungan air minum.
3. Unit Distribusi. Terdiri dari sistem perpompaan, jaringan distribusi, bangunan penampungan, alat ukur dan peralatan pemantauan. Unit distribusi wajib memberikan kepastian kuantitas, kualitas air dan kontinuitas pengaliran yang memberikan jaminan pengaliran 24 jam per hari.
4. Unit pelayanan. Terdiri dari sambungan rumah, hidran umum dan hidran kebakaran. Untuk mengukur besaran pelayanan pada sambungan rumah dan hidran harus dipasang alat ukur berupa meter air. Untuk menjamin keakurasiannya, meter air wajib ditera/kalibrasi secara berkala oleh instansi yang berwenang.
5. Unit pengolahan. Terdiri dari pengolahan teknis dan pengolahan nonteknis. Pengolahan teknis terdiri dari kegiatan operasional, pemeliharaan dan pemantauan dari unit baku, unit produksi dan unit distribusi. Sedangkan pengelolaan nonteknis terdiri dari administrasi dan pelayanan.

Sistem penyediaan air minum harus dapat menyediakan jumlah air yang cukup untuk kebutuhan yang diperlukan. Unsur-unsur sistem terdiri dari sumber air, fasilitas penyimpanan, fasilitas transmisi ke unit pengolahan, fasilitas pengolahan, fasilitas transmisi dan penyimpanan dan fasilitas distribusi.

Pada pengembangan sistem penyediaan air bersih, hal yang penting adalah kuantitas dan kualitas air. Hal tersebut dapat dijelaskan pada Tabel 3.

Tabel 3. Unsur Fungsional dalam Sistem Penyediaan Air Bersih

Unsur Fungsional	Prinsip Perencanaan (Primer/Sekunder)	Keterangan
Sumber Air	Kuantitas/ Kualitas	Sumber –sumber air permukaan dari sungai, danau, mata air (air tanah).
Prasedimentasi	Kuantitas/ Kualitas	Fasilitas yang dipergunakan untuk penyimpanan air permukaan biasanya terletak pada atau dekat sumber.
Transmisi	Kuantitas/ Kualitas	Fasilitas penyaluran air dari penyimpanan dan pengolahan.
Pengolahan	Kuantitas/ Kualitas	Fasilitas untuk merubah kualitas air.
Transmisi dan Penampungan	Kuantitas/ Kualitas	Fasilitas penyaluran air pengolahan koreservoir distribusi.
Distribusi	Kuantitas/ Kualitas	Fasilitas pendistribusian air ke sambungkonsumen.

Sumber: Unit Air Baku dalam Sistem Penyediaan Air Minum, Tri Joko 2010:1

2.5 Persyaratan dalam Penyediaan Air Bersih

1. Persyaratan Kualitas

Persyaratan kualitas menggambarkan mutu dari air baku air bersih. Dalam Modul Gambaran Umum Penyediaan Dan Pengolahan Air Minum Edisi Maret 2003 hal. 4-5 dinyatakan bahwa persyaratan kualitas air bersih adalah sebagai berikut:

a. Persyaratan kimiawi

Air bersih tidak boleh mengandung bahan-bahan kimia dalam jumlah yang melampaui batas. Beberapa persyaratan kimia antara lain: pH (derajat kesadahan), total solid, zat organik, kesadahan, CO₂ agresif, kalsium (Ca), besi (Fe), mangan (Mn), tembaga (Cu), zink (Zn), chloride (Cl), nitrit, flourida (F), serta logam berat.

b. Persyaratan bakteriologis

Air bersih tidak boleh mengandung kuman pathogen dan parasitik yang mengganggu Kesehatan. Persyaratan bakteriologis ini ditandai dengan tidak ada nya bakteri E. coli atau fecal coli dalam air.

c. Persyaratan radioaktifitas

Persyaratan radioaktifitas mensyaratkan bahwa air bersih tidak boleh mengandung zat yang menghasilkan bahan-bahan yang mengandung radioaktif, seperti sinar alfa, beta dan gamma.

2. Persyaratan Kuantitas (Debit)

Persyaratan kuantitas dalam penyediaan air bersih adalah ditinjau dari banyaknya air baku yang tersedia. Artinya air baku tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan sesuai dengan kebutuhan daerah dan jumlah penduduk yang akan dilayani. Persyaratan kuantitas juga dapat ditinjau dari standar debit air bersih yang dialirkan ke konsumen sesuai dengan jumlah kebutuhan air bersih. Dimana kebutuhan air bersih masyarakat bervariasi, tergantung pada letak geografis, kebudayaan, tingkat ekonomi, dan skala perkotaan tempat tinggalnya

3. Persyaratan Kontinuitas

Air baku untuk air bersih harus dapat diambil terus menerus dengan fluktuasi debit yang relatif tetap, baik musim kemarau maupun musim hujan. Kontinuitas juga dapat diartikan bahwa air bersih harus tersedia 24 jam per hari, atau setiap saat pada waktu dibutuhkan. Akan tetapi kondisi ideal tersebut hampir tidak dapat dipenuhi pada wilayah di Indonesia, sehingga untuk menentukan tingkat kontinuitas pemakaian air dapat dilakukan dengan cara pendekatan aktivitas konsumen terhadap prioritas pemakaian air.

