

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep Air Minum, Persyaratan, dan Sumber Air Baku

Dalam penyelenggaraan pelayanan air, penelitian ini menggunakan istilah air minum sesuai nomenklatur Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM). PP Nomor 122 Tahun 2015 menjelaskan SPAM sebagai satu kesatuan sarana dan prasarana penyediaan air minum. Penggunaan istilah tersebut juga sejalan dengan Permen PUPR Nomor 4 Tahun 2020 mengenai penyelenggaraan SPAM.

Penelitian ini tidak melakukan pengujian kualitas air secara laboratorium. Oleh karena itu, pembahasan difokuskan pada kuantitas sumber dan produksi, cakupan pelayanan, kapasitas sistem, transmisi, reservoir/tandon, distribusi, kehilangan air, serta pengembangan pelayanan. Persyaratan kualitas air minum tetap menjadi ketentuan normatif, tetapi tidak menjadi variabel pengukuran penelitian.

Pelayanan air minum pada prinsipnya perlu memenuhi aspek kualitas, kuantitas, dan kontinuitas. Kualitas berkaitan dengan kelayakan air untuk digunakan, kuantitas menunjukkan kemampuan sistem menyediakan air sesuai kebutuhan, sedangkan kontinuitas berkaitan dengan keberlanjutan pelayanan. Penelitian ini tidak melakukan pengujian kualitas air secara laboratorium, sehingga pembahasan difokuskan pada kuantitas sumber dan produksi, cakupan pelayanan, kapasitas sistem, distribusi, kehilangan air, serta pengembangan pelayanan.

2.1.1 Sumber Air Baku

Menurut Sutrisno (2011) didalam (Septa, 2024), sumber air merupakan salah satu komponen utama yang ada pada suatu sistem penyediaan air minum, karena tanpa sumber air maka suatu sistem penyediaan air minum tidak akan berfungsi. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 tahun 2001, sumber air dibagi menjadi 4 kelompok, yakni air permukaan, air tanah, air hujan dan mata air.

1. Air permukaan

Menurut Soegianto (2005) dalam (Mastiadi Tamjidillah & Muhammad Nizar Ramadhan 2021) air permukaan adalah air yang berasal dari air hujan yang jatuh ke permukaan tanah, sebagian menguap dan sebagian lainnya mengalir ke sungai, saluran air lalu disimpan di dalam danau, waduk dan rawa. Selama pengalirannya, air permukaan mendapat pengotoran dari lumpur, batang kayu, daun-daun, dan sebagainya (Lathifah, 2017). Menurut Tamjidillah M, et al., (2021) Untuk mengenal

karakteristik air baku permukaan maka air ini digolongkan menjadi 6, yaitu:

- Air permukaan dengan tingkat kekeruhan yang tinggi
- Air permukaan dengan tingkat kekeruhan yang rendah
- Air permukaan dengan tingkat kekeruhan yang sifatnya temporer
- Air permukaan dengan kandungan warna yang sedang sampai tinggi
- Air permukaan dengan kesadahan yang tinggi.
- Air permukaan dengan tingkat kekeruhan sangat rendah

Air permukaan yang biasanya dimanfaatkan sebagai sumber atau bahan baku air minum adalah :

- Air waduk (berasal dari air hujan)
- Air sungai (berasal dari air hujan dan mata air)
- Air danau (berasal dari air hujan, mata air, dan atau air sungai)

Kualitas air permukaan secara nasional telah diatur dalam Peraturan Pemerintah No. 82/2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Kualitas badan air tergantung dari karakteristik dan kuantitas air yang masuk ke dalamnya. Oleh karena itu, limbah cair yang masuk ke perairan juga perlu diatur dalam peraturan perundang-undangan, sehingga tidak memperburuk kualitas air permukaan. Dilihat dari kontinuitas dan kuantitasnya, air permukaan tidak mengalami masalah berarti untuk dijadikan sumber air baku untuk penyediaan air minum. Oleh karena itu, air permukaan merupakan sumber terbesar untuk air minum.

2. Air tanah

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2004 mengenai Sumber Daya Air, air tanah didefinisikan sebagai air yang terdapat di lapisan batuan di bawah permukaan tanah. Sedangkan menurut Sahmila I et al., (2023) Air tanah adalah air yang terdapat di bawah permukaan tanah pada lapisan batuan yang jenuh air, yang disebut sebagai akuifer. Air tanah dapat muncul ke permukaan tanah dengan berbagai cara yang umumnya dikontrol oleh kondisi geologi setempat. Munculnya air tanah ini disebut sebagai mata air. Mata air dapat muncul di berbagai bentang alam, baik di dataran, dan perbukitan maupun pegunungan. Sementara itu menurut artian Peraturan Pemerintah RI Nomor 43 Tahun 2008 tentang air tanah, air tanah adalah air yang terdapat dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah. Sebagian besar air tanah berasal dari air permukaan yang meresap masuk kedalam tanah, yang merupakan siklus hidrologi.

3. Air hujan

Mastiadi Tamjidillah & Muhammad Nizar Ramadhan (2021) menjelaskan bahwa selain salju dan es, air hujan juga termasuk ke dalam golongan air angkasa. Air angkasa sendiri merupakan air yang asalnya

dari udara atau atmosfer yang jatuh ke permukaan bumi. Komposisi air yang terdapat di lapisan udara bumi berkisar 0.001 % dari total air yang ada di bumi. Ditinjau dari kualitasnya, air hujan memiliki beberapa sifat antara lain :

- Air hujan pada umumnya bersifat lebih bersih.
- Sifatnya lunak karena tidak mengandung larutan garam dan zat-zat mineral.
- Dapat bersifat korosif karena mengandung zat-zat yang terdapat di udara seperti NH_3 , CO_2 agresif, ataupun SO_2 . Adanya konsentrasi SO_2 yang tinggi di udara yang bercampur dengan air hujan akan menyebabkan terjadinya hujan asam (acid rain).

Dari segi kuantitas, air hujan sangat bergantung kepada intensitas curah hujan. Oleh karena itu, apabila dimanfaatkan untuk persediaan air umum, air hujan tidak akan mencukupi karena jumlahnya yang berfluktuasi. Begitu pula bila dilihat dari segi kontinuitasnya, air hujan tidak dapat diambil secara terus menerus, karena tergantung pada musim, terutama pada musim kemarau yang kemungkinan volume air akan menurun karena tidak ada penambahan air hujan.

4. Mata air

Menurut Heru Hendrayana (2013), Mata air adalah tempat dimana airtanah merembes atau mengalir keluar ke permukaan tanah secara alamiah. Mata air adalah tempat pemunculan airtanah pada lapisan akuifer dari bawah permukaan tanah ke atas permukaan tanah secara alamiah. Selanjutnya, air yang keluar dari mata air akan mengalir di permukaan tanah sebagai air permukaan melalui alur-alur sungai. Mata air sering diidentifikasi sebagai awal sumber air bagi sungai-sungai yang ada. Menurut Maulidatul Ula Bahari et al., (2025). Mata air merupakan sumber air minum yang memiliki fungsi penting bagi kehidupan manusia dan keseimbangan ekosistem, namun kualitasnya dapat menurun akibat aktivitas lingkungan dan perubahan tutupan lahan di sekitarnya. Di berbagai daerah, kondisi mata air biasanya dianggap relatif tetap dan bersih karena berasal dari aliran air tanah yang terlindungi. Namun, faktor manusia seperti perubahan penggunaan lahan, aliran air permukaan, kegiatan pariwisata, serta gangguan pada vegetasi tepi sungai ternyata dapat secara signifikan merusak kualitas fisik dan kimia air.

Dengan demikian, keempat sumber air tersebut memiliki karakteristik dan tingkat keandalan yang berbeda, sehingga pemanfaatannya dalam penyediaan air minum permukiman harus direncanakan secara tepat dan berkelanjutan agar kualitas, kuantitas, dan kontinuitas air tetap terjamin.

2.2 Sistem Penyediaan Air minum

Menurut Suwandi et.,al (2023) sistem penyediaan air minum merupakan kegiatan yang bertujuan sebagai langkah dalam pemenuhan kebutuhan air minum dalam hal ini dapat dilakukan sebuah perencanaan sebagai bahan tolak ukur dalam sistem penyediaan air minum (SPAB). Menurut Cristiandi Richardo Mampuk et., al (2014) Sistem penyediaan air minum merupakan suatu sistem pelayanan yang bertujuan menyediakan air yang layak digunakan oleh masyarakat secara berkelanjutan, yang terbagi atas tiga subsistem utama, yaitu sistem produksi, sistem transmisi, dan sistem distribusi.

Sementara itu, Menurut Chatib (1996) di dalam (Susanti R, 2010), bila dilihat dari bentuk dan tekniknya, sistem penyediaan air minum dapat dibedakan menjadi sistem penyediaan air minum individual (individual water supply system) dan sistem penyediaan air minum komunitas atau perkotaan (municipality water supply system). Sistem penyediaan air minum individual digunakan untuk penggunaan individu dan pelayanan yang terbatas, sementara sistem penyediaan air minum komunitas atau perkotaan merupakan sistem penyediaan air minum yang pelayanannya terbatas untuk suatu lingkungan atau kompleks perumahan atau industri tertentu dan idealnya bersifat menyeluruh.

