

KAJIAN POTENSI AIR PERMUKAAN SEBAGAI BAHAN BAKU WATER TREATMENT PLANT DI KAWASAN MARINA CITY BATAM

Ahmad Muda Bahri^{1*}, Tengku Said Raza'i¹, Lily Viruly¹, Khodijah Ismail¹

¹ Environmental Study Program, Pascasarjana, University of Maritim Raja Ali Haji
Tanjungpinang, Riau Islands Province, Indonesia

*e-mail: ahmad.bahri.amb@gmail.com

diterima: 15 April 2025; direvisi: 24 April 2025; disetujui: 25 April 2025

ABSTRAK

Pertumbuhan penduduk Kota Batam yang pesat memberikan dampak signifikan terhadap ketersediaan air bersih, khususnya di wilayah Marina City Sekupang Tanjung Riau. Sebagai respons terhadap permasalahan ini, BP Batam bersama pengembang Marina City Sekupang merencanakan optimalisasi reservoir alami setempat sebagai sumber air baku bagi *Water Treatment Plant*. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi debit serta kualitas air pada danau alami di kawasan Marina City, Batam. Metodologi penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dalam analisis hidrologi, mencakup perhitungan debit banjir serta penentuan luas daerah tangkapan air berdasarkan pengukuran langsung di lapangan. Analisis sosial dilakukan dengan metode deskriptif kualitatif. Prosedur pengambilan sampel air mengacu pada standar SNI 6989.57:2008. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perkiraan kebutuhan air domestik per sambungan rumah tangga pada tahun 2023 mencapai 50,47 liter/detik. Laju penguapan air tahunan dihitung berdasarkan rata-rata penguapan di Danau Marina City sebesar 22,29 mm/bulan atau 0,776 mm/hari. Kapasitas total reservoir tercatat sebesar 869.249,00 m³, dengan total kehilangan air mencapai 262.851 m³/hari. Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan sumber daya air di kawasan Marina City, serta mendukung upaya pemenuhan kebutuhan air bersih bagi masyarakat setempat dan sekitarnya.

Kata Kunci: Air Baku, Instalasi Pengolahan Air, Kualitas Air

STUDY ON SURFACE WATER POTENTIAL AS RAW MATERIAL FOR WATER TREATMENT IN MARINA CITY BATAM

ABSTRACT

The rapid population growth of Batam City has a significant impact on the availability of clean water, especially around Marina City Sekupang Tanjung Riau. In response to this, BP Batam and the developer of Marina City Sekupang plan to optimize the local natural reservoir as a source of raw water for the WTP (Water Treatment Plant). This study aims to evaluate the potential discharge and water quality in the natural lake in the Marina City area, Batam. The methodology uses a quantitative approach for hydrological analysis, including calculating flood discharge and determining the area of the water catchment area, based on direct field measurements. Social analysis uses a qualitative descriptive method. Water sampling follows the SNI 6989.57: 2008 procedure. The results of the study show that the estimated domestic water requirement per house connection in 2023 reaches 50.47 liters/second. Annual water evaporation is calculated based on the average evaporation rate in the Marina City lake of 22.29 mm/month or 0.776 mm/day. The total reservoir capacity is 869,249.00 m³, with a total water loss of 262,851 m³/day. This research provides important information for the development of water resources in the Marina City area, supporting efforts to meet the clean water needs of the local community and its surroundings

Kata Kunci: Raw Water, Water Treatment Plant, Water Quality

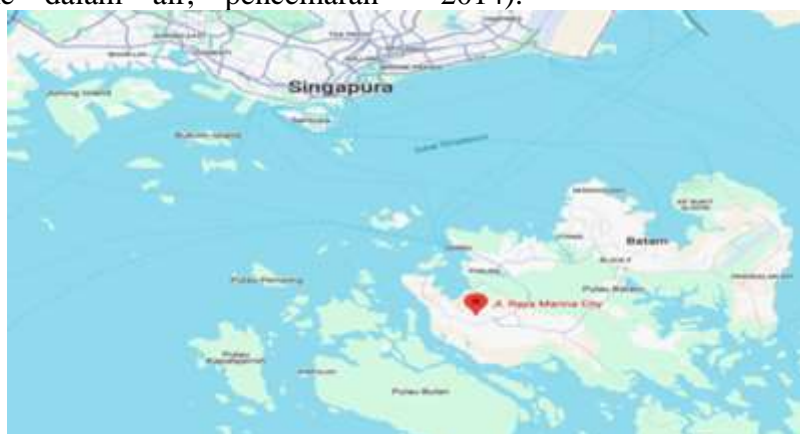
PENDAHULUAN

Air merupakan sumber kehidupan dan kebutuhan dasar manusia. Syarat yang ditetapkan oleh *World Health Organization* (WHO) mengatur bahwa air bersih yang layak digunakan untuk kehidupan harus tidak memiliki bau, rasa, maupun warna karena air merupakan media yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme dengan sangat cepat, maka penting bagi air yang digunakan oleh masyarakat untuk memenuhi standar kesehatan. Untuk mendapatkan air yang sesuai dengan kriteria tersebut, diperlukan proses pengolahan yang mencakup tahap penyimpanan, penyaringan, dan klorinasi (Mashadi, et al., 2018). Seiring waktu, kebutuhan serta pemanfaatan air terus meningkat, tidak hanya disebabkan oleh pertumbuhan populasi yang tinggi tetapi juga oleh beragam jenis pemanfaatan sumber daya air.

Prinsip utama dalam pengolahan air limbah adalah mengurangi atau menghilangkan zat pencemar yang terkandung di dalamnya, sehingga air limbah menjadi aman dan sesuai dengan standar kualitas yang ditetapkan sebelum dilepaskan ke lingkungan (Tchobanoglous et al., 2014). Pengelolaan air limbah memiliki tujuan utama untuk melindungi kesehatan makhluk hidup serta mencegah kerusakan dan gangguan terhadap lingkungan, termasuk badan air. Jika pengelolaan limbah dilakukan secara tidak tepat, hal ini dapat menimbulkan berbagai dampak negatif bagi lingkungan dan manusia, seperti pencemaran mikroorganisme dalam air, pencemaran

tanah, serta menimbulkan berbagai masalah kesehatan. Beberapa penyakit yang dapat muncul akibat pengelolaan limbah yang buruk antara lain poliomielitis, kolera, tifus, disentri, leptospirosis, dan infeksi caceng (Asmadi & Suharno, 2012).

Sebagai kota industri, Kota Batam tidak terlepas dari permasalahan sumber daya air, khususnya ketersediaan air bersih bagi penduduknya. Pertumbuhan penduduk yang pesat serta tingginya laju urbanisasi di Kota Batam menuntut peningkatan layanan dasar, terutama dalam penyediaan air bersih, agar sejalan dengan dinamika pertumbuhan penduduk dan urbanisasi. Melihat tingginya kebutuhan air bersih di Kota Batam, berbagai penelitian telah dilakukan terkait pemenuhan dan potensi sumber air baku di wilayah ini. Beberapa studi yang telah dilakukan meliputi Dinamika Kualitas dan Kelayakan Air Waduk Sei Harapan untuk Bahan Baku Air (Yudhi Soetrisno, BPPT Jakarta, 2003), Analisis Kebutuhan Air Bersih Kota Batam Tahun 2025 (Wahyuni & Junianto, 2017), Analisis Pola Operasi Waduk Duriangkang sebagai Sumber Kebutuhan Air Baku Masyarakat Kota Batam (Berlian, 2021), serta Analisis Keseimbangan Air Wilayah Sungai Tiban Lama di Kota Batam (Kurniawan et al., 2022). Studi lainnya membahas implikasi perubahan tata guna lahan terhadap kualitas air baku (Dicky, 2008), kapasitas waduk Duriangkang dan Mukakuning dalam memenuhi kebutuhan air baku (Aulia et al., 2020), serta alternatif daur ulang air di kawasan industri Batam (Jasmine, 2014).



