

POTENSI PEMANFAATAN DAUR ULANG AIR LIMBAH DOMESTIK DAN INDUSTRI UNTUK SUMBER AIR BAKU DI KOTA BATAM

Togap Sinambela¹, Simon Sembiring G.², Mardiaman³

¹Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Tama Jagakarsa. Jakarta

Email: togapsinambelaok95@gmail.com

²Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Tama Jagakarsa. Jakarta

Email: simonlepar@gmail.com

³Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Tama Jagakarsa. Jakarta

Email: mardi240967@gmail.com

Masuk:19-04-2023, revisi: 26-04-2023, diterima untuk diterbitkan: 30-04-2023

ABSTRAK

Kegiatan industri manufaktur, industri pariwisata dan pemukiman secara otomatis akibat bertambahnya jumlah penduduk. Semua kegiatan membutuhkan lahan yang berpengaruh pada penyediaan sumber daya air di kota Batam. Pada tahun 2025 kebutuhan air baku kota Batam sebesar 5.278 liter/ detik sementara kapasitas sumber daya air eksisting adalah sebesar 5.250 liter/ detik atau kekurangan 25 liter/ detik dan proyeksi proyeksi kebutuhan air bersih pada tahun 2045 sebesar 6.013 liter/ detik atau kekurangan air sebesar 763 liter/detik. Sementara proyeksi kebutuhan air baku untuk kawasan industri, perhotelan dan rumah susun pada tahun 2045 sebesar 1.538 liter/detik. Dalam rangka memenuhi kekurangan tahun 2045, maka diadakan penelitian pemanfaatan air limbah domestik dan industri. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif dengan pengumpulan data primer dan sekunder dari berbagai instansi yang terkait dan wawancara. Data tersebut diolah secara matematik. Selain itu direview dan evaluasi dari Pengolahan air limbah domestik, industri ada di Batam. Dari hasil penelitian diperoleh hasil bahwa potensi pemanfaatan daur ulang air limbah domestik kawasan industri, perhotelan dan kawasan permukiman (rumah susun) akan memberikan kontribusi sebesar 47,98 % dari kebutuhan air baku industri atau dapat menambah kebutuhan air baku kota Batam sebanyak 12,92 % pada tahun 2035 dan 12,27 % pada tahun 2045.

Kata kunci: Kebutuhan air, daur ulang, air limbah domestik industri, pemanfaatan, potensi

ABSTRACT

The activities of the manufacturing industry, tourism industry and settlements are automatically happened due to the increase in population. All activities require land that affects the provision of water resources in Batam. water requirement of Batam City was calculated at 5,278 litres/sec in 2025, while the capacity of existing water resources was 5,250 litres/sec or a shortage of 25 litres/sec, and the projected clean water demand in 2045 is 6,013 litres/sec or water shortage of 763 litres/sec. Meanwhile, the estimated consumption of usable water for industrial estates, hotels and flats 2045 were 1,538 litres/sec. Research on domestic and industrial wastewater was conducted to meet the shortage of usable water in 2045. The research method uses a descriptive approach by collecting primary and secondary data from various related agencies and interviews. The data was processed mathematically. In addition, it was reviewed and evaluated from domestic wastewater treatment, and the industry is in Batam. From the results of the study, it was found that the potential utilization of domestic waste water recycling in industrial estates, hotels and residential areas (flats) will contribute to 47.98% of industrial raw water needs or can increase the basic water needs of Batam city by 12.92% in 2035 and 12.27% in 2045.