2.2.1 Komponen Sistem Penyediaan Air minum

Sistem penyediaan air minum secara umum dapat dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu komponen dalam sistem penyediaan air minum, serta bentuk dan teknik dari sistem penyediaan air minum (Mastiadi Tamjidillah & Muhammad Nizar Ramadhan 2021). Komponen dalam sistem penyediaan air minum dapat dibagi menjadi tiga komponen utama antara lain:

- A. Sistem sumber (dengan atau tanpa bangunan pengolahan air minum). Sumber dapat terdiri dari sumber dan sistem pengambilan/pengumpulan (collection works) saja atau dapat pula dilengkapi dengan sistem pengolahan air (purification / treatment works). Sumber-sumber yang dapat digunakan seperti air permukaan, air tanah, air laut, dan air hujan.
- B. Sistem transmisi
Dimulai dari sistem pengumpulan sampai bangunan pengolahan air minum atau dimulai dari bangunan pengolahan air minum sampai reservoir (tempat penampungan). Cara pengangkutannya bisa dengan cara gravitasi atau pemompaan dan kapasitas yang akan diangkut. Sistem perpipaan transmisi ini bertujuan untuk menyalurkan air dari sumber air baku, misalnya mata air menuju ke bangunan pengolahan, serta mengalirkan air hasil olahan menuju ke reservoir induk. Sistem transmisi air minum dapat dilakukan dengan beberapa cara tergantung kondisi topografi yang menghubungkan sumber air dengan reservoir induk. Sistem perpipaan yang digunakan tergantung topografi dari

wilayahnya, dan dapat dilakukan secara gravitasi, pemompaan maupun kombinasi pemompaan dan gravitasi.

C. Sistem distribusi

Sistem penyaluran air minum dari reservoir sampai ke daerah-daerah pelayanannya. Menurut Wardhana wisnu I et.,al (2013) sistem distribusi air minum dapat dilakukan dengan cara gravitasi, pemompaan, ataupun kombinasi dari kedua cara tersebut. Berikut penjelasan dan gambar dari masing-masing sistem pengaliran distribusi air minum:

- Cara Gravitasi Cara gravitasi dapat digunakan apabila elevasi sumber air mempunyai perbedaan cukup besar dengan elevasi daerah pelayanan, sehingga tekanan yang diperlukan dapat dipertahankan.
- Cara Pemompaan Pada cara ini pompa digunakan untuk meningkatkan tekanan yang diperlukan untuk mendistribusikan air dari reservoir distribusi ke konsumen.
- Cara Gabungan Pada cara gabungan, reservoir digunakan untuk mempertahankan tekanan yang diperlukan selama periode pemakaian tinggi dan pada kondisi darurat, misalnya saat terjadi kebakaran, atau tidak adanya energi. Karena reservoir distribusi digunakan sebagai cadangan air selama periode pemakaian tinggi atau pemakaian puncak, maka pompa dapat dioperasikan pada kapasitas debit rata-rata.

Sedangkan dilihat dari bentuk dan tekniknya, sistem penyediaan air minum dapat dibedakan menjadi dua sistem berikut:

A. Penyediaan air minum individual (individual water supply system)

Sistem ini ditujukan untuk penggunaan individual dan pelayanan yang terbatas. Sumber air yang digunakan umumnya berasal dari air tanah. Sistem bentuk ini pada umumnya sangat sederhana, biasanya tidak memiliki komponen transmisi dan distribusi. Beberapa sarana penyediaan air bersih secara individual adalah sebagai berikut :

a) Sumur

Sumur dapat dibedakan menjadi 4 jenis, antara lain:

- Sumur gali (dug well)
Sumur ini dibuat dengan penggalian tanah sampai kedalaman tertentu (maksimum 2 meter), umumnya tidak terlalu dalam sehingga hanya mencapai air tanah di lapisan atas. Sumur gali secara kuantitatif sulit untuk dijamin kontinuitasnya, karena air pada sumur ini cenderung berkurang volumenya pada musim kemarau.
- Sumur Pompa tangan dalam (drilled well) dan pompa tangan dangkal
Sumur pompa tangan dalam (drilled well) dibuat dengan

kedalaman pipa 30 meter dan kedalaman muka air > 7 meter. Sedangkan sumur pompa tangan dangkal dibuat dengan kedalaman pipa maksimum 18 meter dan kedalaman muka air < 7 meter. Sumur pompa tangan dapat dipergunakan untuk melayani kebutuhan beberapa keluarga.

- Sumur bor (bored well)
Sumur bor adalah sumur yang dibuat dengan bantuan proses pengeboran. Kedalaman minimum 100 meter.

b) Sistem Pemanfaatan Air Hujan (SPAH)

Di beberapa daerah yang memiliki curah hujan tinggi, kebanyakan air hujan tersebut terbuang mengalir begitu saja ke sungai. Bahkan tidak sedikit daerah yang mengalami banjir akibat intensitas hujan yang tinggi. Dalam rangka penyediaan air minum di daerah yang memiliki curah hujan yang tinggi, dapat dikembangkan Sistem Pemanfaatan Air Hujan (SPAH) yang layak dikonsumsi oleh individu maupun kelompok masyarakat (komunal). Lokasi tempat PAH dipilih pada daerah kritis dengan curah hujan minimal 1.300 mm per tahun.

Sistem Pemanfaatan Air Hujan (SPAH) terdiri atas sistem Penampungan Air Hujan (PAH) dan sistem pengolahan air hujan. PAH dilengkapi dengan talang air, saringan pasir, bak penampung dan Sumur Resapan (Sures). Sumur resapan dapat digunakan untuk melestarikan air tanah dan mengurangi resiko genangan air hujan atau banjir yang dilakukan dengan membuat sumur yang menampung dan meresapkan curahan air hujan.

B. Penyediaan air minum komunal (community water supply system)

Sistem ini mempunyai komponen yang lengkap dan kompleks dari segi dan sifat pelayanannya. Sistem ini dilengkapi dengan transmisi dan distribusi agar air yang dihasilkan dapat menjangkau daerah pelayanannya. Penyediaan air minum komunal dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa pilihan sumber air baku seperti mata air, air tanah, air permukaan, dan air hujan, namun pemilihan air baku tersebut akan tergantung pada kuantitas, kualitas, dan kontinuitas dari air baku.

Beberapa contoh sistem penyediaan air minum secara komunal adalah sebagai berikut:

a. Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM)

PDAM merupakan organisasi pengelola air pada daerah tingkat II yang melayani air melalui sistem perpipaan yang telah mengalami pengolahan dan didistribusikan pada masyarakat yang berminat dan mampu membayar sambungan.

b. Pembangunan hidran umum, kran umum, dan terminal air

Program pembangunan hidran umum, kran umum, dan terminal air bertujuan untuk mengantisipasi terjadinya lonjakan harga air

minum di masyarakat dan juga untuk mengatasi krisis air yang terjadi di daerah-daerah kumuh dan terpencil.

- c. **Perlindungan Mata Air (PMA)**
Perlindungan Mata Air (PMA) merupakan sistem penyediaan air minum dengan memanfaatkan sumber mata air.
- d. **Himpunan Penduduk Pemakai Air Minum**
Himpunan Penduduk Pemakai Air Minum atau HIPPAM merupakan bentuk sistem penyediaan air minum berbasis masyarakat yang umumnya melayani desa, kelurahan, dusun, lingkungan, atau kelompok permukiman. HIPPAM termasuk sistem jaringan perpipaan karena memiliki sumber air, bangunan pengambilan atau pompa, sistem pengaliran, tandon pada sebagian unit, jaringan distribusi, sambungan rumah, tarif, dan lembaga pengelola. Sistem HIPPAM dapat menggunakan pola gravitasi, pemompaan, atau kombinasi keduanya sesuai dengan kondisi sumber dan topografi wilayah pelayanan. HIPPAM perlu dibedakan dari sistem bukan jaringan perpipaan karena pelayanan HIPPAM disalurkan melalui jaringan dan dikelola oleh lembaga masyarakat.

2.3 Tingkat Pelayanan Air minum

(Maryati & Humaira, 2017) Tingkat pelayanan air minum diukur dari cakupan pelayanan air minum terhadap jumlah penduduk di wilayah pelayanan. Cakupan pelayanan digunakan untuk mengidentifikasi keterlayanan masyarakat dalam pelayanan publik air minum. Terdapat beberapa cara untuk mengukur cakupan pelayanan, yaitu:

- a) perbandingan banyaknya penduduk yang dilayani oleh sistem penyediaan air minum publik dengan banyaknya penduduk dalam wilayah yang dilayani sistem penyediaan air minum publik,
- b) Perbandingan banyaknya penduduk yang dilayani oleh sistem penyediaan air minum publik dengan jumlah penduduk dalam wilayah administrasi,
- c) Perbandingan luas wilayah pelayanan sistem penyediaan air minum publik dengan luas wilayah administrasi.

Standar pelayanan minimal terkait konsumsi air terdapat dalam Keputusan Menteri Permukiman dan Infrastruktur Wilayah Nomor 534/KPTS/M/2001, seperti yang ditunjukkan dalam tabel berikut:

Tabel 2. 1 Pedoman penentuan standar pelayanan minimal untuk air minum

Cakupan	Konsumsi Air
55-75% Penduduk terlayani	60-220 l/o/h untuk permukiman kawasan perkotaan
	30-50 l/o/h untuk lingkungan perumahan

Sumber: Keputusan Menteri Permukiman dan Infrastruktur Wilayah Nomor 534/KPTS/M/2001

2.3.1 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Cakupan Pelayanan Air minum

Penilaian kinerja atau kualitas pelayanan PDAM kepada masyarakat di wilayah pelayanannya menggunakan acuan berupa kriteria teknis pelayanan PDAM yakni :

- Kualitas, harus memenuhi standar yang telah ditetapkan dalam Permenkes RI No.492/Menkes/Per/IV/2010.
- Kuantitas, memenuhi kebutuhan minimal untuk keperluan domestik sehari-hari.
- Kontinuitas, harus dapat melayani masyarakat secara berkelanjutan dalam 24 jam.

Didalam Pedoman Penyusunan Corporate Plan PDAM, tingkat pelayanan PDAM ditentukan oleh berbagai faktor, yang dibagi kedalam faktor internal dan eksternal. Faktor-faktor tersebut adalah:

1. Faktor Eksternal, merupakan kondisi dan lingkungan usaha, terdiri atas:
 - penduduk, terdiri atas:
 - a) Jumlah dan distribusi penduduk
 - b) Pertumbuhan penduduk
2. Faktor internal, yaitu kompetensi serta kapasitas sumber daya yang dimiliki perusahaan, terdiri atas:
 - Kondisi eksisting sistem:
 - a) Sumber air baku;
 - b) Pengolahan;
 - c) Sistem transmisi dan distribusi;
 - d) Tingkat kehilangan air (non revenue water)

Dengan demikian, cakupan pelayanan air minum dipengaruhi oleh kombinasi faktor teknis, spasial, serta kelembagaan yang saling berkaitan dalam menentukan tingkat pelayanan air minum di suatu wilayah.