Gambar 1. Area Marina City, Sekupang, Kota Batam

Dari berbagai penelitian tersebut, jelas bahwa sumber air baku di Kota Batam perlu ditinjau dari aspek kualitas dan kuantitasnya, termasuk pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap ketersediaan sumber air baku, peningkatan kebutuhan air yang mendorong alternatif daur ulang di kawasan industri, serta analisis kapasitas beberapa waduk di Kota Batam (Abubakar et al., 2022). Kota Batam secara umum, dan Pulau Batam secara khusus, saat ini mengandalkan waduk sebagai sumber utama air baku. Waduk-waduk ini terbentuk melalui proses penggalian maupun desalinasi air laut, seperti yang diterapkan pada Waduk Duriangkang dan Waduk Tembesi.

Namun, pertumbuhan penduduk yang terus meningkat serta tingginya tingkat urbanisasi menyebabkan ketersediaan air bersih menjadi semakin terbatas. Kapasitas air baku yang tersedia pada tahun 2024 diperkirakan mencapai 5.052 liter per detik (Lpd), sedangkan kapasitas pengolahan air bersih hanya sekitar 3.610 Lpd. Angka ini diproyeksikan akan terus berkurang akibat pertumbuhan penduduk, peningkatan kebutuhan industri, serta permintaan lainnya. Hal ini tercermin dari semakin seringnya penghentian sementara suplai air di beberapa wilayah atau penerapan sistem rotasi distribusi air. Kondisi ini tentu menjadi tantangan bagi Kota Batam yang sedang dipersiapkan sebagai kawasan industri, investasi, dan pariwisata.

Kawasan Marina City Sekupang dan Tanjung Riau juga kerap mengalami gangguan distribusi air bersih. Jika permasalahan ini terus berlanjut, daya tarik kawasan Marina City bagi investor di sektor pariwisata dapat menurun, terutama mengingat pesatnya pembangunan apartemen Opus Bay di kawasan ini. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, BP Batam bersama pengembang kawasan Marina City Sekupang berencana mengoptimalkan reservoir alami yang ada di kawasan tersebut sebagai sumber air baku bagi Instalasi Pengolahan Air (IPA). Optimalisasi ini diharapkan tidak hanya dapat memenuhi kebutuhan air bersih di Marina City, tetapi

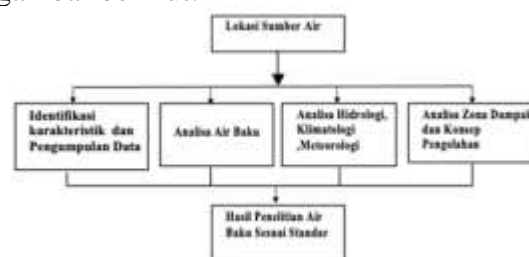
juga di wilayah sekitar, termasuk Kelurahan Tanjung Riau serta perumahan di sekitarnya.

BAHAN DAN METODE

Data lapangan yang dikumpulkan meliputi luas dan debit danau, jenis tanah dan laju infiltrasi, serta data pasang surut. Sementara itu, data historis dari 10 tahun terakhir, seperti data kependudukan dan curah hujan, diperoleh dari instansi terkait. Survei awal ini lebih berfokus pada karakteristik fisik eksisting, populasi, distribusi sumber air, jaringan pelayanan air, batas lahan basah dan rawa, serta tingkat kebutuhan masyarakat terhadap sumber daya air.

Penelitian ini menggunakan pendekatan yang mengaitkan tingkat ketersediaan sumber daya air yang ada dengan kebutuhan air di wilayah studi. Selain itu, untuk menjelaskan upaya optimalisasi potensi air yang tersedia, data yang diperoleh tidak hanya berbentuk angka numerik tetapi juga dianalisis secara evaluatif dengan mendeskripsikan hasil pengumpulan data.

Kerangka konseptual penelitian ini diawali dengan identifikasi potensi sumber daya air di kawasan Marina City Sekupang dalam rencana pemenuhan kebutuhan air bersih. Selanjutnya, dilakukan pengumpulan informasi terkait potensi dan kebutuhan air di Marina City untuk menyusun kajian dalam menilai ketersediaan sumber air. Analisis kemudian dilakukan untuk menghasilkan data kelayakan yang mencakup aspek volume, dukungan lingkungan, kualitas air, serta sistem pengolahan air bersih yang sesuai untuk kawasan Marina City Sekupang. Kerangka kerja ini dapat dilihat dalam gambar berikut:



Gambar 2. Kerangka Kerja Penelitian

Penelitian ini dilakukan di area Marina City Sekupang, Kota Batam, dengan objek penelitian berupa pengukuran dan pemetaan kontur danau alami serta kontur area sekitarnya. Durasi penelitian ini berlangsung selama satu bulan, dimulai dari tanggal 1 September hingga 30 September 2024.

Penggunaan alat-alat dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1. Alat dan Bahan yang Digunakan dalam Penelitian

No.	Alat dan bahan	Fungsi
1	Alat Tulis	Pencatatan data
2	Kamera	Dokumentasi kegiatan
3	Tali 1 m dan 3 m	Pengukuran panjang dan lebar sungai
4	<i>Stopwatch</i>	Penghitungan waktu
5	Botol plastik terapung	Pengukuran laju aliran
6	Botol kaca atau plastik 100 ml	Wadah sampel
7	Label	Deskripsi pada botol sampel
8	Multimeter	Pengukuran suhu air, pH, dan TDS
9	DO Meter	Pengukuran DO dalam air
10	Kuesioner	Kuesioner persepsi publik
11	Laptop	Pembuatan laporan dan analisis data

Teknik Pengumpulan Data

Identifikasi Kondisi Perairan di Kawasan Marina City

Analisis kondisi kawasan Marina City dilakukan untuk memperoleh gambaran mengenai orientasi kawasan bandara. Selanjutnya, hasil akhir yang diperoleh adalah pengelompokan kawasan berdasarkan penggunaan lahan. Metode yang digunakan adalah metode interpretasi peta penggunaan lahan.

Analisis Strategi Optimalisasi Sumber Daya Air di Kawasan Marina City Sekupang

Analisis ini dilakukan untuk mencari berbagai alternatif dalam mengoptimalkan sumber daya air yang tersedia. Analisis ini akan menghasilkan strategi yang dapat digunakan sebagai masukan bagi pemerintah

daerah dan BP Batam dalam merumuskan kebijakan terkait penyediaan air untuk masyarakat Kota Batam, khususnya kawasan Marina City Sekupang.

