

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Penelitian Terdahulu

1. Peramalan Kebutuhan Air: Analisis Debit Kebutuhan Air Bersih pada Masa Mendatang

Anggi Nidya Sari, M. Ade Surya Pratama, dan Viktor Suryan (2023) Kota Bengkulu merupakan salah satu kota yang terdapat di Provinsi Bengkulu. Kota Bengkulu termasuk kedalam kategori kota besar dengan jumlah penduduk sebanyak 374694 jiwa. Pertambahan jumlah penduduk disuatu wilayah mengakibatkan kebutuhan air juga meningkat, karena air merupakan kebutuhan pokok manusia. Namun peningkatan jumlah kebutuhan air tidak diikuti dengan peningkatan jumlah air yang ada di muka bumi. Berkurangnya daerah tangkapan air dan banyaknya pencemaran yang terjadi mengakibatkan air yang layak di konsumsi semakin berkurang. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi kebutuhan air di masa yang akan datang sebagai langkah antisipasi kekurangan persediaan air. Perhitungan prediksi jumlah kebutuhan air pada penelitian ini menggunakan metode kuantitatif deskriptif.

Hasil penelitian menunjukkan debit kebutuhan air pada tahun 2031 sebesar 28218 Ltr/detik. Sehingga diketahui jumlah debit kebutuhan air pada tahun 2031 meningkat sebesar 0,61% dari tahun 2021.

2. Analisa Kebutuhan Dan Ketersediaan Air Bersih Desa Manggis Kecamatan Serba Jadi

Ananda Angga Resta Simatupang dan Diana Suita Harahap (2021) Desa manggis merupakan daerah yang mempunyai keterbatasan air bersih sehingga di beberapa wilayah Kecamatan Serba Jadi memanfaatkan Sungai sebagai sumber air baku. Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk tentu kebutuhan akan air baku semakin meningkat, sehingga perlu disusun studi untuk mendapatkan sumber air permukaan yang kontinu dan layak diolah menjadi air bersih. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya pertumbuhan atau

peningkatan penduduk sampai 10 tahun yang akan datang serta mengetahui besarnya kebutuhan air bersih di Desa Manggis Kecamatan Serba Jadi. Metode yang digunakan pada penelitian yaitu dengan menggunakan pendekatan studi kasus.

Berdasarkan hasil analisis, didapat jumlah kebutuhan air pada zona pelayanan di Desa Manggis pada kondisi eksisting sebesar 53.395,2 liter/hari dan untuk jumlah kebutuhan air pada zona pelayanan di Desa Manggis pada proyeksi 10 tahun kedepan sebesar 68.601,6 liter/hari. Sehingga dibutuhkan penambahan sumber air baru untuk mencukupi kebutuhan air bersih penduduk yang semakin meningkat dari tahun ke tahun.

3. Analisis Kebutuhan Dan Ketersediaan Air Bersih Di Kecamatan Sumber Kabupaten Rembang

Haris Adi Nugroho dan Madyan Sinatriya (2022) Pasokan air di Kecamatan Sumber saat ini sulit didapat, baik air permukaan maupun air tanah, dan penggunaannya semakin hari semakin meningkat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji kebutuhan dan ketersediaan air bersih bagi penduduk Kecamatan Sumber dari tahun 2021 hingga 2030, serta inisiatif untuk mengatasi kekurangan ketersediaan air bersih hingga tahun 2030. Dalam penelitian ini, perhitungan kebutuhan air bersih untuk wilayah Kecamatan Sumber menggunakan prediksi pertumbuhan penduduk 10 tahun mendatang dengan metode geometris. Dalam Upaya mengatasi kekeringan sendiri dilakukan dengan cara studi lapangan, telaah Pustaka, serta pengumpulan data yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk mengatasi ketersediaan air bersih di Kecamatan Sumber sampai tahun 2030.

Berdasarkan hasil penelitian, kebutuhan air bersih wilayah kecamatan sumber pada tahun 2030 sesuai dengan perkiraan pertumbuhan penduduk sebesar 2.835.658,9 m³/tahun. Sedangkan kuantitas air yang dihasilkan PDAM Rembang diperkirakan mencapai 2.750.590,74 m³/tahun pada tahun 2030. Kebutuhan air di Kecamatan Sumber akan terpenuhi hingga tahun 2025, namun akan terjadi kekurangan air bersih pada tahun 2026 sehingga perlu dibangun waduk, sumur resapan, akuifer buatan, dan tampungan air hujan.

4. Analisis Kebutuhan Penyediaan Air Bersih Di Kota Palembang

M. Agung Kurniawan, Heni Fitriani, dan Febrian Hadinata (2021) Cakupan pelayanan air bersih di Kota Palembang pada tahun 2020 sebesar 83,22%, sehingga masih ada 16,78% penduduk Kota Palembang yang belum dapat terlayani. Kondisi tersebut akan semakin memburuk seiring bertambahnya kebutuhan air tiap tahunnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui cakupan pelayanan, kebutuhan air maksimum dan neraca air, sehingga diharapkan dapat menjawab persoalan yang akan dibahas. Penelitian dimulai dengan melakukan proyeksi penduduk dan proyeksi pelanggan. Hasil proyeksi akan menghasilkan proyeksi cakupan pelayanan. Perhitungan kebutuhan air didapatkan dari kebutuhan dari jumlah pelanggan yang telah diproyeksikan. Selanjutnya proyeksi kebutuhan air akan dihubungkan dengan rencana penambahan kapasitas produksi sehingga menghasilkan neraca air.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tahun 2021 dan tahun selanjutnya diproyeksikan cakupan pelayanan akan mengalami perbaikan dan pada tahun 2030 pelayanan air bersih 100% Kota Palembang dapat tercapai. Kebutuhan air pada tahun 2021 sebesar 4.875 lps dan semakin meningkat pada tahun berikutnya hingga pada tahun 2033 kebutuhan air mencapai 7.146 lps. Kondisi neraca air juga diproyeksikan akan mengalami perbaikan, dimana pada tahun 2020 masih mengalami defisit kapasitas sebesar 257 lps dan pada tahun berikutnya hingga tahun 2031 dapat mempertahankan surplus kapasitas.

5. Analisis Kebutuhan Air Bersih Di Kecamatan Selat Nasik Kabupaten Belitung Provinsi Bangka Belitung Tahun 2017

Ika Kusumawati (2018) Kecamatan Selat Nasik merupakan salah satu kecamatan di Kabupaten Belitung yang berada di Pulau Selat Nasik yang memiliki persediaan air bersih terbatas. Hal ini dikarenakan lokasi dari kecamatan yang berada di wilayah kepulauan yang minim dalam mendapatkan sumber air bersih. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi air bersih yang ada tersedia.

Analisis yang digunakan dalam penelitian ini yaitu : analisis kebutuhan air bersih, analisis proyeksi penduduk, dan analisis ketersediaan air. Hasil dari

menunjukkan bahwa ketersediaan air bersih pada tahun 2018 sebesar 466.366 liter/orang/hari dan pada tahun 2023 sebesar 519.611 liter/orang/hari. Sedangkan kebutuhan air bersih pada tahun 2018 sebesar 586.260 liter/orang/hari, pada tahun 2023 sebesar 556.470 liter/orang/hari. Dengan kata lain, kebutuhan air bersih di Kecamatan Selat Nasik hingga tahun 2023 belum dapat memenuhi kebutuhan air bersih bagi penduduknya.

2.1.2 Air

Air merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam kelangsungan hidup manusia, baik dalam kehidupan rumah tangga, pertanian, hingga perkantoran. Seiring dengan meningkatnya laju pertumbuhan penduduk, maka air bersih merupakan salah satu kebutuhan yang sangat penting bagi kehidupan manusia dan kebutuhan akan air bersih pun semakin meningkat (Pahude. M.S, 2022).

