

EVALUASI KETERSEDIAAN AIR BERSIH JANGKA PANJANG MENGGUNAKAN METODE F.J. MOCK DI KECAMATAN MEDAN PETISAH

¹⁾ Annisa Maharani S, ²⁾ Adven Tara Fowua Saro Zebua, ³⁾ Auliya Fathurrahman, ⁴⁾ Ilham Afandi Siagian, ⁵⁾ Ruth Paula Margareth Lumban Toruan.

^{1,2,3,4,5)} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan, Medan, 2025, Indonesia.

Corresponding author: * annisamaharanis29@gmail.com

Abstract

Population growth and urban development have led to a significant increase in clean water demand in Medan Petisah District. This study aims to analyze the projected clean water demand and availability over the next 10, 30, and 50 years. The methods used include population projections based on arithmetic and geometric approaches, as well as water demand estimation categorized into domestic and non-domestic use, referring to national standards (SNI). The results indicate that clean water demand will continue to rise significantly, while water availability is expected to remain stable or even decline due to the degradation of water sources and increased consumption. This study recommends integrated water resource management strategies, improved distribution efficiency, and protection of raw water sources to ensure the sustainability of clean water services in the future.

Keywords: *Water Demand Projection, Clean Water Availability, Medan Petisah, Geometric Method, Long-Term Planning.*

PENDAHULUAN

Air bersih merupakan kebutuhan dasar yang sangat penting bagi manusia, tidak hanya untuk kelangsungan hidup dan kesehatan, tetapi juga untuk mendukung aktivitas sosial dan pertumbuhan ekonomi masyarakat. Seiring dengan peningkatan jumlah penduduk, urbanisasi, serta perkembangan sektor industri dan perdagangan, permintaan terhadap air bersih mengalami peningkatan yang cukup tajam (Simanjuntak et al., 2021).

Kecamatan Medan Petisah, sebagai salah satu kawasan strategis di Kota Medan, mengalami pertumbuhan penduduk yang cepat serta perkembangan infrastruktur dan aktivitas ekonomi yang intensif. Hal ini berdampak langsung pada meningkatnya kebutuhan air bersih dan memberikan tekanan besar terhadap ketersediaan sumber daya air di wilayah tersebut. Data dari Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan adanya peningkatan populasi setiap tahun di kecamatan ini, yang secara otomatis berdampak pada tingginya permintaan air bersih dalam jangka panjang.

Studi sebelumnya juga menunjukkan bahwa kapasitas ketersediaan air bersih cenderung stagnan bahkan menurun, terutama akibat penurunan kualitas dan kuantitas sumber air baku (Hadibroto et al., 2022). Jika tidak dikelola dengan baik, hal ini dapat berujung pada krisis air bersih di masa mendatang.

Sebagai salah satu pusat pertumbuhan ekonomi di Kota Medan, Medan Petisah menghadapi tantangan besar dalam menjaga keseimbangan antara permintaan dan ketersediaan air bersih. Oleh karena itu, perencanaan yang matang berbasis proyeksi kebutuhan menjadi sangat penting. Proyeksi ini dapat dilakukan dengan pendekatan matematis, seperti metode aritmatika dan geometrik, yang telah digunakan dalam berbagai studi perencanaan air di daerah perkotaan (Hanafi, 2023).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis proyeksi kebutuhan dan ketersediaan air bersih di Kecamatan Medan Petisah dalam jangka waktu 10, 30, hingga 50 tahun ke depan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan dasar bagi pemerintah daerah,

PDAM, dan pihak terkait lainnya dalam menyusun kebijakan pengelolaan air yang tepat, efisien, dan berkelanjutan.

Lebih jauh, hasil studi ini diharapkan dapat digunakan sebagai rujukan dalam pembangunan infrastruktur air bersih, konservasi sumber daya air, serta kebijakan tata kelola yang berbasis data dan berorientasi jangka panjang, untuk menjamin keberlanjutan layanan air bersih di Kecamatan Medan Petisah.

TINJAUAN PUSTAKA

Konsep Dasar Air dan Hidrologi

Air adalah sumber daya esensial bagi kehidupan dan berbagai aktivitas manusia. Ketersediaan air sangat dipengaruhi oleh siklus hidrologi, yaitu pergerakan air secara kontinu di bumi (Mock, 1973, dalam Uwais Al Qorni, 2022).