Analisis Zona Dampak dan Konsep Pengolahan Air

Sistem pengolahan air sangat dibutuhkan dalam pemanfaatan sumber daya air yang tersedia, oleh karena itu diperlukan sistem pengolahan air yang tepat untuk mengoptimalkan sumber daya yang ada. Analisis ini akan mengkaji berbagai alternatif sistem pengolahan air yang dapat diterapkan di kawasan Marina City Batam.

Analisis Meteorologi, Klimatologi, dan Hidrologi

Analisis ini berguna untuk menentukan kapasitas air yang dapat diperoleh melalui data curah hujan, data debit air, data pasang surut, gelombang, dan data terkait lainnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini mengungkapkan tantangan signifikan dalam sistem penyediaan air di Tanjung Riau, sebuah kecamatan di Kota Batam, Indonesia. Meskipun operator penyedia air PT Batam Hilir mencakup 95,6% wilayah tersebut, banyak area yang mengalami pasokan air yang tidak stabil atau bahkan tidak ada sama sekali. Survei terhadap 106 warga menemukan bahwa 66% melaporkan layanan air yang tidak dapat diandalkan, dengan aliran terbaik terjadi antara tengah malam hingga pukul 6 pagi.

Penelitian ini menyoroti kesenjangan yang semakin besar antara permintaan dan pasokan air di Kota Batam. Permintaan air yang diproyeksikan untuk tahun 2024 adalah 8.648 liter/detik, jauh melebihi kapasitas instalasi pengolahan air saat ini yang hanya sebesar 4.682 liter/detik. Ketidakseimbangan ini telah menyebabkan kekurangan air sejak tahun 2016, yang diperkirakan akan mencapai 241,5 liter/detik pada tahun 2024. Proyeksi jumlah penduduk Tanjung Riau menunjukkan pertumbuhan yang terus berlanjut, dengan estimasi jumlah penduduk

berkisar antara 23.409 hingga 28.942 pada tahun 2033, yang semakin memperburuk tantangan penyediaan air.

Untuk mengatasi masalah ini, penelitian ini mengeksplorasi potensi danau alami di kawasan Marina City sebagai sumber air baru. Danau ini, yang mencakup area seluas 60,23 hektar dalam wilayah tangkapan air seluas 438 hektar, sedang dipertimbangkan untuk pengembangan instalasi pengolahan air mini. Namun, kerentanannya terhadap pengaruh pasang

surut, dengan pasang yang mencapai 3,6 meter, menghadirkan tantangan tambahan yang perlu diatasi dalam perencanaan di masa depan.

Penelitian ini juga memproyeksikan peningkatan permintaan air untuk Tanjung Riau, dengan total permintaan diperkirakan akan naik dari 58,31 liter/detik pada tahun 2023 menjadi 73,25 liter/detik pada tahun 2033, mencakup berbagai sektor seperti domestik, pendidikan, perkantoran, rumah sakit, dan industri



Gambar 3. Peta Lokasi Penelitian

Sebagai kesimpulan, penelitian ini menekankan perlunya sumber air tambahan dan sistem distribusi yang lebih baik untuk memenuhi permintaan yang terus berkembang di Tanjung Riau. Penelitian ini merekomendasikan penyelidikan lebih lanjut mengenai danau Marina City, pengembangan infrastruktur untuk mengelola pengaruh pasang surut, dan perencanaan yang hati-hati untuk memisahkan air tawar dari air payau. Langkah-langkah ini dianggap krusial untuk memastikan pasokan air yang berkelanjutan yang dapat mendukung perkembangan wilayah ini dan memenuhi kebutuhan penduduk yang terus berkembang.

Kota Batam di Provinsi Kepulauan Riau merupakan kota besar yang pertumbuhan jumlah penduduknya terus

meningkat dari tahun ke tahun. Dengan pertumbuhan ini, kebutuhan akan air bersih juga semakin meningkat. Air bersih yang disuplai oleh PT Batam Hilir sebagai operator penyedia air bersih di Kota Batam, masih mengalami masalah distribusi dan pasokan di beberapa titik di kota tersebut. Meskipun beberapa wilayah sudah dilayani oleh PT Batam Hilir, masih ada daerah yang belum sepenuhnya terpenuhi kebutuhan air bersihnya secara 100%.

Kecamatan Tanjung Riau adalah salah satu kecamatan yang terletak di Kecamatan Sekupang, Kota Batam. Desa Tanjung Riau termasuk wilayah yang telah menerima pelayanan air bersih dari PT Batam Hilir, namun pelayanan tersebut masih belum maksimal, di mana beberapa RW

mengeluhkan seringnya air tidak mengalir saat dibutuhkan. Objek penelitian ini adalah badan air di Marina City, Desa Tanjung Riau, di mana beberapa RT dan RW belum menerima air bersih meskipun letaknya dekat dengan badan air dan Instalasi Pengolahan Air (IPA) Sungai Harapan Batam.

Luas wilayah Desa Tanjung Riau adalah 23,90 km², dengan jumlah penduduk pada sensus tahun 2023 sebanyak 42.830 jiwa yang terdiri dari 14.513 keluarga, dengan kepadatan penduduk sebesar 1.004 jiwa/km². Desa ini terletak di sebelah barat laut Kota Batam dan langsung berbatasan dengan laut di sebelah utara. Wilayah administratif Desa Tanjung Riau dapat dilihat pada peta gambar 3.

Kemiringan wilayah studi ini adalah daerah dengan karakteristik dataran rendah hingga menengah yang berbatasan langsung dengan pantai. Wilayah ini memiliki ketinggian antara 1,5 meter di atas permukaan laut hingga 60 meter di atas permukaan laut (MDPL) dan memiliki kemiringan lahan (slope) antara 0 – 20%. Sedangkan kondisi klimatologi wilayah studi adalah sebagai berikut:

1. Suhu udara berkisar antara 26°C hingga 34°C.
2. Kelembaban maksimum mencapai 98%, yang terjadi pada bulan Mei, sementara kelembaban minimum adalah 48%, dan rata-rata kelembaban udara adalah 80% pada bulan Agustus (BPS Kota Batam, 2023).
3. Curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Januari sebesar 374 mm/jam, sementara curah hujan terendah tercatat 87 mm/jam pada bulan September (BPS Kota Batam, 2023).