Keywords: *Water requirements, recycling, domestic industrial wastewater, utilization, potential*

1. PENDAHULUAN

Meningkatnya kegiatan industri manufaktur, perhotelan dan pemukiman akan beriringan dengan meningkatnya jumlah penduduk dan kebutuhan terhadap lahan. Hak ini dapat berimbas pada ketersediaan sumber daya air di berbagai kota termasuk kota Batam. Berbagai sumber daya air untuk keperluan masyarakat dapat diperoleh dari air tanah, hujan, permukaan dan hasil olahan air limbah berbagai aktivitas. Oleh karena itu kebutuhan air seharusnya disediakan dengan mengoptimalkan pencarian potensi sumber daya air yang memungkinkan dilakukan oleh pihak terkait. Salah satu upaya yang dapat dilakukan dengan mengolah air limbah menjadi air yang memenuhi kesehatan sehingga dapat dimanfaatkan. Pengolahan air limbah bekas pemakaian menjadi air bersih melalui daur ulang salah satu cara efisiensi air. Efisiensi air tentu saja berpengaruh pada aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan sekitarnya (Rizki, 2022). Hal yang menarik dalam penyediaan air bersih adalah pemanfaatan air limbah (Subekti, 2005). Oleh karena itu diperlukan suatu strategi penyediaan air yang dapat mengantisipasi permasalahan ketersediaan air, industri manufaktur, industri pariwisata (perhotelan) dan pemukiman. Pengolahan air buangan menjadi air baku mempunyai potensi menambah persediaan air baku (Munandar et al., 2020). Potensi air limbah diolah menjadi air baku juga dinyatakan (Bahri et al., 2013)

Batam *integrated total water management* (BITWM) adalah suatu pendekatan holistik dalam pemenuhan kebutuhan air domestik melalui pemanfaatan seluruh sumber air, alamiah dan non alamiah secara optimal dengan mengintegrasikan ke dalam sistem penyediaan air minum (SPAM) (Anonim, 2012). Dengan pengelolaan limbah cair, dan air hujan di wilayah terbangun sedemikian rupa akan berakibat sumber-sumber air alamiah terjaga keberlanjutannya. Pengolahan air limbah domestik dapat dengan sistem pengolahan terpusat (*off site system*) yang dialirkan secara gravitasi (Mubin et al., 2016) Sasaran dari pengelolaan air yang terintegrasi adalah menjamin pencapaian akses air minum dan sanitasi dengan memadukan pengelolaan air hujan, air limbah, limpasan air drainase sebagai pasokan sumber air baku air minum non konvensional. Pendekatan BITWM dilakukan dengan menyusun neraca keseimbangan air perkotaan yang didasarkan kepada siklus air perkotaan yang bersifat lokal. Siklus terjadi di suatu wilayah perkotaan terbangun, dimulai dari input pasokan air sebagai sumber air alami ke dalam sistem penyediaan air perkotaan, melalui pengolahan dan pendistribusian air, dan menghasilkan air buangan yang dapat dikumpulkan atau disalurkan melalui jaringan air limbah perkotaan. Berikutnya dilakukan pengolahan untuk meningkatkan kualitas air dan hasil olahan dimanfaatkan kembali sebagai air daur ulang dan sisanya dibuang. Pelaksanaan pengolahan air limbah sering mengalami kendala sehingga perlu dimasyarakatkan (Nugroho, 2014). Daur ulang air dapat digunakan untuk berbagai keperluan lain (*non* konsumsi) misalnya untuk kebersihan, siram tanaman, air kakus, dan proses industri serta keperluan perkotaan lainnya selain untuk dikonsumsi.

Salah satu strategi konservasi sumber daya air dan alternatif upaya penyediaan air bersih yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan daur ulang air (*water recycle*). Daur ulang air merupakan sistem pengolahan air yang tidak layak atau berbahaya menjadi air yang dapat dipergunakan kembali. Penelitian tentang pengolahan air limbah sudah dilakukan (Fitriyanti, 2015), (Said, 2006). Penelitian bertujuan menentukan potensi pemanfaatan daur ulang air limbah domestik kawasan industri, perhotelan dan kawasan permukiman akan memberikan kontribusi di kota Batam. Dengan harapan dapat dibuat kebijakan yang tepat dalam pengadaan air bersih bagi kota Batam.