4. Persyaratan Tekanan

Konsumen memerlukan sambungan air dengan tekanan yang cukup, dalam arti dapat dilayani dengan jumlah air yang diinginkan setiap saat. Untuk menjaga tekanan akhir pipa di seluruh daerah layanan, pada titik awal distribusi diperlukan tekanan yang lebih tinggi untuk mengatasi kehilangan tekanan karena gesekan, yang tergantung kecepatan aliran, jenis pipa, diameter pipa, dan jarak jalur pipa tersebut. Dalam pendistribusian air, untuk dapat menjangkau seluruh area pelayanan dan untuk memaksimalkan tingkat pelayanan maka hal wajib untuk diperhatikan adalah sisa tekanan air. Menurut standar dari DPU, air yang dialirkan ke konsumen melalui pipa transmisi dan pipa distribusi, dirancang untuk dapat melayani konsumen hingga yang terjauh, dengan tekanan air minimum sebesar 10

mka atau 1 atm. Angka tekanan ini harus dijaga, idealnya merata pada setiap pipa distribusi. Jika tekanan terlalu tinggi akan menyebabkan pecahnya pipa, serta merusak alat-alat *plumbing* (kloset, urinoir, faucet, lavatory, dll). Tekanan juga dijaga agar tidak terlalu rendah, karena jika tekanan terlalu rendah maka akan menyebabkan terjadinya kontaminasi air selama aliran dalam pipa distribusi. (Agustina, 2007)

2.6 Proyeksi Jumlah Penduduk

Proyeksi jumlah penduduk digunakan sebagai dasar untuk dapat menghitung tingkat kebutuhan air bersih pada masa mendatang. Data yang diperlukan adalah data jumlah penduduk, persentase kenaikan jumlah penduduk rata-rata tiap tahun yang diperoleh dari analisis data jumlah penduduk selama 5 tahun terakhir, dan rata-rata kenaikan jumlah penduduk selama 5 tahun terakhir. Adapun beberapa cara untuk menentukan proyeksi jumlah penduduk sebagai berikut (Hartanto, 2010) :

1. Metode Aritmatik

Proyeksi penduduk dengan metode aritmatik mengasumsikan bahwa jumlah penduduk pada masa depan akan bertambah dengan jumlah yang sama setiap tahun. Formula yang digunakan pada metode proyeksi aritmatik adalah:

$$P_t = P_0(1 + rt) \quad \text{dengan} \quad r = \frac{1}{t} \left(\frac{P_t}{P_0} - 1 \right) \quad (1)$$

dimana:

P_t = Jumlah penduduk pada tahun t ,

P_0 = Jumlah penduduk pada tahun dasar,

r = Laju pertumbuhan penduduk,

t = Periode waktu antara tahun dasar dan tahun t (dalam tahun).

2. Metode Geometrik

Proyeksi penduduk dengan metode geometric menggunakan asumsi bahwa jumlah penduduk akan bertambah secara geometrik menggunakan dasar perhitungan bunga majemuk. Laju pertumbuhan penduduk (*rate of growth*) dianggap sama untuk setiap tahun. Adapun formula yang digunakan pada metode geometrik:

$$P_t = P_0 (1 + r)^t \text{ dengan } r = \left(\frac{P_t}{P_0} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \quad (2)$$

dimana:

P_t = Jumlah penduduk pada tahun t ,

P_0 = Jumlah penduduk pada tahun dasar,

r = Laju pertumbuhan penduduk,

t = Periode waktu antara tahun dasar dan tahun t (dalam tahun).

3. Metode Eksponensial

Metode eksponensial menggambarkan pertambahan penduduk yang terjadi secara sedikit-sedikit sepanjang tahun, berbeda dengan metode geometrik yang mengasumsikan bahwa pertambahan penduduk hanya terjadi pada satu saat selama kurun waktu tertentu. Adapun formula yang digunakan pada metode eksponensial ini adalah:

$$P_t = P_0 \cdot e^{rt} \text{ dengan } r = \left(\frac{P_t}{P_0} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \quad (3)$$

dimana:

P_t = Jumlah penduduk pada tahun t ,

P_0 = Jumlah penduduk pada tahun dasar,

r = Laju pertumbuhan penduduk,

t = Periode waktu antara tahun dasar dan tahun t (dalam tahun).

e = Bilangan pokok sistem logaritma narutal (ln) yang besarnya
2,7182818

4. Pemilihan Metode Proyeksi Penduduk

Pemilihan metode proyeksi dapat dilakukan secara statistik yaitu dengan menggunakan uji standar deviasi dan koefisien korelasi (r). Penggunaan koefisien korelasi dimaksudkan untuk menunjukkan tingginya derajat hubungan antara dua variabel, maka dari itu nilai koefisien korelasi harus mendekati 1, sedangkan standar deviasi digunakan untuk menghomogenkan data, maka dari itu nilai standar deviasi dipilih nilai yang paling kecil (Yusuf, 2005).