Potensi Debit dan Kualitas Sumber Air di Danau Alam Kawasan Marina City

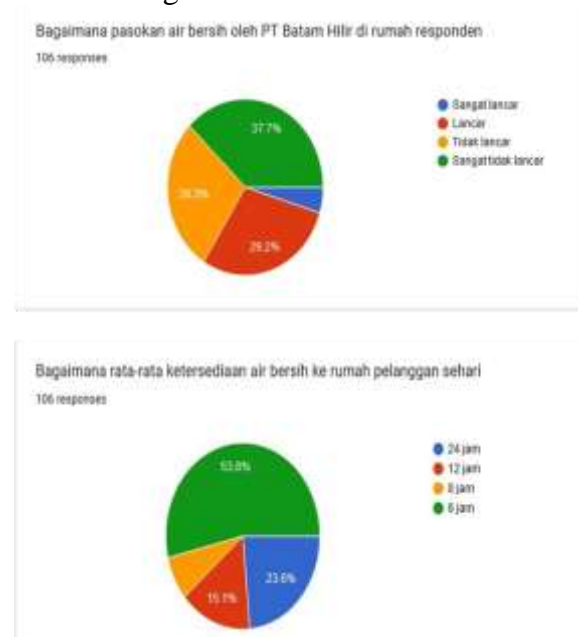
Berdasarkan data dari PT BATAM HILIR, pada tahun 2017 hingga 2023, cakupan pelayanan air bersih di Desa Tanjung Riau, Kota Batam, diperkirakan akan mencapai 95,6%, yang termasuk dalam kategori pelayanan cukup. Kategori ini menunjukkan bahwa debit air cukup

memadai dan kontinuitas pasokan air berjalan dengan baik. Kebersihan air juga terjaga, meskipun diakui bahwa beberapa RW di kecamatan ini mengalami masalah distribusi, seperti RW 01, RW 02, RW 03, dan RW 06. Bahkan ada RW yang tidak mendapatkan air bersih sama sekali, yaitu RW 08.

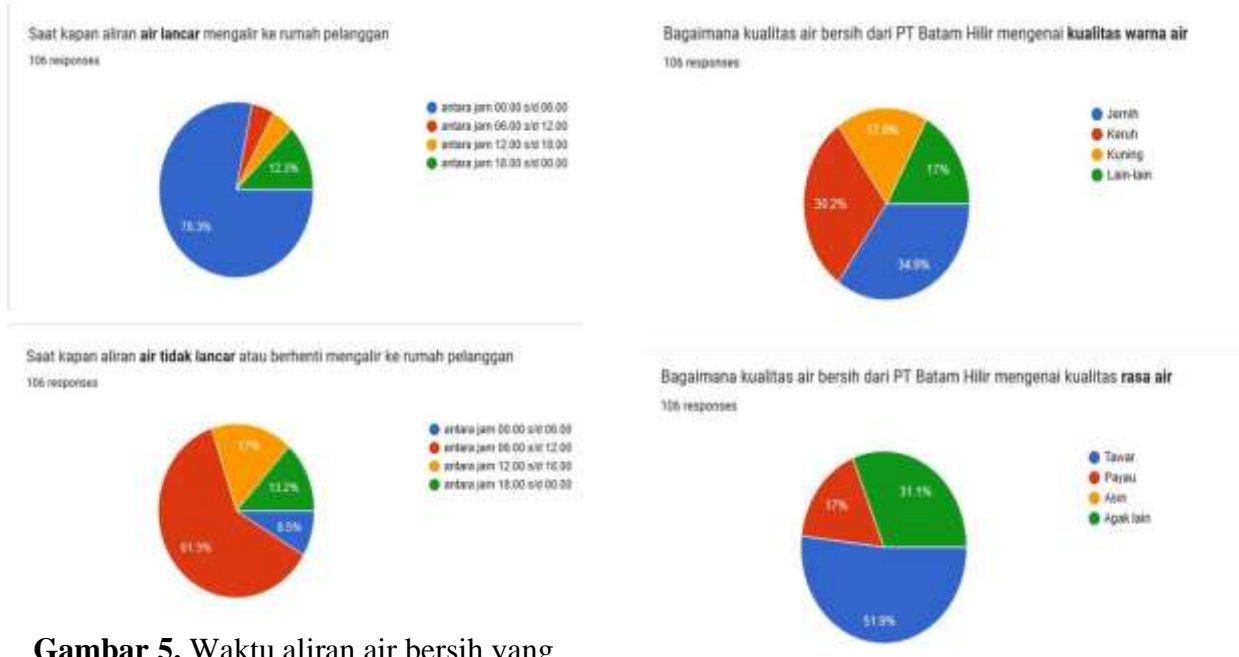
Kondisi Terkait Layanan Air Bersih di Desa Tanjung Riau

Untuk mengetahui permasalahan distribusi air bersih, kami melakukan survei berupa kuesioner dengan pertanyaan-pertanyaan seperti bagaimana kelancaran pasokan air (lancar atau tidak lancar), pada jam berapa pasokan air lancar dan kapan tidak lancar, waktu dan tekanan air, serta survei ini juga mencakup pertanyaan mengenai kondisi kualitas air bersih (rasa, warna, bau) dan pertanyaan umum mengenai layanan dari PT BATAM HILIR di Desa Tanjung Riau.

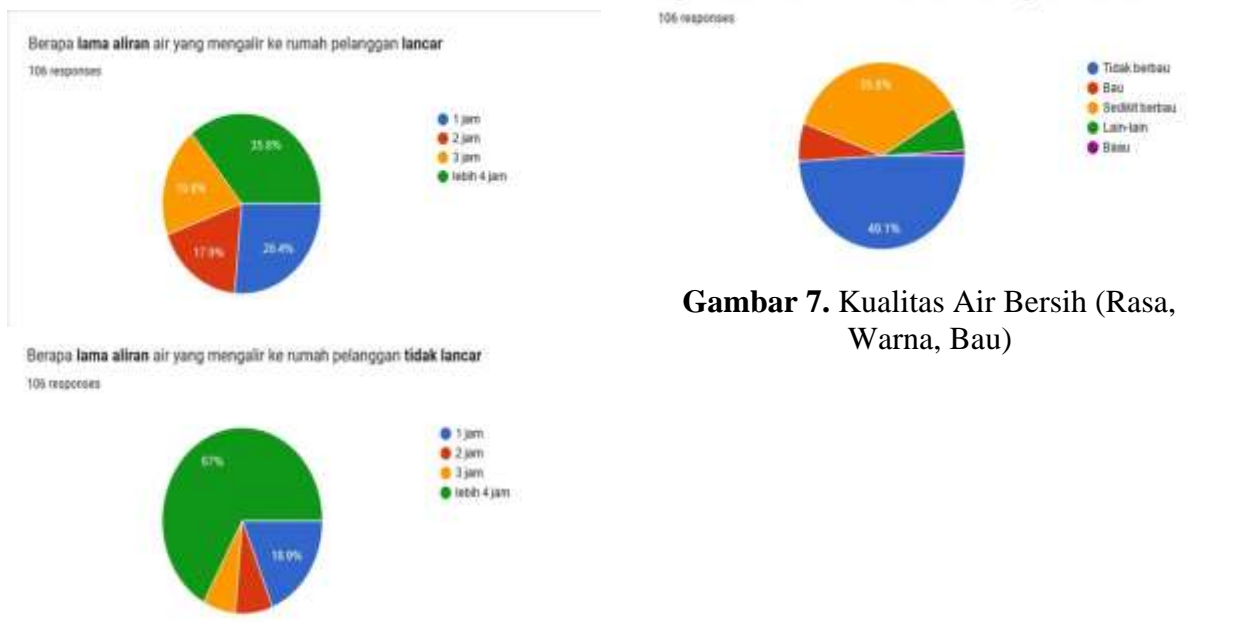
Jumlah responden yang kami ambil adalah 106 keluarga (Sugiono, setidaknya antara 30 hingga 500). Berdasarkan hasil kuesioner, kondisi terbaru terkait layanan air bersih di Tanjung Riau dan Marina City adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Kondisi Pasokan dan Ketersediaan Air Bersih di Tanjung Riau dan Sekitarnya, Kawasan Marina City



