

Analisis Kebutuhan dan Ketersediaan Air Bersih di Bulukunyi Takalar

Ismail Haeruddin¹ | Mahmud Adil^{*1} | Mahmuddin² | Muhammad Agusalim.²

¹ Mahasiswa Program Studi Pengairan,
Fakultas Teknik, Universitas
Muhammadiyah Makassar, Indonesia.

Email:
dede.manuruku@gmail.com
mahmudadil69@gmail.com

² Program Studi Pengairan, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Makassar,
Indonesia.

Email:
mahmuddin@unismuh.ac.id
m.agusalim@unismuh.ac.id

Korespondensi:

*Mahmud
mahmudadil69@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan dan ketersediaan air bersih di Kelurahan Bulukunyi, Kecamatan Polongbangkeng Selatan, Kabupaten Takalar. Analisis kebutuhan air dilakukan melalui proyeksi jumlah penduduk untuk memperkirakan peningkatan kebutuhan air domestik pada tahun perencanaan. Sementara itu, ketersediaan air dihitung menggunakan pendekatan hidrologi dengan memanfaatkan data curah hujan tahun 2015–2024 yang diolah melalui estimasi limpasan permukaan dan analisis neraca air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketersediaan air bersih di Kelurahan Bulukunyi diproyeksikan berada dalam kondisi surplus pada periode 2024–2030. Pada tahun 2024, ketersediaan air tahunan diperkirakan sebesar 731.088 m³, sedangkan kebutuhan air domestik sebesar 202.847 m³. Pada tahun 2030, kebutuhan air meningkat menjadi 223.447 m³, namun masih berada di bawah ketersediaan air yang ada. Dengan demikian, wilayah ini memiliki potensi sumber daya air yang cukup memadai untuk memenuhi kebutuhan air bersih domestik dalam jangka menengah. Meskipun demikian, diperlukan upaya pengelolaan yang lebih optimal serta konservasi sumber daya air secara berkelanjutan guna menjaga keseimbangan antara kebutuhan dan ketersediaan air di masa mendatang.

Kata Kunci:

Hidrologi, neraca air, limpasan permukaan, proyeksi penduduk, kebutuhan domestik

ABSTRACT

This study aims to analyze the demand and availability of clean water in Bulukunyi Village, South Polongbangkeng District, Takalar Regency. Water demand analysis was conducted through population projection to estimate the increase in domestic water demand within the planning period. Meanwhile, water availability was assessed using a hydrological approach based on rainfall data from 2015–2024, processed through surface runoff estimation and water balance analysis. The results indicate that clean water availability in Bulukunyi Village is projected to remain in a surplus condition during the 2024–2030 period. In 2024, the annual water availability is estimated at 731,088 m³, while domestic water demand is recorded at 202,847 m³. By 2030, water demand is projected to increase to 223,447 m³; however, this figure remains below the available water capacity. Therefore, the study area possesses sufficient water resource potential to meet domestic clean water needs in the medium term. Nevertheless, more optimal water resource management and sustainable conservation efforts are required to maintain the balance between water demand and availability in the future.

Keywords:

Hydrology, water balance, surface runoff, population projection, domestic water demand

1 | PENDAHULUAN

Air bersih merupakan kebutuhan dasar yang penting dalam mendukung kesehatan masyarakat, aktivitas domestik, dan kualitas hidup. Ketersediaan air bersih yang memadai juga menjadi prasyarat bagi keberlanjutan pembangunan sosial dan ekonomi di tingkat lokal. Seiring meningkatnya jumlah penduduk dan aktivitas masyarakat, kebutuhan air bersih terus bertambah sehingga diperlukan analisis kemampuan sumber daya air dalam memenuhinya secara berkelanjutan (Falkenmark & Rockström, 2004).

Kelurahan Bulukunyi, Kecamatan Polongbangkeng Selatan, Kabupaten Takalar merupakan wilayah yang mengalami pertumbuhan penduduk dan perkembangan permukiman yang berpotensi meningkatkan kebutuhan air bersih domestik. Selain itu, perubahan penggunaan lahan dapat memengaruhi respon hidrologi wilayah, seperti infiltrasi, limpasan permukaan, dan

ketersediaan air sebagai sumber air baku. Oleh karena itu, kajian mengenai ketersediaan dan kebutuhan air bersih menjadi penting untuk mengetahui tingkat kecukupan air saat ini dan proyeksinya di masa mendatang.

Dari aspek hidrologi, ketersediaan air dipengaruhi oleh curah hujan, karakteristik fisik wilayah, serta proses yang membentuk aliran permukaan dan cadangan air. Analisis limpasan permukaan dan neraca air dapat digunakan untuk memperkirakan potensi ketersediaan air dan menilai kemampuannya dalam memenuhi kebutuhan masyarakat (Chow *et al.*, 1988).

Sementara itu, dari aspek demografi, pertumbuhan penduduk merupakan faktor utama yang memengaruhi peningkatan kebutuhan air domestik, sehingga proyeksi jumlah penduduk diperlukan untuk memperkirakan kebutuhan air pada tahun perencanaan (Smith *et al.*, 2013).

Data curah hujan periode 2015–2024 menunjukkan variasi yang memengaruhi ketersediaan air, sementara kebutuhan air terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk. Perbandingan antara ketersediaan air dan kebutuhan domestik dapat menunjukkan kondisi keseimbangan air, apakah surplus atau defisit. Evaluasi awal menunjukkan bahwa wilayah ini cenderung berada dalam kondisi surplus pada periode 2024–2030, namun tetap memerlukan analisis yang sistematis sebagai dasar pengambilan keputusan.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kebutuhan dan ketersediaan air bersih di Kelurahan Bulukunyi, Kecamatan Polongbangkeng Selatan, Kabupaten Takalar dengan pendekatan hidrologi dan proyeksi penduduk. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang komprehensif mengenai tingkat kecukupan air bersih, serta menjadi bahan pertimbangan dalam perencanaan dan strategi pengelolaan sumber daya air di tingkat kelurahan, khususnya untuk mendukung pemenuhan kebutuhan air bersih masyarakat secara berkelanjutan.