Pada sistem berbasis masyarakat, tingkat pelayanan juga dipengaruhi

oleh debit dan kontinuitas sumber, kapasitas tandon, penggunaan gravitasi atau pompa, kondisi jaringan, biaya energi, keberadaan meter induk dan meter pelanggan, kemampuan penagihan, tarif, kemampuan operasi dan pemeliharaan, kondisi organisasi pengelola, serta pembinaan pemerintah daerah dan pemerintah desa. Dengan demikian, faktor yang memengaruhi pelayanan tidak hanya berlaku bagi perusahaan air minum, tetapi juga bagi sistem HIPPAM.

Dalam penelitian ini, tingkat pelayanan air minum tidak hanya dilihat dari jaringan Perumda/PERUMDAM, tetapi juga mempertimbangkan pelayanan jaringan HIPPAM. Kedua sistem merupakan bentuk pelayanan jaringan perpipaan dengan pengelola dan wilayah pelayanan yang berbeda. Sementara itu, sistem bukan jaringan perpipaan digunakan untuk menunjukkan bentuk pemenuhan air minum di luar jaringan. Penggabungan cakupan Perumda/PERUMDAM dan HIPPAM dilakukan apabila dasar data memungkinkan dan tidak menimbulkan penghitungan ganda.

2.4 Kebutuhan Air minum

Kebutuhan air minum terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk serta perkembangan sektor pertanian, kesehatan, dan industri. Di sisi lain, ketersediaan air minum cenderung menurun baik dari segi jumlah maupun kualitasnya. Meskipun sekitar 70% permukaan bumi terdiri dari air, hanya sekitar 3% yang merupakan air tawar dan sekitar 1% yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh manusia. Kebutuhan air pada suatu wilayah ditentukan berdasarkan proyeksi jumlah penduduk, tingkat konsumsi air, ketersediaan air, serta besarnya kehilangan air dalam sistem distribusi (Muhammad R O et.,al 2024). Selain itu, konsumsi air juga dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti ketersediaan air dari segi kualitas, kuantitas, dan kontinuitas, kebiasaan masyarakat, tingkat kehidupan, harga air, kondisi sistem distribusi, serta kondisi sosial ekonomi masyarakat. Faktor-faktor tersebut berpengaruh terhadap besarnya kebutuhan air minum pada suatu wilayah.

Kebutuhan air minum merupakan jumlah air yang dibutuhkan masyarakat untuk memenuhi berbagai aktivitas sehari-hari seperti minum, memasak, mandi, dan mencuci. Dalam perencanaan sistem penyediaan air minum, kebutuhan air tidak hanya mencakup kebutuhan rumah tangga, tetapi juga kebutuhan untuk berbagai kegiatan lainnya serta memperhitungkan kehilangan air yang terjadi pada sistem distribusi (Tangkudung, Supit, & Jansen, 2019). Simanjuntak et al. (2021) menyatakan bahwa kebutuhan air minum adalah jumlah air yang diperlukan untuk melayani penduduk pada suatu wilayah tertentu, yang besarnya dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti kondisi iklim, karakteristik penduduk, aktivitas industri, kualitas air, serta tingkat harga air.

Selanjutnya, Natsir Diva A.A. et al. (2024) juga menjelaskan bahwa kebutuhan air minum umumnya dibagi menjadi dua kelompok utama, yaitu kebutuhan domestik dan kebutuhan non domestik. Pembagian tersebut digunakan sebagai dasar dalam perencanaan kapasitas sistem penyediaan air minum agar mampu memenuhi kebutuhan masyarakat sesuai dengan target cakupan pelayanan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini kebutuhan air minum diklasifikasikan menjadi kebutuhan domestik dan non domestik sebagai dasar dalam perhitungan kebutuhan air minum di wilayah penelitian.

2.4.1 Kebutuhan Domestik

Kebutuhan air domestik merupakan kebutuhan air minum yang digunakan untuk memenuhi aktivitas rumah tangga sehari-hari, seperti memasak, mencuci, mandi, menyiram tanaman, serta kebutuhan sanitasi termasuk pembuangan limbah rumah tangga seperti toilet dan dapur (Rokhmawati & Ingsih, 2021). Kebutuhan air domestik menjadi komponen utama dalam perencanaan sistem penyediaan air minum karena berkaitan langsung dengan kebutuhan dasar masyarakat. Selain itu, Astani Putri et al. (2021) menyatakan bahwa kebutuhan air domestik merupakan kebutuhan air minum rumah tangga yang diperoleh secara individu dari berbagai sumber, seperti sumur dangkal, jaringan perpipaan, hidran umum, maupun melalui layanan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) yang dikelola oleh PDAM. Dengan demikian, kebutuhan air domestik mencerminkan kebutuhan dasar masyarakat yang harus dipenuhi dalam sistem penyediaan air minum.

Perkiraan jumlah kebutuhan air domestik dihitung berdasarkan jumlah penduduk, tingkat pertumbuhan penduduk, dan kebutuhan air per kapita. Kebutuhan air per kapita dipengaruhi oleh aktivitas fisik dan kebiasaan atau tingkat kesejahteraan. Oleh karena itu, dalam memperkirakan besarnya kebutuhan air domestik perlu dibedakan antara kebutuhan air untuk penduduk daerah perkotaan (urban) maupun daerah pedesaan (rural urban). Perbedaan kebutuhan air ini dilakukan dengan pertimbangan bahwa penduduk di perkotaan cenderung memanfaatkan air lebih banyak bila dibandingkan penduduk di pedesaan. Tabel 2.2 menyajikan standar kebutuhan air domestik menurut peraturan dari Departemen Cipta Karya.

Tabel 2. 2 Standar Kebutuhan Air Domestik

Uraian	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Penduduk (Jiwa)				
	(>1.000.000 Jiwa)	(500.000 s/d 1.000.000 Jiwa)	(100.000 s/d 500.000 Jiwa)	(20.000 s/d 100.000 Jiwa)	(<20.000 Jiwa)
	Kota Metropolitan	Kota Besar	Kota Sedang	Kota Kecil	Desa
1	2	3	4	5	6
Konsumsi Unit Sambungan Rumah (SR) (liter/orang/hari)	190	170	130	100	80
Konsumsi Unit Hidran (HU) (liter/orang/hari)	30	30	30	30	30
Konsumsi Unit Non Domestik (liter/orang/hari)	20-30	20-31	20-32	20-33	20-34
Kehilangan Air (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
Faktor Hari Maksimum	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Faktor Jam Puncak	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Jumlah Jiwa per SR (jiwa)	4	4	4	4	4
Jumlah Jiwa per HU (jiwa)	100	100	100	100-200	200
Sisa Tekan di Penyediaan Distribusi (Meter)	10	10	10	10	10
Jam Operasi (jam)	24	24	24	24	24
Volume Reservoir (%) Max Day Demand)	15-25	15-25	15-25	15-25	15-25

Uraian	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Penduduk (Jiwa)				
	(>1.000.000 Jiwa)	(500.000 s/d 1.000.000 Jiwa)	(100.000 s/d 500.000 Jiwa)	(20.000 s/d 100.000 Jiwa)	(<20.000 Jiwa)
	Kota Metropolitan	Kota Besar	Kota Sedang	Kota Kecil	Desa
SR:HU	50 : 50 s/d 80 : 20	50 : 50 s/d 80 : 20	80 ; 20	70 ; 30	70 ; 30
Cakupan Wilayah Pelayanan (%)	90	90	90	90	70

Sumber: *Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya PU, 1996*

Dalam penelitian ini, Perkotaan Metropolitan Malang diposisikan sebagai satu kesatuan wilayah analisis metropolitan. Standar kebutuhan air domestik yang digunakan sebesar 190 liter per orang per hari sesuai kategori kota metropolitan pada Tabel 2.2. Kebutuhan air non-domestik dihitung sebesar 15% dari kebutuhan domestik, sedangkan kehilangan air rencana dihitung sebesar 20% dari jumlah kebutuhan domestik dan non-domestik. Tahapan dan rumus perhitungan kebutuhan air domestik, kebutuhan non-domestik, kehilangan air, dan kebutuhan air total dijelaskan pada Subbab 3.5.3.

Dalam analisis tingkat pelayanan, data pelayanan HIPPAM yang tersedia dalam satuan KK atau rumah tangga dapat disetarakan ke dalam jumlah penduduk menggunakan rata-rata 4 jiwa per rumah tangga berdasarkan Peraturan Menteri PUPR Nomor 13 Tahun 2023. Faktor tersebut hanya digunakan untuk penyetaraan data pelayanan dan tidak digunakan dalam perhitungan kebutuhan air minum, karena kebutuhan air dihitung berdasarkan jumlah penduduk aktual pada masing-masing kecamatan.

2.4.2 Kebutuhan Air Non Domestik

Kebutuhan air non-domestik merupakan kebutuhan air yang digunakan untuk kegiatan di luar rumah tangga, seperti keperluan sosial dan kegiatan komersial. Kebutuhan air untuk keperluan sosial meliputi fasilitas umum seperti sarana pendidikan, tempat ibadah, serta fasilitas pelayanan publik lainnya. Sedangkan kebutuhan air untuk kegiatan komersial mencakup berbagai aktivitas ekonomi yang membutuhkan air dalam operasionalnya (Rokhmawati & Ingsih Suhermin, 2021). Selain itu, kebutuhan air di kawasan perkotaan juga mencakup penggunaan untuk kegiatan sosial dan komersial

seperti toko, gudang, bengkel, sekolah, rumah sakit, hotel, dan fasilitas lainnya. Kebutuhan air untuk sektor ini umumnya diperkirakan berkisar antara 15% hingga 30% dari total kebutuhan air domestik. Besarnya kebutuhan air non-domestik dipengaruhi oleh tingkat kepadatan penduduk dan perkembangan wilayah perkotaan. Semakin besar jumlah penduduk dan semakin berkembang kawasan komersial serta sosial, maka kebutuhan air non-domestik juga cenderung meningkat (Astani Putri et al., 2021).