1. 1. Air Limbah Domestik

Metcalf & Eddy, (2003) adalah limbah yang berasal dari pemukiman, institusi, komersial, dan fasilitas lainnya (Metcalf & Eddy, 2003). *Environmental Protection Agency* (EPA, 2012) menyatakan bahwa air yang membawa bahan padat terlarut atau suspensi dari tempat tinggal, kebun, bangunan perdagangan, dan industri. (PP No 82 tahun 2021, 2001) menyatakan air sebagai sisa dari suatu usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair. Air limbah dapat berasal dari rumah tangga (domestik) maupun industri. Keputusan MenLH 112 Tahun 2003, adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau

kegiatan permukiman (real estate), rumah makan (restauran), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama (KepMen LH No 112 tahun 2003, 2003); air limbah (*waste water*) adalah kotoran dari masyarakat dan rumah tangga dan juga yang berasal dari industri, air tanah, air permukaan serta buangan lainnya. Air limbah memiliki sifat fisik, sifat kimiawi, serta kandungan biologis dari air limbah serta sumber utama munculnya sifat itu (Suyasa, 2015) dan kamus besar bahasa Indonesia, adalah limbah cair yang berasal dari kegiatan rumah tangga dan kegiatan sanitasi manusia yang rutin. Menurut Metcal & Eddy (2003), upaya daur ulang air limbah domestik sebagai sumber alternatif air bersih didukung oleh beberapa alasan yang rasional, diantaranya:

- Sumber daya Air ada keterbatasannya.
- Sudah ada pengetahuan mengenai daur ulang air sudah ada dan perlu mengembangkannya.
- Kualitas air daur ulang tepat diaplikasikan pada *non-potable*.
- Mencapai tujuan sumber daya air yang berkelanjutan sebaiknya menggunakan air secara efisien.
- Produksi air daur ulang membutuhkan energi yang efisien.
- Air daur ulang berkontribusi dalam menjaga lingkungan. Salah satu upaya dengan mengurangi jumlah *efluen* air limbah yang masuk ke badan air.

Beberapa kategori penggunaan daur ulang air limbah dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Penggunaan daur ulang air limbah domestik (Said, 2006)

No	Penggunaan daur ulang air limbah	
1	Irigasi Pertanian	Pertanian produksi Pembibitan komersial
2	Irigasi <i>Landscape</i>	Taman Halaman sekolah/perkantoran Lapangan <i>Golf</i> Jalan raya Jalur hijau Makam Perumahan
3	Penggunaan Untuk Industri	Pendingin Umpan bioler Air proses Pekerjaan konstruks
4	<i>Recharge</i> Air Tanah	Pengisian air tanah Kontrol intrusi air laut Kontrol tanah ambles (<i>land subsidence</i>)
5	Rekerasi dan Fungsi Lingkungan	Untuk pengisian danau/kolam Perikanan Keperluan
6	Keperluan Umum	Air pemadam kebakaran Air pendingin udara (<i>air conditioning</i>) Air bilas toilet (<i>toilet, flaushing</i>).

1.2. Perhitungan Proyeksi Penduduk

Perhitungan perkembangan populasi berdasarkan pada angka kenaikan penduduk rata-rata pertahun. Presentase pertumbuhan penduduk rata-rata dapat diperoleh dari data biro pusat statistic (BPS). Metode yang sering diterapkan saat memperkirakan pertumbuhan atau proyeksi penduduk karena laju pertumbuhan ini bersifat berskala atau bertahap dalam selang waktu tertentu adalah Metode geometrik.

Persamaan yang digunakan untuk metode Geometrik ini adalah :

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

dimana:

P_n = Proyeksi jumlah penduduk pada tahun ke- n (jiwa).

P_o = Proyeksi jumlah penduduk pada tahun acuan (jiwa).

r = Pertumbuhan rata-rata penduduk (%).

n = selisih tahun ke-n dan acuan (tahun).