2 | METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Kelurahan Bulukunyi, Kecamatan Polongbangkeng Selatan, Kabupaten Takalar, Provinsi Sulawesi Selatan, pada koordinat 119°29'19.7" BT dan 5°26'54.5" LS. Wilayah ini dipilih karena terdapat indikasi kesenjangan antara kebutuhan dan ketersediaan air bersih masyarakat. Secara administratif, wilayah penelitian berbatasan dengan Kelurahan Moncongkoba di sebelah utara, Kelurahan Cakura dan Barana di sebelah timur, Kelurahan Bontokadatto dan Canrego di sebelah selatan, serta Kelurahan Pate'ne dan Jalan Poros Takalar–Jeneponto di sebelah barat.

Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif melalui analisis neraca air sederhana (*simple water balance approach*) untuk mengevaluasi hubungan antara kebutuhan air domestik dan potensi ketersediaan air berbasis kondisi hidrologi. Analisis dilakukan menggunakan Microsoft Excel, sedangkan penulisan persamaan matematis menggunakan Microsoft Equation untuk menjaga konsistensi format.

2.1 | Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder yang saling melengkapi dalam mendukung analisis. Data primer diperoleh melalui observasi lapangan untuk mengidentifikasi kondisi sumber air seperti sumur, mata air, dan jaringan distribusi, wawancara dengan aparat kelurahan, pengelola PDAM, serta masyarakat, dan penyebaran kuesioner kepada 30 responden rumah tangga secara acak guna mengetahui pola penggunaan air, sumber air utama, tingkat konsumsi, serta persepsi masyarakat terhadap pelayanan air bersih.

Data sekunder meliputi data curah hujan tahunan periode 2015–2024, luas wilayah penelitian sebesar 13.040.000 m², data demografi penduduk, serta informasi topografi dan infrastruktur air bersih. Data diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Takalar, BMKG, Dinas PUPR Provinsi Sulawesi Selatan, Bappeda Kabupaten Takalar, serta literatur teknis dan standar nasional yang relevan sebagai dasar analisis hidrologi dan kebutuhan air.

2.2 | Metode Analisis

Analisis ketersediaan air dilakukan berdasarkan potensi ketersediaan hidrologis melalui estimasi volume limpasan permukaan tahunan sebagai pendekatan estimasi awal (*first-order estimation*) terhadap sumber daya air yang berpotensi dimanfaatkan. Volume limpasan dihitung menggunakan persamaan hidrologi (Chow *et al.*, 1988):

$$V=C \times R \times A \quad (1)$$

di mana V adalah volume limpasan permukaan (m³/tahun), C adalah koefisien limpasan (tanpa satuan), R adalah curah hujan tahunan (m/tahun), dan A adalah luas daerah tangkapan (m²). Nilai koefisien limpasan diasumsikan konstan sebesar 0,5 berdasarkan karakteristik umum wilayah penelitian.

Kebutuhan air domestik tahunan dihitung berdasarkan jumlah penduduk dan konsumsi air per kapita menggunakan pendekatan perencanaan kebutuhan air berbasis demografi yang umum digunakan dalam analisis sistem penyediaan air bersih. Estimasi kebutuhan air dilakukan dengan mempertimbangkan proyeksi pertumbuhan penduduk dan tingkat konsumsi air harian per kapita sehingga diperoleh kebutuhan air tahunan sebagai dasar evaluasi kecukupan sumber daya air (Triatmodjo, 2010):

$$D=(P \times q \times 365)/1000 \quad (2)$$

di mana D adalah kebutuhan air tahunan (m^3 /tahun), P adalah jumlah penduduk (jiwa), dan q adalah konsumsi air harian per kapita (liter/orang/hari). Proyeksi penduduk periode 2024–2030 dilakukan menggunakan metode geometrik berdasarkan laju pertumbuhan historis.

Analisis hubungan antara kebutuhan dan ketersediaan air dilakukan melalui pendekatan neraca air sederhana (*simple water balance approach*) untuk menilai keseimbangan antara potensi ketersediaan air dan kebutuhan domestik masyarakat. Evaluasi dilakukan menggunakan indikator surplus atau defisit air serta rasio kecukupan sebagai parameter tingkat keberlanjutan pemanfaatan sumber daya air (Loucks & van Beek, 2017):

$$S=V-D \quad (3)$$

dan rasio kecukupan sebagai:

$$\text{Rasio}=V/D \quad (4)$$

Nilai rasio digunakan untuk menilai tingkat kecukupan potensi sumber daya air terhadap kebutuhan domestik masyarakat. Beberapa asumsi metodologis digunakan dalam penelitian ini, yaitu koefisien limpasan dianggap konstan, curah hujan rata-rata direpresentasikan oleh data periode 2015–2024, serta kehilangan distribusi air tidak diperhitungkan dalam estimasi limpasan. Oleh karena itu, hasil analisis merepresentasikan estimasi konservatif terhadap potensi ketersediaan air berbasis kondisi hidrologi.

3 | HASIL DAN PEMBAHASAN

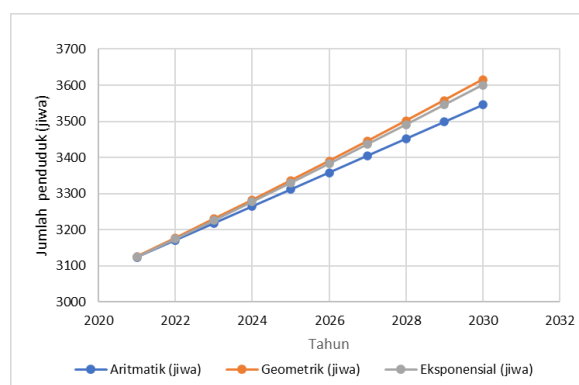
3.1 | Identifikasi Tingkat Kebutuhan Masyarakat Terhadap Air Bersih

3.1.1 | Data Dasar Penduduk

Berdasarkan data dari Kantor Statistik Kabupaten Takalar, jumlah penduduk Kelurahan Bulukunyi pada periode 2010–2020 tercatat sebanyak 2.604 jiwa pada tahun 2010, 2.648 jiwa pada tahun 2011, 2.692 jiwa pada tahun 2012, 2.737 jiwa pada tahun 2013, 2.783 jiwa pada tahun 2014, 2.830 jiwa pada tahun 2015, 2.878 jiwa pada tahun 2016, 2.926 jiwa pada tahun 2017, 2.975 jiwa pada tahun 2018, 3.025 jiwa pada tahun 2019, dan 3.076 jiwa pada tahun 2020. Berdasarkan data tersebut, rata-rata pertumbuhan penduduk selama periode 2010–2020 adalah sekitar 1,68% per tahun.