1. Siklus Hidrologi: Menggambarkan pergerakan air melalui proses evaporasi, transpirasi, kondensasi, presipitasi, infiltrasi, perkolasi, aliran permukaan (run-off), dan aliran air tanah. Pemahaman siklus ini penting untuk mengidentifikasi sumber-sumber air yang tersedia.
2. Sumber Daya Air: Merujuk pada air yang tersedia untuk digunakan oleh manusia, yang meliputi air permukaan (sungai, danau), air tanah, dan air hujan.

Ketersediaan Air

Ketersediaan air mengacu pada volume air yang dapat dimanfaatkan di suatu wilayah pada periode waktu tertentu. Penentuan ketersediaan air memerlukan data hidroklimatologi yang komprehensif.

1. Faktor-faktor Penentu Ketersediaan Air:
 - a. Curah Hujan (Presipitasi): Merupakan masukan utama dalam neraca air suatu wilayah. Data curah hujan historis sangat penting untuk analisis ketersediaan. (Modul Hidrologi, Kebutuhan dan Ketersediaan Air, 2017)
 - b. Evapotranspirasi: Kehilangan air dari permukaan bumi ke atmosfer melalui evaporasi (penguapan dari permukaan air, tanah) dan transpirasi (penguapan dari tumbuhan). Evapotranspirasi aktual (ETA) dan potensial (ETP) perlu dipertimbangkan. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menghitung evapotranspirasi adalah metode F.J. Mock.
 - c. Aliran Permukaan (Run-off): Bagian dari curah hujan yang mengalir di permukaan tanah menuju sungai atau badan air lainnya.
 - d. Infiltrasi dan Perkolasi: Proses masuknya air ke dalam tanah dan pergerakannya menuju lapisan akuifer.
 - e. Debit Andalan: Merupakan debit sungai yang tersedia dengan probabilitas tertentu. Debit andalan Q95% (debit yang terlampaui selama 95% waktu) sering digunakan sebagai indikator ketersediaan air minimum untuk pemeliharaan sungai (Modul Hidrologi, Kebutuhan dan Ketersediaan Air, 2017).
2. Metode Analisis Ketersediaan Air (Metode F.J. Mock): Metode F.J. Mock adalah salah satu pendekatan untuk menghitung ketersediaan air, khususnya untuk estimasi evapotranspirasi dan neraca air pada tingkat sub-DAS. Metode ini membutuhkan data klimatologi seperti curah hujan, suhu, kelembaban relatif, lama penyinaran matahari, dan kecepatan angin (Uwais Al Qorni, 2022).

Rumus Umum Neraca Air (Pendekatan F.J. Mock):

$$R = P - Et_0 \pm \Delta S$$

Dimana:

R = Aliran Permukaan (Run-off) atau ketersediaan air yang dapat dimanfaatkan.

P = Presipitasi (Curah Hujan).

E_{t0} = Evapotranspirasi Aktual.

ΔS = Perubahan simpanan air dalam tanah.

Perhitungan Evapotranspirasi aktual dalam metode F.J. Mock dihitung dari Evaporasi potensial metode Penman (E_{To}). Perhitungan evapotranspirasi (E_{T0}) dengan metode Penman modifikasi (FAO) pada luasan lahan tertentu. Input data yang diperlukan berupa: temperatur, kecepatan angin, kelembaban udara dan lama penyinaran matahari (Doorenbos *et al*,1977; Satriyo, 2018). Persamaan yang digunakan untuk perhitungan E_{to} dengan metode Penmann adalah sebagai berikut:

$$E_{t0} = C[W.R_n + (1 - W).f(u).(e_a - e_d)]$$

Dimana :

E_{to} = evapotranspirasi (mm/hari)

C = faktor penyesuaian kondisi cuaca akibat siang dan malam

W = faktor pembobotan yang mempengaruhi dari temperatur dan ketinggian tempat

R_n = radiasi penyinaran matahari (mm/hari)

$(1-W)$ = faktor bobot yang dipengaruhi oleh angin dan kelembaban

$f(u)$ = fungsi kecepatan angin

e_a = tekanan uap jenuh tergantung dari temperatur (mbar)

e_d = tekanan uap actual

$(e_a - e_d)$ = selisih tekanan uap jenuh dan actual

Kebutuhan Air

Kebutuhan air adalah jumlah air yang diperlukan untuk memenuhi berbagai keperluan hidup dan aktivitas manusia di suatu wilayah. Kebutuhan air terbagi menjadi beberapa sektor utama.

