

SKRIPSI

**TINJAUAN PERENCANAAN PENGEMBANGAN JARINGAN
PERPIPAAN DISTRIBUSI AIR BERSIH DAERAH LAYANAN
WILAYAH TIMUR KOTA MAKASSAR**

Disusun dan diajukan oleh:

ILHAM

D011 20 1095



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

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

TINJAUAN RENCANA PENGEMBANGAN JARINGAN PERPIPAAN DISTRIBUSI AIR BERSIH DAERAH LAYANAN WILAYAH TIMUR KOTA MAKASSAR

Disusun dan diajukan oleh

ILHAM
D011 20 1095

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada tanggal 4 Desember 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Ketua Program Studi,



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

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Eng. Ir. Mukhsan Putra Hatta ST., MT.
NIP: 197305121999031002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Ilham
NIM : D011201095
Program Studi : Teknik Sipil
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

{ Tinjauan Perencanaan Pengembangan Jaringan Perpipaan Distribusi Air Bersih
Daerah Layanan Wilayah Timur Kota }

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, 04 Desember 2024

Yang Menyatakan



ABSTRAK

ILHAM. *Tinjauan Perencanaan Pengembangan Jaringan Perpipaan Distribusi Air Bersih Daerah Layanan Wilayah Timur Kota Makassar (Dr.Eng.ir. Mukhsan Putra Hatta, ST., MT.)*

Wilayah timur Kota Makassar yang meliputi kecamatan Tamalanrea dan kecamatan Biringkanaya mengalami laju pertumbuhan penduduk dan tingginya aktivitas perkotaan sehingga belum dapat memenuhi kebutuhan air bersih bagi masyarakat secara menyeluruh yang menyebabkan kebutuhan air bersih semakin meningkat. Tujuan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui besar debit kebutuhan air di wilayah timur Kota Makassar dan menganalisis kapasitas intake yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode literatur, yang mengumpulkan dan mengolah data tertulis serta data lapangan menggunakan Epanet 2.2. Berdasarkan hasil analisis aritmatik dan geometrik yang telah dilakukan, jumlah penduduk di Kecamatan Tamalanrea dan Kecamatan Biringkanaya pada tahun 2024 diperkirakan mencapai 322.500 jiwa, dan akan meningkat menjadi 344.801 jiwa pada tahun 2033. Berdasarkan proyeksi tersebut, kebutuhan air masyarakat pada tahun 2033 diperkirakan mencapai 870,91 liter per detik. Analisis hidrolis pipa pada software epanet menggunakan pipa STEEL sepanjang 1.217 m dan pipa HDPE sepanjang 18.957 m sehingga panjang pipa rencana sepanjang 20.175 m. Kapasitas intake berdasarkan perhitungan debit andalan diperoleh nilai debit terkecilnya 800 liter per detik. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa kapasitas intake tidak dapat memenuhi debit kebutuhan air di wilayah timur Kota Makassar.

Kata Kunci : Kebutuhan Air, Jaringan Pipa, Epanet 2.2

ABSTRACT

ILHAM. *Review Of The Development Plan Of Clean Water Distribution Piping Network In The Eastern Service Area Of Makassar City* (Dr.Eng.ir. Mukhsan Putra Hatta, ST., MT.)

Planning Review of Clean Water Distribution Piping Network in the Eastern Region of Makassar City Service Area (WP) 2 consists of two sub-districts, namely, Biringkanaya and Tamalanrea sub-districts. In 2023, WP 2 service coverage reached 29%, with the number of active customers amounting to 23,711 SL and for inactive customers amounting to 12,418 SL. Currently WP 2 is served by Panaikang IPA with a supply of 380 Lps. NRW in Makassar City according to Perumdam Makassar City is 48.40% so the water usage in WP 2 is 196 Lps. The average tariff for WP 2 is Rp. 5,505 per m³. Planning methods that include research locations, research data, data analysis methods and research flow charts. In this study, population growth was obtained by arithmetic and geometric analysis in 2024 in Tamalanrea District and Biringkanaya District with data of 322,500 people and assumed for the next 10 years in 2033 with data of 344,801 people and obtained community water demand in 2033 of 870.91 liters per second. This research uses Epanet 2.2 software. The value of pipes to distribute to services with transmission pipes and distribution pipes with a total of 20,175 m. With the review of clean water distribution pipe network planning in the Eastern Region of Makassar City, it can meet and meet the needs of clean water for daily needs.

Keywords: Pipe Network, Population, Clean Water

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
KATA PENGANTAR	1
BAB I PENDAHULUAN	4
1.1 Latar Belakang.....	4
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Ruang Lingkup/Batasan Masalah	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Sistem Penyediaan Air Minum	7
2.2 Penelitian Terkait.....	14
2.3 Kebutuhan Air Baku	16
2.4 Analisis Curah Hujan	19
2.5 Debit Andalan.....	22
2.6 Analisa Hidraulika Pipa	28
2.6.1 Aliran dalam Pipa.....	28
2.6.2 Mekanisme Aliran dalam Pipa.....	29
2.6.3 Kecepatan Aliran.....	30
2.6.4 Hukum Bernoulli	31
2.6.5 Hukum Kontinuitas	32
2.6.6 Persamaan hazen Williams.....	33
2.6.7 Sisa Tekanan.....	34
2.6.8 Jenis Pipa	36
2.7 Analisis jaringan distribusi air dengan software	37
BAB III METODE PENELITIAN	40
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	40
3.2 Metode Penelitian.....	41
3.3 Rancangan Penelitian	42
3.4 Analisis Data	42
3.4.1 Perhitungan Kebutuhan Air	42
3.4.2. Perhitungan Debit Andalan	43
3.5 Kesimpulan dan Rekomendasi	43
3.6 Bagan Alir Penelitian.....	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1 Proyeksi Penduduk	45
4.2 Kebutuhan Air.....	45

4.3 Debit Kebutuhan Rata Harian.....	48
4.4 Analisis Hidrologi.....	50
4.5 Analisa Debit Andalan.....	61
4.6 Elevasi Muka Air tanah.....	57
4.7 Kebutuhan Air Wilayah Timur Kota.....	67
4.8 Kriteria Perencanaan.....	70
4.9 Analisis Pengembangan Jaringan Menggunakan EPANET 2.0.....	80
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	84
5.1 Kesimpulan	84
5.2 Saran	84

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Diagram Alir Sistem Pengolaham Air Minum.....	9
Gambar 2 Cara Polygon Thiessen (Sumber : Sosrodarsono dan Takeda,1987) ...	21
Gambar 3 Cara Garis Isohyet (Sumber : Sosrodarsono dan Takeda,1987)	22
Gambar 4 Pipa Seri	29
Gambar 5 Diagram Energi dan Garis Tekanan (Triadmodjo, 1993)	32
Gambar 6. Peta Wilayah Administrasi Kota Makassar.....	41
Gambar 7. Bagan Alir Penelitian	44
Gambar 8. .Struktur Model F.J. Mock.	59
Gambar 9. Peta Jaringan Pipa Air Minum Berdasarkan Jenis Pipa WP II	61
Gambar 10. Peta Jaringan Pipa Air Minum Berdasarkan Diameter WP II.....	62
Gambar 11. Lokasi Sungai Tallo (DAS Tallo)	70
Gambar 12. DAS yang bermuara di Lokasi Intake.....	70
Gambar 13. Rencana Lokasi WTP dan Bendung Karet.....	74
Gambar 14. Peta Rencana Jaringan Pipa Tahap 1.....	77
Gambar 15. Peta Rencana Jaringan Pipa Tahap 2.....	78
Gambar 16. Rencana Jaringan Pipa Transmisi dan Distribusi Wilayah Pelayanan II Tahap 1 dan Tahap 2.....	79
Gambar 17. Perencanaan Pipa Menggunakan Aplikasi Epanet 2.2.....	80

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Peraturan Menteri Kesehatan	11
Tabel 2 Pemakaian Air minum berdasarkan kategori kota	17
Tabel 3 Standar pemakaian Air Minum berdasarkan Fasilitas	18
Tabel 4 Nilai Koefisien C Hazen Williams.....	34
Tabel 19. Proyeksi Penduduk Per Kelurahan.....	45
Tabel 20 Kriteria Perencanaan Air Bersih	46
Tabel 21. Ringkasan Proyeksi Kebutuhan Air Wilayah Pelayanan 2 (Makassar Timur).....	49
Tabel 5. Data Suhu Udara Rata-rata Sts. Poetere (°C).....	50
Tabel 6. Data Kelembaban Relatif Udara Rata-Rata Sts. Poetere (%)	50
Tabel 7. Data Kecepatan Angin Rata-Rata Sts. Poetere (m/dt)	51
Tabel 8. Data Lama Penyinaran Matahari Rata-Rata Sts. Poetere (jam).....	51
Tabel 9. Data Klimatologi Rata-rata Stasiun Poetere	51
Tabel 10. Perhitungan Evapotranspirasi Stasiun Poetere.....	53
Tabel 11. Data Stasiun Hujan.....	53
Tabel 12. Data Stasiun Hujan Tamangapa Kassi	54
Tabel 13. Data Stasiun Hujan Senre	55
Tabel 14. Data Stasiun Hujan Malino	56
Tabel 15. Data Hujan Wilayah Setengah Bulanan DAS Tallo	57
Tabel 16. Debit Setengah Bulanan DAS Tallo Metode FJ. Mock	60
Tabel 17. Rekapitulasi Debit Setengah Bulanan Untuk DAS Tallo	60
Tabel 18. Debit Andalan Sungai DAS Tallo.....	61
Tabel 22. Elevasi Pipa.....	58
Tabel 23. Panjang Pipa Berdasarkan Jenis Pipa WP II.....	59
Tabel 24. Kapasitas Produksi, Air Terjual, Kehilangan Air, dan Kebutuhan Air Wilayah Pelayanan II Tahun 2023	63
Tabel 25. Penduduk Terlayani, Jumlah Pelanggan, dan Penggunaan Air Bersih Wilayah 2 Tahun 2023	65
Tabel 26. Ringkasan Proyeksi Kebutuhan Air Wilayah Pelayanan 2 (Makassar Timur).....	68
Tabel 27. Kriteria Perencanaan Sektor Air Bersih.....	73
Tabel 28. Rencana Jaringan Pipa Tahap	77
Tabel 29. Rencana Jaringan Pipa Tahap 1	78
Tabel 30. Total Panjang Rencana Jaringan Pipa.....	79
Tabel 31. Data pada tiap Junction	81
Tabel 32. Data pada Tiap Pipa	82