Kebutuhan air non-domestik dapat dihitung berdasarkan setiap jenis fasilitas atau menggunakan pendekatan proporsional terhadap kebutuhan domestik. Dalam penelitian ini, keterbatasan keseragaman data fasilitas menyebabkan kebutuhan non-domestik dihitung sebesar 15% dari kebutuhan domestik. Pendekatan tersebut digunakan secara konsisten pada seluruh kecamatan agar hasil perhitungan dapat dibandingkan. Dalam penelitian ini, kebutuhan air non-domestik tidak dihitung berdasarkan setiap jenis fasilitas secara rinci. Perhitungan kebutuhan air non-domestik dilakukan menggunakan pendekatan proporsional terhadap kebutuhan air domestik agar dapat diterapkan secara seragam pada seluruh kecamatan dalam Perkotaan Metropolitan Malang.

Faktor kebutuhan air non-domestik yang digunakan sebesar 15% dari kebutuhan air domestik. Nilai tersebut ditetapkan berdasarkan batas bawah rentang kebutuhan air non-domestik kawasan perkotaan sebesar 15% hingga 30% dari kebutuhan air domestik (Astani Putri et al., 2021).

2.4.3 Kehilangan Air

Kehilangan air merupakan selisih antara jumlah air yang diproduksi dengan jumlah air yang tercatat pada meter pelanggan. Menurut Irawan Wisnu Wardhana, M. Arief Budihardjo, dan Scylla Adhesti P. (2013), tingkat kehilangan air umumnya berkisar antara 20% hingga 50% dari total produksi air. Kehilangan air tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor utama, antara lain limpasan air pada reservoir, kebocoran pada pipa induk, adanya sambungan ilegal, serta kerusakan atau ketidaktepatan dalam pembacaan meter air pelanggan. Selain itu, kehilangan air juga diartikan sebagai volume air yang tidak dapat dimanfaatkan secara optimal dalam sistem penyediaan air minum, sehingga dapat mempengaruhi pencapaian tujuan pelayanan air minum yang meliputi aspek kualitas, kuantitas, dan kontinuitas. Kehilangan air tersebut dapat terjadi akibat aktivitas penggunaan maupun proses pengolahan air dalam sistem penyediaan air minum (Lingkan Kawet dan L. Tanudjaja, 2015).

Menurut Makawimbang, Tanudjaja, dan Wuisan (2017), kehilangan air pada umumnya disebabkan oleh kebocoran pada jaringan transmisi dan distribusi serta kesalahan dalam pencatatan atau pembacaan meter air. Dalam perencanaan sistem penyediaan air minum pedesaan, persentase kehilangan air yang digunakan sebagai acuan sebesar 15% dari kebutuhan rata-rata.

Kebutuhan rata-rata tersebut merupakan jumlah dari kebutuhan domestik dan kebutuhan non domestik. Oleh karena itu, dalam perencanaan kebutuhan air perlu memperhitungkan besarnya kehilangan air agar pelayanan air minum dapat memenuhi aspek kuantitas dan kontinuitas.

Dalam penelitian ini, kehilangan air digunakan sebagai faktor kehilangan air rencana dalam perhitungan kebutuhan air minum total. Faktor kehilangan air yang digunakan sebesar 20% dari jumlah kebutuhan air domestik dan kebutuhan air non-domestik. Nilai tersebut digunakan sebagai pendekatan perencanaan pada Perkotaan Metropolitan Malang, sedangkan nilai kehilangan air aktual atau Non-Revenue Water masing-masing Perumda/PERUMDAM digunakan untuk menjelaskan kondisi efisiensi sistem eksisting pada Bab IV.

2.5 Keseimbangan Kebutuhan dan Kapasitas Penyediaan Air minum

Kebutuhan air minum adalah jumlah air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan penduduk dan berbagai aktivitas pendukung pada suatu wilayah. Gaib, Tanudjaja, dan Hendratta (2016) menunjukkan bahwa kebutuhan air minum dihitung berdasarkan proyeksi jumlah penduduk untuk mengetahui besarnya kebutuhan pelayanan pada masa rencana. Sejalan dengan itu, Septiani dan Muslimah (2025) menegaskan bahwa perencanaan kebutuhan air tidak cukup hanya didasarkan pada jumlah penduduk, tetapi juga harus mempertimbangkan karakteristik sektor kegiatan karena konsentrasi aktivitas dapat meningkatkan penggunaan air minum. Dengan demikian, kebutuhan air minum dalam penelitian ini dipahami sebagai total kebutuhan air yang diperlukan masyarakat untuk menunjang aktivitas domestik dan non-domestik pada suatu wilayah pelayanan.

Kapasitas penyediaan air minum adalah kemampuan sistem dalam menyediakan air kepada wilayah pelayanan melalui komponen sumber air baku, unit produksi, transmisi, reservoir, dan distribusi. Dalam kerangka normatif, Pemerintah Republik Indonesia (2015) mendefinisikan Sistem Penyediaan Air Minum sebagai satu kesatuan sistem fisik dan nonfisik dari prasarana dan sarana air minum. Pada regulasi yang sama, unit produksi dijelaskan sebagai infrastruktur yang digunakan untuk mengolah air baku menjadi air minum. Wardhana, Budihardjo, dan Adhesti (2013) juga menunjukkan bahwa evaluasi sistem penyediaan air minum dapat ditinjau dari sumber air baku, tingkat pelayanan, kapasitas produksi, sistem transmisi, reservoir, dan sistem distribusi. Berdasarkan pengertian tersebut, kapasitas penyediaan air minum dalam penelitian ini dipahami sebagai kemampuan aktual sistem untuk memproduksi dan menyalurkan air kepada masyarakat pada wilayah pelayanan.

Keseimbangan kebutuhan dan kapasitas penyediaan air minum

merupakan kondisi yang menunjukkan hubungan antara besarnya kebutuhan air minum dan kemampuan sistem dalam menyediakannya. Hertiavi, Trisnowati, dan Marianti (2021) menjelaskan bahwa analisis kebutuhan dan ketersediaan air digunakan untuk menilai kecukupan sumber daya air terhadap konsumsi yang ada. Dalam konteks penyediaan air minum, konsep ini dapat dipahami sebagai upaya membandingkan kebutuhan air minum total dengan kapasitas penyediaan air minum yang tersedia pada suatu wilayah pelayanan. Apabila kapasitas penyediaan lebih besar daripada kebutuhan, maka pelayanan berada pada kondisi mencukupi atau surplus, sedangkan apabila kapasitas penyediaan lebih kecil daripada kebutuhan, maka wilayah tersebut mengalami kekurangan atau defisit pelayanan.

Pentingnya konsep keseimbangan tersebut terlihat pada berbagai penelitian air minum di Indonesia. Moningga, Jansen, dan Supit (2022) menemukan bahwa di Desa Sea 1 kebutuhan air minum masih dapat dipenuhi oleh debit sumber yang tersedia sampai tahun rencana. Sebaliknya, Mampuk, Mananoma, dan Tanudjaja (2014) menunjukkan bahwa kapasitas produksi yang ada di Kecamatan Poso Kota tidak lagi mampu mencukupi kebutuhan air minum tahun rencana sehingga diperlukan pengembangan sistem. Wardhana, Budihardjo, dan Adhesti (2013) juga memperlihatkan bahwa potensi sumber air yang besar tidak otomatis menghasilkan pelayanan yang memadai apabila distribusi air minum belum merata dan tingkat kebocoran masih tinggi. Dengan demikian, keseimbangan kebutuhan dan kapasitas penyediaan air minum dapat digunakan sebagai dasar untuk menilai kecukupan pelayanan, mengidentifikasi wilayah yang mengalami defisit atau surplus, dan menentukan kebutuhan pengembangan sistem penyediaan air minum.

Dalam penelitian ini, keseimbangan kebutuhan dan kapasitas penyediaan air minum dimaknai sebagai perbandingan antara kebutuhan air minum total dan kapasitas produksi air minum yang tersedia. Perbandingan tersebut digunakan untuk mengetahui apakah kapasitas penyediaan air minum berada dalam kondisi mencukupi, seimbang, atau belum mencukupi kebutuhan. Pendekatan ini sejalan dengan konsep perbandingan ketersediaan dan kebutuhan air, yaitu apabila ketersediaan lebih besar dari kebutuhan maka terjadi surplus, sedangkan apabila ketersediaan lebih kecil dari kebutuhan maka terjadi defisit (Rudi et al., 2021).

2.6 Perkotaan Metropolitan dan Proses Pembentukannya

Perkembangan perkotaan merupakan proses perubahan spasial, sosial, dan ekonomi yang ditandai oleh pertumbuhan penduduk, perkembangan kegiatan, perubahan penggunaan lahan, serta meluasnya hubungan antara kota dan wilayah di sekitarnya (Pacione, 2009). Dalam perkembangannya, perluasan tersebut dapat membentuk kawasan perkotaan yang lebih luas dan

saling terhubung hingga berkembang menjadi kawasan metropolitan.

Klasifikasi wilayah perkotaan menjadi empat "tipe" berdasarkan jumlah penduduknya:

Tabel 2. 3 Klasifikasi Perkotaan

No	Klasifikasi Perkotaan	Jumlah Penduduk (Jiwa)
1	Metropolitan	1.000.000
2	Perkotaan Besar	500.000 – 1000.000
3	Perkotaan Sedang	100.000 – 500.000
4	Perkotaan Kecil	50.000 – 100.000

*Sumber: Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2008
Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional*

Jumlah penduduk merupakan salah satu kriteria metropolitan, namun pembentukan metropolitan juga perlu dilihat dari hubungan kota inti dengan wilayah sekitarnya, perkembangan ruang, serta keterkaitan fungsi dan infrastrukturnya.