1. Jenis-jenis Kebutuhan Air: (Modul Hidrologi, Kebutuhan dan Ketersediaan Air, 2017)
 - a. Kebutuhan Air Domestik (Rumah Tangga): Kebutuhan air untuk minum, memasak, mandi, mencuci, dan sanitasi. Kebutuhan ini sangat bergantung pada jumlah penduduk dan standar konsumsi air per kapita.
 - b. Kebutuhan Air Non-Domestik:
 - a) Kebutuhan Air Industri: Untuk proses produksi, pendinginan, dan sanitasi di sektor industri.
 - b) Kebutuhan Air Pertanian (Irigasi): Untuk mendukung pertumbuhan tanaman.
 - c) Kebutuhan Air Komersial dan Publik: Untuk perkantoran, hotel, rumah sakit, dan fasilitas umum.
 - d) Kebutuhan Air untuk Pemeliharaan Sungai: Kebutuhan air untuk menjaga ekosistem sungai dan kualitas air, seringkali diasumsikan sama dengan debit andalan Q95% (Modul Hidrologi, Kebutuhan dan Kebutuhan Air, 2017).
 - e) Kehilangan Air: Meliputi kehilangan fisik (kebocoran) dan non-fisik (pencurian, kesalahan meteran) dalam sistem distribusi.
2. Metode Perhitungan Kebutuhan Air:
 - a. Kebutuhan Air Domestik: Dihitung dengan mengalikan jumlah penduduk dengan standar kebutuhan air per kapita per hari (Modul Hidrologi, Kebutuhan dan Kebutuhan Air, 2017).
 $Kebutuhan\ Air\ Domestik = Jumlah\ Penduduk \times Kebutuhan\ Air\ per\ Kapita\ per\ Hari$
Data jumlah penduduk dapat diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Medan (misalnya, dari publikasi "Kecamatan Medan Petisah Dalam Angka 2024" sebagai contoh data statistik daerah, meskipun studi ini di Medan Sunggal, prinsipnya sama).
 - b. Kebutuhan Air Irigasi: Dihitung berdasarkan luas lahan irigasi dikalikan dengan satuan kebutuhan air per hektar yang bergantung pada pola dan masa tanam (Modul Hidrologi, Kebutuhan dan Kebutuhan Air, 2017).
 $Kebutuhan\ Air\ Irigasi = Luas\ Lahan\ Irigasi \times Kebutuhan\ Air\ per\ Hektar$

- c. Kebutuhan Air Sektor Lain: Dapat dihitung berdasarkan standar konsumsi per unit industri, per tempat tidur di rumah sakit, atau berdasarkan estimasi lain yang relevan.

3. Neraca Air

Neraca air di Kecamatan Medan Petisah merupakan keseimbangan antara jumlah air yang masuk (inflow) dan yang keluar (outflow) di suatu wilayah selama periode tertentu sebagai bagian dari proses sirkulasi air. Jika neraca air bernilai positif, berarti tidak terjadi kekurangan pasokan air (surplus), sedangkan nilai negatif mengindikasikan adanya defisit air pada DAS tersebut. Untuk menentukan neraca air di DAS Deli, perhitungannya dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Q_{ketersediaan} - Q_{kebutuhan} = \Delta S$$

dimana :

$Q_{ketersediaan}$ = total ketersediaan debit (m³/tahun)

$Q_{kebutuhan}$ = Total kebutuhan debit (m³/tahun)

ΔS = Perubahan kuantitas air (m³/tahun)

5. Implikasi dan Pengelolaan Sumber Daya Air. Hasil analisis ketersediaan dan kebutuhan air memiliki implikasi penting untuk perencanaan dan pengelolaan sumber daya air berkelanjutan.

- a. **Identifikasi Potensi Masalah Air:** Defisit air menunjukkan adanya tekanan pada sumber daya air, yang dapat menyebabkan krisis air jika tidak dikelola dengan baik.
- b. **Dasar Perencanaan:** Informasi neraca air menjadi dasar bagi pemerintah daerah dan pemangku kepentingan dalam menyusun kebijakan alokasi air, pengembangan infrastruktur air, dan strategi konservasi air.
- c. **Konservasi dan Efisiensi Air:** Jika terjadi defisit, strategi konservasi air (misalnya, penggunaan air secara efisien, daur ulang air, panen air hujan) menjadi sangat krusial.
- d. **Peran Data Statistik:** Data demografi dan sosial ekonomi dari BPS (seperti dalam "Kecamatan Medan Petisah Dalam Angka") sangat relevan untuk proyeksi kebutuhan air domestik dan sektor lainnya.