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Pengambilan Data	87
--	----

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 “Studi Pemenuhan Kebutuhan Air baku Sistem Penyediaan Air Minum Instalasi Pengolahan Air Pekkabata” 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. **Bapak Prof Dr.Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST.,MT.,IPM., ASEAN.Eng. .**, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. **Bapak Prof. Dr. H. M Wihardi Tjaronge ST., M.Eng.**, selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. **Bapak Dr. Eng. Ir. Mukhsan Putra Hatta, ST., MT.** Selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penulisan ini.
4. Seluruh dosen Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Seluruh staf dan karyawan Departemen Teknik Sipil, staf dan karyawan Fakultas Teknik serta staf Laboratorium dan asisten Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Yang istimewa penulis pesembahkan kepada :

1. Kedua orang tua tercinta, yaitu ayahanda **Irsan** dan ibu **Hasni**. Dua orang yang sangat berjasa bagi penulis, yang telah merawat dan membimbing penulis dengan penuh cinta sampai saat ini, Terima kasih atas doa, kasih sayang, kepercayaan dan segala dukungan yang telah diberikan, Serta kepada adik saya Nuge dan Athaf yang selalu menemani dan menghibur penulis serta kakak saya Hilal dan Ismi yang selalu memberikan dorongan dan motivasi kepada Penulis.
2. Kepada seseorang yang tak kalah penting kehadirannya, Salah seorang wanita yang merupakan saksi perjalanan penulis selama menjalani perkuliahan ini, dari menjadi Mahasiswa baru hingga menjadi Mahasiswa semester akhir. Yang selalu memberika waktu, tenaga, maupun pikirannya, yang telah mendukung, menghibur, mendengarkan keluh kesah, dan memberikan kepercayaan diri untuk penulis. Terimakasih telah hidup, dan menjadi bagian terpenting dalam hidup penulis.
3. Sahabat yang selalu ada **Eki rebel, Rey mood, Th manis** Dan Kak Agung, Kak ishaq, Kak rafa dan Kak adit disaat penulis membutuhkan serta memberikan semangat, dorongan serta motivasi untuk penulis.
4. Sahabat Penulis sejak sebelum masa perkuliahan, Aldi ,syahdan dan Uga yang telah menemani dan menghibur penulis serta tak henti hentinya memberikan motivasi kepada penulis.
5. Sahabat Penulis dibangku Perkuliahan yang telah membantu penulis dalam segala hal serta memberikan arahan dan masukan yang baik bagi penulis, Teruntuk Frinaltito, Rapal, Baco, Emir, Bulo, Anjas, Nuzul, Riansyah, Apip, Omjol, Elfan yang selalu memberikan aura positif bagi penulis serta dorongan dan motivasi untuk penulis.
6. Sahabat-sahabat penulis lainnya, Farah gendu, Qalbi lilo, Datri bogel, Diva, Wara dan teman teman yang tidak bisa saya sebut namanya satu persatu, terimakasih telah memberikan warna dihidup penulis dan memberikan aura yang positif bagi penulis..

7. Sahabat terhormat saya Demisioner HMS 2022/2023 yang telah memberikan Pelajaran hidup yang sangat berarti bagi penulis, terimakasih telah memberikan pengalaman yang berarti bagi penulis dan semangat yang selalu diberikan.
8. Teman-teman KKNT Gel.111 Kelurahan Bonto Ramba terutama yang sampai sekarang masih setia dan selalu memberikan semangat dan motivasi untuk penulis.
9. Saudara-saudariku ENTITAS 2021, yang banyak memberi Pelajaran dan kenangan selama masa kuliah. *We are the Champion Keep on Fighting Till the End.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air adalah sumber daya alam yang sangat penting untuk kelangsungan hidup semua makhluk hidup. Air juga sangat diperlukan untuk kegiatan industri, perikanan, pertanian dan usaha-usaha lainnya. Air merupakan kebutuhan dasar bagi manusia dan makhluk hidup lainnya, memiliki peran krusial dalam menjaga kelangsungan metabolisme mereka. Pemanfaatan air sebagai air bersih dan air minum, tidak dapat dilakukan secara langsung, akan tetapi membutuhkan proses pengolahan terlebih dahulu agar dapat memenuhi standar sebagai air minum. Pendistribusian air bersih tidak merata, sehingga banyak perumahan belum mendapatkan air bersih. Kekurangan dalam hal kuantitas, kualitas dan kontinuitas air bersih akan mengakibatkan kehidupan menjadi tidak nyaman. Untuk mengatasi hal tersebut dibutuhkan jaringan distribusi air bersih yang baik dan mampu melayani kebutuhan air bersih bagi penduduk di daerah tersebut. Perencanaan tersebut dibuat secara utuh dan membentuk suatu sistem jaringan distribusi air bersih yang terpadu.

Indonesia sebagai salah satu negara berkembang tidak lepas dari permasalahan pemerataan air bersih bagi masyarakatnya. Dalam Undang-Undang RI No 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air, salah satu pokok bahasan yang diatur 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 kepada publik secara rata-rata masih tergolong rendah, hal tersebut dapat dilihat dari presentase daerah cakupan layanan dari PDAM selaku Badan Usaha Pemerintah Daerah yang mengelola pengadaan air minum yang masih rendah.

Sebagai penyelenggara SPAM, sarana yang dikelola oleh PDAM Kota Makassar belum mampu untuk dapat melayani kebutuhan masyarakat perkotaan secara menyeluruh, ditambah dengan laju pertumbuhan penduduk perkotaan yang demikian pesat serta aktivitas perkotaan yang tinggi sehingga pelayanan air bersih

perkotaan yang dikelola PDAM tidak dapat dinikmati oleh sebagian besar masyarakat baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Untuk mengatasi hal tersebut, PDAM Kota Makassar berencana untuk melakukan perluasan akses penduduk untuk memperoleh air minum dengan cara membangun SPAM.

Berdasarkan hal tersebut diperlukan suatu survey dan studi untuk pemenuhan air baku pada SPAM Wilayah Timur Kota Makassar sehingga kebutuhan untuk air minum wilayah studi terpenuhi baik secara kualitas maupun kuantitas serta operasional yang efisien. Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka dilakukan penelitian dengan judul :

“Tinjauan Perencanaan Pengembangan Jaringan Perpipaan Distribusi Air Bersih Daerah Layanan Wilayah Timur Kota Makassar”

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Berapa besar debit kebutuhan wilayah timur kota makassar?
2. Apakah kapasitas intake mampu memenuhi debit kebutuhan air minum wilayah timur kota makassar?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui seberapa besar debit kebutuhan wilayah timur kota makassar
2. Menganalisis kapasitas intake untuk memenuhi debit kebutuhan air minum wilayah timur kota makassar

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah diharapkan hasil dari penelitian ini dapat memberikan gambaran terkait pemenuhan kebutuhan air baku pada Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) khususnya Wilayah Timur Kota Makassar.

1.5 Ruang Lingkup/Batasan Masalah

Agar penelitian berjalan dengan baik dan terarah, maka penulis memberikan Ruang lingkup/batasan masalah dalam melaksanakan penelitian, sebagai berikut:

1. Wilayah Studi

Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Tamalanrea dan Kecamatan Biringkanaya di Kabupaten Kota Makassar Sulawesi Selatan .

2. Ruang Lingkup Materi

Penelitian ini untuk mengetahui besar debit kebutuhan wilayah timur kota makassar dan menganalisa kapasitas intake untuk memenuhi debit kebutuhan air minum wilayah timur kota makassar.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Penyediaan Air Minum

2.1.1 Pengertian Sistem Penyediaan Air Minum

Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) adalah satu kesatuan sistem fisik (teknik) dan non fisik dari prasarana dan sarana air minum. Tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum terdapat beberapa pengertian yaitu:

- a. Air baku untuk air minum rumah tangga, yang selanjutnya disebut air baku adalah air yang dapat berasal dari sumber air permukaan, cekungan air tanah dan/atau air hujan yang memenuhi baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air minum.
- b. Air minum adalah air minum rumah tangga yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum.
- c. Penyediaan air minum adalah kegiatan menyediakan air minum untuk memenuhi kebutuhan masyarakat agar mendapatkan kehidupan yang sehat, bersih, dan produktif.
- d. Sistem penyediaan air minum yang selanjutnya disebut SPAM merupakan satu kesatuan sistem fisik (teknik) dan non fisik dari prasarana dan sarana air minum.
- e. Pelanggan adalah orang perseorangan, kelompok masyarakat, atau instansi yang mendapatkan layanan air minum dari penyelenggara

Sistem penyediaan air minum diawali perencanaan yang matang agar sistem dapat beroperasi secara efektif dan efisien. Komponen-komponen perencanaan sistem penyediaan air minum ini antara lain :

- Kapasitas dan jenis bangunan penyadap di sumber air yang akan dimanfaatkan.
- Lokasi, jenis, dan dimensi perpipaan transmisi.
- Lokasi, jenis, kapasitas dan dimensi dari bangunan pengolahan air.

- Lokasi dan kapasitas reservoir distribusi.
- Lokasi, jenis dan dimensi perpipaan distribusi.