Gambar 5. Waktu aliran air bersih yang lancar dan tidak lancar

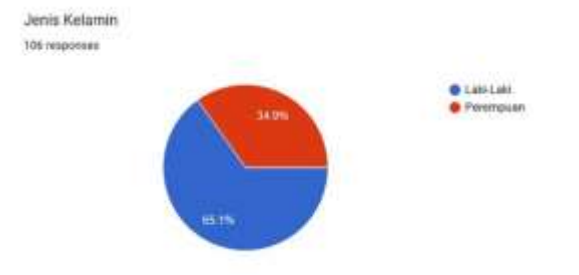


Gambar 7. Kualitas Air Bersih (Rasa, Warna, Bau)

Gambar 6. Lama waktu yang dibutuhkan agar air mengalir dengan lancar dan tidak lancar



Gambar 8. Hasil Data Layanan PT BATAM HILIR kepada Pelanggan



Gambar 9. Jenis Kelamin Responden

Ini berarti bahwa responden yang memberikan jawaban kemungkinan besar lebih banyak pria yang memahami teknologi atau pria yang memiliki waktu lebih luang. Berdasarkan survei, kondisi layanan air bersih menunjukkan bahwa 37,7% responden melaporkan aliran air yang sangat tidak lancar, dan 28,3% melaporkan aliran air yang tidak lancar, yang berarti lebih dari 66% responden menyatakan bahwa aliran air tidak lancar. Sementara itu, 78,3% responden melaporkan aliran air yang lancar, yang terjadi antara pukul 00:00 hingga 06:00 pagi,

sedangkan 61,3% melaporkan air yang tidak lancar, yang terjadi antara 06:00 pagi hingga 12:00 siang.

Kualitas Air Bersih

Kualitas air bersih mencakup beberapa aspek, yaitu rasa, warna, bau, dan kekeruhan. Berdasarkan hasil survei, diketahui bahwa untuk kualitas rasa air bersih, 51% responden menyatakan bahwa air tersebut segar, 34,9% mengatakan air tersebut jernih, dan 49,9% menyatakan bahwa air tersebut tidak berbau, yang berarti kualitas air bersih secara umum cukup baik. Namun, untuk survei kepuasan umum terhadap layanan air bersih di Batam secara umum dan Tanjung Riau secara khusus, 46,2% responden menyatakan bahwa kualitas layanan tersebut tidak baik. Dari data dan informasi tersebut, dapat menjadi alasan untuk memeriksa sumber air mentah di kawasan Marina City yang terletak di Kecamatan Tanjung Riau.

Ketersediaan Air Bersih di Kota Batam

Sumber air bersih di Kota Batam berasal dari beberapa waduk yang dikelola oleh PT Batam Hilir. Waduk-waduk tersebut merupakan penampung air hujan yang dirancang untuk menampung air hujan. Untuk data mengenai waduk dan kapasitas layanan, dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 1. Kapasitas Waduk Kota Batam

No	what in the UK	Volume (m3)	design capacity (l/ d et)	Production capacity (l/ d et)
1	Sei hope	3,600,000	210	212.96
2	The sea of baloi	270,000	300	26.10
3	You are welcome	720,000	60	85.64
4	You are here	9,490,000	240	316.40
5	Yellow face	12,207,000	310	335.52
6	D uriangkang	78,180,000	3000	1,368.72
7	Iron	41,876,080	600	-
8	Eccentric	5,166,400	-	-
9	The gong	-	-	-
	Total	152,851,480	4,682	2,343.62

Berdasarkan data yang diperoleh, kebutuhan air bersih pada tahun 2024 untuk Kota Batam diperkirakan mencapai 8.648,00 liter/detik. Berdasarkan tabel di bawah, total kapasitas desain WTP (Water Treatment Plant) hingga tahun 2024 adalah sekitar 4.682 liter/detik, sementara kebutuhan air bersih pada tahun 2025 diperkirakan mencapai 9.279,15 liter/detik. Untuk melihat

perbandingan hasil kebutuhan air dari tahun ke tahun, dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. Kebutuhan Air dan Kapasitas WTP Batam

No	Year	Maximum clean water requirement (l/ d et)	design capacity (l/ d et)	Caption
1	2015	4,588.85	4.682	Sufficient
2	2016	4,923.50	4.682	Water shortage
3	2017	5,282.52	4.682	Water shortage
4	2018	5,667.80	4.682	Water shortage
5	2019	6,081.20	4.682	Water shortage
6	2020	6,524.83	4.682	Water shortage
7	2021	7,000.82	4.682	Water shortage
8	2022	7,511.62	4.682	Water shortage
9	2023	8,059.78	4.682	Water shortage
10	2024	8,648.00	4.682	Water shortage
11	2025	9,279.15	4.682	Water shortage

Dari tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa waduk yang ada di Kota Batam hanya mampu melayani kebutuhan air bersih tanpa terjadi kekurangan hingga tahun 2015. Data di atas tidak mencakup Waduk Rempang dan Waduk Sei Gong yang telah dibangun dan sebagian sudah beroperasi. Sejak tahun 2016 hingga saat ini (2024), telah terjadi kekurangan air sebesar 241,5 liter/detik. Jika tidak ada penambahan waduk yang ada di Kota Batam atau peningkatan kapasitas produksi air, maka dipastikan warga Batam akan mengalami kekurangan air bersih.

Tabel 3. Perbandingan Kebutuhan Air dengan Kapasitas Desain WTP Tahun 2015

No	Year	Maximum clean water requirement (l/ d et)	design capacity (l/ d et)	Caption
1	2015	4,588.85	4.682	Sufficient
2	2016	4,923.50	4.682	Water shortage
3	2017	5,282.52	4.682	Water shortage
4	2018	5,667.80	4.682	Water shortage
5	2019	6,081.20	4.682	Water shortage
6	2020	6,524.83	4.682	Water shortage
7	2021	7,000.82	4.682	Water shortage
8	2022	7,511.62	4.682	Water shortage
9	2023	8,059.78	4.682	Water shortage
10	2024	8,648.00	4.682	Water shortage
11	2025	9,279.15	4.682	Water shortage

Jumlah Penduduk dan Proyeksi Penduduk Kecamatan Tanjung Riau

Berdasarkan sensus penduduk tahun 2023 yang dilakukan oleh BPS, jumlah penduduk Kecamatan Tanjung Riau adalah 22.950 orang. Tingkat pertumbuhan penduduk di wilayah ini adalah 2,32% per tahun. Untuk mengetahui proyeksi jumlah penduduk Kecamatan Tanjung Riau dalam

10 tahun ke depan, beberapa perhitungan dapat dilakukan, antara lain:

Metode Eksponensial

Metode eksponensial sering digunakan untuk menghitung proyeksi jumlah penduduk karena dapat menghitung jumlah penduduk yang besar. Metode ini cocok digunakan jika tingkat pertumbuhan di suatu wilayah sekitar 2% per tahun. Jumlah penduduk Tanjung Riau pada tahun 2023 adalah 22.950 orang. Tingkat pertumbuhan penduduk per tahun adalah 2,32%, sehingga secara eksponensial, setelah 10 tahun, jumlah penduduk Tanjung Riau adalah:

Diketahui bahwa:

- P_0 (jumlah penduduk saat ini) = 22.950 orang
- r (persentase pertumbuhan penduduk) = 2,32% = 0,0232
- t (waktu yang dihitung) = 10 tahun
- e (konstanta) = 2,7182818

Maka, jumlah penduduk Tanjung Riau untuk 10 tahun ke depan dapat dihitung dengan rumus pertumbuhan populasi eksponensial sebagai berikut: $P_n = P_0 \times e^{(r \times t)}$

$$P_n = 22,950 \times 2.7182818^{(0.0232 \times 10)}$$

$$P_n = 22,950 \times 2.7182818^{(0.232)}$$

$$P_n = 22,950 \times 1.261119726$$

$$P_n = 28,942$$

Dengan demikian, proyeksi jumlah penduduk Tanjung Riau pada tahun 2033 adalah 28.942 orang.