1.3. Perhitungan Kebutuhan Air Bersih

Proyeksi kebutuhan air minum didasarkan pada jumlah penduduk, jumlah dan jenis kegiatan perkotaan yang memerlukan air, dan rata-rata pemakaian air di Pulau Batam, yaitu kebutuhan air domestik dan non domestik. Standar kebutuhan air bersih ada 2 (dua) macam yaitu standar kebutuhan air domestik, meliputi: kebutuhan air bersih untuk pemenuhan kegiatan sehari-hari atau rumah tangga seperti: untuk minum, memasak, kesehatan individu (mandi, cuci dan sebagainya, menyiram tanaman, halaman, pengangkutan air buangan (buangan dapur dan toilet). Kebutuhan air domestik untuk kota sesuai wilayah dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kebutuhan Air Non Domestik (Astani et al., 2021).

No	Kategori Kota	Jumlah penduduk (jiwa)	Kebutuhan air bersih (ltr /O/H)	Konsumsi unit hidran ltr /orang/hari
1	Semi urban	3000–20000	60–90	20-40
2	Kota kecil	20000–100000	90–110	20-40
3	Kota sedang	100000–500000	100–125	20-40
4	Kota besar	500000–1000000	120–150	20-40
5	Metropolitan	>1000000	150–200	20-40

Standar kebutuhan air non domestik, meliputi: kebutuhan air bersih yang digunakan untuk beberapa kegiatan seperti: perkantoran, kesehatan, industri, komersial, umum, dan lainnya. Kebutuhan air non domestik menurut kriteria perencanaan Ditjen Cipta Karya, 1996 dilihat dalam Tabel 3-5.

Tabel 3. Kebutuhan Air Non Domestik Untuk Kota Kategori I, II, III, IV (SNI 03:7065-20051, 2005)

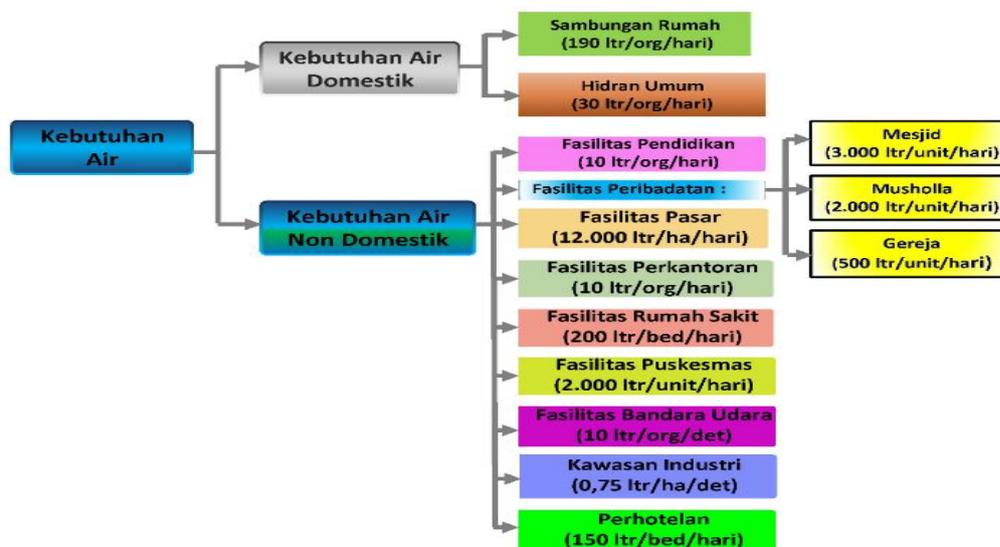
No	Sektor	Nilai	Satuan
1	sekolah	10	ltr /murid/hari
2	Rumah sakit	200	ltr /bed/hari
3	puskesmas	2000	ltr /unit/hari
4	masjid	3000	ltr /unit/hari
5	kantor	10	ltr /pegawai/hari
6	pasar	12000	ltr /ha/hari
7	hotel	150	ltr /bed/hari
8	Rumah makan	100	ltr /tpt duduk/hari
9	Komplek militer	60	ltr /orang/hari
10	Kawasan industri	0.2-0.8	ltr /det/ha
11	Kawasan pariwisata	0.1-0.5	ltr /det/ha