2.7 Kehilangan Air (Kebocoran Air)

Secara umum, kehilangan air atau kebocoran air yang terjadi pada suatu sistem jaringan distribusi air bersih dapat dibedakan menjadi dua faktor yaitu :

- a) Kehilangan air akibat faktor teknis:
 - Adanya lubang pada pipa atau sambungannya
 - Pipa pada jaringan distribusi pecah
 - Pemasangan pipa yang kurang baik
- b) Kehilangan air akibat faktor non teknis:
 - Kesalahan pembacaan dan pencatatan meter air
 - Kesalahan pemindahan dan pembuatan rekening air

Kebocoran atau kehilangan air perlu dipertimbangkan dalam proyeksi kebutuhan air agar tidak mengurangi alokasi yang diperhitungkan. Kebocoran atau kehilangan air adalah 20 – 40 % dari kebutuhan domestik + kebutuhan non domestik. Kebocoran juga dapat diperhitungkan terhadap air yang dijual dibandingkan dengan air yang diproduksi. (Udju, 2014)

2.8 Sistem Pengaliran

Distribusi air dapat dilakukan dengan beberapa cara, tergantung kondisi topografi yang menghubungkan sumber air dengan konsumen. Berikut penjelasan dari masing masing sistem pengaliran distribusi air bersih:

1. Secara Gravitasi

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

2. Cara Pemompaan

Pada cara ini pompa digunakan untuk meningkatkan tekanan yang diperlukan untuk mendistribusikan air dari reservoir distribusi ke konsumen. Cara ini digunakan jika daerah pelayanan merupakan daerah yang datar dan tidak ada daerah yang berbukit.

3. Cara Gabungan

Pada cara gabungan, reservoir digunakan untuk mempertahankan tekanan yang diperlukan selama periode pemakaian tinggi dan pada kondisi darurat,

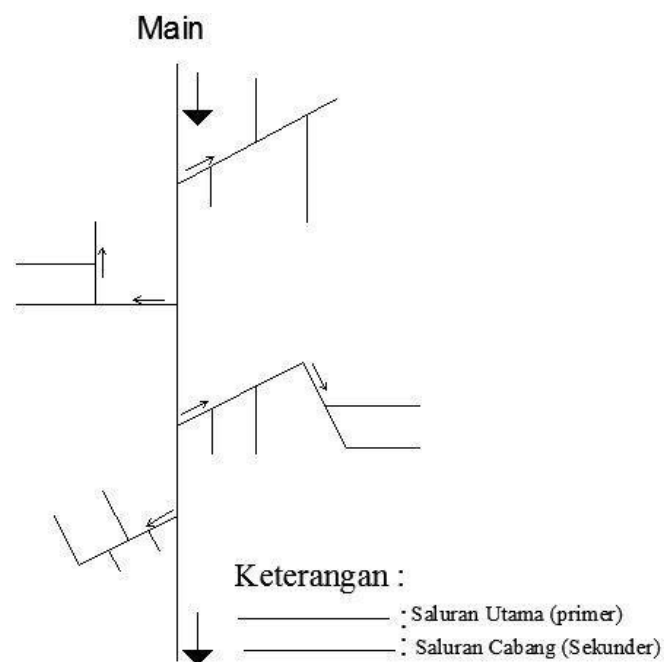
misalnya saat terjadi kebakaran, atau tidak adanya energi. Selama periode pemakaian rendah, sisa air dipompakan dan disimpan dalam reservoir distribusi. Karena reservoir distribusi digunakan sebagai cadangan air selama periode pemakaian tinggi atau pemakaian puncak, maka pompa dapat dioperasikan pada kapasitas debit rata-rata. (Joko, 2010)

2.9 Sistem Jaringan Distribusi

Jaringan distribusi adalah rangkaian pipa yang berhubungan dan digunakan untuk mengaliri air ke konsumen. Tata letak distribusi ditentukan oleh kondisi topografi daerah layanan dan lokasi instalasi pengolahan biasanya diklasifikasikan sebagai (Joko,2010):

1. Sistem Cabang

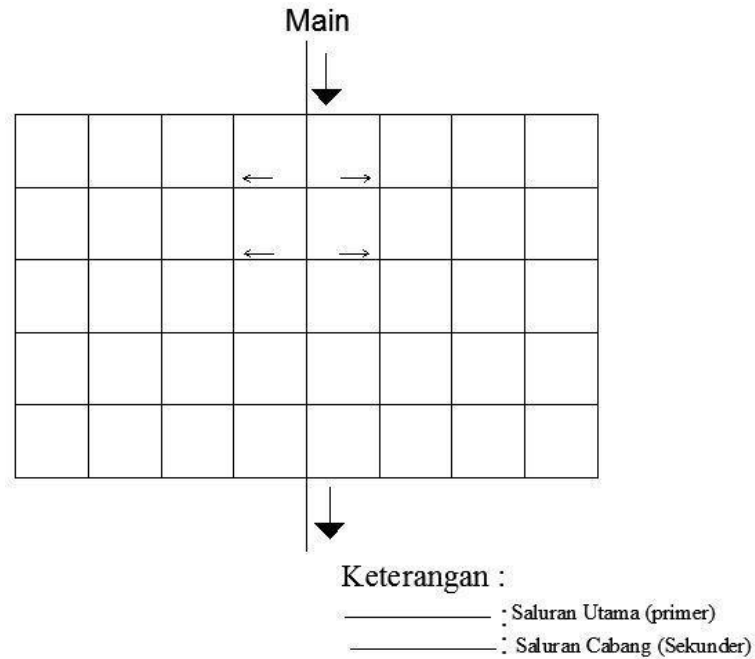
Bentuk cabang dengan jalur buntu (dead-end) menyerupai cabang sebuah pohon. Pipa induk utama tersambung pipa induk sekunder, seperti yang diperlihatkan pada gambar 2 di bawah ini:



Gambar 2. Sistem Cabang

2. Sistem Gridiron

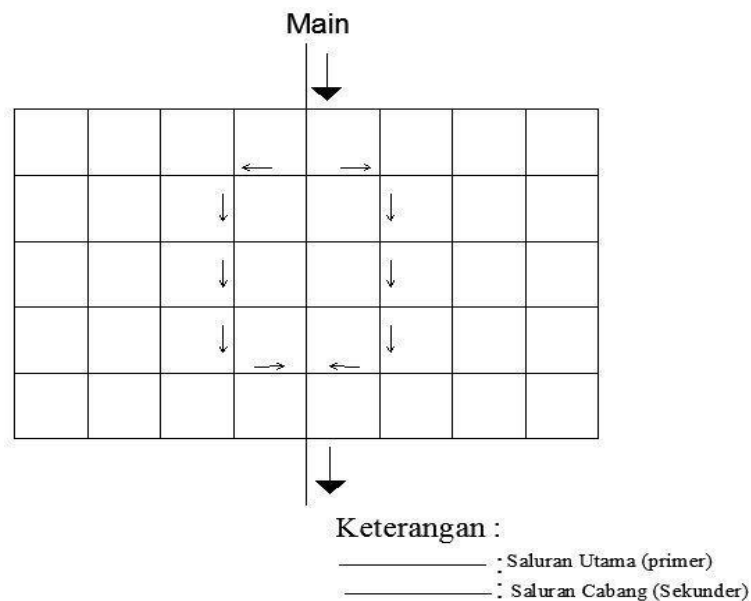
Pipa induk utama dan pipa indu sekunder terletak dalam kotak, dengan pipa induk utama, pipa induk skunder, serta pipa pelayanan utama saling terhubung. seperti yang diperlihatkan pada gambar 3 di bawah ini:



Gambar 3. Sistem Gridiron

3. Sistem Melingkar (loop)

Pipa induk utama terletak mengelilingi daerah layanan. Pengambilan dibagi menjadi dua dan masing-masing mengelilingi batas daerah layanan dan keduanya bertemu kembali di ujung. Di dalam daerah layanan, pipa pelayanan utama terhubung dengan pipa induk utama. Sistem ini paling ideal. seperti yang diperlihatkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 4. Sistem Melingkar

2.10 Perpipaan

Jenis pipa ditentukan berdasarkan material pipanya seperti CI, beton (*concrete*), baja, AC, GI, plastic dan PVC. Kelebihan dan kekurangan pemakaian pipa-pipa tersebut (Joko, 2010):

a. Cast-Iron Pipe

Pipa CI tersedia untuk ukuran panjang 3,7 sampai 5,5 dengan diameter 50 – 900 mm, serta dapat menahan tekanan air hingga 240 m tergantung besar diameter pipa.

b. Concrete Pipe

Pipa beton biasa digunakan jika tidak berada dalam tekanan dan kebocoran pada pipa tidak terlalu dipersoalkan. Diameter pipa beton mencapai 610 mm. Pipa RCC digunakan untuk diameter lebih dari 2,5 m dan bisa didesain untuk tekanan 30 m.

c. Steel Pipe

Pipa baja digunakan untuk memenuhi kebutuhan pipa yang berdiameter besar dan bertekanan tinggi. Pipa ini dibuat dengan ukuran dan diameter standar. Pipa baja kadang-kadang dilindungi dengan lapisan mortar.

d. Asbestos-Cement Pipe

Pipa ini dibuat dengan mencampurkan serat asbes dengan semen pada tekanan tinggi. Diameternya berkisar 50 -90 mm dan dapat menahan tekanan antara 50 – 250 mka tergantung kelas dan tipe pembuatan.

e. Galvanised- Iron Pipe

Pipa GI banyak digunakan untuk saluran dalam gedung. Tersedia untuk ukuran diameter 60 – 750 mm.

f. Plastic Pipe

Pipa plastik memiliki banyak kelebihan, seperti tahan terhadap korosi, ringan dan murah. Pipa Polytene tersedia dalam warna hitam. Pipa ini lebih tahan terhadap bahan kimia, kecuali asam nitrat dan asam kuat, lemak dan minyak. Pipa plastik terdiri atas 2 (dua) tipe:

1) *Low-Density Polytene Pipe.*

Pipa ini lebih fleksibel, diameter yang tersedia mencapai 63 mm, digunakan untuk jalur panjang, dan tidak cocok untuk penyediaan air minum dalam gedung.

2) *High-Density Polytene Pipe.*

Pipa ini lebih kuat dibandingkan Low-Density Polytene Pipe. Diameter pipa berkisar antara 16– 400 mm.

Pipa plastik tidak bisa memenuhi standar lingkungan, yaitu jika terjadi kontak dengan bahan-bahan seperti bahan organik, beton, ester, alkohol, dan sebagainya.