Metode Geometrik

Selain metode eksponensial untuk memperkirakan populasi, terdapat juga metode geometrik untuk menghitung proyeksi jumlah penduduk. Rumus untuk metode geometrik adalah sebagai berikut:

$$P_n = P_0 (1 + r)^t$$

Diketahui bahwa:

- $P_0 = 22,950$
- $r = 2.32\% = 0.0232$ (persentase pertumbuhan penduduk)
- $t = 2023 - 2033 = 10$ years.

Estimasi penduduk pada 10 tahun ke depan adalah

$$P_n = 22,950 (1 + 0.0232)^{10}$$

$$P_n = 22,950 \times 1.0232^{10}$$

$$P_n = 22,950 \times 1.257781825 = 28,886$$

Maka, populasi penduduk Tanjung Riau pada tahun 2033 adalah 28,886.

Metode Aritmatika

Metode geometrik ini digunakan untuk menghitung proyeksi populasi pada wilayah dengan tingkat pertumbuhan yang rendah, misalnya di bawah 2%. Rumus untuk metode geometrik adalah sebagai berikut:

$$P_n = P_o (1 + rt)$$

Untuk Kecamatan Tanjung Riau, jumlah penduduk pada tahun 2023 adalah 22.950 orang. Dengan tingkat pertumbuhan penduduk sebesar 0,232% per tahun, jumlah penduduk di wilayah tersebut pada tahun 2033 akan menjadi

Diketahui bahwa:

- $P_o = 22,950$
- $r = 0.2\% = 0.002$
- $t = 2023 - 2023 = 10$ years.

Lalu, berapa jumlah penduduk tahun 2033?

$$P_n = P_o (1 + rt)$$

$$P_n = 22,950 (1 + 0.002 \times 10)$$

$$P_n = 22,950 (1 + 0.02)$$

$$P_n = 22,950 \times 1.02 = 23,409$$

Jadi, pada tahun 2033, jumlah penduduk di wilayah tersebut diperkirakan akan mencapai 23.409 orang.

Estimasi Kebutuhan Air Bersih Kebutuhan Air Bersih untuk Rumah Tangga

Kebutuhan air bersih untuk rumah tangga di Desa Tanjung Riau pada tahun 2023 dapat dihitung berdasarkan jumlah penduduk, yang pada tahun 2023 sebanyak 22.950 orang. Kebutuhan air per orang per hari diperkirakan 190 liter. Jadi, kebutuhan air pada tahun 2023 adalah 22.950×190 liter = 4.360.500 liter per hari. Kemudian, jika dihitung dalam satuan detik, yaitu dengan membagi jumlah liter per hari dengan jumlah detik dalam sehari (86.400

detik), maka kebutuhan air pada tahun 2023 adalah $4.360.500 / 86.400 = 50,47$ liter per detik.

Pada tahun 2033, diperkirakan jumlah penduduk akan menjadi 28.942 orang. Dengan menggunakan perhitungan yang sama, kebutuhan air per hari pada tahun 2033 adalah 28.942×190 liter = 5.498.980 liter per hari. Jika dihitung dalam satuan detik, maka kebutuhan air pada tahun 2033 adalah $5.498.980 / 86.400 = 63,65$ liter per detik.

Estimasi Kebutuhan Air Bersih untuk Fasilitas Pendidikan

Tabel 4. Tabel Kebutuhan Air Bersih untuk Fasilitas Pendidikan

Level	Murid	Teacher	Total	prediction (2.32%)	Needs (day)	Amount needed (days)
Kindergarten/Bustanul SD	580	531	1111	1397	10	13974.0
JUNIOR HIGH SCHOOL	11,111.00	759	1187	14930	10	149298.7
SENIOR HIGH SCHOOL	5799	404	6203	7802	10	78020.2
Vocational School	3999	211	4210	5295	10	52952.6
IBTIDAI	1739	127	1866	2347	10	23470.2
SANAWI	6	6	1	15	10	150.9
ALYAH	456	391	847	1065	10	10653.4
Total	316	310	626	787	10	7873.7
						336,393.75

Estimasi Kebutuhan Air Bersih untuk Fasilitas Kantor

Tabel 5. Tabel Kebutuhan Air Bersih untuk Fasilitas Kantor

No	Year	Number of Workers	Clean water requirement l/person/day	Water requirement debit l/day
1	2023	11646	10	116460
2	2033	14648	10	146481

Data tersebut menunjukkan proyeksi kebutuhan air bersih selama 10 tahun dimulai pada tahun 2023 hingga 2033 untuk para pekerja. Pada tahun 2023, terdapat 11.646 pekerja dengan kebutuhan air bersih sebesar 10 liter per orang per hari, sehingga total kebutuhan air mencapai 116.460 liter per hari. Jumlah pekerja diperkirakan meningkat menjadi 14.648 orang pada tahun 2033, yang menyebabkan peningkatan kebutuhan air menjadi 146.481 liter per hari. Hal ini menandakan bahwa sistem penyediaan air bersih perlu disesuaikan untuk mengantisipasi pertumbuhan jumlah pekerja dan memastikan ketersediaan air yang memadai di masa depan.

Estimasi Kebutuhan Air Bersih untuk Rumah Sakit

Rumah sakit terdekat yang diambil sebagai sampel adalah *Batam Authority Hospital*, dengan data kebutuhan air yang tercantum pada tabel 6.

Tabel 6. Tabel Kebutuhan Air Bersih untuk Rumah Sakit

No	Year	Patient Capacity (Bed)	Clean Water Requirement l/be/day	Water Requirement debit l/day
1	2023	159	200	31800
2	2033	200	200	39997

Data tersebut menunjukkan kebutuhan air bersih untuk rumah sakit berdasarkan kapasitas pasien (jumlah tempat tidur) pada tahun 2023 dan 2033. Pada tahun 2023, dengan kapasitas 159 tempat tidur dan kebutuhan air bersih sebesar 200 liter per tempat tidur per hari, total kebutuhan air bersih mencapai 31.800 liter per hari. Pada tahun 2033, kapasitas pasien meningkat menjadi 200 tempat tidur dengan kebutuhan air yang sama, sehingga total kebutuhan air naik menjadi 39.997 liter per hari. Peningkatan kapasitas pasien ini menunjukkan bahwa sistem penyediaan air bersih rumah sakit perlu ditingkatkan untuk memenuhi kebutuhan di masa mendatang.