2.6.1 Konsep Metropolitan dan Keterkaitan Fungsional

Metropolitan merupakan sistem perkotaan yang terdiri atas kota inti dan wilayah perkotaan di sekitarnya yang memiliki keterkaitan fungsional. Dalam kerangka penataan ruang nasional, kawasan metropolitan tidak hanya ditentukan oleh jumlah penduduk sekurang-kurangnya 1.000.000 jiwa, tetapi juga oleh hubungan antara kawasan perkotaan inti dan wilayah di sekitarnya serta keterhubungan jaringan prasarana. Ketentuan RTRWN tersebut terdapat dalam PP Nomor 26 Tahun 2008 yang kemudian diubah melalui PP Nomor 13 Tahun 2017.

Hubungan antara kota inti dan pusat-pusat di sekitarnya dapat dipahami melalui hierarki pusat pelayanan dan pendekatan Functional Urban Region. Hierarki pusat menunjukkan perbedaan fungsi dan jangkauan pelayanan, sedangkan wilayah fungsional terbentuk melalui hubungan aktivitas, pelayanan, pergerakan, dan jaringan infrastruktur yang dapat melampaui batas administrasi (King, 1985; Sherrill, 1977).

Dengan demikian, metropolitan dalam penelitian ini dipahami sebagai sistem wilayah yang terbentuk melalui hubungan antara kota inti, perkembangan wilayah di sekitarnya, serta keterkaitan fungsi dan infrastruktur. Proses tersebut selanjutnya dapat dilihat melalui perkembangan aglomerasi, kawasan peri-urban, dan konurbasi.

2.6.2 Aglomerasi, Peri-Urban dan Konurbasi

Aglomerasi perkotaan terbentuk ketika perkembangan kota inti semakin berkaitan dengan kawasan perkotaan di sekitarnya melalui kegiatan, pelayanan, pergerakan, dan jaringan infrastruktur. Hubungan tersebut menyebabkan perkembangan perkotaan tidak lagi terbatas pada batas administratif, tetapi membentuk wilayah yang semakin saling bergantung.

Perluasan perkembangan dari kota inti juga dapat membentuk kawasan peri-urban, yaitu wilayah transisi yang mengalami perubahan dari karakter perdesaan menuju perkotaan. Mahendra dan Pradoto (2016) menunjukkan bahwa perkembangan peri-urban Kota Malang ditandai oleh transformasi spasial dan perubahan pemanfaatan ruang yang dipengaruhi oleh pertumbuhan penduduk, pusat kegiatan, aksesibilitas, pengembang, dan kebijakan tata ruang.

Apabila perkembangan kawasan terbangun dari kota inti dan wilayah sekitarnya semakin berdekatan atau terhubung, dapat muncul proses konurbasi. Dalam konteks Malang, Imadudinna, Widodo, dan Sasongko (2023) menunjukkan bahwa Kota Malang menjadi pusat aglomerasi Malang Raya dan pada sebagian kawasan peri-urbannya telah muncul pola perkembangan yang mengarah pada konurbasi.

2.6.3 Proses Pembentukan Metropolitan

Pembentukan kawasan metropolitan berlangsung melalui proses perkembangan wilayah dan tidak terjadi dalam satu tahap. Vioya (2010) menunjukkan bahwa perkembangan metropolitan dapat dipahami melalui tahapan perubahan dan penguatan keterkaitan kawasan. Namun, tahapan yang digunakan pada Metropolitan Jakarta dalam penelitian tersebut didasarkan pada karakteristik ekonomi sehingga tidak diterapkan secara langsung untuk menentukan fase Metropolitan Malang.

Dalam penelitian ini, proses pembentukan metropolitan digunakan sebagai kerangka pembacaan spasial yang meliputi penguatan kota inti, perkembangan kawasan peri-urban, penguatan aglomerasi, munculnya konurbasi pada bagian tertentu, dan semakin kuatnya keterkaitan fungsional metropolitan. Kerangka tersebut tidak dimaksudkan sebagai tahapan baku yang harus berlangsung sama pada setiap wilayah, tetapi digunakan untuk memahami proses perkembangan Perkotaan Metropolitan Malang.



Sumber: Hasil sintesis peneliti berdasarkan Vioya (2010), Mahendra dan Pradoto (2016), serta Imadudinna et al. (2023), 2026.

Gambar 2. 1 Kerangka Proses Pembentukan Metropolitan

Sumber: Hasil sintesis peneliti berdasarkan Vioya (2010), Mahendra dan Pradoto (2016), serta Imadudinna et al. (2023), 2026.

Kerangka tersebut selanjutnya digunakan untuk memahami posisi perkembangan Malang Raya sebelum dikaitkan dengan kebutuhan dan pelayanan infrastruktur metropolitan.

2.6.4 Metropolitan di Indonesia dan Konteks Malang Raya

Perkembangan metropolitan di Indonesia berkaitan dengan urbanisasi dan pertumbuhan kota yang meluas ke wilayah di sekitarnya. Mardiansjah dan Rahayu (2019) menjelaskan bahwa pertumbuhan kota-kota besar di Indonesia turut mendorong perkembangan pusat dan kawasan perkotaan di sekitarnya. Kondisi tersebut membentuk hubungan wilayah yang semakin luas dan tidak selalu berhenti pada batas administrasi.

Dalam konteks Malang Raya, Kota Malang mempunyai peran sebagai pusat perkembangan kawasan. Kajian Imadudinna et al. (2023) menyebut Kota Malang sebagai pusat aglomerasi Malang Raya dan menunjukkan adanya hubungan perkembangan antara kawasan kota inti dan peri-urban yang pada bagian tertentu telah membentuk gejala konurbasi. Kajian Mahendra dan Pradoto (2016) juga menunjukkan adanya transformasi spasial pada kawasan peri-urban Kota Malang.

Berdasarkan kondisi tersebut, Perkotaan Metropolitan Malang dalam penelitian ini dipahami dalam proses metropolitanisasi yang ditandai oleh

penguatan aglomerasi dan gejala konurbasi pada bagian tertentu, disertai keterkaitan fungsional antarpusat dan antarwilayah. Namun, 12 kecamatan yang digunakan dalam penelitian merupakan batas operasional analisis pelayanan air minum, bukan penetapan batas morfologis seluruh aglomerasi atau konurbasi Malang Raya.

Pemahaman tersebut menjadi dasar untuk melihat bahwa perkembangan metropolitan membutuhkan pelayanan infrastruktur yang mempertimbangkan hubungan antarwilayah. Dalam penelitian ini, Perkotaan Metropolitan Malang dipahami sebagai konteks perkembangan wilayah yang berpusat pada Kota Malang dan berkembang melalui keterkaitan fungsional, perkembangan peri-urban, aglomerasi, dan gejala konurbasi. Sementara itu, 12 kecamatan merupakan batas operasional analisis pelayanan air minum dan bukan penetapan batas morfologis seluruh kawasan metropolitan. Pembahasan mengenai kebutuhan dan pengembangan infrastruktur metropolitan selanjutnya dijelaskan pada Subbab 2.7.

2.7 Kebutuhan Infrastruktur dalam Pengembangan Metropolitan

Kawasan metropolitan merupakan wilayah yang berkembang melalui keterkaitan fungsional antara kota inti dan wilayah di sekitarnya, sehingga membutuhkan dukungan infrastruktur yang lebih kompleks dibandingkan wilayah perkotaan tunggal. Anjani dan Mardiansjah (2019) menjelaskan bahwa kawasan metropolitan dirancang sebagai wilayah yang menghubungkan satu atau lebih pusat kota, sehingga keberadaan infrastruktur menjadi penting untuk menunjang efektivitas aktivitas dan hubungan antarwilayah. Dalam konteks ini, infrastruktur tidak hanya berfungsi sebagai sarana fisik, tetapi juga sebagai penopang keterkaitan ekonomi, sosial, dan pelayanan antarbagian kawasan metropolitan.

Kebutuhan infrastruktur dalam metropolitan juga harus dipahami dalam kaitannya dengan perkembangan ruang kawasan. Miharja (2024) menegaskan bahwa pengembangan kawasan perkotaan harus mempertimbangkan daya dukung infrastruktur dan sinkronisasi antara tata ruang dengan kapasitas pelayanan infrastruktur. Hal ini menunjukkan bahwa pembangunan metropolitan tidak cukup hanya dilakukan melalui pengembangan ruang terbangun, tetapi juga harus diimbangi dengan kesiapan infrastruktur agar pelayanan kawasan dapat berjalan secara efektif dan merata. Dengan demikian, infrastruktur metropolitan perlu direncanakan secara terpadu agar mampu mengakomodasi pertumbuhan kawasan dan mencegah terjadinya ketimpangan pelayanan antarwilayah.

Salah satu infrastruktur dasar yang sangat penting dalam pengembangan metropolitan adalah air minum. Yuliani (2014) menyatakan bahwa prasarana kota memegang peranan penting terhadap pertumbuhan dan perkembangan

kota, dan air minum merupakan salah satu infrastruktur yang mendapat prioritas dalam perencanaan kota. Pada kawasan metropolitan, kebutuhan air minum cenderung meningkat seiring pertumbuhan penduduk, perluasan kawasan terbangun, dan berkembangnya aktivitas pendidikan, perdagangan, jasa, industri, serta pariwisata. Oleh karena itu, air minum tidak hanya diposisikan sebagai pelayanan dasar rumah tangga, tetapi juga sebagai penunjang utama aktivitas kawasan metropolitan secara keseluruhan.

Hudalah (2022) menegaskan bahwa air minum merupakan salah satu isu pelayanan dasar utama dalam perkembangan metropolitan di Indonesia. Hal ini menunjukkan bahwa ketersediaan sistem penyediaan air minum yang andal menjadi syarat penting dalam mendukung fungsi metropolitan sebagai pusat kegiatan dan pusat pelayanan. Dalam penelitian ini, pemahaman tersebut menjadi dasar bahwa pengembangan sistem penyediaan air minum di Perkotaan Metropolitan Malang perlu dipandang sebagai bagian dari kebutuhan infrastruktur kawasan. Dengan demikian, penyediaan air minum harus direncanakan tidak hanya dari sisi teknis sistem, tetapi juga dengan mempertimbangkan keterkaitan antarwilayah dan kebutuhan pelayanan kawasan metropolitan secara terpadu.