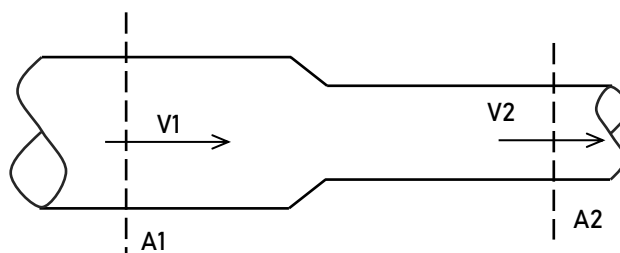
g. PVC Pipe (Unplasticised)

Kekurangan pipa PVC (Polivinyl Chloride) adalah tiga kali kekuatan pipa polythene biasa. Pipa PVC lebih kuat dan dapat menahan tekanan lebih tinggi. Sambungan lebih mudah dibuat dengan cara las. Pipa PVC tahan terhadap asam organik, alkali dan garam, senyawa organik, serta korosi. Pipa ini banyak digunakan untuk penyediaan air dingin di dalam maupun di luar sistem penyediaan air minum, sistem pembuangan, dan drainase bawah tanah. Pipa PVC tersedia dalam ukuran yang bermacam-macam.

2.11 Teori Yang Digunakan dalam Analisis Data

1. Hukum Kontinuitas

Apabila zat cair tak kompresible mengalir secara kontinyu melalui pipa atau saluran, dengan tampang aliran konstan ataupun tidak konstan, maka volume zat cair yang lewat tiap satuan waktu adalah sama disemua tampang. Keadaan ini disebut dengan hukum kontinuitas aliran zat cair.



Gambar 5. Saluran Pipa dengan Diameter Berbeda

$$Q_{\text{masuk}} = Q_{\text{keluar}}$$

$$V_1 A_1 = V_2 A_2 \tag{4}$$

atau

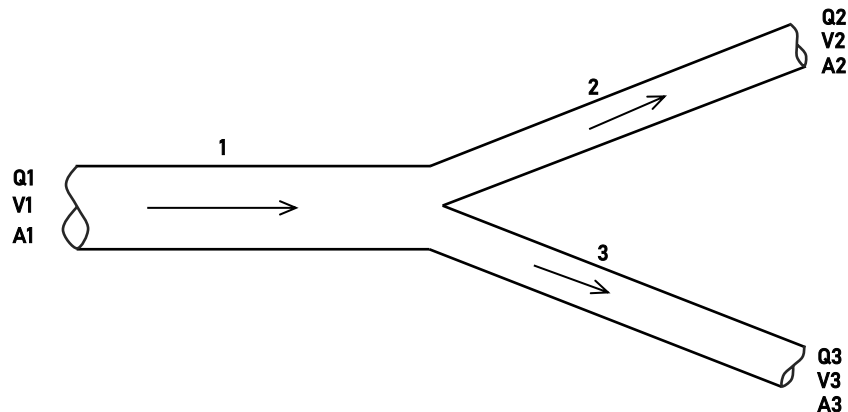
$$Q = A \cdot V = \text{konstan}$$

Dimana:

$V_1 A_1$ = Volume zat cair yang masuk di penampang 1 tiap satuan waktu

$V_2 A_2$ = Volume zat cair yang masuk di penampang 2 tiap satuan waktu

Untuk pipa bercabang berdasarkan persamaan kontinuitas, debit aliran yang menuju titik cabang harus sama dengan debit yang meninggalkan titik tersebut. (Triatmodjo, 1995)



Gambar 6. Persamaan Kontinuitas pada Pipa Bercabang

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \quad (5)$$

atau

$$A_1 V_1 = A_2 V_2 + A_3 V_3$$

2. Kecepatan Aliran

Nilai kecepatan aliran dalam pipa yang diijinkan adalah 0,3-0,25 m/detik pada jam puncak. Kecepatan yang terlalu kecil menyebabkan endapan yang ada dalam pipa tidak dapat terdorong. Selain itu pemborosan biaya, karena diameter pipa besar, sedangkan pada kecepatan terlalu tinggi mengakibatkan pipa cepat rusak dan mempunyai headloss yang tinggi, sehingga biaya pembuatan reservoir naik. Untuk menentukan kecepatan aliran dalam pipa digunakan rumus kontinuitas (Triatmodjo, 2008).

$$Q = A \cdot V = \frac{1}{4} \pi D^2 \cdot V \quad (6)$$

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

Dimana:

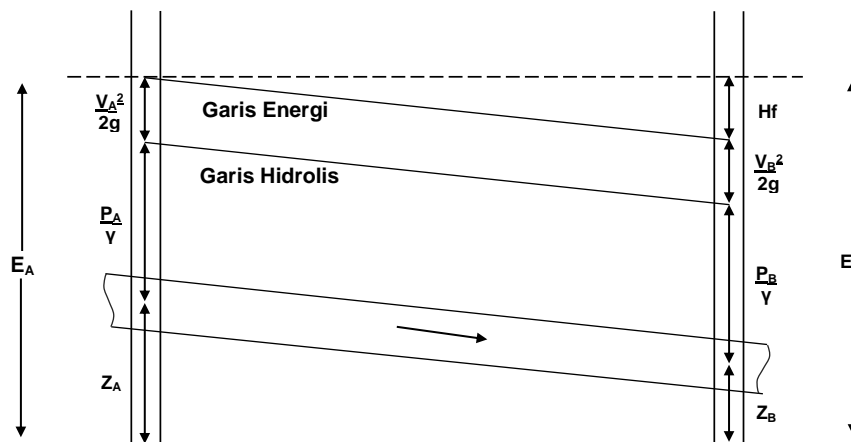
Q = Debit Aliran ($m^3/detik$)

V = Kecepatan Aliran ($m/detik$)

D = Diameter Pipa (m)

3. Sisa Tekan

Menurut (Triatmodjo, 1995) pada zat cair mengalir di dalam bidang batas (pipa, saluran terbuka atau bidang datar) akan terjadi tegangan geser dan gradien kecepatan pada seluruh medan aliran karena adanya kekentalan. Tegangan geser tersebut akan menyebabkan kehilangan tenaga selama pengaliran.