2.1.3 Air Bersih

Air bersih dalam kehidupan manusia merupakan salah satu kebutuhan paling esensial, sehingga kita perlu memenuhinya dalam jumlah dan kualitas yang memadai. Air bersih adalah salah satu jenis sumber daya berbasis air yang bermutu baik dan biasa dimanfaatkan oleh manusia untuk dikonsumsi atau dalam melakukan aktifitas mereka sehari-hari termasuk diantaranya adalah sanitasi (*Wikipedia*). Sebagai air yang layak untuk diminum, tidak diartikan bahwa air bersih itu dapat diminum langsung, artinya masih perlu dimasak hingga mendidih.

Berdasarkan Keputusan Menkes RI No. 1405/Menkes/SK/XI/2002, bahwa air bersih adalah air yang dipergunakan untuk keperluan sehari-hari dan kualitasnya memenuhi persyaratan kesehatan air bersih sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku dan dapat diminum apabila dimasak, sebagai batasnya air bersih adalah air yang memenuhi persyaratan bagi system 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.

2.1.4 Air Minum

Air minum adalah air minum rumah tangga yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung di minum. Alasan kesehatan dan teknis yang mendasari penentuan standar kualitas air minum adalah efek-efek dari setiap parameter jika melebihi dosis yang telah ditetapkan. Pengertian dari standar kualitas air minum adalah batas operasional dari kriteria kualitas air dengan memasukkan pertimbangan non teknis, misalnya kondisi sosial ekonomi, target atau tingkat kualitas produksi, tingkat kesehatan yang ada dan teknologi yang tersedia. Berdasarkan Pemenkes No. 416/Menkes/PER/IX/1990, yang membedakan kualitas air bersih dan air minum adalah standar kualitas setiap parameter fisik, kimia, biologis dan radiologis maksimum yang diperbolehkan. (Alfarizi, D. 2022)

2.1.5 Persyaratan Dalam Penyediaan Air Bersih

Sistem penyediaan air bersih harus memenuhi beberapa syarat utama. Persyaratan tersebut meliputi persyaratan kualitatif, persyaratan kuantitatif, persyaratan kontinuitas.

2.1.5.1 Persyaratan Kualitatif

Persyaratan kualitatif menggambarkan mutu atau kualitas dari air bersih yang harus dipenuhi agar air tersebut dapat dikonsumsi. Persyaratan ini meliputi persyaratan kimia, fisik, biologis, dan radiologis. Persyaratan tersebut dapat dilihat berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492/Menkes/Per/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum yang harus memenuhi kriteria seperti ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Persyaratan Kualitas Air Minum

No.	Jenis Parameter	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Satuan
1.	Parameter Mikrobiologi		
	E. Coli	0	Jumlah per 100 ml sampel

No.	Jenis Parameter	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Satuan
	Total Bakteri Kaliform	0	Jumlah per 100 ml sampel
2.	Parameter Kimia Anorganik		
	Arsen	0,01	mg/l
	Fluorida	1,5	mg/l
	Total Kromium	0,05	mg/l
	Kadmium	0,003	mg/l
	Nitrit (NO ₂)	3	mg/l
	Nitrat (NO ₃)	50	mg/l
	Sianida	0,07	mg/l
	Selenium	0,01	mg/l
	Alumunium	0,2	mg/l
	Besi	0,3	mg/l
	Kesadahan	500	mg/l
	Klorida	250	mg/l
	Mangan	0,4	mg/l
	Ph	6,5-8,5	
	Seng	3	mg/l
	Sulfat	250	mg/l
	Tembaga	2	mg/l
	Amonia	1,5	mg/l
3.	Parameter Fisik		
	Warna	15	TCU
	Total Zat Padat Terlarut (TDS)	500	mg/l
	Kekeruhan	5	NTU
	Rasa	Tidak Berasa	
	Suhu	Suhu Udara ± 3	°C
4.	Parameter Radioaktif		
	Gross Alpha Activity	0,1	Bq/l
	Gross Beta Activity	1	Bq/l

Sumber : Keputusan Menteri Kesehatan RI No.492/Menkes/Per/IV/2010

1. Syarat-syarat fisik

Syarat fisik air minum harus jernih, tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa (tawar). Warna dipersyaratkan dalam air minum untuk Masyarakat karena pertimbangan estetika. Ada 2 macam warna pada air

yaitu *apparent color* dan *true color*. *Apparent color* ditimbulkan karena adanya benda-benda zat tersuspensi dari bahan organik. Hal ini lebih mudah diatasi dibanding dengan jenis *true color*. *True color* adalah warna yang ditimbulkan oleh zat-zat bukan zat organik.

Rasa seperti asin, manis, pahit, asam, dan sebagainya tidak boleh terdapat dalam air minum untuk masyarakat. Bau yang bisa terdapat dalam air adalah bau busuk, amis, dan lainnya. Selain bau, warna, dan rasa, syarat lain yang harus dipenuhi secara fisik adalah suhu. Suhu sebaiknya sama dengan suhu udara atau kurang lebih 25°C.

2. Syarat-syarat Kimia

Air minum tidak boleh mengandung bahan-bahan kimia dalam jumlah yang melampaui batas. Beberapa persyaratan kimia tersebut diantara lain :

a. pH

Ph merupakan faktor penting bagi air minum, karena mempengaruhi proses korosi dan perpipaan, khususnya pada $\text{pH} < 6,5$ dan $> 9,5$ akan mempercepat terjadinya reaksi korosi pada pipa distribusi air minum. Selain itu, nilai pH jumlah mikroorganisme patogen semakin banyak dan ini sangat membahayakan bagi Kesehatan manusia.

b. Zat padat total (total solid)

Total solid merupakan bahan yang tertinggal sebagai residu pada penguapan dan pengeringan pada suhu 103°C – 105°C.

c. Zat organik sebagai KMnO_4

Zat organik dalam air berasal dari alam yang meliputi tumbuh-tumbuhan, selulosa, gula, dan pati. Pada sintesa ialah proses-proses industry. Dan pada fermentasi diantaranya alcohol, asam, dan akibat kegiatan mikroorganisme.

d. CO_2 agresif

CO_2 yang terdapat dalam air berasal dari udara dan hasil dekomposisi zat organik.

e. Kesadahan total (total hardness)

Kesadahan adalah sifat air yang disebabkan oleh adanya ion-ion (kation) logam valensi, misalnya Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{+} , dan Mn^{+} . Air sudah menyebabkan pemborosan pemakaian sabun pencuci dan mempunyai titik didih yang lebih tinggi.

f. Kalsium (Ca)

Kalsium dalam air minum dalam batas-batas tertentu diperlukan untuk pertumbuhan tulang dan gigi. Nilai Ca lebih dari 200 mg/l dapat menyebabkan korosi dalam pipa.

g. Besi dan Mangan

Zat-zat lain yang selalu ada dalam air adalah besi dan mangan. Besi merupakan logam yang menghambat proses desinfeksi. Hal ini disebabkan karena daya pengikat klor (DPC) selain digunakan untuk mengikat zat organik, juga digunakan untuk mengikat besi dan mangan, sehingga sisa klor menjadi lebih sedikit dan hal ini memerlukan desinfeksi yang semakin besar pada proses pengolahan air. Selain itu besi dan mangan menyebabkan warna air menjadi keruh.

h. Tembaga (Cu)

Pada kadar yang lebih besar dari 1 mg/l akan menyebabkan rasa tidak enak pada lidah dan dapat menimbulkan kerusakan pada hati.

i. Seng (Zn)

Kelebihan kadar $\text{Zn} > 5$ mg/l dalam air minum menyebabkan rasa pahit.

j. Chlorida (Cl)

Kadar chlor yang melebihi 250 mg/l akan menyebabkan rasa asin dan korosif pada logam.

k. Nitrit

Kelemahan nitrit dapat menyebabkan methemoglobinemia terutama pada bayi yang mendapatkan konsumsi air minum yang mengandung nitrit.