2.7.1 Infrastruktur Dasar sebagai Penopang Kawasan Metropolitan

Infrastruktur dasar dalam kawasan metropolitan berfungsi untuk menjamin berlangsungnya aktivitas ekonomi, sosial, dan pelayanan publik secara efektif. Anjani dan Mardiansjah (2019) menjelaskan bahwa wilayah metropolitan dirancang sebagai kawasan yang menghubungkan satu atau lebih pusat kota, sehingga memerlukan infrastruktur pendukung untuk menunjang efektivitas dan efisiensi pergerakan serta aktivitas antarwilayah. Sementara itu, Sari et al. (2022) menegaskan bahwa strategi pembangunan infrastruktur metropolitan diarahkan pada penciptaan keterkaitan antarwilayah melalui penyediaan koneksi fisik dan pelayanan dasar untuk mengurangi disparitas regional dan mendorong pembangunan yang lebih merata. Dengan demikian, keberadaan infrastruktur dasar pada kawasan metropolitan tidak dapat dipisahkan dari kebutuhan untuk menjaga kelancaran hubungan antarpusat kegiatan dan wilayah penyangga.

Dalam perspektif pengembangan wilayah, kebutuhan infrastruktur metropolitan juga berkaitan dengan upaya meningkatkan kualitas hidup masyarakat dan mendukung pertumbuhan kawasan secara berkelanjutan. Miharja (2024) menegaskan bahwa infrastruktur harus dipahami sebagai bagian dari daya dukung kawasan, sehingga pengembangannya harus diselaraskan dengan arah perkembangan ruang. Hal ini menunjukkan bahwa infrastruktur dasar pada kawasan metropolitan tidak hanya berfungsi sebagai fasilitas penunjang aktivitas, tetapi juga sebagai elemen utama yang menentukan efisiensi pelayanan dan keseimbangan perkembangan wilayah.

2.7.2 Pengembangan Sistem Penyediaan Air minum pada Kawasan Metropolitan

Pengembangan sistem penyediaan air minum pada kawasan metropolitan harus dipahami sebagai upaya peningkatan pelayanan air minum yang tidak lagi terbatas pada satu wilayah administratif, tetapi disusun berdasarkan hubungan fungsional antarwilayah dalam satu kawasan. Secara formal, Pemerintah Republik Indonesia (2015) menggunakan istilah *Sistem Penyediaan Air Minum* untuk menyebut satu kesatuan sarana dan prasarana penyediaan air. Sementara itu, Peraturan Menteri PUPR Nomor 4 Tahun 2020 menekankan bahwa penyelenggaraan sistem tersebut harus memenuhi kualitas, kuantitas, dan kontinuitas pelayanan. Dalam penelitian ini, istilah yang digunakan adalah air minum, tetapi substansinya tetap merujuk pada pelayanan air yang aman, cukup, dan berkelanjutan bagi masyarakat.

Dalam kawasan metropolitan, pengembangan air minum menjadi lebih penting karena kebutuhan air tidak hanya ditentukan oleh jumlah penduduk, tetapi juga oleh pola perkembangan wilayah, intensitas aktivitas kawasan, dan keterkaitan sistem pelayanan antardaerah. Hudalah (2022) menunjukkan bahwa air minum merupakan salah satu isu pelayanan dasar utama di kawasan metropolitan Indonesia. Oleh sebab itu, pengembangan air minum pada kawasan metropolitan perlu diarahkan melalui integrasi teknis, spasial, dan kelembagaan agar pelayanan yang dihasilkan lebih efisien, merata, dan berkelanjutan.

1) Integrasi Teknis

Integrasi teknis menempatkan sumber air baku, produksi, transmisi, reservoir/tandon, distribusi, dan kehilangan air sebagai satu rangkaian sistem pelayanan. Pengembangan dilakukan dengan menilai kemampuan setiap komponen dalam mendukung kebutuhan dan cakupan pelayanan.

Dalam penelitian ini, aspek teknis digunakan untuk menentukan kebutuhan penguatan sumber dan kapasitas, transmisi, reservoir/tandon, distribusi, serta pengendalian kehilangan air pada enam sistem/unit pelayanan. Arahkan berada pada skala sistem pelayanan dan infrastruktur, bukan pada perhitungan hidraulik atau desain teknis rinci.

2) Integrasi Spasial

Integrasi spasial dalam pengembangan sistem penyediaan air minum berarti bahwa perencanaan pelayanan air harus disusun dengan memperhatikan struktur ruang, pola pertumbuhan kawasan, serta hubungan fungsional antarwilayah dalam sistem metropolitan. Miharja (2024) menegaskan bahwa salah satu persoalan utama kawasan perkotaan di Indonesia adalah pesatnya perkembangan guna lahan yang tidak diimbangi oleh perkembangan kapasitas infrastruktur yang memadai. Sinkronisasi antara perencanaan tata ruang dan kapasitas infrastruktur menjadi penyebab mendasar munculnya berbagai persoalan perkotaan. Dalam konteks air minum, hal ini menunjukkan bahwa pengembangan

jaringan pelayanan harus mengikuti arah pertumbuhan ruang agar tidak terjadi ketimpangan antara wilayah yang tumbuh cepat dengan kapasitas pelayanan yang tersedia.

Mardiansjah dan Rahayu (2019) menjelaskan bahwa Indonesia mengalami urbanisasi cepat dan pertumbuhan kota-kota yang terkonsentrasi, bahkan pertumbuhan kota besar dapat memberi dorongan terhadap pembentukan dan pertumbuhan kota lain di sekitarnya. Kondisi ini menunjukkan bahwa perkembangan metropolitan tidak hanya terjadi pada kota inti, tetapi juga menyebar ke wilayah penyangga dan membentuk keterkaitan kawasan yang semakin kuat. Sejalan dengan itu, Silangen, Tilaar, dan Sembel (2020) menyatakan bahwa kebutuhan air non-domestik cenderung meningkat sejalan dengan peningkatan penduduk dan perubahan tata guna lahan. Oleh karena itu, integrasi spasial dalam pengembangan air minum metropolitan menuntut agar prioritas pelayanan ditetapkan berdasarkan pertumbuhan permukiman, pusat kegiatan, koridor perkembangan, serta kawasan yang mengalami tekanan kebutuhan air lebih tinggi.

Dengan demikian, integrasi spasial dapat dimaknai sebagai keterpaduan antara pengembangan sistem penyediaan air minum dengan dinamika struktur ruang metropolitan. Pelayanan air minum tidak seharusnya disusun secara terpisah menurut batas administrasi, melainkan mengikuti pola keterkaitan ruang antardaerah agar pengembangan jaringan lebih tepat sasaran, efisien, dan responsif terhadap pertumbuhan kawasan.

Dalam penelitian ini, integrasi spasial juga mempertimbangkan perkembangan Kota Malang sebagai kota inti, kawasan peri-urban, aglomerasi, dan gejala konurbasi. Dinamika tersebut digunakan untuk memahami arah perkembangan kebutuhan pelayanan, sedangkan penentuan prioritas tetap dilakukan pada 12 kecamatan penelitian.

3) Integrasi Kelembagaan

Integrasi kelembagaan diperlukan dalam pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum pada kawasan metropolitan karena pelayanan dapat melibatkan lebih dari satu pemerintah daerah dan lembaga pengelola. PP Nomor 28 Tahun 2018 memberikan dasar bagi pelaksanaan kerja sama antardaerah untuk mendukung penyelenggaraan urusan pemerintahan dan pemenuhan pelayanan publik. Dalam konteks pelayanan air minum metropolitan, kerja sama tersebut penting terutama ketika sumber air, prasarana, atau kepentingan pelayanan memiliki keterkaitan yang melampaui batas administrasi.

Talitha dan Hudalah (2014) menunjukkan bahwa pengelolaan kawasan metropolitan dapat menghadapi fragmentasi akibat perbedaan kewenangan, kepentingan, informasi, dan komitmen antaraktor. Kondisi tersebut menyebabkan pelayanan infrastruktur lintas wilayah memerlukan mekanisme koordinasi yang jelas. Miharja (2024) juga menegaskan

bahwa koordinasi kelembagaan menjadi penting dalam perencanaan metropolitan karena masing-masing pemerintah daerah tetap memiliki kewenangan otonom, sementara beberapa kebutuhan pelayanan mempunyai keterkaitan antarwilayah. Dengan demikian, integrasi kelembagaan tidak berarti menyatukan seluruh kewenangan atau membentuk satu pengelola, tetapi menyelaraskan peran dan kepentingan antarwilayah dalam pengembangan pelayanan.

Dalam penelitian ini, integrasi kelembagaan diarahkan pada koordinasi antara Pemerintah Kota Malang, Pemerintah Kota Batu, Pemerintah Kabupaten Malang, Perumda/PERUMDAM, perangkat daerah terkait, dan pengelola HIPAM sesuai kewenangan masing-masing. Koordinasi terutama diperlukan dalam pemanfaatan dan perlindungan sumber air lintas wilayah, penyelarasan data pelayanan, perencanaan program pengembangan, serta pembagian peran dalam peningkatan pelayanan. Berdasarkan PP Nomor 28 Tahun 2018 dan Permendagri Nomor 22 Tahun 2020, kerja sama antardaerah dapat digunakan untuk menangani kepentingan pelayanan yang melampaui batas administratif. Pemerintah Provinsi Jawa Timur dapat berperan sebagai fasilitator dan mediator apabila diperlukan dalam koordinasi antarkabupaten/kota tanpa mengambil alih kewenangan pemerintah daerah.

Dengan demikian, integrasi kelembagaan dalam penelitian ini dipahami sebagai penguatan koordinasi, kerja sama pemanfaatan sumber air lintas wilayah, pembagian peran, serta penyelarasan kebijakan dan program pengembangan. Pendekatan tersebut mendukung pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum Perkotaan Metropolitan Malang yang tetap dikelola melalui masing-masing sistem/unit pelayanan, tetapi memiliki koordinasi yang lebih kuat pada bagian pelayanan dan sumber daya yang saling berkaitan.