Gambar 7. Garis Energi dan Hidrolis pada Zat Cair

Persamaan Bernoulli:

$$Z_A + \frac{P_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} = Z_B + \frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + H_f \quad (7)$$

Apabila pipa mempunyai penampang konstan, maka $V_A = V_B$, dan persamaan diatas dapat ditulis dalam bentuk yang lebih sederhana untuk kehilangan tenaga akibat gesekan.

$$H_f = \left(Z_A + \frac{P_A}{\gamma} \right) - \left(Z_B + \frac{P_B}{\gamma} \right)$$

Dimana:

Z_A	= Elevasi Pipa 1 dari datum (m)	P_A	= Tekanan di titik 1 (m)
Z_B	= Elevasi Pipa 2 dari datum (m)	P_B	= Tekanan di titik 2 (m)
V_A	= Kecepatan aliran di titik 1 (m)	g	= Gravitasi ($9,81 = m/dt^2$)
V_B	= Kecepatan aliran di titik 2 (m)	γ	= Berat jenis air (kg/m^3)
H_f	= <i>Head Loss</i> (m)		

4. Kehilangan Tekanan Air

Menurut (Triadtmadja, 2016) dalam perjalanan sepanjang pipa, air mengalami kehilangan energi. Kehilangan tekanan (H_f) disebabkan antar lain oleh gesekan atau friksi antara fluida dengan dinding pipa. Kehilangan tekanan ada dua macam:

a. Mayor Losses

Mayor losses adalah kehilangan tekanan sepanjang pipa lurus.

Perhitungan menggunakan:

1) Persamaan Hazen-Williams

Persamaan ini sangat dikenal di USA. Persamaan kehilangan energi sedikit lebih sederhana karena koefisien kehilangan (CHW)-nya tidak berubah terhadap angka Reynold. Persamaan ini hanya bisa digunakan untuk air.

$$H_f = \frac{Q^{1,85}}{(0,2785.D^{2,63}.C)^{1,85}} \times L \quad (8)$$

Dimana:

H_f = Mayor Losses sepanjang pipa lurus (m)

L = Panjang Pipa (m)

Q = Debit (m³/detik)

D = Diameter Pipa (m)

C = Konstanta Hazen William

Tabel 4. Koefisien Kekasaran Pipa Hazen-Williams

Material	C Factor Low	C Factor High
Asbestos-Cemment	140	140
Cast Iron	100	140
Cemment-Mortar Lined Ductiole Iron Pipe	140	140
Concrete	100	140
Copper	130	140
Steel	90	110
Galvanized Iron	120	120
Polyethylene	140	140
Polyvinly Chloride (PVC)	130	130
Fibre- Reinforced Plastic (FRP)	150	150

Sumber: Ahlul, 2016

2) Persamaan Darcy Weisbach

Kehilangan energi utama sepanjang pipa karena gesekan menurut Darcy Weisbach di berikan persamaan:

$$H_f = f \frac{L.V^2}{D.2g} \quad (9)$$

Dimana:

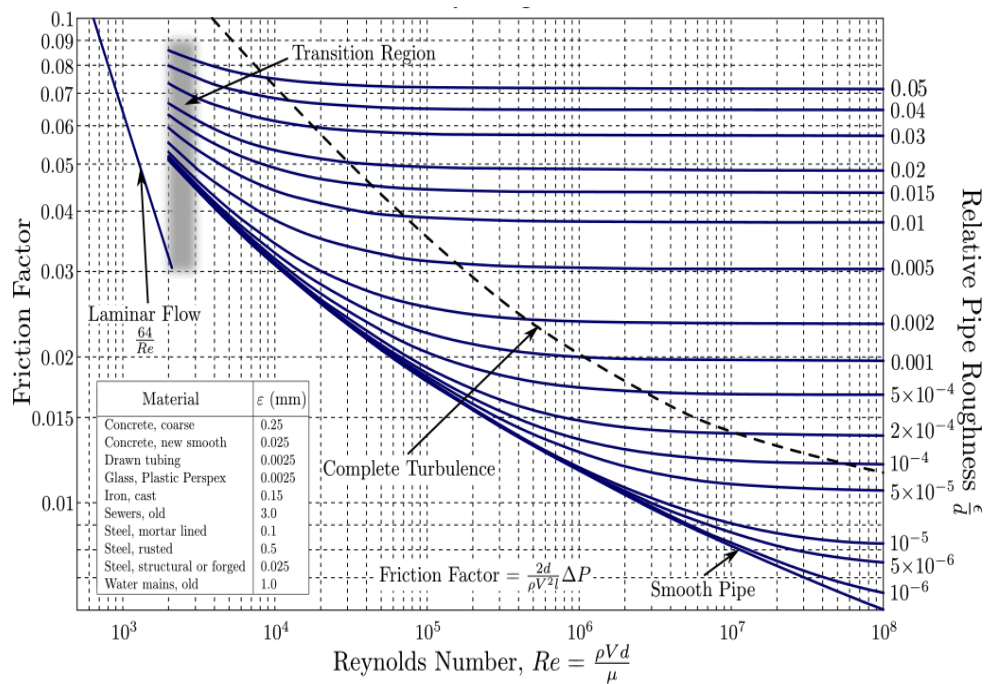
H_f = Kehilangan energi (m)

f = Koefisien gesek (Darcy)