1. Flourida (F)

Kadar $F < 1 \text{ mg/l}$ menyebabkan kerusakan gigi atau carries gigi. Sebaiknya bila terlalu banyak akan menyebabkan gigi berwarna kecoklatan.

- m. Logam-logam berat (Pb, As, Se, Cd, Cr, Hg, CN)

Adanya logam-logam berat dalam air akan menyebabkan gangguan pada jaringan syaraf, pencemaran, metabolisme, oksigen, dan kanker.

3. Syarat-syarat bakteriologis atau mikrobiologis

Air minum tidak boleh mengandung kuman-kuman pathogen dan parasitic seperti kuman-kuman *thypus*, klera, *dysentri*, dan gastroenteritis. Karena apabila bakteri pathogen dijumpai pada air minum maka akan mengganggu kesehatan atau timbul penyakit. Untuk mengetahui adanya bakteri pathogen dapat dilakukan dengan pengamatan terhadap ada tidaknya bakteri E.Coli yang merupakan bakteri indicator pencemaran air.

4. Syarat-syarat radiologis

Air minum tidak boleh mengandung zar yang menghasilkan bahan-bahan yang mengandung radioaktif, seperti sinar alfa, beta, dan gamma.

2.1.5.2 Persyaratan Kuantitatif (Debit)

Persyaratan kuantitatif 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.

2.1.5.3 Persyaratan Kontinuitas

Air baku untuk air bersih harus dapat diambil terus menerus dengan fluktuasi debit yang relative tetap, baik pada musim kemarau maupun musim hujan. Kontinuitas juga dapat diartikan bahwa air bersih harus tersedia 24 jam per hari, atau setiap saat diperlukan, kebutuhan air tersedia. Akan tetapi kondisi nyata tersebut hamper tidak dapat dipenuhi setiap wilayah di Indonesia, sehingga untuk menentukan Tingkat kontinuitas pemakaian air dapat dilakukan dengan cara pendekatan aktifitas konsumen terhadap prioritas pemakaian air. Prioritas

pemakaian air yaitu minimal selama 12 jam per hari atau pada jam-jam puncak aktifitas kehidupan, pada pukul 06.00-18.00 WIB.

Kontinuitas aliran sangat penting ditinjau dari dua aspek. Pertama adalah kebutuhan konsumen. Seberapa besar konsumen memerlukan air untuk kehidupan dan pekerjaannya, dalam jumlah yang tidak ditentukan. Karena itu, diperlukan pada waktu yang tidak ditentukan dan diperlukan juga reservoir pelayanan dan fasilitas energi yang tersedia setiap saat.

Sistem jaringan perpipaan didesai untuk membawa suatu kecepatan aliran tertentu. Kecepatan dalam pipa tidak boleh melebihi 0,6-1,2 m/dt. Ukuran pipa harus tidak melebihi dimensi yang diperlukan dan juga tekanan dalam system harus tercukupi. Dengan analisis jaringan pipa distribusi, dapat ditentukan dimensi atau ukuran pipa yang diperlukan sesuai dengan tekanan minimum yang diperbolehkan agar kuantitas aliran terpenuhi.

2.1.6 Sumber Air Bersih

Air baku adalah air yang berasal dari sumber air yang perlu atau tidak perlu diolah menjadi air minum untuk keperluan rumah tangga. Dalam memilih sumber air baku harus diperhatikan persyaratan utama yang meliputi kualitas, kuantitas, kontinuitas, dan biaya yang murah dalam proses pengambilan sampai pengolahan (*Dirjen Cipta Karya, 1998*).

Untuk penyediaan air baku biasanya menggunakan air permukaan. Air permukaan adalah air hujan yang mengalir dipermukaan bumi. Pada umumnya air permukaan ini akan mendapat pengotoran selama pengalirannya misalnya, oleh lumpur, batang-batang kayu, daun-daun, kotoran industri kota dan sebagainya. Tergantung pada daerah pengaliran air permukaan ini, jenis pengotorannya merupakan permukaan kotoran fisik, kimia, dan bakteriologi.

Adapun sumber-sumber air yang dapat dipergunakan sebagai sumber air diantaranya sebagai berikut :

2.1.6.1 Air Hujan

Air hujan adalah uap air yang sudah mengalami kondensasi, kemudian jatuh ke bumi berbentuk air. Proses kondensasi (perubahan uap air menjadi tetes air yang

sangat kecil) membentuk tetes air. Pada waktu terbentuk uap air terjadi proses transformasi (pengangkatan uap air oleh angin menuju daerah tertentu yang akan terjadi hujan). Air hujan juga merupakan sumber air baku untuk keperluan rumah tangga, pertanian, dan lain-lain. Air hujan dapat diperoleh dengan cara menampung air hujan yang jatuh dari atap rumah.

Air hujan bersifat agresif terutama terhadap pipa-pipa penyalur maupun bak-bak reservoir sehingga mempercepat terjadinya korosi. Walau pada saat presipitasi merupakan air yang paling bersih yang merupakan juga sumber utama dari bumi, namun air tersebut cenderung mengalami pencemaran ketika berada di atmosfer. Pencemaran yang berlangsung di atmosfer dapat disebabkan oleh partikel-partikel seperti debu, mikroorganisme, dan gas misalnya karbon dioksida, nitrogen, dan amoniak (Pahude, M.S, 2022).

2.1.6.2 Air Sungai

Air Sungai berasal dari mata air dan air hujan yang mengalir pada permukaan tanah. Secara fisik, air sungai terlihat berwarna cokelat dengan Tingkat kekeruhan yang tinggi karena bercampur dengan pasir, lumpur, kayu, dan kotoran lainnya. Kualitas air Sungai juga dipengaruhi oleh lingkungan di sekitar aliran sungai. Secara umum, kualitas air Sungai di daerah hilir (muara) lebih rendah dibandingkan di daerah hulu (mata air). Hal ini terjadi akibat limbah industri dan rumah tangga yang dibuang langsung ke sungai tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu terkumpul di muara sungai. Akibatnya, secara kualitas kimia, biologi, maupun fisika, air di daerah muara sungai sangat rendah dan tidak layak untuk dijadikan bahan baku konsumsi. Dalam penggunaan sebagai air minum, haruslah mengalami suatu pengolahan yang sempurna, mengingat bahwa air sungai pada umumnya mempunyai derajat pengotoran yang sangat tinggi.

2.1.6.3 Air Tanah

Air tanah merupakan air yang terdapat di dalam lapisan tanah atau batuan dibawah permukaan tanah. Air tanah berasal dari air hujan yang meresap ke dalam tanah. Dalam proses peresapan tersebut, air tanah mengalami penyaringan (filtrasi) oleh lapisan-lapisan tanah. Air tanah lebih jernih dibandingkan air permukaan. Air tanah memiliki kandungan mineral yang cukup tinggi. Sifat dan kandungan mineral

air tanah dipengaruhi oleh lapisan tanah yang dilaluinya. Kandungan mineral air tanah antara lain Na, Mg, Ca, Fe, dan O₂.

Air tanah digolongkan menjadi tiga, yaitu air tanah dangkal, air tanah dalam, dan mata air. Golongan tersebut berkaitan dengan kualitas dan kuantitas mineral yang terkandung di air tanah.