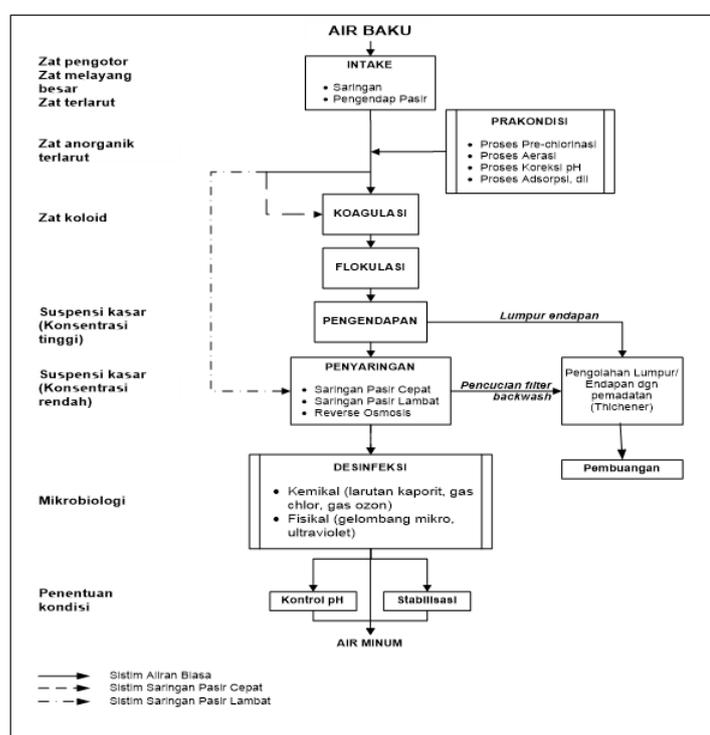
Menurut Permen PU No. 18/PRT/M/2007, Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) merupakan sarana dan prasarana air minum yang meliputi kesatuan fisik (teknis) dan non fisik (non teknis). Aspek teknis terdiri dari unit air baku, unit produksi, unit distribusi, dan unit pelayanan:

a. Unit Air Baku adalah sarana dan prasarana pengambilan dan/atau penyedia air baku, meliputi bangunan penampungan air, bangunan pengambilan/penyadapan, peralatan pengukuran dan pemantauan, sistem pemompaan, dan/atau bangunan pembawa serta kelengkapannya.

b. Unit Produksi adalah sarana dan prasarana yang dapat digunakan untuk mengolah air baku menjadi air minum melalui proses fisik, kimiawi, dan/atau biologi meliputi bangunan pengolahan dan kelengkapannya, perangkat operasional, peralatan pengukuran dan pemantauan, serta bangunan penampungan air minum.

c. Unit Distribusi adalah sarana untuk mengalirkan air minum dari pipa transmisi air minum sampai ke unit pelayanan.

d. Unit Pelayanan adalah sarana untuk mengambil air minum langsung oleh masyarakat yang terdiri dari sambungan rumah, hidran umum, dan hidran kebakaran.



Gambar 1 Diagram Alir Sistem Pengolahan Air Minum

2.1.2 Unit Air Baku

Menurut Peraturan Pemerintah tentang Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM), Unit Air Baku dapat terdiri dari bangunan penampung air, bangunan pengambilan / penyadapan, alat pengukuran atau pemantauan, sistem pengadaan dan / atau sarana pembawa serta perlengkapannya.

A. Sumber Air Baku

Sumber air baku untuk air minum dapat diperoleh dari air permukaan, mata air, air tanah dangkal, air tanah dalam, dll. Khusus untuk air permukaan diperlukan Instalasi Pengolahan Air (IPA) karena rendahnya kualitas air baku air permukaan sehingga memerlukan pengolahan lebih lanjut agar diperoleh air dengan kualitas siap minum.

Jenis-jenis sumber air baku air permukaan yang perlu menggunakan Instalasi Pengolahan Air (IPA) adalah sebagai berikut:

1. Sungai (air permukaan)
2. Waduk/danau/embung
3. Rawa

Sumber air baku tersebut perlu diuji berdasarkan parameter-parameter sebagai berikut :

- 1) Kuantitas Air Baku
- 2) Kualitas Air Baku
 - a) Kualitas Fisik

Parameter kualitas fisik terdiri dari :

- Kekeruhan

Apabila kekeruhan tinggi dalam periode lama maka sebelum air baku diolah perlu ditambahkan bak prasedimentasi untuk mengurangi kekeruhan air baku sehingga kerja IPA lebih optimal.

- Rasa

Apabila air berasa payau atau asin maka cek hasil laboratorium terhadap kandungan Klorida, jika hasil laboratorium tidak ada, lihat nilai EC. Jika nilai EC menunjukkan lebih dari 500 micro S/cm, maka ada salinitas, air tidak dapat digunakan sebagai sumber air minum.

- Warna dan Bau

Jika air ditemukan berbau, maka penyebab timbulnya harus diperiksa. Untuk menjamin kualitas air tersebut dapat digunakan sebagai sumber air, harus dilakukan uji bakteriologis di laboratorium.

b) Kualitas Kimia

Hasil pemeriksaan kualitas kimia apakah memenuhi ketentuan yang telah ditetapkan Departemen Kesehatan.

c) Kualitas Bakteriologi

B. Bangunan Pengambilan Air Baku (Intake)

Jenis bangunan pengambilan air permukaan dibedakan berdasarkan fluktuasi tinggi muka air, yaitu sebagai berikut :

a. Bangunan penyadap (*Intake*) bebas

- Bangunan penyadap (*intake*) bebas digunakan apabila fluktuasi muka air tidak terlalu besar, tinggi muka air cukup untuk dapat masuk inlet.
- Kelengkapan bangunan pada bangunan penyadap (*intake*) bebas adalah saringan sampah, inlet, bangunan pengendap, bangunan sumur.

b. Bangunan penyadap (*Intake*) dengan bendung

- Bangunan penyadap (*Intake*) dengan bendung digunakan apabila apabila tinggi muka air tidak cukup untuk intake bebas.
- Kelengkapan bangunan penyadap (*intake*) dengan bendung adalah saringan sampah, inlet, bangunan sumur, bendung dan pintu bilas.

2.1.3 Unit Produksi/Unit Pengolahan

Unit produksi merupakan prasarana dan sarana yang dapat digunakan untuk mengolah air baku menjadi air minum melalui proses fisik, kimiawi dan biologi. Unit produksi terdiri dari bangunan pengolahan dan perlengkapannya perangkat operasional, alat pengukuran dan peralatan pemantauan serta bangunan penampungan air minum.

Bangunan pengolahan air ini merupakan bangunan proses penjernihan dan perbaikan kualitas air, untuk memenuhi standar konsumsi air minum yang telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492/Menkes/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.

Seperti pada tabel 1 berikut

Tabel 1 Peraturan Menteri Kesehatan

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan		
	a. Parameter Mikrobiologi		
	1) E.Coli	Jumlah per 100 ml sampel	0
	2) Total Bakteri Koliform	Jumlah per 100 ml sampel	0
	b. Kimia an-organik		
	1) Arsen	mg/l	0,01
	2) Fluorida	mg/l	1,5
	3) Total Kromium	mg/l	0,05
	4) Kadmium	mg/l	0,003
	5) Nitrit, (Sebagai NO_2^-)	mg/l	3
	6) Nitrat, (Sebagai NO_3^-)	mg/l	50
	7) Sianida	mg/l	0,07
	8) Selenium	mg/l	0,01
2	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan		
	a. Parameter Fisik		
	1) Bau		Tidak berbau
	2) Warna	TCU	15
	3) Total zat padat terlarut (TDS)	mg/l	500
	4) Kekeruhan	NTU	5
	5) Rasa		Tidak berasa
	6) Suhu	$^{\circ}\text{C}$	suhu udara ± 3
	b. Parameter Kimiawi		
	1) Aluminium	mg/l	0,2
	2) Besi	mg/l	0,3
	3) Kepadatan	mg/l	500
	4) Klorida	mg/l	250
	5) Mangan	mg/l	0,4
	6) pH		6,5-8,5

Unit – unit bangunan pengolahannya sangat tergantung dengan kualitas air baku yang ada.

A. Bak Prasedimentasi

Bak prasedimentasi digunakan untuk proses pengendapan pendahuluan apabila kekeruhan air baku sangat tinggi (≥ 500 NTU).

Pra-Kondisi

Pra-kondisi diperlukan apabila terdapat zat-zat terlarut (zat organik atau anorganik), sehingga diperlukan penambahan proses pengolahan untuk menghilangkan zat-zat terlarut tersebut. Tujuan dari pra-kondisi adalah agar air baku siap untuk masuk proses pengolahan utama.

Prakondisi dapat terdiri dari :

- a) Proses aerasi (menghilangkan Fe dan Mn)
- b) Proses koreksi pH
- c) Proses adsorpsi

B. Koagulasi dan Flokulasi

Koagulasi dan flokulasi merupakan awal proses pengolahan lengkap dan merupakan aspek yang paling penting. Koagulasi dan flokulasi merupakan proses pengolahan air dimana zat padat melayang yang sangat kecil dan zat koloidal dikumpulkan dan membentuk flok-flok dengan cara menambahkan zat-zat kimia, biasanya alum dan soda ash/kapur. Zat tersebut dapat dihilangkan dengan cara pengendapan dan/atau penyaringan. Zat koloidal adalah partikel dengan ukuran antara zat padat terlarut dan zat melayang. Zat yang dapat dihilangkan dengan koagulasi dan flokulasi adalah zat yang menyebabkan kekeruhan dan warna yang umumnya berbentuk partikel koloid.

Koagulasi dan flokulasi dikatakan berhasil apabila pemisahan zat padat secara kimiawi berhasil dan dapat terbentuk flok yang baik.

Pada proses koagulasi zat kimia koagulan dicampur dengan air baku selama beberapa saat hingga merata di suatu reaktor koagulator. Pada proses ini terjadi destabilisasi dari koloid zat padat yang ada di air baku. Keadaan ini menyebabkan tergumpalnya koloid-koloid tersebut menjadi ukuran yang lebih besar.

Proses koagulasi ini dilaksanakan dalam satu tahap dan dalam waktu yang relatif cepat yaitu kurang dari satu menit, sehingga disebut sebagai pengaduk cepat. Dalam proses ini koloid yang terdestabilisasi mengalami tarik menarik

sehingga terjadi gumpalan yang lebih besar. Air yang sudah mengalami proses koagulasi ini dialirkan ke reaktor kedua (flokulator) untuk proses penggumpalan/flokulasi.