Estimasi Kebutuhan Air Bersih untuk Fasilitas Keagamaan

Perkiraan kebutuhan air bersih untuk fasilitas keagamaan lebih difokuskan pada jumlah masjid dan Mushola yang ada di Tanjung Riau karena penggunaan air untuk kegiatan ibadah. Oleh karena itu, fasilitas keagamaan agama lain hanya digunakan untuk ibadah sekali seminggu, sehingga fasilitas agama lain tidak diperhitungkan.

Tabel 7. Tabel Kebutuhan Air Bersih untuk Fasilitas Keagamaan

No	Year	Number of Mosques and Prayer Rooms	Clean Water Requirement l/be/day	Water Requirement debit l/day
1	2023	13	3000	39,000.00
2	2033	16	3000	49,053.49

Data tersebut menggambarkan kebutuhan air bersih untuk fasilitas keagamaan, seperti masjid dan musala, pada tahun 2023 dan

2033. Pada tahun 2023, terdapat 13 fasilitas keagamaan dengan kebutuhan air bersih sebesar 3.000 liter per unit per hari, menghasilkan total kebutuhan sebesar 39.000 liter per hari. Di tahun 2033, jumlah fasilitas meningkat menjadi 16, dengan kebutuhan air per unit yang tetap, sehingga total kebutuhan air bersih bertambah menjadi 49.053,49 liter per hari. Data ini menunjukkan adanya peningkatan kebutuhan air bersih seiring bertambahnya jumlah fasilitas keagamaan, yang perlu diantisipasi dalam perencanaan penyediaan air.

Estimasi Kebutuhan Air Bersih untuk Fasilitas Pusat Kesehatan

Tabel 8. Table of Clean Water Requirements for Health Facilities

No	Year	Number of health centers, health posts, and polyclinics	Clean Water Requirement l/be/day	Water Requirement debit l/day
1	2023	3	2000	6,000.00
2	2033	4	2000	7,546.69

Data tersebut menunjukkan kebutuhan air bersih untuk fasilitas kesehatan, seperti puskesmas, pos kesehatan, dan poliklinik, pada tahun 2023 dan 2033. Pada tahun 2023 terdapat 3 fasilitas dengan kebutuhan air bersih sebesar 2.000 liter per unit per hari, sehingga total kebutuhan air mencapai 6.000 liter per hari. Pada tahun 2033, jumlah fasilitas meningkat menjadi 4, dengan kebutuhan air yang sama per unit, sehingga total kebutuhan air bersih naik menjadi 7.546,69 liter per hari. Peningkatan ini mencerminkan perlunya peningkatan kapasitas penyediaan air bersih untuk mendukung layanan kesehatan yang berkembang di masa depan.

Estimasi Kebutuhan Air Bersih untuk Fasilitas Hotel

Tabel 9. Tabel Kebutuhan Air Bersih untuk Fasilitas Hotel

No	Year	Hotel Name	Number of Rooms	Clean Water Requirement l/be/day	Water Requirement debit l/day
1	2023	Hariss Resort	870	150	130,500.00
2	2033	Holiday Inn Resort	1094	150	164,140.53

Data tersebut menampilkan kebutuhan air bersih untuk fasilitas hotel pada tahun 2023 dan 2033. Pada tahun 2023, Hotel Hariss Resort memiliki 870 kamar dengan kebutuhan air bersih sebesar 150 liter per kamar per hari, sehingga total kebutuhan air mencapai 130.500 liter per hari. Sementara itu, pada tahun 2033, Holiday Inn Resort memiliki 1.094 kamar dengan kebutuhan air per kamar yang sama, sehingga kebutuhan air meningkat menjadi 164.140,53 liter per hari. Data ini menunjukkan bahwa seiring bertambahnya jumlah kamar hotel, kebutuhan air bersih juga meningkat, yang perlu menjadi perhatian dalam perencanaan sistem penyediaan air untuk sektor perhotelan.

Perkiraan Kebutuhan Air Bersih untuk Area Industri

Karena lahan yang ditujukan untuk area industri terbatas, maka dapat dilihat pada tabel rencana penggunaan lahan di Batam untuk memeriksa apakah hasil perkiraan melebihi area yang ditentukan untuk kawasan industri.

Perkiraan kebutuhan air untuk fasilitas Kawasan Industri Marina City di Tanjung Riau.

Tabel 10. Tabel Kebutuhan Air Bersih untuk Fasilitas Hotel

No	Year	Area name	Area Ha	Clean water requirement l/be/day	Water requirement debit l/day
	2023	Sekupang Makmur Abadi industrial area	31.73	0.75	23.80

Setelah melakukan perhitungan berdasarkan fasilitas/sektor yang ada, kebutuhan air bersih untuk Tanjung Riau dari tahun 2023 hingga 2033 adalah sebagai berikut:

Tabel 11. Tabel Kebutuhan Total Air di Tanjung Riau

No	Facility	Clean water requirement (l/ d et)	
		2023	2033
1	Residents/households	50.47	63.65
2	Education	3.10	3.89
3	Offices	1.35	1.70
4	Hospitals	0.37	0.46
5	Religious	0.45	0.57
6	Health centers	0.07	0.09
7	Hotels	1.51	1.90
8	Industry	1.00	1.00
	Total	58.31	73.25

Identifikasi Kondisi Sumber Air di Tanjung Riau

Di Desa Tanjung Riau, tepatnya di area Marina City, terdapat sebuah badan air alami atau danau alami. Badan air ini direncanakan untuk diteliti apakah memiliki volume dan kualitas yang cukup untuk digunakan sebagai sumber air mentah bagi pembangunan Instalasi Pengolahan Air (IPA) mini di wilayah atau desa Tanjung Riau. Objek penelitian badan air ini mencakup area seluas 60,23 ha yang terletak di kawasan Marina City dengan luas sekitar 110 ha. Ke depannya, kawasan ini direncanakan untuk menjadi kawasan pemukiman dan pariwisata, sambil mempertahankan keberadaan badan air alami yang ada, serta diperlukan pengelolaan yang tepat agar dapat memenuhi kebutuhan aktivitas masyarakat di sekitarnya dan menjaga kelestarian alam. Lanskap alami di area ini dan sekitar badan air masih berupa pepohonan, rerumputan liar, waduk alami, dan sungai. Selain itu, terdapat beberapa kawasan perumahan yang mulai berkembang di sekitar lokasi badan air.

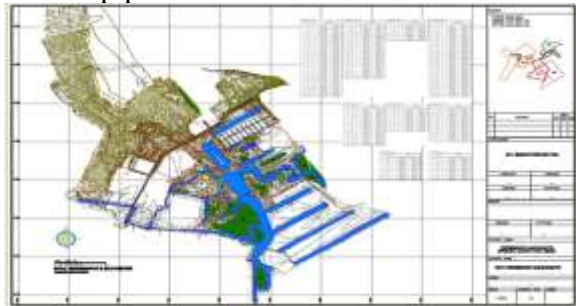
Di lokasi penelitian, terdapat beberapa saluran air dengan lebar mencapai 45 meter dan panjang yang bervariasi antara masing-masing saluran. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, kawasan pemukiman formal juga telah dibangun di beberapa titik yang dekat dengan area badan air tersebut. Tanah di area ini tidak mengalami penurunan yang signifikan, yang dapat menjadi indikator stabilitas daerah sekitar badan air.