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Studi Kasus

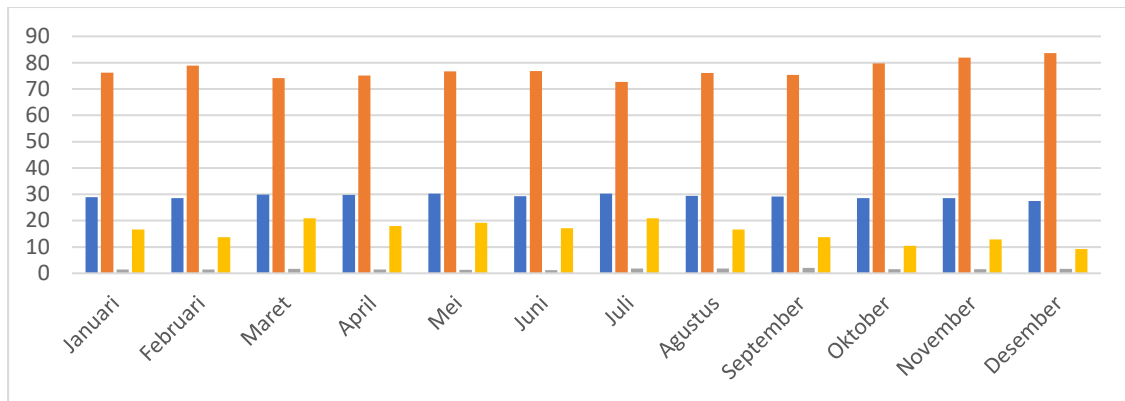
Penelitian ini dilaksanakan di Kecamatan Medan Petisah, yang merupakan salah satu dari 21 kecamatan yang berada dalam wilayah administratif Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara. Kecamatan Medan Petisah secara geografis terletak di bagian barat laut pusat Kota Medan. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Kota Medan (2022), kecamatan ini memiliki luas wilayah sekitar 5,27 km² dan berada pada koordinat antara 3°34' - 3°36' LU dan 98°38' - 98°40' BT.

Dengan batas wilayah Kecamatan Medan Petisah berbatasan langsung dengan:

- a. Sebelah Utara: Kecamatan Medan Helvetia
- b. Sebelah Selatan: Kecamatan Medan Baru dan Medan Polonia
- c. Sebelah Timur: Kecamatan Medan Barat dan Kecamatan Medan Area
- d. Sebelah Barat: Kecamatan Medan Sunggal

Dengan jumlah Kelurahan Medan Petisah berbatasan langsung dengan:

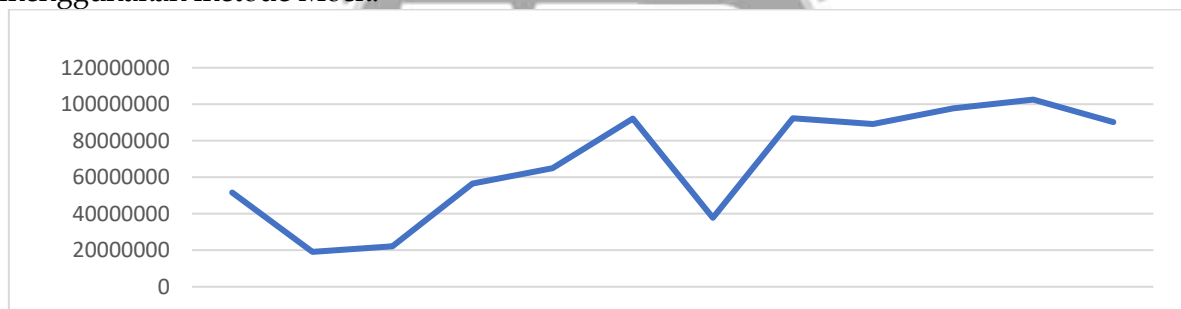
- a. Kelurahan Petisah Tengah
- b. Kelurahan Petisah Hulu
- c. Kelurahan Sei Putih Barat
- d. Kelurahan Sei Putih Tengah
- e. Kelurahan Sei Putih Timur I
- f. Kelurahan Sei Putih Timur II