2.8 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu adalah penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dan memiliki objek atau topik yang sama atau relevan dengan penelitian yang sedang dilakukan oleh penulis saat ini. Penelitian sebelumnya memungkinkan penulis untuk membandingkan atau melihat sudut pandang yang akan diteliti. Berikut adalah daftar penelitian terdahulu.

Tabel 2. 4 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Tahun	Judul Penelitian	Aspek yang Dikaji	Indikator/Fokus Analisis	Metodologi	Temuan Utama
1	Wardhana et al.	2014	Kajian Sistem Penyediaan Air minum Sub Sistem Bribin Kabupaten Gunungkidul	Sumber air baku, kapasitas sistem, jaringan distribusi	Debit air, kapasitas produksi, tingkat pelayanan	Analisis teknis sistem penyediaan air minum	Menunjukkan efektivitas sistem penyediaan air minum dan kemampuan sistem dalam memenuhi kebutuhan masyarakat
							Perbedaan: Penelitian ini berfokus pada analisis teknis sistem penyediaan air minum, sedangkan penelitian ini menganalisis sistem penyediaan air minum secara lebih terintegrasi dengan mempertimbangkan struktur ruang, tingkat pelayanan, kebutuhan air, kapasitas penyediaan, dan kelembagaan pada perkotaan metropolitan.
2	Shaleh dan Angguntiana	2016	Studi Evaluasi dan Pengembangan Jaringan Distribusi Air minum PDAM Kota Malang pada Kecamatan	Sistem jaringan distribusi, kapasitas produksi air	Tekanan jaringan, kehilangan air, cakupan pelayanan	Analisis hidrolika jaringan distribusi	Menghasilkan evaluasi kinerja jaringan distribusi dan rekomendasi pengembangan jaringan

No	Peneliti	Tahun	Judul Penelitian	Aspek yang Dikaji	Indikator/Fokus Analisis	Metodologi	Temuan Utama
3			Kedungkandang				
	Perbedaan: Penelitian ini hanya berfokus pada evaluasi jaringan distribusi di satu kecamatan dan menggunakan pendekatan hidrolika jaringan, sedangkan penelitian ini membahas pengembangan sistem penyediaan air minum pada skala perkotaan metropolitan malang dengan pendekatan yang lebih komprehensif.						
	Angelia dan Hakiki	2021	Konsep Pengembangan Penyediaan Air minum Kawasan Permukiman Desa Wisata Bukit Surowiti	Kondisi sumber air, kebutuhan masyarakat, karakteristik kawasan	Kebutuhan air domestik, ketersediaan air, sistem distribusi	Analisis kebutuhan air dan pendekatan konsep pengembangan	Menghasilkan konsep penyediaan air minum untuk kawasan permukiman wisata
Perbedaan: Penelitian ini berfokus pada kawasan permukiman wisata skala lokal, sedangkan penelitian ini mengembangkan konsep sistem penyediaan air minum pada perkotaan metropolitan malang dengan menekankan keterkaitan antarwilayah, struktur ruang, dan pelayanan kawasan.							
4	Riris Sugiarti dan Alfian Purnomo	2018	Pengembangan Sistem Distribusi Air minum di Kecamatan Dawarblandong, Kabupaten Mojokerto	Pertumbuhan penduduk, sistem distribusi air minum, jaringan perpipaan, kapasitas produksi air PDAM	Kebutuhan air domestik dan non-domestik, tekanan pipa, kecepatan aliran, kapasitas distribusi air	Analisis teknis sistem distribusi air minum menggunakan simulasi EPANET 2.0, survei kebutuhan air, serta analisis proyeksi penduduk	Pengembangan sistem distribusi direncanakan dalam dua tahap, yaitu peningkatan pelayanan sekitar 60% penduduk pada tahap pertama dan 80% penduduk pada tahap kedua melalui pengembangan

No	Peneliti	Tahun	Judul Penelitian	Aspek yang Dikaji	Indikator/Fokus Analisis	Metodologi	Temuan Utama
							jaringan distribusi PDAM dan SPAM regional
	Perbedaan: Penelitian ini berfokus pada simulasi teknis jaringan distribusi air minum di satu kecamatan, sedangkan penelitian ini membahas konsep pengembangan sistem penyediaan air minum pada skala metropolitan dengan mengintegrasikan aspek spasial, kebutuhan air, kapasitas sistem, dan cakupan pelayanan wilayah.						
5	Cristiandi Richardo Mampuk, Tiny Mananoma, dan Lambertus Tanudjaja	2014	Pengembangan Sistem Penyediaan Air minum di Kecamatan Poso Kota Sulawesi Tengah	Sistem penyediaan air minum eksisting, kebutuhan air, dan komponen jaringan	Proyeksi penduduk, kebutuhan air, kapasitas sistem, ukuran bak penampung, reservoir, serta pipa	Analisis regresi linier dan desain sistem menggunakan EPANET 2.0	Penelitian menghasilkan kebutuhan air minum tahun 2032 sebesar 61,213 liter/detik dan usulan pengembangan berupa penambahan pompa baru, pembesaran bak penampung, reservoir, pipa transmisi, dan pipa distribusi.
	Perbedaan: Penelitian ini menitikberatkan pada desain teknis pengembangan sistem di satu kecamatan dengan pendekatan rekayasa jaringan, sedangkan penelitian ini menambahkan analisis tingkat pelayanan, keseimbangan kebutuhan dan kapasitas, keterkaitan struktur ruang, dan integrasi kelembagaan pada perkotaan metropolitan malang.						

Sumber: Hasil Kajian Pustaka, 2026

2.9 Sintesis Tinjauan Pustaka dan Landasan Penelitian

Sintesis tinjauan pustaka dilakukan dengan membandingkan konsep dan hasil penelitian terdahulu, kemudian memilih unsur yang relevan dengan sasaran penelitian. Hasil sintesis digunakan untuk menurunkan variabel dan indikator penelitian sehingga teori tidak digunakan secara terpisah, tetapi menjadi dasar bagi metode analisis dan perumusan konsep. Berdasarkan kajian teori dan penelitian terdahulu, penelitian ini dibangun atas beberapa pokok pemikiran sebagai berikut.

1. Sistem penyediaan air minum
Sistem penyediaan air minum merupakan suatu sistem pelayanan yang tersusun atas komponen yang saling berhubungan dalam menyalurkan air dari sumber hingga wilayah pelayanan. Mampuk et al. (2014) menjelaskan bahwa sistem penyediaan air minum terdiri atas sistem produksi, transmisi, dan distribusi. Sementara itu, Mastiadi Tamjidillah dan Muhammad Nizar Ramadhan (2021) menjelaskan bahwa sistem penyediaan air minum dapat ditinjau melalui sumber air baku, sistem transmisi, dan sistem distribusi. Berdasarkan sintesis teori tersebut, penelitian ini menggunakan tiga variabel utama, yaitu Sistem Air Baku, Sistem Transmisi, dan Sistem Distribusi. Ketiga variabel tersebut digunakan untuk mengidentifikasi kondisi sistem penyediaan air minum mulai dari karakteristik dan kapasitas sumber, proses pengaliran air menuju wilayah pelayanan, hingga pelayanan distribusi kepada masyarakat.
2. Tingkat pelayanan air minum
Maryati dan Humaira (2017) menjelaskan bahwa tingkat pelayanan air minum diukur dari cakupan pelayanan air minum terhadap jumlah penduduk di wilayah pelayanan. Tingkat pelayanan air minum menunjukkan besarnya cakupan pelayanan pada suatu wilayah melalui jumlah atau proporsi penduduk yang memperoleh pelayanan. Dalam penelitian ini, tingkat pelayanan digunakan untuk melihat perbedaan jangkauan pelayanan Perumda/PERUMDAM dan HIPAM antarwilayah.
3. Kebutuhan air minum
Tangkudung, Supit, dan Jansen (2019) menjelaskan bahwa kebutuhan air minum tidak hanya mencakup kebutuhan rumah tangga, tetapi juga kebutuhan untuk berbagai kegiatan lain serta kehilangan air dalam sistem distribusi. Simanjuntak et al. (2021) menegaskan bahwa kebutuhan air minum dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti kondisi iklim, karakteristik penduduk, aktivitas industri, kualitas air, dan tingkat harga air. Selanjutnya, Natsir Diva A.A. et al. (2024) menjelaskan bahwa kebutuhan air minum umumnya dibagi menjadi

kebutuhan domestik dan non-domestik. Oleh karena itu, kebutuhan air minum dalam penelitian ini dipahami sebagai total kebutuhan air yang diperlukan untuk menunjang aktivitas penduduk dan kegiatan wilayah.

4. Keseimbangan kebutuhan dan kapasitas penyediaan
Gaib, Tanudjaja, dan Hendratta (2016) menunjukkan bahwa kebutuhan air minum dihitung berdasarkan proyeksi jumlah penduduk untuk mengetahui besarnya kebutuhan pelayanan pada masa rencana. Hertiavi, Trisnowati, dan Marianti (2021) menjelaskan bahwa analisis kebutuhan dan ketersediaan air digunakan untuk menilai kecukupan sumber daya air terhadap konsumsi yang ada. Dalam konteks penelitian ini, keseimbangan kebutuhan dan kapasitas penyediaan air minum menunjukkan apakah suatu wilayah berada pada kondisi surplus, seimbang, atau defisit pelayanan. Dengan demikian, variabel ini menjadi penting untuk menilai kecukupan sistem penyediaan air minum di Perkotaan Metropolitan Malang.
5. Perkembangan metropolitan
Perkembangan metropolitan tidak hanya ditentukan oleh jumlah penduduk, tetapi juga oleh hubungan kota inti dengan wilayah di sekitarnya. Perkembangan tersebut dapat ditandai oleh perubahan kawasan peri-urban, penguatan aglomerasi, serta munculnya gejala konurbasi pada bagian tertentu (Mahendra & Pradoto, 2016; Imadudinna et al., 2023). Dalam penelitian ini, proses tersebut digunakan sebagai konteks spasial untuk memahami perkembangan Perkotaan Metropolitan Malang dan kebutuhan pelayanan infrastruktur.
6. Pengembangan sistem penyediaan air minum
pengembangan sistem penyediaan air minum pada kawasan metropolitan harus diarahkan melalui integrasi teknis, spasial, dan kelembagaan. Integrasi teknis menekankan keterpaduan komponen sistem dari sumber hingga distribusi; integrasi spasial menekankan kesesuaian pelayanan dengan struktur ruang dan pola perkembangan kawasan; sedangkan integrasi kelembagaan menekankan pentingnya kerja sama antarpemerintah daerah dan antarlembaga pengelola (Miharja, 2024; Talitha & Hudalah, 2014). Oleh karena itu, pengembangan sistem penyediaan air minum pada kawasan metropolitan tidak cukup dilakukan secara parsial, tetapi harus disusun secara lintas wilayah dan lintas sektor.