3.1.2 | Proyeksi Jumlah Penduduk (2021-2023)

Hasil proyeksi jumlah penduduk Kelurahan Bulukunyi periode 2021–2030 menggunakan metode aritmatik, geometrik, dan eksponensial menunjukkan nilai yang relatif berdekatan dan meningkat bertahap. Pada tahun 2021, jumlah penduduk diproyeksikan sebesar 3.123 jiwa (aritmatik), 3.126 jiwa (geometrik), dan 3.125 jiwa (eksponensial), meningkat hingga tahun 2030 menjadi 3.546 jiwa, 3.615 jiwa, dan 3.601 jiwa. Secara umum, ketiga metode menunjukkan tren pertumbuhan yang konsisten dengan perbedaan nilai yang kecil setiap tahun.



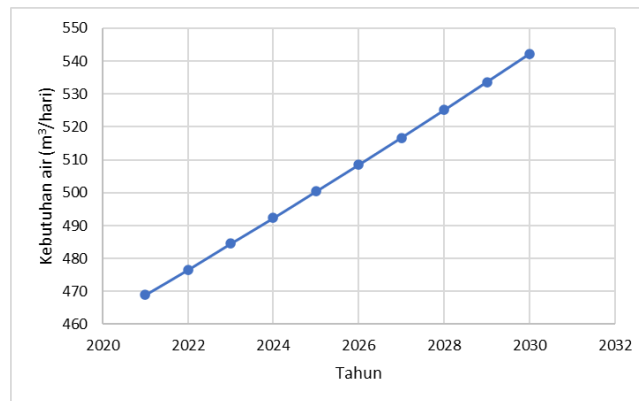
GAMBAR 1 Proyeksi jumlah penduduk (2021-2030)

Gambar 1 menunjukkan tren proyeksi jumlah penduduk Kelurahan Bulukunyi periode 2021–2030 yang meningkat secara konsisten pada metode aritmatik, geometrik, dan eksponensial. Ketiga kurva memiliki pola yang hampir sejajar dengan perbedaan nilai yang relatif kecil. Metode aritmatik menghasilkan nilai terendah dengan pola linear, metode geometrik menunjukkan nilai tertinggi dengan kemiringan lebih curam, sedangkan metode eksponensial berada di antara keduanya dan cenderung mendekati geometrik. Perbedaan antar kurva semakin terlihat pada akhir periode, namun tetap menunjukkan pertumbuhan yang seragam.

Dalam perencanaan kebutuhan air, digunakan pendekatan konservatif dengan memilih proyeksi tertinggi untuk menghindari risiko kekurangan kapasitas akibat underestimation pertumbuhan penduduk (*Loucks & van Beek, 2017*). Berdasarkan hal tersebut, metode geometrik dipilih karena menghasilkan nilai tertinggi serta menunjukkan pertumbuhan yang stabil dan konsisten, sehingga lebih andal dalam mengantisipasi peningkatan kebutuhan air di masa mendatang.

3.1.3 | Kebutuhan Air Domestik

Perhitungan kebutuhan air domestik dalam penelitian ini menggunakan persamaan $Q = P_t \times K$, di mana kebutuhan air total (Q) diperoleh dari hasil perkalian antara jumlah penduduk proyeksi (P_t) dan kebutuhan air domestik per kapita (K). Pendekatan ini merupakan metode standar dalam perencanaan sistem penyediaan air bersih karena kebutuhan air domestik berbanding lurus dengan jumlah penduduk dan tingkat konsumsi per kapita yang ditetapkan berdasarkan standar pelayanan air minum (*Howard & Bartram, 2003; Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2018*).



GAMBAR 2 Proyeksi kebutuhan air domestik 2021-2030 Kelurahan Bulukunyi

Berdasarkan perhitungan metode geometrik, kebutuhan air domestik tahun 2021 sebesar 468,90 m³/hari dari proyeksi penduduk 3.126 jiwa. Proyeksi kebutuhan air periode 2021–2030 menunjukkan tren peningkatan yang *linear* dan *konsisten*, dari 468,90 m³/hari menjadi 542,25 m³/hari pada tahun 2030 **Gambar 2**. *Tren* ini mengindikasikan bahwa kebutuhan air meningkat secara proporsional terhadap pertumbuhan penduduk dan dapat dijadikan dasar perencanaan kapasitas sistem penyediaan air bersih jangka menengah.

3.1.4 | Kebutuhan Air Non Domestik

Perhitungan kebutuhan air non-domestik dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan air pada fasilitas umum dan sosial yang berada di wilayah penelitian, seperti masjid, sekolah, kantor, puskesmas, dan pasar. Kebutuhan air non-domestik dihitung menggunakan persamaan, (*Howard & Bartram, 2003; Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2018*):

$$Q_{non-domestik} = \sum (N_i \times K_i) \quad (1)$$

Sebagai contoh perhitungan, kebutuhan air untuk fasilitas masjid dengan jumlah 7 unit dan kebutuhan air sebesar 1,5 m³/hari per unit diperoleh sebesar 10,5 m³/hari. Demikian pula, kebutuhan air untuk sekolah dengan jumlah 9 unit dan standar konsumsi 2,0 m³/hari per unit menghasilkan kebutuhan sebesar 18,0 m³/hari. Dengan menggunakan formula yang sama pada seluruh fasilitas non-domestik, diperoleh total kebutuhan air non-domestik sebesar 60,5 m³/hari berdasarkan hasil survei lapangan.

Selanjutnya, proyeksi kebutuhan air non-domestik periode 2021–2030 dihitung dengan mempertimbangkan pertumbuhan jumlah penduduk sebagai faktor penggerak utama peningkatan aktivitas pelayanan publik. Laju pertumbuhan penduduk dihitung menggunakan metode geometrik melalui persamaan.