- a. Air tanah dangkal terdapat pada kedalaman kurang lebih 15 meter di bawah permukaan tanah. Jumlah air yang terkandung pada kedalaman ini cukup terbatas. Biasanya hanya digunakan untuk keperluan rumah tangga, seperti minum, mandi, dan mencuci. Penggunaan air tanah dangkal berupa sumur berdinding semen maupun sumur bor. Secara fisik, air tanah terlihat jernih dan tidak berwarna karena telah mengalami proses penyaringan oleh lapisan tanah. Kualitas air tanah dangkal cukup baik dan layak digunakan sebagai bahan baku air minum. Kualitas air tanah dangkal dipengaruhi oleh musim. Pada saat musim hujan, jumlah air tanah dangkal berlimpah, tetapi jumlahnya terbatas pada saat musim kemarau.
- b. Air tanah dalam terdapat pada kedalaman 100-300 meter di bawah permukaan tanah. Air tanah dalam berwarna jernih dan sangat baik digunakan sebagai air minum karena telah mengalami proses penyaringan berulang-ulang oleh lapisan tanah. Air tanah dalam memiliki kualitas yang lebih baik daripada air tanah dangkal. Hal ini disebabkan pada saat proses penyaringan air tanah dalam lebih panjang, lama, dan sempurna dibandingkan air tanah dangkal. Kualitas air tanah dalam cukup besar dan tidak terlalu dipengaruhi oleh musim, sehingga air tanah dalam dapat digunakan untuk kepentingan industri dan dapat digunakan dalam jangka waktu yang cukup lama.
- c. Mata air merupakan air tanah yang keluar langsung dari permukaan tanah. Mata air biasanya terdapat pada lereng gunung, dapat berupa rembesan (mata air rembesan) dan ada juga yang keluar di daerah dataran rendah. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/M/2007 mata air sering ditemukan mengandung CO₂ agresif yang tinggi yang walaupun tidak banyak berpengaruh pada kesehatan tetapi cukup berpengaruh pada

bahan pipa (bersifat korosif). Mata air memiliki kualitas air hampir sama dengan kualitas air tanah dalam dan sangat baik digunakan untuk air minum. Kualitas air yang dihasilkan oleh mata air cukup banyak dan tidak dipengaruhi oleh musim, sehingga dapat digunakan untuk kepentingan umum dalam jangka waktu yang lama.

2.1.6.4 Sumur Gali

Sumur gali adalah sarana penyediaan air bersih dengan cara mengambil atau memanfaatkan air dengan mengambil air menggunakan tangan sampai mendapatkan air bersih. Sumur gali merupakan suatu cara pengambilan air tanah yang banyak diterapkan, khususnya di daerah pedesaan karena mudah pembuatannya dan dapat dilakukan oleh masyarakat itu sendiri dengan peralatan yang sederhana dan biaya yang murah (Depkes RI, 1991)

Menurut (Alfarizi. D, 2022), bentuk tipe sumur gali yaitu :

1. Bentuk Sumur Gali

Bentuk sumur gali dalam spesifikasi ini sesuai dengan penampang lubangnya, yaitu bulat.

2. Tipe Sumur Gali ada 2 macam yaitu:

- a. Tipe I : dipilih apabila keadaan tanah tidak menunjukkan gejala retak atau runtuh. Dinding atas terbuat dari pasangan batu atau batako atau batu belah dengan tinggi 80 cm dari permukaan lantai. 6 Dinding bawah dari bahan yang sama atau pipa beton ke dalam minimal 300 cm dari permukaan lantai.
- b. Tipe II : dipilih apabila keadaan tanah menunjukan gejala mudah retak runtuh. Dinding atas terbuat dari pasangan batu atau batako atau batu belah dengan tinggi 80 cm dari permukaan lantai. Dinding bawah sampai ke dalam sumur dari pipa beton, minimal sedalam 300 cm dari permukaan lantai pipa beton kedap air dan sisa dari pipa beton berlubang.

3. Lokasi penempatan penentuan lokasi penempatan sumur gali adalah sebagai berikut:
 - a. Ditempatkan pada lapisan tanah yang mengandung air yang berkesinambungan.
 - b. Lokasi sumur gali berjarak horizontal minimal 11 meter ke arah hulu dari aliran air tanah dari sumber pencemar, seperti bidang resapan dari tangki septictank, kakus, empang, lubang galian sampah dan lain sebagainya.
 - c. Lokasi sumur gali terhadap perumahan bila dilayani secara komunal maksimal berjarak 50 meter.
 - d. Air yang ditampung dalam sumur adalah berasal dari akuifer. e. Sumur tidak boleh kemasukan air banjir.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air merupakan jumlah air yang diperlukan bagi kebutuhan dasar/suatu unit konsumsi air, dimana kehilangan air dan kebutuhan air untuk pemadam kebakaran juga diperhitungkan. Kebutuhan dasar dan kehilangan tersebut berfluktuasi dari waktu ke waktu, dengan skala jam, hari, minggu, bulan, selama kurun waktu tertentu.

Jenis pelayanan air yang banyak dikenal yaitu sambungan rumah dan kran umum. Sambungan rumah dicirikan adanya kran yang tersedia didalam rumah. Penggunaan sambungan rumah terutama ditentukan oleh jumlah populasi rata-rata dalam satu rumah tangga yang dikategorikan rumah permanen. Untuk sambungan atau kran umum berupa kran atau tempat pengambilan air secara kolektif yang disediakan pada sekelompok rumah.

2.2.1.1 Kebutuhan Air Bersih Domestik

Kebutuhan domestik dimaksudkan adalah untuk memenuhi kebutuhan air bersih bagi keperluan rumah tangga yang dilakukan melalui Sambungan Rumah (SR) dan kebutuhan umum yang disediakan melalui fasilitas Hidran Umum (HU). Kategori kebutuhan air bersih berdasarkan jenis kota dan jumlah penduduk dapat dilihat pada tabel 2.2 dibawah ini.

Tabel 2.2 Kebutuhan Air Berdasarkan Jenis Kota dan Jumlah Penduduk

No.	Kategori Kota	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Pemakaian Air (L/O/H)
1.	Metropolitan	>1.000.000	150
2.	Kota Besar	500.000-1.000.000	120
3.	Kota Sedang	100.000-500.000	100
4.	Kota Kecil	25.000-100.000	90
5.	Kecamatan	10.000-25.000	60
6.	Desa	<10.000	50

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 1998

Untuk memperkirakan jumlah kebutuhan air domestik saat ini dan dimasa mendatang dihitung berdasarkan jumlah penduduk, tingkat kebutuhan penduduk dan kebutuhan air perkapita. Kebutuhan air perkapita dipengaruhi oleh aktivitas fisik atau tingkatan kesejahteraan. Oleh karena itu, dalam memperkirakan besarnya kebutuhan air domestik perlu dibedakan antara kebutuhan air untuk penduduk urban (perkotaan) dan daerah rural (perdesaan). Adanya perbedaan kebutuhan air dilakukan dengan pertimbangan bahwa penduduk di daerah urban cenderung memanfaatkan air secara berlebih dibandingkan penduduk di daerah rural. (Alfarizi, D. 2022)

Untuk tingkat pemakaian air domestik dapat dilihat pada table 2.3 dibawah ini :

Tabel 2.3 Tingkat Kebutuhan Air Rumah Tangga

No	Uraian	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Penduduk (Jiwa)				
		>1.000.000	500.000 s/d 1.000.000	100.000 s/d 500.000	20.000 s/d 100.000	<20.000
		Metro	Besar	Sedang	Kecil	Desa
1.	Konsumsi Unit Sambungan Rumah (SR) (liter/orang/hari)	190	190	190	190	190

No	Uraian	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Penduduk (Jiwa)				
		>1.000.000	500.000 s/d 1.000.000	100.000 s/d 500.000	20.000 s/d 100.000	<20.000
		Metro	Besar	Sedang	Kecil	Desa
2.	Konsumsi Unit Hidran Umum (HU) (liter/orang/hari)	30	30	30	30	30
3.	Konsumsi Unit Non Domestik	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
4.	Kehilangan Air (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
5.	Faktor Hari Maksimum	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
6.	Faktor Jam Puncak	1,5-2,0	1,5-2,0	1,5-2,0	1,5-2,0	1,5-2,0
7.	Jumlah Jiwa per Sambungan Rumah (SR)	5	5	5	5	5
8.	Jumlah Jiwa per Hidran Umum (HU)	100	100	100	100	100
9.	Sisa Tekan di Jaringan Distribusi (meter)	10	10	10	10	10
10.	Jam Operasi (jam)	24	24	24	24	24
11.	Volume Reservoir (%) (Max Day Demand)	20	20	20	20	20
12.	SR : HU	50:50 s/d 80:20	50:50 s/d 80:20	50:50 s/d 80:20	50:50 s/d 80:20	50:50 s/d 80:20
13.	Cakupan Pelayanan (%)	90	90	90	90	90