Proses penggumpalan di flokulator dilakukan dengan cara pengadukan yang secara bertahap dari kekuatan yang besar kemudian mengecil, supaya flok yang sudah terbentuk tidak mengalami perpecahan kembali.

Bentuk bak flokulasi dibuat dengan multi stage, dimana terdapat minimum 6 tahap (stage) dengan nilai gradien kecepatan menurun dari 70 l/det sampai 20 l/det.

Proses Koagulasi bekerja dengan baik pada kondisi :

1. pH air baku antara 6,5 - 7,5.
2. Energi untuk pencampuran dapat menghasilkan gradien kecepatan G lebih besar dari 750 l/det.
3. Untuk stabilisasi aliran, dicek dengan bilangan Reynold Nre lebih besar 10.000.

Adapun faktor yang sangat berpengaruh dalam proses flokulasi adalah:

- 1) Waktu kontak (td) : 20 - 30 menit
- 2) Gradien kecepatan (G) : 75 - 25 menit

2.1.4 Unit Distribusi

Unit distribusi adalah sarana untuk mengalirkan air minum dari reservoir sampai ke unit pelayanan.

Sistem jaringan pipa distribusi dapat berbentuk cabang (*branch*), sistim tertutup (*loop*) atau kombinasi yang lebih dikenal *great system*, bentuk jaringan pipa distribusi ditentukan oleh kondisi topografi, lokasi reservoir, luas wilayah pelayanan, jumlah pelanggan dan jaringan jalan dimana pipa akan dipasang.

Komponen - Komponen jaringan pipa distribusi, terdiri dari :

- 1) Zona distribusi, adalah area pelayanan dalam wilayah pelayanan air minum yang dibatasi oleh pipa jaringan distribusi utama (distribusi primer). Setiap zona distribusi dalam sebuah wilayah pelayanan terdiri dari beberapa sel utama (biasanya 5-6 sel utama) dan dilengkapi dengan sebuah meter induk.
- 2) Jaringan Distribusi Primer (JDU) yaitu rangkaian pipa distribusi yang membentuk zone distribusi dalam suatu wilayah pelayanan SPAM.

- 3) Jaringan Distribusi Pembawa / Sekunder adalah jalur pipa yang menghubungkan antara JDU dengan sel utama.
- 4) Jaringan Distribusi Pembagi / Tersier adalah rangkaian pipa yang membentuk jaringan tertutup sel utama
- 5) Pipa Pelayanan adalah pipa yang menghubungkan antara jaringan distribusi pembagi dengan sambungan rumah.

2.2 Penelitian Terkait

Sauqil, Daffa Akmal (2023) melakukan Analisis Kualitas Air dalam Pemenuhan Kebutuhan Air di Indonesia pada Era 4.0 . Penelitian dilakukan dengan mengumpulkan sampel sumur air, yang dilakukan di beberapa desa terpencil dan beberapa pemukiman kumuh di perkotaan. pemeriksaan aspek fisik meliputi warna, rasa, bau, suhu, kekeruhan dan padatan terlarut. Penelitian yang dilakukan pada air sumur borsebagai sumber air minum; ditemukan warna timbangan 152 TCU (tidak layak) melebihi batas yang ditetapkan dalam Permenkes No. 32 Tahun 2017 yaitu 50 timbangan TCU untuk baku mutu yang dapat diterima. Air berkualitas tinggi dikategorikan jernih dan transparan, tanpa kekeruhan. Melalui penelitian ini, kelayakan pemenuhan kebutuhan air bersih ditinjau dari segi kualitas air pada beberapa titik di pelosok dan pemukiman kumuh di Indonesia dapat disimpulkan bahwa dari segi kualitas tidak layak digunakan sebagai air minum bersih karena melebihi kadar zat warna, kandungan besi, dan nilai ambang batas konsentrasi klorida menurut Permenkes No. 32 Tahun 2017. Selain itu total coliform dan koliformin juga melebihi batas/standar baku mutu normal sehingga air yang terdapat di beberapa titik khususnya tempat pengambilan sampel ini tidak dapat memenuhi standar kualitas baku mutu sebagai air minum karena terdapat beberapa kandungan yang tidak memenuhi syarat diantaranya zat warna, kadar besi, kadar klorida, total koliform dan koliformin yang melampaui batas baku mutu air bersih.

Aminuddin, dkk (2023) Melakukan Analisis Kualitas Air Baku dan Kebutuhan Air Bersih Sebagai Dasar Perencanaan Sistem Pengolahan Air Bersih di Desa Sungai Rencas, Desa Sungai Rengas merupakan desa yang mempunyai potensi untuk berkembang karena wilayahnya yang berdekatan dengan Kota

Pontianak. Mayoritas penduduk menggunakan air sungai serta sumur sebagai sumber utama untuk aktivitas sehari-hari, karena hingga saat ini masyarakat Desa Sungai Rengas masih belum memperoleh akses pelayanan air bersih. Tujuan perencanaan yaitu mengetahui kualitas air baku, menghitung kebutuhan air bersih yang dapat digunakan pada perencanaan Instalasi Pengolahan Air (IPA) Bersih Desa Sungai Rengas. Metode yang digunakan pada perencanaan ini adalah pengumpulan data sekunder yang bersumber dari BPS Kabupaten Kubu Raya dan Bisnis plant PERUMDA Tirta Raya, pengumpulan data primer berdasarkan (SNI) 6989.57.2008 dan (SNI) 8066 : 2015 serta metode Jar Test. Hasil uji kualitas air Sungai Kapuas yang akan digunakan sebagai air baku, menunjukkan bahwa parameter Padatan Terlarut Total (TDS), Padatan Tersuspensi Total (TSS), Derajat Keasaman (pH), dan Total Coliform telah memenuhi standar baku mutu air baku. Sedangkan parameter Warna, Kekeruhan, Kebutuhan Oksigen Biokimiawi (BOD), Oksigen Terlarut (DO) dan Besi (Fe) belum memenuhi standar baku mutu persyaratan air air baku. Berdasarkan hasil perhitungan debit kebutuhan air bersih pada tahun 2035 pada saat harian maksimum sebesar 77,68 L/det dan debit jam puncak sebesar 101,32 L/det.

Shobih, Muhammad (2022) Melakukan Studi Perencanaan Pengembangan Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih di Desa Poncokusomo Kabupaten Malang. Pada kasus daerah yang termasuk dalam DAS, mempunyai beberapa Sub DAS yang memiliki potensi untuk dikembangkan. . Sub DAS Lesti merupakan salah satu DAS yang terdapat di DAS Brantas. DAS Lesti merupakan bagian dari beberapa Sub DAS yang dipengaruhi oleh perilaku manusia, baik dari pengelolaan daerah aliran sungai yang buruk maupun dari pemahaman pengelolaan sampah yang dibuang ke badan air. Dalam kasus ini penduduk sekitar hanya memanfaatkan untuk air irigasi dan kurangnya perhatian dalam mengelola air yang terbuang agar dapat dimanfaatkan sebagai sumber air mata kehidupan. Dalam study perencanaan ini untuk mengatasi masalah yang ada dapat merencanakan perencanaan distribusi air bersih yang dapat mengoptimalkan debit air. Metode yang digunakan dalam study perencanaan ini adalah dengan menggunakan 3 metode yaitu metode aritmatika, geometrik, dan eksponensial dimana dari 3 metode ini setelah diketahui hasil perhitungan tiap – tiap metode digunakan angka yang paling besar dari setiap

metode hal ini ditujukan untuk mencari nilai aman. Serta digunakan program EPNAET 2.0 untuk pemodelan jaringan pipa distribusi. Hasil studi ini maka diperoleh kesimpulan yaitu jumlah penduduk Distrik Poncokusumo Kabupaten Malang pada tahun 2031 adalah sebesar 10527. Dan jumlah kebutuhan air bersih penduduk sampai tahun 2031 adalah sebesar 2,20 lt/detik. Kemudian direncanakan dimensi saluran pipa berdiameter 400mm untuk pipa primer dan 300mm untuk pipa sekunder dengan menggunakan pipa berjenis PVC.

2.3 Kebutuhan Air Baku

2.3.1. Penentuan Kebutuhan Air Baku

Kebutuhan air minum yang dibutuhkan untuk suatu daerah pelayanan ditentukan berdasarkan (dua) parameter, yaitu:

- Jumlah penduduk
- Tingkat konsumsi air

1. Perhitungan jumlah penduduk

Pertumbuhan penduduk merupakan faktor yang paling penting dalam perencanaan kebutuhan air minum. Proyeksi jumlah penduduk digunakan sebagai dasar untuk menghitung perkiraan jumlah kebutuhan air minum. Menurut Mangkodihardjo (1985),

Beberapa faktor yang mempengaruhi proyeksi penduduk adalah jumlah penduduk dalam suatu wilayah, kecepatan pertumbuhan penduduk, dan kurun waktu proyeksi. Dalam melakukan proyeksi penduduk paling tidak dibutuhkan data jumlah penduduk dalam 10 tahun terakhir. Proyeksi jumlah penduduk di suatu daerah pada masa yang akan datang dapat ditentukan dengan metode Geometrik, dan Aritmatik.

a. Metode Perhitungan Geometrik Proyeksi dengan metode ini menganggap bahwa perkembangan penduduk secara otomatis berganda. Dengan pertambahan penduduk awal. Metode ini memperhatikan suatu saat terjadi perkembangan menurun dan kemudian mantap, disebabkan kepadatan penduduk mendekati maksimum.

Rumus:

$$P_n = P_0(1+r)^{dn} \quad (1)$$

Keterangan :

P_n = Penduduk tahun n

P_0 = jumlah penduduk mula mula

D_n = kurun waktu

r = Rata rata presentase tambahan penduduk per tahun

b. Metode Perhitungan Aritmatik

Metode ini adalah metode perhitungan perkembangan penduduk dengan jumlah sama setiap tahun, dengan rumus sebagai berikut.