Selanjutnya, proyeksi kebutuhan air non-domestik periode 2021–2030 dihitung dengan mempertimbangkan pertumbuhan jumlah penduduk sebagai faktor penggerak utama peningkatan aktivitas pelayanan publik. Laju pertumbuhan penduduk dihitung menggunakan metode geometrik melalui persamaan, (*Triatmodjo, 2010; Loucks & van Beek, 2017*):

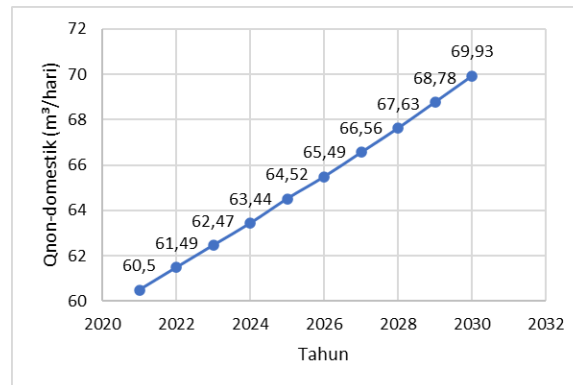
$$r = \left(\frac{P_t}{P_0} \right)^{1/t} - 1 \quad (2)$$

di mana r adalah laju pertumbuhan penduduk tahunan, P_t adalah jumlah penduduk pada tahun akhir proyeksi, P_0 adalah jumlah penduduk awal, dan t adalah selang waktu (tahun). Berdasarkan data proyeksi penduduk tahun 2021 sebesar 3.126 jiwa dan tahun 2030 sebesar 3.615 jiwa, diperoleh laju pertumbuhan geometrik sebesar 1,61% per tahun.

Proyeksi kebutuhan air non-domestik dilakukan menggunakan pendekatan rasio pertumbuhan penduduk terhadap kondisi tahun dasar, dengan asumsi bahwa perkembangan aktivitas fasilitas pelayanan publik berbanding lurus dengan pertumbuhan

jumlah penduduk. Pendekatan ini umum digunakan dalam perencanaan sistem penyediaan air bersih ketika data perkembangan fasilitas secara rinci terbatas, sehingga kebutuhan masa depan dapat diperkirakan melalui scaling berbasis populasi (*Loucks & van Beek, 2017; Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2018*).

$$Q_{non-domestik,t} = Q_{2021} \times \left(\frac{P_t}{P_{2021}} \right) \quad (3)$$



GAMBAR 3 Tren Kebutuhan Air Non-Domestik

Proyeksi kebutuhan air non-domestik dihitung berdasarkan rasio pertumbuhan penduduk terhadap tahun dasar, dengan kebutuhan awal sebesar 60,5 m³/hari (2021). Hasil menunjukkan peningkatan bertahap seiring pertumbuhan penduduk, dari 60,50 m³/hari pada tahun 2021 menjadi 69,93 m³/hari pada tahun 2030. Tren ini **Gambar 3** menunjukkan pola peningkatan yang stabil dan proporsional, sehingga mengindikasikan bahwa kebutuhan air fasilitas publik berkembang secara linear mengikuti pertumbuhan populasi.

3.1.5 | Total Kebutuhan Air Domestik dan Non Domestik

Total kebutuhan air bersih dihitung sebagai akumulasi antara kebutuhan air domestik dan kebutuhan air non-domestik menggunakan persamaan standar dalam perencanaan sistem penyediaan air minum (SPAM), yang menyatakan bahwa kebutuhan total merupakan penjumlahan seluruh komponen penggunaan air pada suatu wilayah (*Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2018; Loucks & van Beek, 2017*), yaitu:

$$Q_{total} = Q_{dom} + Q_{non} \quad (4)$$

di mana Q_{total} adalah total kebutuhan air bersih, Q_{dom} adalah kebutuhan air domestik, dan Q_{non} adalah kebutuhan air non-domestik.

TABEL 1. Total proyeksi kebutuhan air Domestik dan Non Domestik

Tahun	Jumlah Penduduk	Kebutuhan Air Domestik	Kebutuhan Air Non-Domestik	Total Kebutuhan Air
	P_t (jiwa)	$Q_{dom,t}$ (m³/hari)	$Q_{non-dom,t}$ (m³/hari)	$Q_{total,t}$ (m³/hari)
2021	3.126	468,90	60,50	529,40
2022	3.177	476,55	61,49	538,04
2023	3.230	484,50	62,47	546,97
2024	3.282	492,30	63,44	555,74
2025	3.336	500,40	64,52	564,92
2026	3.390	508,50	65,49	573,99
2027	3.445	516,75	66,56	583,31
2028	3.501	525,15	67,63	592,78
2029	3.558	533,70	68,78	602,48
2030	3.615	542,25	69,93	612,18

Berdasarkan Persamaan (8), total kebutuhan air bersih diperoleh dari penjumlahan kebutuhan air domestik dan kebutuhan air non-domestik pada setiap tahun proyeksi. Hasil perhitungan tersebut ditunjukkan pada **Tabel 1** Total proyeksi kebutuhan air domestik dan non-domestik, yang memperlihatkan bahwa total kebutuhan air meningkat secara bertahap seiring pertumbuhan jumlah penduduk, dari 529,40 m³/hari pada tahun 2021 dengan jumlah penduduk 3.126 jiwa menjadi 612,18 m³/hari pada tahun 2030 dengan proyeksi penduduk 3.615 jiwa. Tren peningkatan ini menunjukkan bahwa kontribusi

kebutuhan domestik sebagai komponen utama tetap diikuti oleh peningkatan kebutuhan non-domestik secara proporsional, sehingga total kebutuhan air bersih mengalami kenaikan yang stabil dari tahun ke tahun.