Untuk lebih jelas lagi, landasan penelitian ini dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2. 5 Landasan Penelitian

Ahli	Kutipan Teori	Variabel Teori
Mastiadi Tamjidillah & Muhammad Nizar Ramadhan (2021)	Sistem penyediaan air minum merupakan sistem yang terdiri dari beberapa komponen utama yaitu sumber air baku, sistem transmisi, dan sistem distribusi yang saling berhubungan untuk menyalurkan air minum kepada masyarakat. Sumber air baku dapat berasal dari air permukaan, air tanah, atau sumber lainnya yang diolah sebelum didistribusikan kepada konsumen melalui jaringan perpipaan.	1. Sistem air baku 2. Sistem transmisi 3. Sistem distribusi
Sri Maryati, An Nisaa' Siti Humaira, dan Kania Rizna Hudiary (2017)	Tingkat pelayanan air minum dinilai melalui cakupan pelayanan. Cakupan pelayanan dihitung berdasarkan perbandingan jumlah penduduk terlayani dengan total penduduk wilayah pelayanan, sehingga dapat menunjukkan keterlayanan masyarakat terhadap pelayanan air minum.	1. Cakupan pelayanan air minum
L. Tanudjaja (2011); Rio Efraim Tangkudung, Cindy J. Supit, dan Tommy Jansen (2019); Muhammad Thariq Aziz dan Sadar Yuni Raharjo (2022)	Kebutuhan air minum terdiri atas kebutuhan air domestik dan kebutuhan air non-domestik. Kebutuhan air domestik digunakan untuk keperluan rumah tangga, sedangkan kebutuhan air non-domestik digunakan untuk sarana dan prasarana wilayah seperti pendidikan, kesehatan, peribadatan, perdagangan, jasa, dan kegiatan lain yang mendukung aktivitas wilayah.	1. Kebutuhan air minum domestik 2. Kebutuhan air minum non-domestik
Irawan Wisnu Wardhana, M. Arief Budihardjo, dan Scylla Adhesti P. (2013); Lingkan Kawet dan L. Tanudjaja (2015); Makawimbang, Tanudjaja, dan Wuisan (2017)	Kehilangan air merupakan selisih antara jumlah air yang diproduksi dengan jumlah air yang tercatat pada meter pelanggan. Kehilangan air dapat disebabkan oleh kebocoran pada jaringan transmisi dan distribusi, limpasan reservoir, sambungan ilegal, serta kesalahan pencatatan atau pembacaan meter air. Oleh karena itu, kehilangan air	1. Kehilangan air

Ahli	Kutipan Teori	Variabel Teori
	perlu diperhitungkan dalam perencanaan kebutuhan air minum.	
Gaib, Tanudjaja, dan Hendratta (2016); Hertiaivi, Trisnowati, dan Marianti (2021); (Rudi et al., 2021).	Kebutuhan air minum dihitung berdasarkan proyeksi jumlah penduduk untuk mengetahui besarnya kebutuhan pelayanan pada masa rencana. Analisis kebutuhan dan ketersediaan air digunakan untuk menilai kecukupan sumber daya air terhadap konsumsi yang ada. Dalam konteks penyediaan air minum, perbandingan antara kebutuhan dan kapasitas penyediaan menunjukkan tingkat kecukupan pelayanan suatu wilayah.	1. Kebutuhan air minum 2. Kapasitas penyediaan air minum 3. Keseimbangan kebutuhan dan kapasitas
Mahendra dan Pradoto (2016); Imadudinna et al. (2023); Vioya (2010)	Perkembangan metropolitan berlangsung melalui perkembangan kota inti, perubahan kawasan peri-urban, penguatan aglomerasi, munculnya gejala konurbasi pada bagian tertentu, serta peningkatan keterkaitan fungsional antarwilayah.	Perkembangan metropolitan
Miharja (2024); Talitha dan Hudalah (2014); Pemerintah Republik Indonesia (2015); Kementerian PUPR (2020)	Pengembangan sistem penyediaan air minum pada kawasan metropolitan harus dilakukan secara terintegrasi. Integrasi tersebut mencakup aspek teknis berupa keterpaduan komponen sistem pelayanan, aspek spasial berupa kesesuaian dengan struktur ruang dan perkembangan kawasan, serta aspek kelembagaan berupa kerja sama antardaerah dan antarinstitusi agar pelayanan air minum dapat berlangsung secara efisien, merata, dan berkelanjutan.	1. Aspek teknis 2. Aspek spasial 3. Aspek kelembagaan

Sumber: Hasil Kajian Pustaka 2026

Dari hasil variabel diatas maka dapat dikeluarkan sintesa variabel untuk variabel yang akan menjadi dasar dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

Tabel 2. 6 Variabel Penelitian

No	Sumber	Variabel Teori	Variabel yang akan Diteliti	Indikator
SASARAN 1: Mengidentifikasi kondisi sistem penyediaan air minum di Perkotaan Metropolitan Malang				
1	Sistem Penyediaan Air minum			
	Mastiadi Tamjidillah & Muhammad Nizar Ramadhan 2021	Sistem Air Baku	Sistem Air Baku	Jenis sumber air baku
				Kapasitas Sumber air atau debit produksi
				Lokasi sumber air baku
		Sistem Transmisi	Sistem Transmisi	Jaringan transmisi
				Sistem Pengaliran (gravitasi,pompanisasi/kombinasi)
				Keterkaitan sumber air dengan wilayah pelayanan
		Sistem Distribusi	Sistem Distribusi	Reservoir dan kapasitas reservoir
				Wilayah pelayanan jaringan distribusi
				Kehilangan air
				Bentuk pelayanan dan pengelola (Perumda/PERUMDAM, HIPPAM, dan sistem bukan jaringan perpipaan)
SASARAN 2: Menganalisis tingkat pelayanan, kebutuhan air minum, dan keseimbangan antara kebutuhan dengan kapasitas penyediaan air minum di Perkotaan Metropolitan Malang				
1	Tingkat Pelayanan Penyediaan Air Minum			
	Sri Maryati, An	Cakupan pelayanan	Cakupan pelayanan	Penduduk terlayani

No	Sumber	Variabel Teori	Variabel yang akan Diteliti	Indikator
	Nisaa' Siti Humaira, dan Kania Rizna Hudiary (2017)	Konsumsi air Minum domestik	air minum	Wilayah pelayanan Faktor kehilangan air rencana (%)
2	Kebutuhan Air minum			
	L. Tanudjaja (2011); Rio Efraim Tangkudung, Cindy J. Supit, dan Tommy Jansen (2019); Muhammad Thariq Aziz dan Sadar Yuni Raharjo (2022)	Kebutuhan air Minum domestik	Kebutuhan air minum domestik	Standar konsumsi air domestik (liter/orang/hari)
		Kebutuhan air Minum non domestik		Jumlah penduduk (jiwa)
		Kehilangan air		Standar kebutuhan air domestik (liter/orang/hari)
		Kebutuhan Air Minum Total	Kebutuhan air minum non domestik	kebutuhan air domestik (liter/detik)
				Kebutuhan domestik (liter/detik)
				Faktor kebutuhan air non-domestik sebesar 15%
				kebutuhan air non-domestik (liter/detik)
				Persentase kehilangan air / NRW (%)
				Kebutuhan air domestik
	kapasitas penyediaan			
	Gaib, Tanudjaja, dan Hendratta	Kapasitas penyediaan air Minum	Kapasitas penyediaan air	Kebutuhan non domestik
				Kehilangan air
				Kebutuhan air total
				Kapasitas Produksi (liter/detik)

No	Sumber	Variabel Teori	Variabel yang akan Diteliti	Indikator
	(2016); Hertiavi, Trisnowati, dan Marianti (2021)	Keseimbangan kebutuhan dan kapasitas	minum	Kapasitas Penyediaan (liter/detik)
			Keseimbangan kebutuhan dan kapasitas	Selisih antara debit produksi dan kebutuhan air total
				Rasio pemenuhan kebutuhan (%)
				Kondisi surplus atau defisit pelayanan
SASARAN 3: Konsep pengembangan sistem penyediaan air minum di Perkotaan Metropolitan Malang				
3	Miharja (2024); Talitha dan Hudalah (2014); Pemerintah Republik Indonesia (2015)	Aspek Teknis	Aspek teknis	Arahan optimalisasi sumber air dan kapasitas produksi
		Aspek spasial		Arahan peningkatan sistem penyaluran, reservoir, distribusi, dan pengendalian NRW
		Aspek kelembagaan		
			Aspek spasial	Wilayah prioritas pengembangan pelayanan
				Kesesuaian arahan pelayanan dengan fungsi wilayah, kepadatan, topografi, dan pusat kegiatan
			Aspek kelembagaan	Koordinasi antarwilayah dan antar instansi
				Kerja sama pemanfaatan sumber air lintas wilayah
				Pembagian peran pemerintah daerah, Perumda/PERUMDAM, dan HIPAM
Dukungan kebijakan dan program pengembangan				

Sumber: Hasil Kajian Pustaka 2026