Rumus:

$$P_n = P_0 + r(dn) \quad (2)$$

Keterangan:

P_n = jumlah penduduk pada akhir tahun periode

P_0 = jumlah penduduk pada awal proyeksi

D_n = kurun waktu proyeksi

r = Rata rata pertambahan penduduk tiap tahun

$$a = \frac{(\sum p)(\sum t^2) - (\sum t)(\sum p.t)}{n(\sum t^2) - (\sum t)^2}$$

$$b = \frac{n(\sum p.t) - (\sum t)(\sum p)}{n(\sum t) - (\sum t)^2}$$

2. Perhitungan kebutuhan air

▪ Kebutuhan air domestik

Kebutuhan air domestik adalah kebutuhan air minum untuk pemenuhan kegiatan sehari-hari atau rumah tangga seperti untuk minum, memasak, mandi, cuci dan lain-lain sehingga kebutuhan air domestik merupakan bagian terbesar dalam perencanaan kebutuhan air. Standar pemakaian air minum domestik dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Pemakaian Air minum berdasarkan kategori kota

Tabel No	Kategori Kota	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Pemakaian Air (l/orang/hari)
1	Metropolitan	>1.000.000	190
2	Kota Besar	500.000-1.000.000	170
3	Kota Sedang	100.000-500.000	150
4	Kota Kecil	20.000-100.000	130

5	Desa	10.000-20.000	100
6	Desa kecil	3.000-10.000	60

Rumus untuk mengetahui kebutuhan air domestik adalah

Rumus:

$$Q_d = \text{Kebutuhan Air Bersih SR} + \text{Kebutuhan Air Bersih HU} \quad (4)$$

Keterangan:

SR = Sambungan Rumah

HU = Hidran Umum

b. Kebutuhan Air non domestik

Kebutuhan air non domestik berasal dari fasilitas umum dan industri di suatu daerah. Namun pada daerah yang belum terdapat industri, maka kebutuhan air non domestik hanya berasal dari fasilitas umum. Fasilitas umum meliputi sekolah, tempat ibadah, fasilitas kesehatan dan pasar. Standar pemakaian air minum fasilitas non domestik dapat dilihat pada Tabel 3 .

Tabel 3 Standar pemakaian Air Minum berdasarkan Fasilitas

No	Jenis Fasilitas	Satuan	Pemakai Air
1	Sekolah	l/Orang/hari	10
2	Puskesmas	l/Unit/hari	1200
3	Masjid	l/Unit/hari	3000
4	Pasar	l/unit/hari	12000

Rumus untuk mengetahui kebutuhan air non domestik adalah

Rumus:

$$Q_{nd} = F \times S \quad (5)$$

Keterangan:

F = Jumlah fasilitas

S = Standar kebutuhan air fasilitas

c. Kebutuhan Air Total

Kebutuhan air total dihitung berdasarkan jumlah pemakai air yang telah diproyeksikan. Kebutuhan total ini dipakai untuk mengetahui apakah sumber air yang dipilih dapat digunakan. Dalam memperhitungkan kebutuhan air total perlu diperhatikan kebocoran air dan kebutuhan air untuk Pemadam Kebakaran.

$$\text{Kebutuhan Air Total} = Q_{jm} + Q_{pmk} \quad (6)$$

Dimana,

$$Q_{jm} = \text{Kriteria Jam Puncak} \times Q_{\text{Harian}} \quad (7)$$

$$Q_{pmk} = \text{Faktor Keamanan} \times Q_{\text{Harian Maksimum}} \quad (8)$$

$$Q_{\text{Harian Maksimum}} = \text{Faktor Harian Maksimum} \times Q_{\text{Harian}} \quad (9)$$

$$\text{Kebocoran} = \text{Kehilangan Air} \times (QD + QND) \quad (10)$$

$$QD = \text{Kebutuhan Domestik}$$

$$QND = \text{Kebutuhan Non Domestik}$$

$$Q_{\text{Harian}} = \text{Domestik} + \text{Non Domestik} + \text{Kebocoran} \quad (11)$$

2.4 Analisis Curah Hujan

2.4.1 Curah Hujan

Curah hujan adalah jumlah air yang jatuh di permukaan tanah datar selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi milimeter (mm) di atas permukaan horizontal. Dalam penjelasan lain curah hujan juga dapat diartikan sebagai ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap dan tidak mengalir. Indonesia merupakan negara yang memiliki angka curah hujan yang bervariasi dikarenakan daerahnya yang berada pada ketinggian yang berbeda-beda.

2.4.2 Curah Hujan Rata-Rata Area

Curah hujan rata-rata adalah tinggi air hujan yang jatuh pada suatu wilayah, dihitung setiap periode waktu (perbulan atau pertahun). Data hujan yang tercatat di setiap stasiun penakar hujan adalah tinggi hujan di sekitar stasiun tersebut. Ada tiga

cara untuk menghitung hujan rata-rata daerah aliran yang biasa dilakukan (Sosrodarsono dan Takeda, 1987).

A. Metode Arithmetic Mean

Menurut Seyhan (1990: 55), metode rerata aljabar (aritmetik) adalah metode yang paling sederhana dan diperoleh dengan menghitung rata-rata aritmetik dari semua total penakar hujan di suatu kawasan. Metode ini sesuai untuk kawasan-kawasan yang datar (ratahujanun untuk DAS-DAS dengan jumlah penakar hujan yang besar yang didistribusikan secara merata pada lokasi-lokasi yang mewakili) Biasanya cara ini digunakan pada daerah datar dan banyak stasiun penakar hujannya dan dengan anggapan bahwa di daerah tersebut sifat curah hujannya adalah merata. Perhitungan dengan cara ini lebih obyektif daripada cara isohyet, dimana faktor subyektif masih turut menentukan (Sosrodarsono dan Takeda, 1987).

$$R = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \quad (12)$$

Dimana :

R : Area Rainfall (mm)

n : Jumlah stasiun pengamat

R_1, R_2, \dots, R_n : Point Rainfall stasiun ke-i (mm)

B. Metode Polygon Thiessen

Cara ini memasukkan faktor pengaruh daerah yang diwakili oleh stasiun penakar hujan yang disebut *weighting factor* atau disebut juga Koefisien Thiessen. Cara ini biasanya digunakan apabila titik-titik pengamatan di dalam daerah studi tidak tersebar secara merata. Metode Thiessen akan memberikan hasil yang lebih teliti daripada cara aljabar tetapi untuk penentuan titik pengamatannya dan pemilihan ketinggian akan mempengaruhi ketelitian yang akan didapat juga seandainya untuk penentuan kembali jaringan segitiga jika terdapat kekurangan pengamatan pada salah satu titik pengamatan (Sosrodarsono dan Takeda, 1987).

1. Semua stasiun yang di dalam (atau di luar) DAS dihubungkan dengan garis, sehingga terbentuk jaringan segitiga-segitiga. Hendaknya dihindari terbentuknya segitiga dengan sudut sangat tumpul.
2. Pada masing-masing segitiga ditarik garis sumbunya, dan semua garis sumbu tersebut membentuk poligon.
3. Luas daerah yang hujannya dianggap diwakili oleh salah satu stasiun yang bersangkutan adalah daerah yang dibatasi oleh garis-garis poligon tersebut (atau dengan batas DAS).
4. Luas relatif daerah ini dengan luas DAS merupakan faktor koreksinya.

$$R = A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n / A_1 + A_2 + A_3 \quad (13)$$

Dimana :

R = Curah hujan maksimum harian rata-rata (mm)

W_i = Faktor pembobot

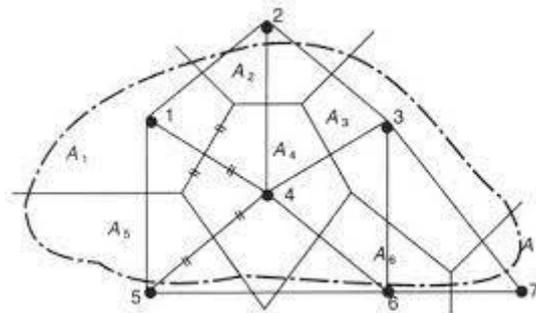
A_i = Luas daerah pengaruh stasiun I (km^2)

A = Luas daerah aliran (km^2)

R = Tinggi hujan pada stasiun (mm)

n = Jumlah titik pengamat

Berikut ini pada Gambar 2. merupakan metode poligon Thiessen



Gambar 2 Cara Polygon Thiessen (Sumber : Sosrodarsono dan Takeda,1987)

Cara di atas dipandang cukup baik karena memberikan koreksi terhadap kedalaman hujan sebagai fungsi luas daerah yang (dianggap) diwakili. Akan tetapi cara ini dipandang belum memuaskan karena pengaruh topografi tidak tampak. Demikian pula apabila salah satu stasiun tidak berfungsi, misalnya rusak atau data tidak benar, maka poligon harus diubah (Sosrodarsono dan Takeda, 1987).

C. Metode Isohyet

Cara lain yang diharapkan lebih baik (dengan mencoba memasukkan pengaruh topografi) adalah dengan cara isohyets. Isohyets ini adalah garis yang menghubungkan tempat-tempat yang mempunyai kedalaman hujan sama pada saat yang bersamaan. Pada dasarnya cara hitungan sama dengan yang digunakan dalam cara poligon Thiessen, kecuali dalam penetapan besaran faktor koreksinya. Hujan R_i ditetapkan sebagai hujan rata-rata antara dua buah isohyets (atau dengan batas DAS) terhadap luas DAS. Kesulitan yang dijumpai adalah kesulitan dalam setiap kali harus menggambar garis isohyet, dan juga masuknya unsur subjektivitas dalam penggambaran isohyet (Sosrodarsono dan Takeda, 1987).