Gambar 10. Kondisi Eksisting Lokasi Penelitian Badan Air Marina City

Data Topografi

Data pengukuran topografi pada lokasi ini dilakukan untuk mengetahui bentuk dan kontur permukaan di lokasi penelitian, yang berkaitan dengan perencanaan fasilitas pendukung yang diperlukan jika sumber air mentah di kawasan Marina City dianggap layak dan mencukupi sebagai sumber air mentah untuk Instalasi Pengolahan Air (IPA), seperti pompa, unit pengolahan air, serta saluran pipa transmisi dan distribusi air bersih.



Gambar 11. Peta topografi badan air di kawasan Marina City

Berdasarkan data survei topografi, diketahui bahwa kedalaman maksimum badan air (danau) adalah 5 meter. Titik tertinggi di lokasi penelitian berada pada ketinggian 4-6,5 meter di atas permukaan laut. Area ini sangat rentan terhadap pasang surut laut yang umumnya mencapai ketinggian 3 meter, dengan kemungkinan tinggi untuk mencapai 3,6 meter sekali setiap 5 tahun. Melalui survei topografi ini, akan ditentukan area tangkapan air yang akan menjadi potensi aliran masuk untuk pasokan air. Selain itu, informasi ini juga dapat menjadi pertimbangan untuk pembuatan gerbang air untuk menahan masuknya air laut, serta menentukan tingkat tanggul atau pengerukan area yang nantinya akan dibangun menjadi pemukiman, kawasan wisata, atau badan air.

Kawasan Penampung Air

Kawasan Penampung Air adalah area yang dibatasi oleh titik tertinggi dari batas topografi berupa punggung bukit atau gunung yang mengumpulkan dan menyimpan air hujan yang jatuh di atasnya dan mengalirkannya melalui aliran permukaan, anak sungai, dan sungai ke

danau dan/atau ke laut. Penentuan batas kawasan penampung air dilihat dari data pengukuran topografi dan jaringan drainase kota yang ada.

Berdasarkan deliniasi yang dilakukan oleh BP Batam, lokasi perencanaan badan air memiliki kawasan penampung air seluas 438 ha dengan luas kolam air sebesar 258 ha. Volume kolam air berasal dari air hujan yang mengalir dari topografi tinggi ke rendah, yaitu menuju lokasi perencanaan, mata air, dan air domestik dari beberapa pemukiman yang telah dibangun di daerah tersebut. Selain itu, juga terdapat aliran air dari laut, sehingga kondisi air di area perencanaan terbagi menjadi dua, yaitu air payau dan air tawar. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan yang tepat sasaran dan sesuai dengan target pembiayaan agar penyediaan air dapat berjalan secara efektif.

Analisis Hidrologi

Data Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan dalam laporan ini adalah data curah hujan selama 5 tahun terakhir (2019-2023) yang bersumber dari BMKG Hang Nadim dan Batam pada tahun 2023.

KESIMPULAN

Penelitian ini menyoroti tantangan kritis dalam pasokan air yang dihadapi oleh Tanjung Riau dan wilayah Batam secara keseluruhan. Penelitian mengungkapkan adanya kesenjangan yang signifikan dan semakin berkembang antara permintaan dan pasokan air, yang diperburuk oleh pertumbuhan populasi dan infrastruktur yang tidak memadai. Sistem distribusi air saat ini, meskipun memiliki cakupan yang luas, tidak mampu memenuhi kebutuhan banyak warga, dengan sering terjadinya gangguan pasokan dan rendahnya kepuasan pengguna. Penelitian terhadap danau Marina City sebagai sumber air baru yang potensial menawarkan solusi yang menjanjikan, namun juga menghadirkan tantangan kompleks karena pengaruh pasang surut. Ke depan, sangat penting bagi pihak berwenang dan lembaga pengelola air untuk mengambil

tindakan yang tegas. Tindakan tersebut harus mencakup studi lanjutan yang lebih rinci tentang danau Marina City, investasi dalam infrastruktur untuk mengelola dampak pasang surut serta memisahkan air tawar dari air payau, dan strategi komprehensif untuk memperluas dan meningkatkan sistem distribusi air. Selain itu, langkah-langkah konservasi air dan kampanye kesadaran publik perlu dilaksanakan untuk mengelola permintaan. Hanya melalui pendekatan yang multifaset, yang mencakup baik pasokan maupun permintaan, Tanjung Riau dapat berharap untuk mencapai sistem pasokan air yang berkelanjutan dan andal yang mampu mendukung populasi yang berkembang dan kebutuhan pembangunan di masa depan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Artikel ini disusun untuk memenuhi persyaratan ujian tesis magister di bidang ilmu lingkungan di Universitas Maritim Raja Ali Haji. Penulis mengucapkan terima kasih kepada pembimbing dan pihak-pihak lain yang telah membantu penulis sehingga penelitian dan penulisan ini dapat diselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

Abubakar, IR, Maniruzzaman, KM, Dano, UL, AlShihri, FS, AlShammari, MS, Ahmed, SMS, Al-Gehlani, WAG, Alrawaf, TI (2022). Environmental Sustainability Impacts of Solid Waste Management Practices in the Global South. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 19(19). <https://doi.org/10.3390/ijerph191912717>

Asmadi, S., Suharno, S. K. M. (2012). *Dasar-dasar teknologi pengolahan air limbah*. Yogyakarta: Gosyen Publishing.

Aulia, W., Triweko, RW, Riyanto, BA, Adidarma, WK, Yudianto, D. (2020). Analysis of Mukakuning and Duriangkang Reservoir's Capacity to Fulfill The Raw Water Demand of Batam City. *Journal of Water*

Resources. 16 (2): 119–129. <https://doi.org/10.32679/jsda.v16i2.690>

- Berlian, W.C.P.O. (2021). Analysis of the operating pattern of the Duriangkang reservoir as a source of raw water for the people of Batam City. [Skripsi]. Universitas Mercu Buana.
- Dicky, M. (2008). Raw Water Quality of Batam City. [Thesis]. Universitas Diponegoro.
- Jasmine, K. (2014). Water Resources Potential in Batam Island Through the Utilization of Reservoirs. *Water Resources*. 8 (3): 616–636.
- Kurniawan, H., Ardi, NK, Kuswanto, K. (2022). Water Balance Analysis of the Tiban Lama River Basin (Case Study: Duriangkang Reservoir in Batam City). *Sigma Teknika*. 5 (1): 138–150. <https://doi.org/10.33373/sigmateknika.v5i1.4136>
- Mashadi, A., Surendro, B., Rakhmawati, A., Amin, M. (2018). Peningkatan Kualitas Ph, Fe Dan Kekeruhan Dari Air Sumur Gali Dengan Metode Filtrasi. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*. 1(2): 105-113.
- Tchobanoglous, G., Stensel, H. D., Tzuchihashi, R., Burton, F. (2014). *Wastewater engineering: Treatment and resource recovery* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Wahyuni, A., Junianto. (2017). Analysis of Clean Water Needs in Batam City in 2025. *Tapak*. 6 (2): 116–126.