Sumber : Dirjen Cipta Karya, 2000

Tabel 2.4 Kebutuhan Air Domestik Kategori I,II,III,IV,V

Keperluan	Konsumsi (liter) Standar Pekerjaan Umum	Standar Departemen Kesehatan
Minum	2	2

Keperluan	Konsumsi (liter) Standar Pekerjaan Umum	Standar Departemen Kesehatan
Masak	-	14,5
MCK	12	20
Wudhu	16,2	15
Cuci Piring	10,7	13
Kebersihan Rumah	31,4	32
Taman	11,8	11
Cuci Kendaraan	21,1	22,5
Lain-lain	1-21	20
Total	126,8	150

Sumber : Kriteria Perencanaan Dirjen Cipta Karya, 2000

2.2.1.2 Kebutuhan Air Bersih Non Domestik

Kebutuhan air bersih non domestik dialokasikan pada pelayanan untuk memenuhi kebutuhan air bersih berbagai fasilitas sosial dan komersial yaitu fasilitas pendidikan, peribadatan, pusat pelayanan kesehatan, instansi pemerintahan dan perniagaan. Besarnya pemakaian air untuk kebutuhan non domestik diperhitungkan 20% dari kebutuhan domestik.

Kebutuhan air non domestik untuk kota dapat dibagi dalam beberapa kategori antara lain :

- a. Kota kategori I (Metro)
- b. Kota kategori II (Kota besar)
- c. Kota kategori III (Kota sedang)
- d. Kota kategori IV (Kota kecil)
- e. Kota kategori V (Desa)

Untuk memperkirakan tingkat pemakaian air non domestik dilakukan dengan asumsi pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.5 Kebutuhan Air Non Domestic Kota Kategori I,II,III, dan IV

No.	Sektor	Besaran	Satuan
1.	Sekolah	10	Liter/orang/hari
2.	Rumah Sakit	200	Liter/bed/hari
3.	Puskesmas	2.000	Liter/unit/hari
4.	Masjid	3.000	Liter/unit/hari
5.	Kantor	10	Liter/pegawai/hari
6.	Pasar	12.000	Liter/hektar/hari
7.	Hotel	150	Liter/bed/hari
8.	Rumah Makan	100	Liter/tempat duduk/hari
9.	Kompleks Militer	60	Liter/orang/hari
10.	Kawasan Industri	0,2-0,8	Liter/detik/hari
11.	Kawasan Pariwisata	0,1-0,3	Liter/detik/hari

Sumber : Kriteria Perencanaan Dirjen Cipta Karya, 2000

Tabel 2.6 Kebutuhan Air Non Domestic Kota Kategori V

No.	Sektor	Besaran	Satuan
1.	Sekolah	10	Liter/orang/hari
2.	Rumah Sakit	200	Liter/bed/hari
3.	Puskesmas	1.200	Liter/unit/hari
4.	Masjid	3.000	Liter/unit/hari
5.	Pasar	12.000	Liter/hektar/hari
6.	Kawasan Industri	10	Liter/hektar/hari

Sumber : Kriteria Perencanaan Dirjen Cipta Karya, 2000

Tabel 2.7 Kebutuhan Air Non Domestic Menurut Jumlah Penduduk

Kriteria (Jumlah Penduduk)	Jumlah Kebutuhan Air Non Domestic (% Kebutuhan Air Rumah Tangga)
> 500.000	40
100.000-500.000	35
< 100.000	25

Sumber : Kriteria Perencanaan Dirjen Cipta Karya, 2000

2.2.2 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Kebutuhan Air Bersih

2.2.2.1 Pertumbuhan Populasi

Pertumbuhan jumlah penduduk adalah faktor utama yang mempengaruhi kebutuhan air bersih. Pada kebutuhan konsumsi, meningkatnya jumlah penduduk dapat meningkatkan kebutuhan air untuk konsumsi sehari-hari dan menambah beban pada sistem sanitasi dan pengelolaan limbah, yang memerlukan lebih banyak air bersih. Proyeksi kebutuhan air sering didasarkan pada estimasi pertumbuhan populasi konsumsi perkapita.

2.2.2.2 Perubahan Pola Konsumsi

Pola konsumsi air dapat berubah seiring waktu dengan perubahan gaya hidup dan konsumsi industri. Misalnya, peningkatan konsumsi produk makanan yang membutuhkan banyak air dalam proses produksinya (seperti daging) dapat meningkatkan total kebutuhan air.

2.2.2.3 Perubahan Iklim

Perubahan iklim mempengaruhi pola curah hujan, suhu, dan kejadian kekeringan yang dapat mengubah ketersediaan air. Proyeksi kebutuhan air harus mempertimbangkan dampak perubahan iklim terhadap sumber daya air, termasuk perubahan dalam pola curah hujan dan evaporasi.

2.2.2.4 Pembangunan Infrastruktur

Pembangunan infrastruktur seperti sistem penyediaan air, sanitasi, dan pengelolaan limbah mempengaruhi proyeksi kebutuhan air. Infrastruktur yang baik dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air dan mengurangi pemborosan.

2.2.3 Metode Proyeksi Kebutuhan Air

Jumlah kebutuhan air yang digunakan menentukan berapa banyak air yang digunakan. Karena pasokan air minimal tidak selalu memenuhi kebutuhan, konsumsi air mungkin dibatasi. Konsumsi air perkapita bervariasi per komunitas karena berbagai faktor, termasuk cara hidup penduduk, pendidikan, dan status ekonomi. Jumlah orang yang menggunakan internet di daerah pedesaan jauh lebih rendah. Menurut data yang diketahui, penggunaan air di daerah pedesaan dan melalui kran umum berkisar 20 hingga 60 liter per orang per hari. Konsumsi air

didaerah pedesaan dapat berkisar antara 20-60 liter per orang per hari hingga lebih dari 400 liter per orang per hari di kota-kota besar. (PERPAMSI,1994)

a. Metode Demografis

Metode ini melibatkan estimasi kebutuhan air berdasarkan proyeksi pertumbuhan populasi dan konsumsi air per kapita. Data yang digunakan mencakup proyeksi pertumbuhan populasi dan rata-rata konsumsi air harian per individu.

b. Metode Historis

Metode historis menggunakan data masa lalu tentang konsumsi air dan tren pertumbuhan untuk memproyeksikan kebutuhan air di masa depan. Analisis ini mencakup penelaahan pola konsumsi yang telah terjadi serta faktor-faktor yang mempengaruhi konsumsi air dalam periode sebelumnya.

c. Model Matematis

Model matematis melibatkan penggunaan algoritma dan simulasi untuk memprediksi kebutuhan air. Ini dapat mencakup model fisik, model statistik, dan model simulasi yang mempertimbangkan berbagai variabel seperti perubahan iklim, pertumbuhan ekonomi, dan perubahan dalam pola konsumsi.

d. Pendekatan Sistem

Pendekatan sistem mempertimbangkan keseluruhan sistem pengelolaan air, termasuk sumber daya air, infrastruktur, dan kebutuhan dari berbagai sektor. Ini melibatkan pemodelan integrasi antara berbagai komponen sistem air untuk menghasilkan proyeksi yang lebih holistik.