GAMBAR 4 Tren Proyeksi Kebutuhan Air Domestik dan Non Domestik

Berdasarkan Error! Reference source not found., tren proyeksi kebutuhan air domestik dan non-domestik di Kelurahan Bulukunyi menunjukkan pola peningkatan yang konsisten sepanjang periode 2021–2030. Kebutuhan air domestik ($Q_{dom,t}$) mengalami kenaikan linear dari sekitar 468,90 m³/hari menjadi 542,25 m³/hari, yang mencerminkan peningkatan kebutuhan air rumah tangga seiring pertumbuhan jumlah penduduk. Sementara itu, kebutuhan air non-domestik ($Q_{non-dom,t}$) juga menunjukkan tren meningkat secara bertahap dari 60,50 m³/hari menjadi 69,93 m³/hari, mengikuti perkembangan aktivitas pelayanan publik dan fasilitas sosial. Dominasi kebutuhan domestik dibandingkan non-domestik terlihat jelas pada grafik, yang mengindikasikan bahwa konsumsi rumah tangga merupakan komponen utama dalam struktur kebutuhan air bersih di wilayah penelitian. Pola peningkatan yang stabil tanpa fluktuasi signifikan menunjukkan bahwa tingkat kebutuhan masyarakat terhadap air bersih meningkat secara proporsional terhadap pertumbuhan penduduk, sehingga tingkat kebutuhan masyarakat terhadap air bersih di wilayah penelitian dapat diidentifikasi secara kuantitatif melalui pola peningkatan kebutuhan air yang konsisten dan terukur.

3.1.6 | Analisis Persentase dan Tren Kebutuhan Air

Perhitungan persentase proyeksi kebutuhan air bersih dilakukan untuk menganalisis tingkat perubahan kebutuhan air dari tahun ke tahun serta posisi relatif kebutuhan air terhadap nilai proyeksi maksimum. Analisis persentase digunakan sebagai indikator dinamika pertumbuhan kebutuhan air karena mampu menggambarkan perubahan relatif secara kuantitatif dan memudahkan evaluasi tren peningkatan permintaan dalam perencanaan sumber daya air. Persentase peningkatan tahunan dinyatakan sebagai perubahan relatif antara kebutuhan air pada tahun ke- t (Q_t) dan tahun sebelumnya (Q_{t-1}), dengan persamaan (Loucks & van Beek, 2017; Mays, 2011):

$$\Delta Q_t(\%) = \frac{Q_t - Q_{t-1}}{Q_{t-1}} \times 100 \quad (5)$$

Sebagai contoh, kenaikan kebutuhan air dari tahun 2021 sebesar 529,40 m³/hari menjadi 538,04 m³/hari pada tahun 2022 menghasilkan peningkatan sebesar 1,63%. Selain itu, untuk menggambarkan kontribusi relatif kebutuhan air setiap tahun terhadap proyeksi maksimum tahun 2030, digunakan perbandingan langsung antara kebutuhan air tahun ke- t dan kebutuhan air tahun dasar maksimum, sehingga diperoleh persentase kebutuhan relatif dengan persamaan:

$$Q_{rel,t}(\%) = \left(\frac{Q_t}{Q_{2030}} \right) \times 100 \quad (6)$$

Rata-rata persentase peningkatan tahunan dihitung menggunakan nilai rerata aritmatik dari seluruh data perubahan tahunan, yang menghasilkan nilai sebesar 1,63% per tahun. Nilai tersebut kemudian dikonversi menjadi peningkatan volume air sebesar 9,960 m³/hari atau sekitar 3.635,40 m³/tahun. Hasil perhitungan lengkap ditunjukkan pada **Tabel 2**, yang memperlihatkan tren peningkatan kebutuhan air bersih secara stabil dari 529,40 m³/hari pada tahun 2021 hingga mencapai 612,18 m³/hari pada tahun 2030.

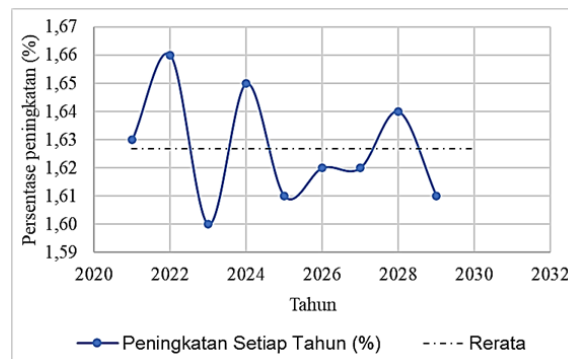
Hasil proyeksi kebutuhan air bersih di Kelurahan Bulukunyi menunjukkan adanya peningkatan yang konsisten dari tahun 2021 hingga tahun rencana 2030. Berdasarkan **Tabel 2**, kebutuhan air meningkat dari 529,40 m³/hari pada tahun 2021 menjadi 612,18 m³/hari pada tahun 2030. Secara relatif, tingkat kebutuhan air mencapai 86,48% terhadap kondisi maksimum pada awal periode analisis dan meningkat secara bertahap hingga mencapai 100% pada tahun rencana, yang menunjukkan adanya tren pertumbuhan kebutuhan yang stabil dan terukur. Peningkatan tahunan berada pada kisaran 1,60%–1,66% dengan nilai rata-rata sebesar 1,63%, sehingga dapat disimpulkan bahwa dinamika kebutuhan air masyarakat bersifat gradual dan tidak mengalami fluktuasi ekstrim.

TABEL 2. Persentase Proyeksi Kebutuhan Air

Tahun	Proyeksi Kebutuhan Air (m ³ /hari)	Persentase Kebutuhan air (%)	Peningkatan setiap tahun (%)
2021	529,40	86,48	-
2022	538,04	87,89	1,63
2023	546,97	89,35	1,66
2024	555,74	90,78	1,60
2025	564,92	92,28	1,65
2026	573,99	93,76	1,61
2027	583,31	95,28	1,62
2028	592,78	96,83	1,62
2029	602,48	98,42	1,64
2030	612,18	100,00	1,61
JUMLAH		931,07	14,64
Rerata		93,11	1,63

Analisis persentase kebutuhan air relatif terhadap proyeksi maksimum menunjukkan tingkat ketercapaian kebutuhan setiap tahun. Peningkatan persentase yang konsisten mengindikasikan bahwa pertumbuhan kebutuhan air sejalan dengan pertumbuhan penduduk, aktivitas domestik, dan peningkatan pelayanan. Stabilitas kenaikan tahunan menunjukkan faktor-faktor seperti pertumbuhan penduduk dan pola konsumsi relatif konstan, sehingga proyeksi dapat dianggap representatif untuk perencanaan jangka menengah.