V = Kecepatan aliran air (m/detik)

g = Percepatan gravitasi (9,81 m/dt²)

Harga f dapat dihitung dengan menggunakan grafik Moody, dimana menghubungkan kekasaran relatif (ϵ/d), angka Reynold (Re), dan koefisien kekasaran (f).



Gambar 8. Diagram Moody

Harga diameter kekasaran pipa yang biasa digunakan untuk jaringan air bersih diperlihatkan pada Tabel 6.

Tabel 5. Diameter Kekasaran (e) beberapa Bahan (Material) Pipa Baru

Material	Minimum (e) mm	Maksimum (e) mm	Rerata(e) mm
Asbestos cement (asbes semen)	0,0015	0,0015	0,0015
<i>Brass</i> (tembaga)	0,0015	0,0015	0,0015
<i>Brick</i> (batu bata)	0,6	0,6	0,6
<i>Cast iron, new</i> (besi tuang, baru)	0,2	5,5	0,25
<i>Concrete</i>	0,3	3,0	1,7
<i>Steel forms</i> (cetak dengan baja)	0,18	0,18	0,18
<i>Wooden forms</i> (cetak dengan kayu)	0,6	0,6	0,6
<i>Centrifugally spun</i>	0,36	0,36	0,36
<i>Cement</i>	0,4	1,2	0,8
<i>Copper</i>	0,0015	0,9	0,45
<i>Corrugated metal</i>	45	45	45
<i>Galvanized iron</i>	0,1	4,6	2,4
<i>Glass</i>	0,0015	0,0015	0,0015
<i>Lead</i>	0,0015	0,0015	0,0015
<i>Plastic</i>	~0	0,0015	0,0015

Sumber: Triatmadja, 2016

b. Minor Losses

Minor Losses adalah kehilangan tekanan yang terjadi pada tempat yang memungkinkan adanya perubahan karakteristik aliran, misalnya belokan *valve* dan lain-lain.

$$H_{fmin} = K \frac{V^2}{2g} \quad (10)$$

Dimana:

K = Konstanta kontraksi untuk setiap jenis pipa berdasarkan karakteristik pipa

V = Kecepatan aliran (m/dtk)

g = Percepatan gravitasi (m/dtk²)

2.12 Program Waternet

Program ini dirancang untuk melakukan simulasi aliran air atau fluida lainnya (bukan gas) dalam pipa, baik dengan jaringan tertutup (loop) maupun jaringan terbuka dan sistem pengaliran (distribusi) fluida dapat menggunakan sistem gravitasi, sistem pompanisasi maupun keduanya. WaterNet dirancang dengan memberikan banyak kemudahan sehingga pengguna dengan pengetahuan minimal tentang jaringan distribusi (aliran dalam pipa) dapat menggunakannya juga. Input data dibuat interaktif sehingga memudahkan dalam simulasi jaringan dan memperkecil kesalahan penggunaan saat menggunakan WaterNet. Hasil hitungan yang tidak dapat diedit, ditampilkan dan dilindungi agar tidak diedit oleh pengguna. Secara umum pointer mouse akan menunjukkan karakteristik apakah data dapat diubah, diganti atau tidak.

Fasilitas WaterNet dibuat agar proses editing dan analisa pada perancangan dan optimasi jaringan distribusi air dapat dilakukan dengan mudah. Output WaterNet dibuat dalam bentuk database, text maupun grafik yang memudahkan pengguna untuk selanjutnya memprosesnya langsung menjadi hardcopy atau proses lebih lanjut dengan program lain yang menyeluruh.

Kemampuan dan fasilitas WaterNet dalam simulasi jaringan pipa secara garis besar adalah sebagai berikut:

1. Menghitung debit dan tekanan di seluruh jaringan pipa pada setiap *node* yang merupakan titik dengan elevasi tidak berubah dengan instalasi reservoir, pompa, katup dan tangki.
2. Menghitung *demand* atau air yang dapat diambil pada sebuah *node* jika tekanan pada *node* tersebut telah ditentukan.
3. Fasilitas pompa dengan persamaan Q-11 (debit terhadap *head*) mengikuti persamaan daya tetap (*constant power*), parabola (satu titik) dan parabola (3 titik). Fasilitas pompa dilengkapi dengan waktu saat pompa bekerja (*on*) dan tidak bekerja (*off*). Pompa dapat diatur penggunaan waktunya pada jam-jam tertentu oleh pengguna, atau bekerja terus sepanjang simulasi. Pompa juga dapat diatur sistem kerjanya berdasar elevasi tangki yang disuplai, sehingga pompa secara otomatis tidak bekerja pada saat tangki telah penuh dan bekerja

kembali saat tangki hampir kosong.