2.2.4 Sistem Pengelolaan Air

Sistem pengolahan air adalah rangkaian proses dan teknologi yang digunakan untuk mengubah air dari sumbernya menjadi air yang bersih dan aman untuk konsumsi, penggunaan, atau pembuangan. Tujuan utama dari pengolahan air adalah untuk menghilangkan kontaminan, menjaga kualitas air, dan memastikan air memenuhi standar kesehatan dan keselamatan. Sistem pengolahan air meliputi bangunan penampungan awal, bangunan pengolahan air, dan bangunan reservoir.

2.2.4.1 Bangunan Penampungan Awal

Pada sistem pertama merupakan tempat penampungan air dari sumber. Unit ini berfungsi sebagai tempat penampungan air dari sumber airnya. Selain itu, unit ini dilengkapi dengan *Bar Screen* yang berfungsi sebagai penyaring awal dari benda-benda yang ikut tergenang dalam air seperti sampah daun, kayu, dan benda-benda lainnya. Berdasarkan Pedoman BPPSPAM Departemen Pekerjaan Umum (2014), Bangunan penangkap air baku untuk air minum dibagi menjadi dua, yaitu:

a. *Broncaptering*

Broncaptering merupakan bangunan penangkap mata air artesis kurang lebih yang muncul ke permukaan tanah secara alami, dimana air tersebut kemudian ditampung ke dalam ruang pengumpul. Ruang pengumpul dilengkapi dengan pipa, katup, dan manhole sesuai kebutuhan. Jika mata air yang meresap mengandung pasir, perlu dibangun ruang pengendapan (Alfarizi. D, 2022).

b. *Intake*

Intake merupakan bangunan untuk pengumpulan air baku yang kemudian akan dialirkan menuju instalasi pengolahan air bersih. Unit *intake* berfungsi untuk mengumpulkan air dari sumber untuk menjaga kuantitas debit air, menyaring benda-benda kasar, mengambil air baku sesuai dengan debit yang diperlukan oleh instalasi pengolahan yang direncanakan demi menjaga kontinuitas penyediaan dan pengambilan air dari sumber. Bangunan intake juga dilengkapi dengan screen, pintu air, dan saluran pembawa.

2.2.4.2 Bangunan Pengolah Air (*Water Treatment Plant*)

Pada sistem kedua yang biasa disebut Instalasi Pengolahan Air (IPA) atau *Water Treatment Plant* (WTP) adalah sistem yang terintegrasi berfungsi untuk mengolah air dari kualitas air baku terkontaminasi menjadi kualitas air yang diinginkan sesuai standar mutu yang sudah ditentukan. Secara umum terdiri 4 bagian yaitu Koagulasi (*Coagulation*), Flokulasi (*Flocculation*), Pengendapan (*Sedimentation*), dan Penyaringan (*Filtration*).

a. Tahap Koagulasi (*Coagulation*)

Pada tahap ini, air yang berasal dari penampungan awal diproses dengan menambahkan zat kimia tawas (*alum*) atau zat sejenis seperti garam besi (*salt iron*) atau dengan menggunakan sistem pengadukan cepat (*rapid mixing*). Air yang kotor atau keruh umumnya karena mengandung berbagai partikel koloid yang tidak terpengaruh gaya gravitasi sehingga tidak bisa mengendap dengan sendirinya. Tujuan dari tahap ini adalah untuk menghancurkan partikel koloid (yang menyebabkan air keruh) tadi sehingga terbentuk partikel-partikel kecil namun masih sulit untuk mengendap dengan sendirinya.

b. Tahap Flokulasi (*Flocculation*)

Proses flokulasi adalah proses penyisihan kekeruhan air dengan cara penggumpalan partikel untuk dijadikan partikel yang lebih besar (partikel flok). Pada tahap ini, partikel-partikel kecil yang terkandung dalam air digumpalkan menjadi partikel-partikel yang berukuran lebih besar sehingga dapat mengendap dengan sendirinya pada proses berikutnya. Pada proses flokulasi ini dilakukan dengan cara pengadukan lambat (*slow mixing*).

c. Tahap Pengendapan (*Sedimentation*)

Pada tahap partikel-partikel flok tersebut mengendap secara alami didasar penampungan karena massa jenisnya lebih besar dari unsur air, dan kemudian air dialirkan masuk ke tahap penyaringan (*filtration*).

d. Tahap Penyaringan (*Filtration*)

Pada tahap ini air disaring melewati media penyaring yang disusun dari bahan-bahan yang biasanya berupa pasir dan kerikil silica. Proses ini ditunjukkan untuk menghilangkan bahan-bahan terlarut dan tak larut. Secara umum setelah melalui proses penyaringan ini air langsung masuk ke unit penampungan akhir (Paradisa, 2021). Namun untuk meningkatkan kualitas air kadang diperlukan proses tambahan seperti :

1. Proses Pertukaran Ion (*Ion Exchange*)

Proses pertukaran ion bertujuan untuk menghilangkan zat pencemar anorganik yang tidak dapat dihilangkan oleh proses filtrasi atau

sedimentasi. Proses pertukaran ini juga digunakan untuk menghilangkan arsenic, kromium, kelebihan fluoride, nitrat, radium dan uranium.

2. Proses Penyerapan (*Absorption*)

Proses ini bertujuan untuk menyerap/menghilangkan zat pencemar organik, senyawa penyebab rasa, bau, dan warna. Biasanya dengan membubuhkan bubuk karbon aktif ke dalam air tersebut.

3. Proses Disinfeksi (*Disinfection*)

Sebelum masuk ke unit penampungan akhir, air melalui proses disinfeksi terlebih dahulu. Yaitu proses pembubuhan bahan kimia *chlorine* yang bertujuan untuk membunuh bakteri atau mikroorganisme berbahaya yang terkandung di dalam air tersebut.

2.2.4.3 Bangunan Reservoir

Air yang sudah melewati proses pengolahan tersebut sudah bersih dan bebas dari bakteriologis kemudian ditampung pada bak reservoir untuk didistribusikan pada konsumen. Tujuan pembuatan reservoir adalah untuk menampung air baku dari hasil pemompaan.

Menurut penempatannya reservoir dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Reservoir bawah tanah (ground reservoir) adalah reservoir yang ditempatkan di permukaan tanah, baik yang dibawah atau muncul sebagian maupun di atas permukaan tanah.
2. Menara air (elevated reservoir) adalah reservoir yang ditempatkan di suatu bangunan atau penyangga yang mempunyai ketinggian dari permukaan tanah. Sesuai dengan fungsinya reservoir dapat dibedakan atas dua jenis yaitu:
 - a. Reservoir distribusi adalah bangunan penampung air bersih dari instalasi pengolahan air atau mata air untuk kemudian didistribusikan ke daerah pelayanan melalui jaringan pipa distribusi.
 - b. Reservoir penyeimbang adalah reservoir yang menampung kelebihan air pada saat pemakaian air oleh konsumen relatif lebih kecil dari air yang masuk, kemudian didistribusikan kembali pada saat pemakaian air oleh konsumen relatif lebih besar dari pada air yang masuk.

2.2.5 Sistem Pendistribusian Air Bersih

2.2.5.1 Sistem Distribusi Air Bersih

Menurut (Alfarizi. D, 2022), sistem distribusi adalah sistem yang langsung berhubungan dengan konsumen, yang mempunyai fungsi pokok mendistribusikan air yang telah memenuhi syarat ke seluruh daerah pelayanan. Sistem ini meliputi sistem perpipaan dan perlengkapannya, hidran kebakaran, tekanan tersedia, sistem pemompaan, dan reservoir distribusi.

Tugas pokok sistem distribusi air bersih adalah mengalirkan air bersih kepada para pengguna yang akan menggunakannya, dengan tetap memperhatikan faktor kualitas, kuantitas, dan tekanan air sesuai dengan perencanaan awal. Faktor yang diinginkan oleh para pengguna ialah ketersediaan air setiap waktu.