Gambar 5 memperlihatkan bahwa meskipun terdapat variasi kecil, nilai peningkatan tetap berada di sekitar rerata ($\pm 1,63\%$), yang menunjukkan pola pertumbuhan linier moderat. Kondisi ini menegaskan bahwa kebutuhan air dapat diidentifikasi secara kuantitatif dan menjadi dasar dalam perencanaan penyediaan air bersih, baik dari sisi total kebutuhan maupun tren pertumbuhannya.



GAMBAR 5 Persentase Fluktuasi Kebutuhan Air Tahunan (%)

3.2 | Analisis Hubungan Kebutuhan dan Ketersediaan Air Bersih

3.2.1 | Analisis Ketersediaan Air Permukaan (*Runoff*)

TABEL 3. Rekap Hujan Maksimum Tahunan 2015-2016

No.	Tahun	PERHITUNGAN CURAH HUJAN WILAYAH				HUJAN MAKS. (mm)	HUJAN RATA-RATA (mm)
		Pamukkulu (mm)	Cakura (mm)	Takalar (mm)	Bend. Je'ne Marrung (mm)		
1	2015	197	162	143	300	300	220
2	2016	156	175	110	150	175	153
3	2017	125	165	140	250	250	186
4	2018	121	150	127,5	215	215	166
5	2019	187	100	85	190	190	150

6	2020	200	137	100	100	200	147
7	2021	200	155	258,5	152	259	205
8	2022	255	189	201,5	210	255	222
9	2023	127	106	81,5	120	127	112
10	2024	149	141,5	144,5	180	180	159
Jumlah (mm)		1717	1480,5	1391,5	1867,0	2151	1721
Rata-rata (mm)		171,7	148,05	139,2	186,7	215,1	172,1
Max (mm)		255	189	258,5	300	300,0	222,1

Sumber: BBWS Jeneberang

Analisis ketersediaan air permukaan dilakukan berdasarkan data curah hujan tahunan dari empat stasiun hujan di wilayah penelitian selama periode 2015–2024 sebagaimana ditunjukkan pada **TABEL 3**. Rekap Hujan Maksimum Tahunan 2015-2016 Hasil rekapitulasi menunjukkan bahwa curah hujan minimum wilayah sebesar 112,3 mm, curah hujan maksimum sebesar 222,1 mm, serta curah hujan rata-rata wilayah sebesar 172,13 mm. Nilai-nilai tersebut menjadi dasar dalam analisis statistik hidrologi untuk menentukan hujan rencana yang digunakan pada perhitungan limpasan permukaan.

Analisis frekuensi dilakukan menggunakan distribusi Gumbel dan *Log-Pearson Type III*. Parameter distribusi Gumbel diperoleh dengan parameter lokasi (u) sebesar 156,17 dan parameter skala (α) sebesar 27,65. Sementara itu, distribusi *Log-Pearson Type III* menghasilkan nilai rata-rata \log_{10} sebesar 2,227, simpangan baku \log_{10} sebesar 0,092, serta koefisien kemiringan (*skewness*) sebesar $-0,305$. Uji kesesuaian distribusi menggunakan metode Kolmogorov–Smirnov menunjukkan bahwa kedua distribusi memiliki tingkat kecocokan yang sangat baik, dengan nilai statistik K–S masing-masing sebesar 0,153 dan 0,154 serta p-value sebesar 0,945 dan 0,943 ($p > 0,05$). Berdasarkan nilai p-value terbesar, distribusi Gumbel dipilih sebagai distribusi yang paling representatif untuk data hujan wilayah penelitian.

Perhitungan debit limpasan permukaan dilakukan menggunakan pendekatan metode rasional (*Rational Method*), yaitu metode yang mengasumsikan bahwa debit limpasan merupakan fungsi dari koefisien limpasan, intensitas hujan, dan luas daerah tangkapan, sehingga banyak digunakan dalam analisis hidrologi untuk estimasi limpasan pada skala DAS kecil hingga menengah, Persamaan yang digunakan adalah (*Chow, Maidment & Mays, 1988; Subramanya, 2013*):

$$Q = C \times P \times A \quad (7)$$

dengan P merupakan curah hujan desain sebesar 220,508 mm/hari atau setara dengan 0,220508 m/hari, A merupakan luas wilayah sebesar 13.040.000 m², dan C adalah koefisien limpasan sebesar 0,5. Berdasarkan substitusi nilai tersebut diperoleh debit limpasan permukaan sebesar:

$$Q = 0,5 \times 0,220508 \times 13.040.000 = 1.436.253,04 \text{ m}^3/\text{hari} \quad (12)$$

Selain itu, volume curah hujan tahunan dihitung melalui konversi curah hujan tahunan efektif dengan persamaan (*Chow, Maidment & Mays, 1988; Subramanya, 2013*):

$$V_{\text{hujan}} = R_{\text{tahun}} \times A \quad (13)$$

dengan tahun sebesar 0,080494 m/tahun sehingga diperoleh total volume hujan tahunan sebesar 1.049.641,76 m³/tahun. Nilai debit limpasan dan volume hujan tahunan tersebut menggambarkan potensi ketersediaan air permukaan yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber air bersih di wilayah penelitian.

3.2.2 | Analisis Ketersediaan Air Tanah (*Groundwater Availability*)

Ketersediaan air tanah pada wilayah penelitian dianalisis melalui estimasi volume peresapan (*groundwater recharge*) yang berasal dari infiltrasi curah hujan ke dalam tanah. Pendekatan ini didasarkan pada konsep neraca air hidrologi, dimana sebagian curah hujan yang jatuh pada permukaan lahan akan mengalami infiltrasi dan berkontribusi terhadap pengisian kembali akuifer, tergantung pada karakteristik lahan dan koefisien resapan. Perhitungan volume air tanah dilakukan menggunakan persamaan (*Chow, Maidment & Mays, 1988; Todd & Mays, 2005*):

$$V_{\text{air tanah}} = R_{\text{curah hujan tahun}} \times K_r \times A \quad (14)$$

di mana $V_{\text{air tanah}}$ merupakan volume recharge air tanah (m³/tahun), R adalah curah hujan tahunan efektif (m/tahun), K_r adalah koefisien resapan, dan A adalah luas area tangkapan (m²).