4. Fasilitas *default* diberikan untuk memudahkan pengguna dalam *input* data. Data *default* akan digunakan untuk setiap pipa, pompa, *node* yang ditentukan oleh pengguna.
5. Fasilitas pustaka untuk kekasaran pipa dan kehilangan tinggi tenaga sekunder. Fasilitas ini mempermudah pengguna untuk menentukan atau memperkirakan nilai diameter kekasaran pipa serta kehilangan tinggi tenaga sekunder disetiap belokan, sambungan dan lain-lain.
6. Fasilitas katup PRV (*Pressure Reducing Valve*), FCV (*Flow Control Valve*), PBV (*Pressure Breaking Valve*) dan TCV (*Throttling Control Valve*) yang sangat diperlukan oleh jaringan pipa.
7. Fasilitas tipe aliran BERUBAH yang sangat berguna untuk simulasi perubahan elevasi di dalam tangki akibat fluktuasi pemakaian air oleh masyarakat yang dipengaruhi oleh jumlah pemakaian air berdasarkan jam- jaman. Pada akhirnya, fasilitas ini dapat digunakan untuk menghitung volumetangki yang optimal serta menguji kinerja jaringan untuk debit yang fluktuatif. Pengguna dapat memeriksa tinggi tekanan dan debit di setiap *node*, serta debit dan kecepatan aliran di setiap pipa, untuk mengoptimalkan jaringan. Fasilitas tipe aliran BERUBAH menghitung distribusi aliran dan tekanan di seluruh jaringan pipa setiap *time step* (interval waktu) 60 menit, 30 menit, 15 menit dan 6 menit.
8. Fluktuasi kebutuhan air di setiap *node* dapat ditentukan oleh pengguna. Fasilitas ini membuat simulasi jaringan distribusi menjadi lebih realistis karena kebutuhan setiap *node* dapat dibuat sesuai dengan kebutuhan sebenarnya pada lokasi perencanaan, misalnya kebutuhan air untuk perumahan, pabrik, rumah sakit, sekolah, hidran kebakaran dan lain-lain yang berbeda setiap jamnya.
9. Fasilitas *Editing* dalam bentuk grafik interaktif sangat memudahkan pengguna dalam merencanakan jaringan pipa. Fasilitas ini meliputi menggambar dan menentukan pipa, baik arah maupun hubungan(sambungan) antara pipa satu dengan pipa lainnya dalam jaringan, menentukan letak pompa, reservoir, tangki dan katup. Menghapus pipa, reservoir, tangki dan katup yang tidak dikehendaki. Fasilitas notasi *node* dan pipa yang memudahkan pengguna

mengikat lokasi yang dimaksud dan secara sepintas melihat data jaringan maupun hasil hitungan. Editing dapat juga dilakukan dengan berfokus pada tabel misalnya tabel data *node* atau pipa. Pada saat yang sama lokasi yang diedit pada tabel ditunjukkan pada gambar jaringan pipa. Dengan demikian pengguna dapat mengenali pipa atau *node* yang sedang diedit dan bukan sekedar berhadapan dengan angka-angka seperti nomor *node* dan pipa.

10. Hasil hitungan secara keseluruhan dapat ditampilkan dengan fasilitas lain baik dalam bentuk grafik maupun tabel. WaterNet menyediakan fasilitas untuk untuk menampilkan grafik tekanan, kebutuhan maupun perubahan elevasi atau kedalaman dalam tangki serta fasilitas untuk menampilkan hasil dalam tabel berformat *text*. Hasil tampilan tersebut akan dengan mudah dianalisis, dan jika hasil menunjukkan bahwa jaringan belum memuaskan, jaringan dapat dengan mudah diedit lagi.
11. Fasilitas mengubah posisi *node* dan pipa yang tidak diinginkan dapat dilakukan dengan sangat mudah mengikuti gambar peta yang ada. Dalam hal ini, jika penggambaran pipa dipilih dengan tipe skalatis (pilihan diberikan oleh WaterNet), maka perpindahan *node* juga merupakan perubahan panjang pipa yang berhubungan dengan *node* tersebut.
12. Fasilitas penggambaran secara skalatis juga merekam panjang pipa, baik pipa lurus maupun belok, berdasarkan koordinat x,y,z. Maksudnya, panjang pipa dihitung berdasarkan lokasi x,y serta ketinggian atau elevasi kedua ujung pipa.
13. Fasilitas *Link Importance* sangat dibutuhkan untuk melihat tingkat layanan tiap pipa terhadap keseluruhan jaringan sehingga jumlah pipa dalam suatu jaringan distribusi dapat dihemat (dikurangi), atau sebaliknya, jika *Link Importance* dari sebuah pipa terlalu tinggi maka perlu dipikirkan kemungkinan pipa paralel.
14. Kontur dapat dibuat berdasarkan peta kontur topografi yang dapat mempermudah input elevasi *node* mengikuti kontur yang dibuat.
15. Masih banyak fasilitas lain yang tersedia yang dirasakan sangat membantu dalam usaha menghitung dan merencanakan jaringan distribusi air atau fluida dalam pipa.