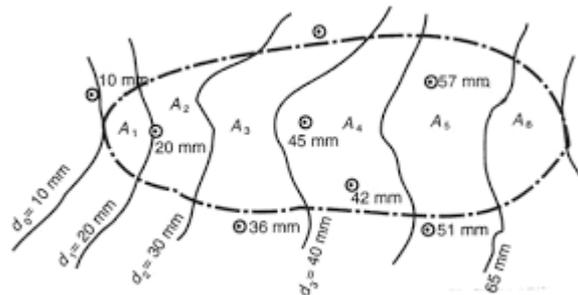
$$R = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (14)$$

Dimana :

A_1, A_2, \dots, A_n = Luas bagian-bagian antara garis-garis Isohyet (km^2)

R_1, R_2, \dots, R_n = Curah hujan rata-rata pada bagian A_1, A_2, \dots, A_n (mm)

Gambar 3. berikut ini adalah metode garis Isohyet



Gambar 3 Cara Garis Isohyet (Sumber : Sosrodarsono dan Takeda,1987)

2.5 Debit Andalan

Debit andalan adalah debit yang tersedia sepanjang tahun dengan besarnya resiko kegagalan tertentu (Montarcih, 2009).. ada 4 metode untuk analisa debit andalan dengan data debit antara lain:

- (1) Metode Debit Rata-Rata Minimum;
- (2) Metode Flow Characteristic;

(3) Metode tahun dasar perencanaan

(4) Metode Bulan Dasar Perencanaan

Sedangkan untuk Analisa debit andalan dengan data hujan dapat diperoleh:

(1) Metode Perimbangan Air Sederhana

(2) Metode Perbandingan DAS

(3) Simulasi Mock

1. Metode Debit Rata-Rata Minimum

Karakteristik Metode Debit Rata-Rata Minimum yaitu Dalam satu tahun hanya diambil satu data, Metode ini cocok untuk:

- Daerah Aliran Sungai (DAS) dengan fluktuasi debit maksimum dan debit minimum tidak terlalu besar dari tahun ke tahun

- Kebutuhan relatif konstan sepanjang tahun

2. Metode Flow Characteristic

Metode Flow Characteristic berhubungan dengan basis tahun normal, tahun kering dan tahun basah. Yang dimaksud debit berbasis tahun normal adalah jika debit rata-rata tahunannya kurang lebih sama dengan debit rata-rata keseluruhan tahun ($Q_{rt} \approx Q_r$). Untuk debit berbasis tahun kering adalah jika debit rata-rata tahunannya lebih kecil dari debit rata-rata keseluruhan tahun ($Q_{rt} < Q_r$).

Sedangkan untuk debit berbasis tahun basah adalah jika debit rata-rata tahunannya lebih kecil dari debit rata-rata keseluruhan tahun ($Q_{rt} > Q_r$). Q_{rt} adalah debit rata-rata tahunan sedangkan Q_r adalah debit rata-rata semua tahun. Metode Flow Characteristic cocok untuk:

- DAS dengan fluktuasi debit maksimum dan debit minimum relatif besar dari tahun ke tahun

- Kebutuhan Relatif tidak konstan sepanjang tahun

- Data yang tersedia cukup panjang

3. Metode Tahun Dasar Perencanaan

Analisa debit andalan menggunakan Metode Tahun Dasar Perencanaan biasanya digunakan dalam perencanaan atau pengelolaan irigasi. Umumnya di bidang irigasi dipakai debit dengan keandalan 80%, sehingga rumus untuk meentukan tahun dasar perencanaan adalah sebagai berikut:

$$R_{80} = \frac{n}{5} + 1 \quad (15)$$

dengan

n = kala ulang pengamatan yang diinginkan

R_{80} = debit yang terjadi $< R_{80}$ adalah 20%, dan $\geq R_{80}$

4. Metode Bulan Dasar Perencanaan

Analisa debit andalan menggunakan Metode Bulan Dasar Perencanaan hampir sama dengan Metode Flow characteristic yang dianalisa untuk bulan-bulan tertentu. Metode ini paling sering dipakai karena keandalan debit dihitung mulai Bulan Januari sampai dengan Bulan Desember, jadi lebih bisa menggambarkan keandalan pada musim kemarau dan musim penghujan.

Sedangkan untuk Analisa debit andalan dengan curah hujan dapat dilakukan dengan cara :

1. Metode Perimbangan Air Sederhana (*simple water balanced*)

Metode Perimbangan Air Sederhana (Simple Water Balanced) dirumuskan sebagai berikut:

$$Q = 0.0116 \frac{(R-Et)\Delta}{M} \quad (16)$$

Dengan :

Q : Debit rata rata bulanan (m³/detik)

R : Curah hujan bulanan (mm)

Et : evapotranspirasi bulanan (mm)

A : Luas DAS (km²)

M : Jumlah hari dalam sebulan

Catatan : Metode ini belum memperhitungkan infiltrasi dan perkolasi

.2 Metode perbandingan DAS

Pada Metode Perbandingan DAS, konsep yang dipakai adalah Metode Rasional, antara lain:

$$Q = C.I.A$$

Jika dibandingkan antara 2 DAS, maka didapat perbandingan :

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{C_1 I_1 A_1}{C_2 I_2 A_2} \quad (17)$$

Dengan :

Q = debit DAS

C = koef pengaliran DAS

I = Intensitas hujan DAS

A = Luas DAS

Catatan : Perkiraan debit tersebut akan akurat jika kedua DAS tersebut alami, artinya belum ada penambahan bangunan-bangunan air

3. Simulasi Mock

Dr. F.J. Mock (1973) memperkenalkan model sederhana simulasi keseimbangan air bulanan untuk aliran yang meliputi data hujan, evaporasi dan karakteristik hidrologi daerah pengaliran

Data-data yang diperlukan untuk metode ini adalah:

1. Curah hujan bulanan (P) Curah hujan bulanan yang digunakan adalah curah hujan berdasarkan perhitungan rata-rata Aljabar
2. Jumlah hari hujan (n) Jumlah hari hujan yang digunakan diambil dari stasiun hujan..
3. Evapotranspirasi konsumtif tanaman (ET_c). berdasarkan metode penman.

Langkah-langkah perhitungan debit Metode F.J. Mock:

1. Mempersiapkan data-data yang dibutuhkan, antara lain: rerata hujan daerah (P), evapotranspirasi potensial (E_{to}) dengan metode penman, jumlah hari hujan (n), faktor resesi aliran air tanah (k), dan angka koefisien infiltrasi (i).

2. Menentukan evapotranspirasi Aktual

Evapotranspirasi aktual dihitung dari Evaporasi potensial metode Penman (E_{to}). Hubungan antara Evaporasi potensial dengan Evapotranspirasi aktual dihitung dengan rumus :

$$Ea = ETo - \Delta E \quad (18)$$

E_{to}: Evapotranspirasi Potensial

$$\Delta E = (m / 20(18 - n))ETo \quad (19)$$

m : Faktor Singkapan Tanah dan Vegetasi / Permukaan lahan terbuka digunakan 30% untuk lahan pertanian

n : Hari Hujan

3. Menentukan besar hujan di permukaan tanah (s)

$$S = R - Ea \quad (20)$$

S : Air hujan yang mencapai permukaan tanah (mm/hari)

R : Curah Hujan (mm/hari)

Ea : Evapotranspirasi Aktual (mm/hari)

Bila harga s positif ($R > Ea$) maka air akan masuk ke dalam tanah bila kapasitas kelembaban tanah belum terpenuhi, dan sebaliknya akan melimpas bila kondisi tanah jenuh. Bila harga D_s negatif ($R < Ea$), sebagian air tanah akan keluar dan terjadi kekurangan (defisit).

4. Menentukan harga kelembaban tanah (SMC)

Kapasitas kelembapan air tanah merupakan kapasitas kandungan air pada lapisan tanah permukaan, besarnya SMC yaitu 200 mm.

Apabila $R > E_a$ maka $SS = 0$

Apabila $SS < 0$ maka $SMC = 200 - SS$

5. Menentukan infiltrasi (i), dengan koefisien antara 0 – 1,0

$$I = ws \times i \quad (21)$$

Ws : Kelebihan air (*water surply*)

i : Koefisien infiltrasi

6. Menentukan air lebih tanah (water surplus)

$$ws = S - m \quad (22)$$

ws : Kelebihan Air (mm/hari)

S_m : Kelembaban Tanah (*Soil Moisture*)

SMC : Kapasitas Kelembaban Tanah (*soil moisture capacity*)

7. Menentukan kandungan air bawah tanah (V_n)

$$V_n = V_{n-1} + \frac{1}{2}(1 + k).I \quad (23)$$

k : Faktor resesi air tanah

I : Infiltrasi

V_n : Volume Penyimpanan air tanah (volume penyimpanan air tanah awal 50 mm)

V_{n-1} : Volume air tanah periode ke-(n-1)

8. Menentukan perubahan kandungan air bawah tanah (DV_n)

$$DV_n = V_n - V_{n-1} \quad (24)$$

V_n : Volume Penyimpanan air tanah

V_{n-1} : Volume air tanah periode ke-(n-1)

DV_n : Perubahan volume aliran air tanah

9. Menentukan aliran dasar dan aliran langsung

$$\text{Aliran dasar} : \text{infiltrasi} - Dv_n \quad (25)$$

$$\text{Limpasan langsung} : Ws - I \quad (26)$$

$$\text{Limpasan (Runoff)} : \text{Aliran dasar} + \text{limpasan langsung} \quad (27)$$

10. Menentukan debit yang tersedia di sungai.

$$\text{Debit andalan} : \text{Run off} \times \text{luas DAS} \quad (28)$$

2.6 Analisa Hidraulika Pipa

2.6.1 Aliran dalam Pipa

Aliran dalam pipa menjadi fokus utama yang diperhatikan dalam perencanaan sistem distribusi air dengan pemipaan. Analisis aliran fluida pada pipa menggunakan asumsi bahwa fluida inkompresibel dan aliran dalam keadaan *steady* dan seragam. Prinsip *Bernoulli* menyatakan jumlah energi pada suatu titik dalam aliran tertutup sama besarnya dengan jumlah energi di titik lain pada jalur aliran yang sama. Menurut Larry (2004) prinsip dasar dari massa fluida dapat dijelaskan bahwa:

$$Q=V \times A \quad (29)$$

Dengan:

Q : Debit (m³/s)

V : Kecepatan Aliran (m/s)

Aliran *steady* dan seragam berarti energi pada setiap titik adalah sama, besarnya debit masuk dan keluar antara satu titik ke titik lain adalah sama. Aliran fluida dalam pipa dengan diameter pipa konstan pada waktu yang sama berlaku (Larry, 2004):

$$Q=V_1 \times A_1 = V_2 \times A_2 \quad (30)$$

Dengan:

V₁ : Kecepatan Awal Aliran (m/s)

A₁ : Luas Penampang Awal (m²)

V₂ : Kecepatan Akhir Aliran (m/s)

A₂ : Luas Penampang Akhir (m²)

Untuk mendistribusikan air minum kepada konsumen dengan kuantitas, kualitas dan tekanan yang cukup memerlukan system perpipaan yang baik. Menurut (Howard S Peavy et.al, 1985) system pengaliran yang dipakai adalah sebagai berikut :

1. Cara Gravitasi

Cara 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.