Data yang digunakan meliputi luas area tangkapan 13.040.000 m² dan curah hujan rata-rata 0,080494 m/tahun, dengan koefisien recharge 15% sesuai karakteristik lahan pertanian. Hasil perhitungan menunjukkan volume curah hujan tahunan sebesar 1.049.641,76 m³/tahun, dengan estimasi ketersediaan air tanah melalui peresapan sebesar $\pm 157.446,26$ m³/tahun.

Analisis neraca air tanah mengacu pada prinsip *water balance*, di mana presipitasi terdistribusi menjadi limpasan, evapotranspirasi, dan infiltrasi (*Freeze & Cherry, 1979; Dingman, 2015*). Pemanfaatan air tanah juga dipengaruhi oleh sistem pemompaan dengan debit 1 m³/detik serta kondisi teknis sumur.

Hasil menunjukkan bahwa air tanah dari peresapan hujan berkontribusi signifikan terhadap suplai air, namun pemanfaatannya perlu dikendalikan agar tetap seimbang dengan recharge dan mencegah penurunan muka air tanah dalam jangka panjang.

3.2.3 | Total Ketersediaan Air

Total potensi ketersediaan air dihitung melalui integrasi komponen air permukaan yang berasal dari presipitasi dan kontribusi recharge air tanah berdasarkan analisis hidrologi sebelumnya. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa total volume curah hujan tahunan pada wilayah penelitian sebesar 1.049.641,76 m³/tahun, sedangkan volume ketersediaan air tanah hasil peresapan hujan diperkirakan sebesar ±157.446 m³/tahun dengan asumsi koefisien recharge 15%. Dengan demikian, total potensi ketersediaan air mencapai 1.207.087,76 m³/tahun. Nilai ini merepresentasikan kapasitas suplai sumber daya air yang tersedia secara alami dan menjadi dasar dalam evaluasi keseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air bersih untuk mendukung pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan.

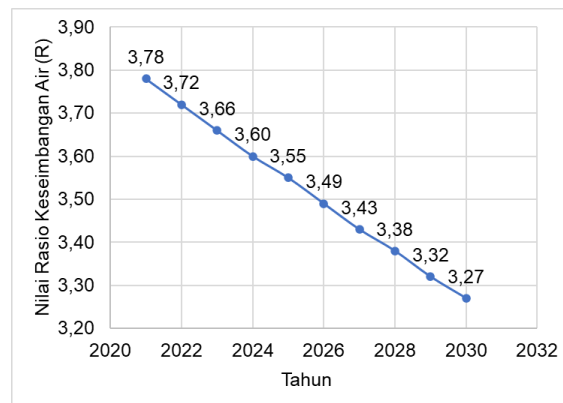
3.2.4 | Analisis Neraca Air

Berdasarkan metodologi penelitian, analisis total ketersediaan air dilakukan dengan pendekatan neraca air (*water balance*) yang mempertimbangkan seluruh komponen input dan output hidrologi, meliputi presipitasi sebagai sumber utama, kehilangan akibat evapotranspirasi, serta ekstraksi melalui pemompaan air tanah. Prinsip ini mengacu pada konsep keseimbangan air dimana kondisi surplus terjadi apabila ketersediaan air bersih lebih besar dibandingkan kebutuhan air (*Freeze & Cherry, 1979; Dingman, 2015*).

- 1) Total Potensi Ketersediaan Air (Input)
Total potensi ketersediaan air dihitung berdasarkan kontribusi volume hujan tahunan dan recharge air tanah sebagai komponen utama sumber daya air. Volume hujan tahunan sebesar 1.049.641,76 m³/tahun dikombinasikan dengan estimasi ketersediaan air tanah sebesar ±157.446 m³/tahun sehingga diperoleh total ketersediaan air awal (RA) sebesar 1.207.087,76 m³/tahun. Nilai ini merepresentasikan potensi hidrologis awal sebelum mempertimbangkan faktor kehilangan dan pemanfaatan.
- 2) Kehilangan Air Akibat Evapotranspirasi
Kehilangan air dihitung menggunakan asumsi evapotranspirasi wilayah tropis sebesar 5 mm/hari atau setara dengan 1,825 m/tahun. Dengan luas wilayah 13.040.000 m², diperoleh kehilangan air total sebesar 23.800.000 m³/tahun. Namun, karena evapotranspirasi efektif diasumsikan hanya terjadi pada 10% area aktif, maka kehilangan air efektif yang digunakan dalam analisis sebesar 2.380.000 m³/tahun. Komponen ini menjadi faktor pengurang utama dalam neraca air karena mencerminkan kehilangan alami dari sistem hidrologi.
- 3) Pengambilan Air melalui Pemompaan
Selain kehilangan alami, ketersediaan air juga dipengaruhi oleh ekstraksi air tanah melalui pemompaan. Debit pompa sebesar 1 liter/detik (0,001 m³/detik) menghasilkan volume pengambilan tahunan sebesar 31.536 m³/tahun. Nilai ini setara dengan sekitar 20% dari recharge tahunan, sehingga masih berada dalam batas aman eksploitasi air tanah (di bawah ambang ±40%), dengan asumsi jumlah pompa tidak meningkat dan recharge tetap stabil.
- 4) Ketersediaan Air Bersih (*Net Availability*)
Ketersediaan air bersih diperoleh dari total ketersediaan air awal yang dikurangi oleh kehilangan akibat evapotranspirasi serta pengambilan air melalui pemompaan. Berdasarkan hasil perhitungan, ketersediaan air bersih (RA_{net}) yang benar-benar tersedia untuk memenuhi kebutuhan domestik masyarakat adalah sebesar 731.087,76 m³/tahun. Nilai ini menjadi dasar evaluasi keseimbangan antara potensi sumber daya air dan kebutuhan masyarakat.
- 5) Rasio Keseimbangan Air dan Kriteria Surplus
Analisis keseimbangan air dilakukan menggunakan rasio antara ketersediaan air bersih dan kebutuhan air domestik ($R = RA_{net} / KA$). Kriteria interpretasi yang digunakan adalah: $R > 1$ menunjukkan kondisi surplus, $R = 1$ menunjukkan kondisi seimbang, dan $R < 1$ menunjukkan kondisi defisit. Sebagai contoh pada tahun 2021, dengan kebutuhan air sebesar 193.231 m³/tahun dan ketersediaan air bersih sebesar 731.087,76 m³/tahun diperoleh nilai rasio R sebesar 3,78. Karena nilai R lebih besar dari 1, maka kondisi neraca air dikategorikan surplus. Hasil analisis pada periode 2021–2030 menunjukkan nilai rasio berkisar antara 3,78 hingga 3,27, yang secara konsisten berada pada kategori surplus, meskipun terjadi tren penurunan rasio akibat peningkatan kebutuhan air.