Grafik 1. Data Evapotranspirasi Kec. Medan Petisah tahun 2019-2024

Debit Andalan

Debit andalan di Kabupaten Manokwari dihasilkan dari metode Mock dengan parameter-parameter yang disarankan oleh Mock. Perhitungan debit andalan dengan menggunakan metode F. J. Mock mengacu pada data curah hujan dan data evapotranspirasi. Data evapotranspirasi ini kemudian dijadikan input untuk perhitungan debit andalan. Selain data evapotranspirasi, diperlukan juga data curah hujan bulanan, lama hari hujan per bulan, asumsi infiltrasi, koefisien simpanan tanah dan luas permukaan terbuka. Asumsi infiltrasi yang digunakan dalam perhitungan ini yaitu sebesar 40%. Adapun hasil dari analisis dengan menggunakan metode Mock.



Grafik 2. Debit Andalan di Kec. Medan Petisah

Pasokan air (Water supply)

Analisis pasokan air (Water supply) menggunakan air permukaan yang berasal dari rata-rata debit tahunan dengan menggunakan metode FJ. Mock.

Tabel 1. Pasokan Air Kec. Medan Petisah

Bulan	Volume Air (m3)
Januari	51.685.059
Februari	19.103.181
Maret	22.103.881
April	56.567.468
Mei	65.042.856
Juni	92.156.836
Juli	37.826.161
Agustus	92.306.045
September	89.139.407
Oktober	97.681.087
November	102.538.102
Desember	90.161.527
Tahunan	816.311.611

Estimasi Penduduk untuk Menghitung Kebutuhan Air

Proyeksi penduduk digunakan untuk mengetahui jumlah kebutuhan air tahun 2032 dengan metode Exponential rate of growth (Pertumbuhan penduduk secara eksponensial) adalah pertumbuhan penduduk terus menerus setiap hari dengan angka pertumbuhan konstan. Persamaan model eksponensial adalah sebagai berikut :

$$P_n = P_0 \times e^{n \times R}$$

dimana:

- P_n = Jumlah pen-duduk pada tahun ke-n;
- P_0 = Jumlah penduduk pada tahun awal (dasar);
- R = Angka pertumbuhan penduduk;
- n = Periode waktu dalam tahun; dan
- e = Bilangan pokok sistem logaritma natural.

Diketahui Pata pada Kecamatan Medan Petisah

Pada Desember 2023 jumlah penduduk adalah 74.194 jiwa

Jumlah ertumbuhan penduduk adalah selisih dar angka kelahiran dengan kematian pada Desember 2023

Kelahiran = 785 jiwa

Kematian = 426 jiwa

Pertumbuhan = selisih (Lahir- Mati) = 359 jiwa

Untuk 10 tahun mendatang

$$P_n = 74194 \times e^{10 \times (0,4839)\%} = 77872,53 \text{ jiwa}$$

Untuk 30 tahun mendatang

$$P_n = 74194 \times e^{30 \times (0,4839)\%} = 85785,782 \text{ jiwa}$$

Untuk 50 tahun mendatang

$$P_n = 74194 \times e^{50 \times (0,4839)\%} = 94503,161 \text{ jiwa}$$

Kebutuhan Air

Penghitungan Kebutuhan (Demand) Air

Rumus:

$$DA = N \times KHLA \text{ (6)}$$

Keterangan:

DA = Total kebutuhan air (m³/tahun)

N = Jumlah penduduk (orang)

KHLA = Kebutuhan air untuk hidup layak

= 1600 m³ air/kapita/tahun,

= 2 x 800 m³ air/kapita/tahun, dimana: 800 m³ air/kapita/tahun merupakan kebutuhan air untuk keperluan domestik dan untuk menghasilkan pangan (lihat Tabel 11 total kebutuhan air dan Tabel 12 tentang "Air Virtual" (kebutuhan air untuk menghasilkan satu satuan produk) di bawah ini. 2.0 merupakan faktor koreksi untuk memperhitungkan kebutuhan hidup layak yang mencakup kebutuhan pangan, domestik dan lainnya.