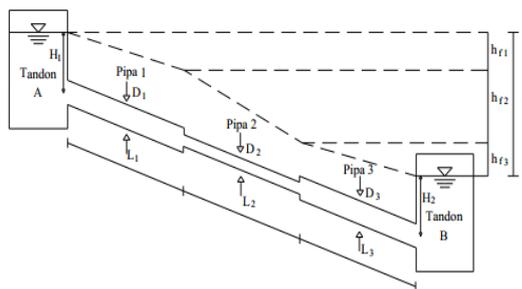
2. Cara pemompaan

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.

2.6.2 Mekanisme Aliran dalam Pipa

Aliran terjadi akibat perbedaan elevasi antara sumber air dan tempat yang akan dilayani. Apabila elevasi sumber air berada lebih rendah daripada elevasi tempat yang akan dituju, dapat digunakan pompa untuk membantu mengalirkan zat cair. Sistem pemipaan pada dasarnya adalah untuk mengalirkan zat cair dari satu tempat ke tempat yang lain (Triatmodjo, 1993).

- Pipa yang dihubungkan seri



Gambar 4 Pipa Seri

dua buah pipa atau lebih yang dialirkan dengan hubungan seri dialiri oleh aliran yang sama. Pada hubungan seri debit aliran pada setiap titik sama namun kehilangan tekanan pada setiap titik berbeda seperti pada Gambar 5 Total kehilangan tekanan pada seluruh

sistem merupakan jumlah kerugian pada setiap pipa dan perlengkapan pipa sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut (White, 1986):

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_3 = \text{tetap} \quad (31)$$

Adapun persamaan kontinuitasnya dapat dituliskan sebagai berikut (Triatmodjo, 1993):

$$Q_0 = A_1V_1 = A_2V_2 = A_3V_3 \quad (32)$$

Total kehilangan tekanan pada pipa seri dapat dirumuskan sebagai berikut (Triatmodjo, 1993):

$$H = H_{f1} + H_{f2} + H_{f3} \quad (33)$$

Dengan:

Q_0 = debit pada awal pipa (m^3/s)

Q_1, Q_2, Q_3 = debit pada tiap pipa (m^3/s)

A_1 = luas penampang saluran pada awal pipa (m^2)

V_1 = kecepatan awal didalam pipa (m/s)

A_2 = luas penampang saluran pada akhir pipa (m^2)

V_2 = kecepatan akhir didalam pipa (m/s)

H = total kehilangan tekanan pada pipa hubungan seri (m) $H_{f1}, H_{f2},$

H_{f3} = kehilangan tekanan pada tiap pipa (m)

2.6.3 Kecepatan Aliran

Berdasarkan peraturan Menteri Pekerjaan Umum nomor 18/PRT/M/2007 tentang penyelenggaraan Pengembangan Sistem Air Minum Lampiran I, kecepatan aliran yang diizinkan dalam pipa adalah minimal 0,3 – 0,6 m/s dan maksimal 3 – 4,5 m/s. Berdasarkan BPSDM Kementrian PUPR (2018) dalam perencanaan jaringan pipa transmisi dan distribusi air minum, kecepatan aliran maksimal dalam pipa adalah 3 m/detik dan kecepatan aliran maksimal dalam pipa hisap pompa adalah 1,2 m/detik. Kecepatan tersebut nantinya dapat disesuaikan dengan elevasi lahan serta penambahan tekanan dengan menambahkan pompa atau meninggikan sumber mata air. Untuk menghitung kecepatan aliran pada suatu penelitian digunakan rumus kecepatan aliran *Manning* sebagai berikut:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \quad (34)$$

Dengan;

n = koefisien Manning,

R = jari-jari hidraulis

I = Kemiringan garis tenaga.

Jari-jari hidraulis didapat dari perbandingan luas penampang (A) dan keliling basah (P).

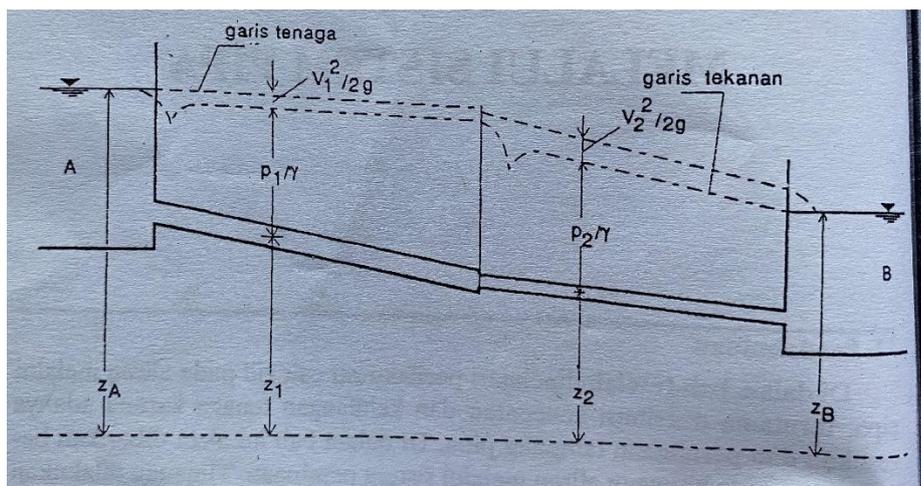
Mencari nilai R atau jari-jari hidraulis diperoleh dari persamaan berikut:

$$R = D/4 \quad (35)$$

Nilai D adalah diameter pipa. Persamaan jari-jari hidraulis ini berasal dari persamaan $R = A/P$ dengan A adalah luas penampang lingkaran dan P adalah keliling basah.

2.6.4 Hukum Bernoulli

Hukum *Bernoulli* menjelaskan bahwa air pada pipa selalu mengalir dari tempat yang energinya lebih besar menuju tempat yang energinya lebih kecil. Hukum Bernoulli menyatakan tinggi total energi pada sebuah penampang pipa adalah jumlah dari energi kecepatan, energi tekanan, dan energi ketinggian. Menurut teori kekekalan Energi dari Hukum Bernoulli, energi total akan tetap konstan apabila dalam suatu sistem tidak ada energi yang lolos atau diterima.



Gambar 5 Diagram Energi dan Garis Tekanan (Triatmodjo, 1993)

Persamaan Bernoulli untuk aliran antara titik 1 dan 2 seperti pada Gambar 6 dituliskan sebagai berikut (Triatmodjo, 1993):

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_{l1-2} \quad (36)$$

Dengan :

$\frac{p_1}{\gamma}, \frac{p_2}{\gamma}$ = tinggi tekanan di titik 1 dan 2 (m)

$\frac{v_1^2}{2g}, \frac{v_2^2}{2g}$ = tinggi energi di titik 1 dan 2 (m)

z_1, z_2 = tinggi elevasi dari datum atau garis yang ditinjau (m)

P_1, P_2 = tekanan di titik 1 dan 2 (kg/m^2)

γ = berat jenis cairan (kg/m^3)

g = percepatan gravitasi (m/detik^2)

kecepatan aliran di titik 1 dan 2 (m/s)

h_l = kehilangan tinggi tekan dalam pipa (m)

$V_1, V_2 =$

2.6.5 Hukum Kontinuitas

Hukum kontinuitas yang dituliskan :

$$Q_1 = Q_2$$

$$A_1.V_1 = A_2.V_2 \quad (37)$$

Q_1 = debit pada potongan 1 (m^3/det)

Q_2 = debit pada potongan 2 (m^3/det)

A_1 = luas penampang pada potongan 1 (m^2)

A_2 = luas penampang pada potongan 2 (m) $V_1 =$

kecepatan pada potongan 1 (m/det)

V_2 = kecepatan pada potongan 2 (m/det)

Pada aliran percabangan pipa juga berlaku hukum kontinuitas dimana debit yang masuk pada suatu pipa sama dengan debit yang keluar pipa. Hal tersebut diilustrasikan sebagai berikut:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$

$$A_1.V_1 = (A_2.V_2) + (A_3.V_3) \quad (38)$$

Q_1, Q_2, Q_3 = Debit yang mengalir pada penampang 1, 2 dan 3 (m^3/det)

V_1, V_2, V_3 = Kecepatan pada penampang 1, 2 dan 3 (m/det)

2.6.6 Persamaan hazen Williams

Dimensi pipa ditentukan berdasarkan rumus Hazen-Williams. Nilai C pada rumus Hazen-William, tergantung pada derajat kehalusan pipa bagian dalam, jenis bahan pembuat pipa dan umur pipa. Rumus ini pada umumnya dipakai untuk menghitung kerugian head dalam pipa yang relatif sangat panjang seperti jalur pipa penyalur air minum. Persamaan Hazen William secara empiris menyatakan bahwa debit yang mengalir didalam pipa sebanding dengan diameter pipa dan kemiringan hidrolis (S) yang dinyatakan sebagai kehilangan tekanan (hL) dibagi dengan panjang pipa (L). Disamping itu ada faktor C yang menggambarkan kondisi fisik dari pipa seperti kehalusan dinding dalam pipa yang menggambarkan jenis pipa dan umur.