3.2.5 | Hubungan Kebutuhan dan Ketersediaan Air Bersih

Hubungan antara kebutuhan air domestik dan ketersediaan sumber daya air dianalisis menggunakan pendekatan rasio keseimbangan air yang membandingkan ketersediaan air bersih (RA_{net}) terhadap kebutuhan air tahunan (KA). Hasil analisis menunjukkan bahwa ketersediaan air bersih sebesar 731.087,76 m³/tahun secara konsisten lebih tinggi dibandingkan kebutuhan air masyarakat selama periode 2021–2030, dengan nilai rasio berkisar antara 3,78 hingga 3,27. Nilai rasio yang selalu lebih besar dari satu menunjukkan bahwa sistem sumber daya air berada dalam kondisi surplus, sehingga secara hidrologis ketersediaan air masih mampu memenuhi kebutuhan domestik masyarakat. Meskipun demikian, tren penurunan rasio dari tahun ke tahun mengindikasikan peningkatan kebutuhan air akibat pertumbuhan penduduk dan perubahan pola konsumsi, yang secara bertahap mendekati kondisi keseimbangan. Temuan ini menunjukkan bahwa hubungan antara kebutuhan dan ketersediaan air bersifat dinamis, dimana potensi ketersediaan masih mencukupi saat ini, tetapi memerlukan strategi pengelolaan adaptif untuk menjaga keberlanjutan suplai air dalam jangka panjang.



GAMBAR 1. Rasio Keseimbangan Air

4 | KESIMPULAN

Kebutuhan air bersih masyarakat di Kelurahan Bulukunyi selama periode 2021–2030 menunjukkan kecenderungan meningkat secara berkelanjutan dengan laju pertumbuhan rata-rata sebesar 1,63% per tahun. Peningkatan kebutuhan ini dipengaruhi oleh pertumbuhan penduduk, perubahan pola konsumsi, serta perkembangan infrastruktur dan permukiman, yang secara langsung berdampak pada bertambahnya volume kebutuhan air bersih harian dan tahunan.

Ketersediaan air bersih di Kelurahan Bulukunyi pada kondisi eksisting masih berada dalam batas aman, dengan volume pemanfaatan sekitar 20% dari recharge alami. Namun, proyeksi peningkatan kebutuhan hingga tahun 2030 menunjukkan adanya potensi tekanan terhadap sumber daya air apabila pengelolaan dan distribusi air tidak dioptimalkan. Hal ini menegaskan adanya hubungan yang signifikan antara peningkatan kebutuhan dan kemampuan ketersediaan air, sehingga diperlukan pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan untuk menjaga keseimbangan jangka panjang.

Daftar Pustaka

- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) (2010) *Analisis Curah Hujan dan Iklim Indonesia*. Jakarta: BMKG.
- Badan Standardisasi Nasional (2002) SNI 19-6728.1: *Penyusunan Neraca Sumber Daya Air – Bagian 1: Sumber Daya Air*.
- Badan Standardisasi Nasional (2016) SNI 2415:2016 – *Tata Cara Perencanaan Bendung*. Jakarta: BSN.
- Chow, V.T., Maidment, DR & Mays, L.W. (1988) *Hidrologi Terapan*. New York: McGraw-Hill.
- Dingman, SL (2015) *Hidrologi fisik*. Edisi ke-3. Oxford: Oxford University Press.
- Direktorat Jenderal Cipta Karya (2006) *Pedoman Teknis Penyediaan Air Bersih*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jenderal Cipta Karya (2018) *Pedoman Perencanaan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM)*. Jakarta: Kementerian PUPR.
- Direktorat Jenderal Sumber Daya Air (2013) *Pola Pengelolaan Sumber Daya Air*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Falkenmark, M. & Rockström, J. (2004) *Menyeimbangkan Air untuk Manusia dan Alam*. London: Earthscan.
- Beku, RA & Cherry, JA (1979) *Air Tanah*. Tebing Englewood, NJ: Prentice-Hall.
- Gutierrez et al. (2025) 'Perubahan Spasial-Temporal dalam Pasokan dan Permintaan Air di DAS Citarum', *Keberlanjutan*, 17(3), hlm. 1245. doi:10.3390/su17031245.
- Howard, G. & Bartram, J. (2003) *Kuantitas Air Domestik, Tingkat Layanan dan Kesehatan*. Jenewa: Organisasi Kesehatan Dunia.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2020) *Standar Perencanaan Irigasi – KP-01*. Jakarta: Direktorat Jenderal Sumber Daya Air.
- Kodoatie, R.J. (2013) *Rekayasa dan Manajemen Banjir Kota*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Kodoatie, R.J. & Sjariief, R. (2010) *Tata Ruang Air*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Loucks, DP & van Beek, E. (2017) *Perencanaan dan Manajemen Sistem Sumber Daya Air*. Springer.
- Mays, L.W. (2011) *Teknik Sumber Daya Air*. Wiley.
- Peraturan Kementerian PUPR (2018) *Perencanaan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM)*. Jakarta: Kementerian PUPR.
- Saputri, E., Husnan, R. & Labdul, B. (2024) 'Analisis Ketersediaan dan Kebutuhan Air Bersih Masyarakat Popayato', *Jurnal Komposit*, 4(2), hlm. 137–148. doi:10.37905/cj.v4i2.137.
- Smith, SK, Tayman, J. & Swanson, DA (2013) *Panduan Praktisi untuk Proyeksi Populasi*. New York: Springer.
- Subramanya, K. (2013) *Hidrologi Teknik*. Edisi ke-4. New Delhi: Pendidikan McGraw-Hill.
- Todd, D.K. & Mays, L.W. (2005) *Hidrologi air tanah*. Edisi ke-3. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Triatmodjo, B. (2008) *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triatmodjo, B. (2010) *Perencanaan Bangunan Air*. Yogyakarta: Beta Offset.