Untuk 10 tahun mendatang

$$DA = 77872,53 \times 1.600 = 124.596.048 \text{ m}^3/\text{tahun}$$

Untuk 30 tahun mendatang

$$DA = 85785,782 \times 1.600 = 137.257.251,2 \text{ m}^3/\text{tahun}$$

Untuk 50 tahun mendatang

$$DA = 94503,161 \times 1.600 = 151.205.057,6 \text{ m}^3/\text{tahun}$$

Tabel 2 Rekapitulasi Kebutuhan Air di Kecamatan Medan Petisah di Masa Mendatang

Tahun	Jumlah penduduk (Jiwa)	KHLA (m ³)	Kebutuhan Air (m ³ /tahun)
2034	77872,53	1.600	124.596.048
2054	85785,782		137.257.251,2
2074	94503,161		151.205.057,6

Neraca Air

Perhitungan neraca air dilakukan dengan menggunakan pendekatan supply dan demand, yaitu dengan membandingkan kebutuhan air dengan pasokannya. Dalam penelitian ini, kebutuhan air dihitung berdasarkan data estimasi jumlah penduduk yang dikalikan dengan jumlah kebutuhan air untuk hidup layak berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup (PERMENLH) No. 17 Tahun 2009. Sementara itu, pasokan air ditentukan melalui perhitungan bulanan dengan menerapkan metode mock.

Tabel 3 Rekapitulasi Hitungan Analisis Keseluruhan

Tahun	Ketersediaan Air (m3)	Kebutuhan Air (m3)	Neraca air (m3)
2034	816311610,8	124596048	691715562,8
2054	816311610,8	137257251,2	679054359,6
2074	816311610,8	151205057	665106553,8

KESIMPULAN

Penelitian ini menganalisis dinamika kebutuhan dan ketersediaan air bersih di Kecamatan Medan Petisah untuk proyeksi jangka panjang 10, 30, dan 50 tahun mendatang. Berdasarkan pendekatan eksponensial terhadap pertumbuhan penduduk serta perhitungan kebutuhan air per kapita berdasarkan standar nasional, ditemukan bahwa kebutuhan air meningkat secara signifikan seiring pertambahan jumlah penduduk. Di sisi lain, ketersediaan air yang dihitung dengan metode F.J. Mock menunjukkan kecenderungan yang stagnan dengan potensi penurunan dalam jangka panjang.

Hasil analisis menunjukkan bahwa meskipun ketersediaan air di Kecamatan Medan Petisah pada tahun 2034, 2054, dan 2074 masih mencukupi terhadap kebutuhan air bersih, terdapat selisih (surplus) yang terus menurun. Neraca air positif menunjukkan kondisi aman saat ini, namun tren ini berisiko berubah jika degradasi sumber air terus berlanjut dan tidak diimbangi dengan pengelolaan yang berkelanjutan. Oleh karena itu, diperlukan strategi pengelolaan sumber daya air yang terintegrasi, efisiensi dalam sistem distribusi, serta upaya konservasi dan perlindungan terhadap sumber air baku untuk menjamin keberlanjutan pelayanan air bersih di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Hanafi, C. (2023). *Analisis Proyeksi Kebutuhan Air Bersih di Kecamatan Medan Amplas*. Universitas Medan Area.
- Simanjuntak, S. et al. (2021). *Analisa Kebutuhan Air Bersih di Kota Medan*. Jurnal Visi Eksakta, 2(2), 186-204.
- Hadibroto, A. P. et al. (2022). *Analisis Kebutuhan dan Ketersediaan Air Bersih di Kecamatan Medan Barat*. Jurnal Teknik Pengairan.
- BPS Kota Medan. (2022). *Kecamatan Medan Petisah dalam Angka*.
- Qorni, Uwais A. (2022). *Analisis Ketersediaan Air Menggunakan Metode F.J. Mock Di Sub Das Kali Madiun Untuk Kebutuhan Air Baku Di Kabupaten Ngawi*. Universitas Islam

Indonesia

Osly, Prima J. et al. (2019). *Analisis Kebutuhan Dan Ketersediaan Air Kabupaten Manokwari Dengan Model Mock*. Jurnal Infrastruktur, 5(2), 59-76.

Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup. (2009). "Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup (PERMENLH) No. 17 Tahun 2009 tentang Perdoman Penelitian Daya Dukung Lingkungan Hidup dalam Penataan Ruang Wilayah.