$$V = 0,3545 \times C \times D^{0,63} \times S^0 \quad (39)$$

Dengan :

V = kecepatan aliran (m/det)

C = Koefisien kekasaran

D = Diameter pipa (m)

S = Slope pipa = beda tinggi/Panjang pipa

Tabel 4 Nilai Koefisien C Hazen Williams

Bahan Pipa	Koefisien Hazen Williams
Pipa PVC	130-150
Pipa Beton	105-110
Pipa HDPE	150
Pipa Fiber	130
Pipa GIP	120
Pipa DIP	140
Pipa Riveted Steel	110

2.6.7 Sisa Tekanan

Nilai sisa tekanan minimum pada setiap titik jaringan pipa induk yang direncanakan adalah sebesar 10 meter kolom air. Hal ini dimaksudkan agar air dapat sampai di konsumen dengan tekanan yang cukup. Untuk mendapatkan tekanan minimum ini dapat dengan cara antara lain dengan menaikkan elevated reservoir, mengatur nilai kecepatan aliran dalam pipa serta headloss total. Kehilangan tekanan air dalam pipa (H_f) terjadi akibat adanya friksi antara fluida dengan fluida dan antara fluida dengan permukaan dalam pipa yang dilaluinya. Kehilangan tekanan maksimum 10 m/km panjang pipa. Kehilangan tekanan ada dua macam, yaitu:

1. Kehilangan Tinggi Tekan Mayor (*Major Losses*)

Ada beberapa teori dan formula untuk menghitung besarnya kehilangan tinggi tekan mayor ini yaitu dari Hazen-Williams, Darcy-Weisbach, Manning, Chezy, Colebrook-White dan Swamme-Jain. Dalam kajian ini digunakan persamaan Hazen-Williams (Haestad, 2001 : 278) yaitu :

$$hf = k.Q^{1.85} \quad (40)$$

Dimana :

$$Q = 0.85 \cdot C_{hw} \cdot A \cdot R^{0.63} \cdot S^{0.54} \cdot$$

$$k = \frac{10.7 L}{C_{hw}^{1.85} D^{4.87}} \quad (41)$$

Dengan :

Q = debit aliran pada pipa (m³/det),

0.85 = konstanta

C_{hw} = koefisien kekasaran Hazen-Williams,

A = Luas penampang aliran (m²),

R = Jari-jari hidrolis (m)

S = kemiringan garis energi (m/m) = $\frac{h_f}{L}$

h_f = kehilangan tinggi tekan mayor (m),

D = Diameter pipa (m),

k = koefisien karakteristik pipa,

L = panjang pipa (m)

2. Kehilangan Tinggi Tekan Minor (*Minor Losses*)

Ada berbagai macam kehilangan tinggi tekan minor sebagai berikut:

1. Kehilangan Tinggi Minor karena Pelebaran Pipa
2. Kehilangan Tinggi Minor karena Penyempitan Mendadak pada Pipa
3. Kehilangan Tinggi Minor karena Mulut Pipa
4. Kehilangan Tinggi Minor karena Belokan pada Pipa
5. Kehilangan Tinggi Minor karena Sambungan dan Katup pada Pipa.

$$H_{fm} = \frac{(kv^2)}{2g} \quad (42)$$

Keterangan :

$H_{fm} = \text{Minor losses (m)}$

$K = \text{Konstanta konstruksi}$

$V = \text{Kecepatan aliran (m/det)}$

Pengaturan kehilangan tekanan aliran dapat diusahakan dengan pemilihan diameter. Untuk mengetahui tekanan dan kecepatan aliran yang ada dalam pipa, selain besarnya debit aliran dan panjang pipa, diperlukan juga penentuan elevasi tanah pada titik-titik tertentu (node) dari daerah pelayanan.

2.6.8 Jenis Pipa

Beberapa jenis pipa yang umumnya digunakan dalam pekerjaan sistem distribusi air minum adalah:

1. Cast Iron Pipe (CIP)

Karakteristik CIP adalah mempunyai kekuatan tinggi dan sangat cocok dipasang di daerah yang sulit, serta dapat disambungkan dengan berbagai cara.

2. Ductile Iron Pipe (DIP)

Merupakan kombinasi antara daya tahan terhadap korosi CIP dan sifat mekanik dari pipa baja.

3. Galvanized Iron Pipe (GIP)

Pipa ini terbuat dari salah satu bahan mild karbon baik berupa welded pipe maupun stainless pipe. Keuntungan dari pipa ini antara lain kuat, tidak mudah rusak akibat pengangkutan kasar dan tahan terhadap tegangan.

4. Asbes Cement Pipe (ACP)

Karakteristik ACP adalah sangat ringan sehingga mudah dalam transportasi dan dalam pemotongan dan penyambungan.

5. Polivinil Chloride (PVC)

Karakteristik PVC adalah bebas dari korosi, ringan sehingga mempermudah dalam pengangkutan, mudah dalam penyambungan dan mempunyai umur yang relatif lama.

6. Poly Ethylene (PE)

Karakteristik pipa PE adalah memiliki fleksibilitas tinggi, memiliki kemampuan dalam menahan benturan, memiliki ketahanan akan temperatur rendah bahkan temperatur air beku, ringan, mudah dalam penanganan dan transportasi, metode penyambungan cepat dan mudah,

tahan terhadap korosi dan abrasi, permukaan halus sehingga akan meminimalkan hilangnya tekanan dan jangka waktu pemakaian cukup lama sekitar 50 tahun.

7.High Density Polythene (HDPE)

Pipa jenis HDPE jadi salah satu yang kami rekomendasikan untuk mengalirkan air dari sumber mata air di pegunungan. Pipa HDPE adalah pipa untuk distribusi air bersih yang sudah bersertifikat *drinking water* sesuai Permenkes 492, sehingga aman untuk mengalirkan air minum. Pipa jenis ini juga lebih tahan gempa dan pastinya aman untuk daerah pegunungan yang terjal.

2.7 Analisis jaringan distribusi air dengan software

Beberapa program komputer di bidang rekayasa dan perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih diantaranya adalah program Wadiso, Epanet, WaterCAD, dan WaterNet.

2.7.1 Wadiso

Wadiso adalah program komputer komprehensif untuk analisis dan desain optimal jaringan distribusi air. Program ini berasal dari model domain publik WADISO yang dikembangkan oleh Prof. Johannes Gessler dari Colorado State University untuk Army Corps of Engineers. Dr Erik Loubser, belajar di bawah bimbingan Prof. Gessler, membantu pengembangan modul optimasi desain sistem yang unik dari program ini. perusahaan pengembangan perangkat lunak berbasis Afrika Selatan yang bertanggung jawab untuk pengembangan dan dukungan Wadiso di Afrika Selatan, secara substansial meningkatkan Wadiso dasar sehubungan dengan keramahan pengguna dan kecepatan serta berinteraksi dengan perangkat lunak aplikasi lain seperti analisis kualitas air, CAD, GIS dan program manajemen. Program ini mengintegrasikan simulasi steady state, simulasi waktu, analisis kualitas air dan optimasi dengan tampilan grafis GIS-sentris data dan hasil ke dalam satu alat yang paling berharga bagi insinyur air.

2.7.2 EPANET

EPANET adalah program komputer yang menggambarkan simulasi hidrolis dan kecenderungan kualitas air yang mengalir di dalam jaringan pipa. Jaringan itu sendiri terdiri dari Pipa, Node (titik koneksi pipa), pompa, katub, dan tangki air atau reservoir. EPANET menjajaki aliran air di tiap pipa, kondisi tekanan air di tiap titik dan kondisi

konsentrasi bahan kimia yang mengalir di dalam pipa selama dalam periode pengaliran. Sebagai tambahan, usia air (water age) dan pelacakan sumber dapat juga disimulasikan. EPANET di design sebagai alat untuk mencapai dan mewujudkan pemahaman tentang pergerakan dan nasib kandungan air minum dalam jaringan distribusi. Juga dapat digunakan untuk berbagai analisa berbagai aplikasi jaringan distribusi. Sebagai contoh untuk pembuatan design, kalibrasi model hidrolis, analisa sisa khlor, dan analisa pelanggan. EPANET dapat membantu dalam memmanage strategi untuk merealisasikan kualitas air dalam suatu system. Semua itu mencakup Alternatif penggunaan sumber dalam berbagai sumber dalam satu sistem Alternatif pemompaan dlm penjadwalan pengisian/pengosongan tangki. Penggunaan treatment, misal khlorinasi pada tangki penyimpanan Pen-target-an pembersihan pipa dan penggantinya. Dijalankan dalam lingkungan windows, EPANET dapat terintegrasi untuk melakukan editing dalam pemasukan data, running simulasi dan melihat hasil running dalam berbagai bentuk (format), Sudah pula termasuk kode-kode yang berwarna pada peta, tabel data-data, grafik, serta citra kontur.

2.7.3 WaterCad

Program WaterCAD v8i merupakan produksi dari Bentley dengan jumlah pipa yang mampu dianalisis yaitu lebih dari 250 buah pipa sesuai pemesanan spesifikasi program WaterCAD v8i pada Bentley. Program ini memiliki tampilan interfacenya yang memudahkan pengguna untuk menyelesaikan lingkup perencanaan dan pengoptimalisasian sistem jaringan distribusi air baku, seperti (Bentley), kegunaan WaterCad antara lain :

1. Menganalisis distribusi air dari jaringan pada aliran tetap dengan menggunakan pompa, tangki dan pintu pengontrol (katup).
2. Memberikan tahapan-tahapan atau periodisasi dari simulasi jaringan pemipaan terhadap adanya kebutuhan air maupun pemberian air yang bervariasi (berfluktuatif).
3. Menunjukkan kualitas dari air yang didistribusikan dan mengkalkulasi adanya kehilangan dari suatu unsur kimia tertentu selama distribusi berlangsung.
4. Melakukan analisa aliran untuk hidrant (Fire Flow Analysis) dan menunjukkan bagaimana perilaku jaringan pemipaan tersebut pada kondisi ekstrim.

2.7.4 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 pengguna 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 sebagai laporan yang menyeluruh.