Suplai air melalui pipa induk mempunyai dua macam sistem menurut Kamala (1999), adalah sebagai berikut :

a. *Continous System*

Dalam sistem ini air minum yang disuplai ke konsumen mengalir terus menerus selama 24 jam. Keuntungan sistem ini adalah konsumen setiap saat dapat memperoleh air bersih dari jaringan pipa distribusi di posisi pipa manapun. Sedangkan kerugian dari pemakaiannya, air akan cenderung lebih boros dan bila terjadi sedikit kebocoran saja maka jumlah air yang hilang akan sangat besar jumlahnya.

b. *Intermitten System*

Dalam sistem ini air bersih disuplai 2-4 jam pada pagi hari dan 2-4 jam pada sore hari. Kerugiannya adalah pengguna air tidak bisa setiap saat mendapatkan air dan perlu menyediakan tempat penyimpanan air dan bila terjadi kebocoran maka air untuk *fire fighter* (pemadam kebakaran) akan sulit didapat. Dimensi pipa yang digunakan akan lebih besar karena kebutuhan air untuk 24 jam hanya disuplai dalam beberapa jam saja. Sedangkan keuntungannya adalah pemborosan air dapat dihindari dan juga sistem ini cocok untuk daerah dengan sumber air yang terbatas.

2.2.5.2 Sistem Pengaliran Air Bersih

Pendistribusian air bersih kepada konsumen dengan kuantitas, kualitas, dan tekanan yang cukup memerlukan sistem perpipaan yang baik, reservoir, pompa dan peralatan lainnya. Metode dari pendistribusian air tergantung pada kondisi topografi dari sumber air dan posisi para konsumen berada. Menurut Howard,S (1985) sistem pengaliran yang dapat dipakai adalah sebagai berikut :

a. Gaya Gravitasi

Sistem pengaliran air dari sumber tempat reservoir dengan cara memanfaatkan energi potensial yang dimiliki air akibat perbedaan ketinggian lokasi sumber dengan lokasi reservoir. 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 rasio ketinggian lokasi.

b. Cara Pemompaan

Sistem pengaliran air dari sumber ke tempat reservoir dengan cara memberikan energi kinetik pada aliran air sehingga air dari sumber dapat mencapai lokasi reservoir yang lebih tinggi. 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 instansi pengolahan dan daerah pelayanan tidak dapat memberikan tekanan yang cukup.

c. Cara Gabungan

Yaitu sistem pengaliran air dari sumber ke reservoir dengan cara menggabungkan dua sistem transmisi yaitu penggunaan sistem gravitasi dan sistem pompa. 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 di pompakan dan disimpan pada reservoir distribusi.

2.2.5.3 Sistem Jaringan/Pola

Dalam system distribusi terdapat tiga pola sistem, yaitu sistem pola cabang (Branch) system pola lingkaran (loop), dan sistem pola Gridiron (BPPSPAM Kementrian PU, 2009):

1. Sistem Cabang (*Branch*)

Sistem cabang memiliki ciri-ciri, yaitu merupakan sistem terbuka, memiliki satu arah pengaliran, gradasi ukuran pipa terlihat jelas dan memerlukan banyak blow off karena terdapat banyak (*dead-end*) menyerupai cabang sebuah pohon. Pada induk utama (*primary feeders*), tersambung pipa induk sekunder (*secondary feeders*) dan pipa tidak sekunder tersambung dengan pipa pelayanan utama (*small distribusi mains*) yang terhubung dengan penyediaan air minum dalam Gedung. Bentuk ini dapat digunakan untuk daerah pergunungan mengikuti konturnya, juga dapat dipakai pada daerah yang baru berkembang sebagai berikut sementara atau pada daerah yang sudah tidak mungkin lagi berkembang.

2. Sistem Lingkaran (*Loop*)

Ciri-ciri utama sistem ini terletak mengelilingi daerah layanan. Pengambilan dibagi menjadi dua dan masing – masing mengelilingi batas daerah layanan dan keduanya bertemu Kembali diujung. Pipa perlintasan (*croos*) menghubungkan kedua pipa induk utama. Didalam daerah layanan pipa pelayanan utama terhubung dengan pipa induk utama. Sistem ini dipakai untuk daerah yang relatif datar, dan paling ideal digunakan.

3. Sistem Gridiron

Pipa induk utama dan pipa induk sekunder terletak dalam kotak, dengan pipa induk utama, pipa induk sekunder,serta pipa pelayanan utama saling terhubung.Sistem ini paling banyak digunakan.

2.2.6 Fluktuasi Pemakaian Air Bersih

Secara umum, kebutuhan air di masyarakat berubah seiring dengan gaya hidup dan keadaan iklim masyarakat di berbagai belahan dunia. Penggunaan air meningkat secara dramatis dinegara-negara dengan empat musim, mencapai 20

persen hingga 30 persen lebih tinggi pada bulan-bulan musim panas Juni, Juli, Agustus, dan September. Penggunaan air biasanya 20% lebih rendah dimusim dingin daripada sepanjang sisa tahun. Dari segi iklim pedesaan antara faktor maksimum setiap hari di iklim tropis, seperti Indonesia, lebih rendah daripada negara-negara dengan empat musim.

Fluktuasi pemakaian air bersih yaitu keadaan tidak seimbang dari penggunaan air oleh konsumen yang biasanya disebabkan oleh pemakaian yang tidak tetap pada suatu waktu pemakaian, Hal ini terjadi karena perbedaan kepentingan pemakaian baik jumlah Atau kuantitas ataupun saat pemakaiannya (Guna. S.A, 2021). Adapun yang dimaksudkan fluktuasi disini yaitu:

- a. Jam puncak yaitu jam dimana terjadinya pemakaian air terbesar dalam 24 jam. Faktor jam puncak (fb) mempunyai nilai yang berbalik dengan jumlah penduduk. Semakin tinggi jumlah penduduk maka besarnya faktor jam puncak akan semakin kecil. Hal ini terjadi karena dengan bertambahnya penduduk maka aktivitas penduduk tersebut juga akan semakin beragam sehingga fluktuasi pemakaian akan semakin kecil
- b. Hari maksimum yaitu jumlah pemakaian air terbanyak dalam satu hari selama satu tahun. Debit pemakaian maksimum digunakan sebagai acuan dalam membuat sistem transmisi air bahan baku air minum. Perbandingan antara debit pemakaian hari maksimum dengan debit rata-rata akan menghasilkan faktor maksimum (fm).

Nilai faktor hari maksimum dan faktor jam puncak telah ditetapkan oleh Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Cipta Karya. Nilai-nilai tersebut seperti terdapat pada tabel berikut ini :

Tabel 2.8 Nilai Faktor Hari Maksimum dan Faktor Jam Puncak

No.	Kategori	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Faktor Hari Maksimum	Faktor Jam Puncak
1.	Metropolitan	>1.000.000	1,1	1,5
2.	Kota Besar	500.000- 1.000.000	1,1	1,5

No.	Kategori	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Faktor Hari Maksimum	Faktor Jam Puncak
3.	Kota Sedang	100.000-500.000	1,1	1,5
4.	Kota Kecil	25.000-100.000	1,1	1,5
5.	Kecamatan	10.000-25.000	1,1	1,5
6.	Desa	<10.000	1,1	1,5

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Cipta Karya, 1998

Untuk memperkirakan kebutuhan air pada jam puncak dan hari maksimum dapat dihitung berdasarkan :

1. Kebutuhan hari maksimum

$$Q_{\text{hr maks}} = Q_{\text{rate}} \times F_{\text{maks}}$$

2. Kebutuhan jam puncak

$$Q_{\text{jam puncak}} = Q_{\text{rate}} \times F_{\text{jam puncak}}$$

Tabel 2.9 Fluktuasi Pemakaian Air

Jam	% Pemakaian	Jam	% Pemakaian
0-1	2	12-13	11
1-2	1	13-14	8,5
2-3	0,5	14-15	7
3-4	0,5	15-16	5
4-5	0,5	16-17	3
5-6	2,5	17-18	5
6-7	3	18-19	5
7-8	3	19-20	5
8-9	4	20-21	7
9-10	6	21-22	5
10-11	4	22-23	5
11-12	7,5	23-34	2

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Cipta Karya, 1998

2.2.7 Dampak Kekurangan Air Bersih

Kekurangan air bersih dapat memiliki dampak yang luas dan serius pada berbagai aspek kehidupan manusia dan lingkungan. Dampak kekurangan air bersih meliputi beberapa faktor diantaranya sebagai berikut :

a. Kesehatan

Secara kesehatan, kekurangan air bersih meningkatkan risiko penyebaran penyakit yang ditularkan melalui air, seperti diare, kolera, dan tifus, yang dapat menimbulkan krisis kesehatan publik. Kondisi ini terutama berdampak pada komunitas yang tidak memiliki akses ke fasilitas sanitasi yang memadai, mengakibatkan angka kematian yang tinggi di kalangan anak-anak dan populasi rentan lainnya.

b. Ekonomi

Kekurangan air bersih dapat mempengaruhi produktivitas pertanian, yang merupakan sumber utama pendapatan bagi banyak negara, dengan mengakibatkan penurunan hasil panen dan meningkatkan ketidakstabilan harga pangan. Selain itu, industri yang bergantung pada air untuk proses produksi dapat mengalami penurunan kapasitas operasi dan peningkatan biaya, yang berdampak negatif pada pertumbuhan ekonomi.

c. Lingkungan

Dampak lingkungan juga signifikan, karena kekurangan air dapat menyebabkan penurunan kualitas ekosistem, seperti pengeringan sungai dan danau, serta kerusakan habitat alami yang berdampak pada keanekaragaman hayati.

d. Konflik sumber daya

Hal tersebut juga bisa meningkat, seiring dengan semakin langkanya air bersih, memicu persaingan antara negara, daerah, dan sektor-sektor yang berbeda.

Untuk mengatasi dampak-dampak tersebut, diperlukan upaya berkelanjutan dalam pengelolaan sumber daya air, penerapan teknologi konservasi, dan peningkatan kesadaran masyarakat tentang pentingnya penggunaan air yang efisien.

2.2.8 Dasar Perhitungan

2.2.8.1 Proyeksi Jumlah Penduduk

Menurut Indriyani & Rakhmawati. F (2023) proyeksi penduduk (*population projection*) merupakan suatu ramalan (*forecast*) yang didasarkan pada asumsi-asumsi rational tertentu yang dibuat untuk kecenderungan pada masa mendatang dengan menggunakan peralatan statistic atau perhitungan matematik. Hal ini sejalan dengan pendapat Desviandini & Karyana (2022) mengemukakan bahwa di Indonesia, prediksi jumlah penduduk yang diturunkan dengan menggunakan metode matematika lebih unggul dari pada metode komponen. Hal ini ditunjukkan dengan fakta bahwa setelah Sensus Penduduk (SP) dilakukan, temuan proyeksi metode matematika lebih deat dengan hasil SP.

Dalam standar kriteria desain sistem penyediaan air bersih, proyeksi jumlah penduduk dimasa yang akan datang dapat diprediksikan berdasarkan laju pertumbuhan penduduk yang direncanakan relative naik setiap tahunnya. Untuk mengetahui jumlah penduduk data yang digunakan adalah metode geometrik, aritmatika.

1. Metode Geometrik

$$P_n = P_o (1+r)^n \dots\dots\dots(2.1)$$

$$r = \frac{\text{Jumlah \% pertambahan}}{\text{tahun}_n - \text{tahun}_o} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan : P_n = Jumlah penduduk pada tahun n proyeksi (jiwa)
 P_o = Jumlah penduduk pada tahun awal proyeksi (jiwa)
 r = Persentase jumlah pertambahan penduduk dibagi selisih waktu dikurangi tahun awal proyeksi (%)
 n = Selisih waktu atau jumlah tahun

2. Metode Aritmatika

Metode aritmatika ini digunakan apabila dianggap bahwa jumlah penduduk tiap tahun selalu sama.

$$P_n = P_o + (1+(r \times n)) \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan : P_n = Jumlah penduduk pada tahun n proyeksi (jiwa)
 P_o = Jumlah penduduk pada tahun awal proyeksi (jiwa)
 r = Persentase jumlah pertambahan penduduk dibagi selisih waktu dikurangi tahun awal proyeksi (%)
 n = Selisih waktu atau jumlah tahun

3. Penentuan Metode yang Paling Baik

Untuk menentukan pilihan rumus proyeksi jumlah penduduk yang akan digunakan dengan hasil perhitungan yang paling mendekati kebenaran harus dilakukan analisis dengan menghitung standar deviasi atau koefisien korelasi. Persamaan yang digunakan meliputi :

$$S = \sqrt{\frac{\sum(Xi-X)^2}{n-1}} \text{ untuk } n > 20 \dots\dots\dots(2.6)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum(Xi-X)^2}{n}} \text{ untuk } n = 20 \dots\dots\dots(2.7)$$

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum Y)(\sum X)}{\sqrt{(n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2)(n(\sum X^2) - (\sum X)^2)}} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan : S= Standar deviasi
 Y = Jumlah penduduk
 X = Pertambahan tahun
 n = Jumlah Data

Menurut Tiamansyah. A (2023), standar deviasi menginformasikan tentang seberapa jauh bervariasi data terhadap nilai rata-rata. Semakin besar nilai standar deviasi semakin bervariasi data (heterogen) dan sebaliknya. Jika nilai standar deviasi jauh lebih besar dibandingkan nilai mean, maka nilai mean merupakan representasi yang buruk dari keseluruhan data. Sedangkan jika nilai standar deviasi sangat kecil dibandingkan nilai mean, maka nilai mean merupakan representasi yang baik yang dapat digunakan sebagai representasi dari keseluruhan data.

2.2.8.2 Perkiraan Kebutuhan Air Bersih

Sesuai dengan Millinium Development Goals (MDGS) pedoman yang perlu diketahui selain proyeksi jumlah penduduk dalam memprediksi jumlah kebutuhan air bersih adalah :

1. Konsumsi air bersih

Konsumsi air bersih sesuai dengan peraturan Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah tahun 2002 diasumsikan sebagai berikut :

- a. Konsumsi air bersih untuk sambungan rumah/sambungan langsung sebanyak 100 liter/orang/hari.
- b. Konsumsi air bersih untuk sambungan tak langsung/bak umum untuk masyarakat kurang mampu sebanyak 30 liter/orang/hari.

- c. Konsumsi air bersih non rumah tangga (kantor, sekolahan, tempat ibadah, industri, pemadam kebakaran dan lain-lain) ditentukan sebesar 10% dari jumlah pemakaian air untuk sambungan rumah dan bak umum dihitung dengan rumus :

$$KD = KND = \frac{\text{Jumlah Penduduk}}{24 \times 60 \times 60} \times q \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan : KD = Kebutuhan Air Domestik (liter/detik)
 KND = Kebutuhan Air Non Domestik (liter/detik)
 q = Standar Pemakaian Air

2. Kehilangan air

Air bersih hasil pengolahan yang tidak menjadi pendapatan pengelola karena kesalahan dan sebab-sebab lain disebut secara umum sebagai “kebocoran”. Kehilangan air diasumsikan sebesar 20% dari total kebutuhan air bersih, perkiraan kehilangan jumlah air ini disebabkan adanya sambungan pipa yang bocor, pipa yang retak dan akibat kurang sempurnanya waktu pemasangan, pencucian pipa, kerusakan *water meter*, pelimpah air di Menara air dan lain-lain, dengan rumus :

$$Lo = 20\% \times (S1 + Kn) \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan : Lo = Kehilangan air (liter/detik)
 S1 = Konsumsi air dengan sambungan rumah (liter/detik)
 Kn = Konsumsi air untuk non rumah tangga (liter/detik)