Tabel 4. Kebutuhan Air Non Domestik Untuk Kategori V (Desa)

Sektor	Nilai	Satuan
Sekolah	5	ltr /murid/hari
Rumah sakit	200	ltr /bed/hari
puskesmas	1200	ltr /unit/hari
masjid	3000	ltr /unit/hari
mushola	2000	ltr /unit/hari
pasar	12000	ltr /ha/hari
Komersial industri	10	ltr /hari

Tabel 5. Kebutuhan Air Non Domestik Untuk Kategori Lain

Sektor	Nilai	Satuan
Lapangan terbang	10	ltr/orang/et
pelabuhan	50	ltr/orang/hari
Stasiun KA dan terminal bus	10	ltr /orang/det
Kawasan industri	0.75	ltr /detik/ha



Gambar 1. Diagram kebutuhan air

Proyeksi kebutuhan air bersih juga dipengaruhi oleh faktor kehilangan air. Berdasarkan data dari SPAM Batam bahwa faktor kehilangan air berkisar 16,63 %.

1.4. Ketersediaan Air

Untuk memenuhi kebutuhan air bersih di Pulau Batam, sumber air baku yang digunakan berasal dari 9 (sembilan) waduk yang terdapat di Pulau Batam, yaitu Baloi, Sei Harapan, Sei Ladi, Muka kuning, Nongsa, Duriangkang, Tembesi, Rempang Galang dan Sei Gong. Kapasitas waduk terlihat pada tabel 6.

Tabel 6. Kapasitas waduk dan IPAL di kota Batam.

No	Waduk	Volume	Kapasitas Disain IPAL (l/det)	Kapasitas IPAL terpasang(l/det)
1	Sei harapan	3600000	210	210
2	Baloi	270000	30	60
3	Sei Nongsa	720000	60	110
4	Sei Ladi	9490000	240	270
5	Muka kuning	12270000	310	310
6	Duriangkang	176279309	3000	2800
7	Tembesi	56820000	600	-
8	Ranoang Galang	11800000	400	-
9	Sei Gong	11800000	400	-
	total		5250	3620

2. Debit Air Limbah Domestik

Debit air limbah menyatakan banyaknya air buangan atau limbah yang dihasilkan oleh masyarakat selama rentang waktu tertentu. Analisis debit air limbah mencakup debit air limbah puncak (Q_{peak}) dan debit air limbah minimum (Q_{min}). Menurut (Tchobanoglous et al., 2003) debit air limbah dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Q_{al} = 80\% \cdot Q_{ab} \quad (2)$$

dimana:

Q_{al} = debit air limbah (m^3/dtk)

Q_{ab} = debit air air bersih (m^3/dtk)

3. Potensi Daur Ulang Air Limbah Domestik

Potensi air limbah domestik yang dapat didaur ulang adalah sebesar 60% dari debit air limbah. Hal tersebut ditentukan dengan asumsi bahwa sebagian volume air limbah ($\pm 40\%$) yang telah diolah pada IPAL dan STP menjadi residu pengolahan berupa *sludge*

2. METODE

Penelitian dilakukan pada periode februari sampai dengan Juli 2022. Penelitian dilakukan secara *desk* studi. Jenis data yang dikumpulkan adalah data sekunder dari literatur dan instansi terkait. Data yang dikumpulkan data waduk, kebutuhan air, jumlah penduduk, dan Kawasan. Pendekatan kuantitatif dilakukan dalam merencanakan bentuk pengolahan daur ulang air limbah berdasarkan angka-angka yang diperoleh selama penelitian. Selain itu, dilakukan pendekatan kualitatif untuk menganalisa pemilihan bentuk pemanfaatan daur ulang air limbah. Langkah-langkah penelitian ini meliputi identifikasi sumber air daur ulang, pemilihan sumber air daur ulang, pengolahan data, analisa bentuk pemanfaatan daur ulang air, analisa unit pengolahan daur ulang air. Teknik perkiraan jumlah penduduk dilakukan dengan formula:

$$P_n = P_o(1 + r)^n \quad (3)$$

Debit air limbah menggunakan formula:

$$Q_{al} = 80\% \times Q_{ab} \quad (4)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Proyeksi Kebutuhan Air Bersih

a. Proyeksi Jumlah Penduduk

Dari data BPS kota Batam diketahui bahwa rata-rata pertumbuhan penduduk dari tahun 2020 sampai dengan tahun 2021 adalah sebesar 2,11 %. Proyeksi jumlah penduduk untuk tahun 2045 adalah

$$\begin{aligned} P_n &= P_o(1 + r)^n \\ &= 1.230.097 (1+2,11)^{24} \\ &= 1.580.370 \text{ jiwa} \end{aligned}$$

Proyeksi jumlah penduduk dari tahun 2021 sampai tahun 2045 adalah:

- Tahun 2021 sebanyak 1.230.097 jiwa,
- Tahun 2025 sebanyak 1.282.555 jiwa,
- Tahun 2030 sebanyak 1.351.284 jiwa,
- Tahun 2035 sebanyak 1.423.696 jiwa,
- Tahun 2040 sebanyak 1.499.989 jiwa
- Tahun 2045 sebanyak 1.580.370 jiwa



Gambar 2. Grafik proyeksi jumlah penduduk kota Batam

b. Proyeksi Kebutuhan Air Domestik

Proyeksi kebutuhan air bersih untuk Sambungan Rumah Tangga (SR) dengan tingkat pelayanan 90 % pada tahun 2045 adalah jumlah penduduk dikali tingkat pelayanan dikali konsumsi air rata-rata, yaitu: 1.580.370 jiwa x 90% x 190 ltr/ org/ har = 27.024.3206 ltr/ hari = 3.128 ltr/ det. Sedangkan untuk Hidran Umum dengan tingkat pelayanan 30 % adalah jumlah penduduk dikali tingkat pelayanan dikali konsumsi air rata-rata hidran umum, yaitu: 1.580.370 jiwa x 30% x 30 ltr/ org/ hari = 14.223.327 ltr/ hari = 165 ltr/ det.

c. Proyeksi Kebutuhan Air Non Domestik

Proyeksi kebutuhan air bersih *non* domestik pada tahun 2045, yaitu:

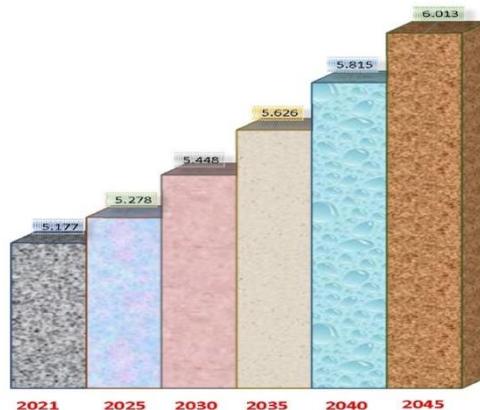
- Fasilitas pendidikan adalah jumlah guru dan murid dikali konsumsi air rata-rata untuk fasilitas pendidikan, yaitu: 287.546 jiwa x 10 ltr/ org/ hari = 2.875.457 ltr/ hari = 33,28 ltr/ det.
- Untuk Masjid adalah jumlah Masjid dikali konsumsi air rata-rata untuk Masjid, yaitu: 816 unit x 3000 ltr/ unit/ hari = 2.448.882 ltr/ hari = 28,34 ltr/ det.
- Untuk musholla adalah jumlah musholla dikali konsumsi air rata-rata untuk musholla, yaitu: 596 unit x 2000 ltr/ unit/ hari = 1.192.272 ltr/ hari = 13,80 ltr/ det
- Untuk gereja adalah jumlah gereja dikali konsumsi air rata-rata untuk gereja, yaitu: 501 unit x 500 ltr/ unit/ hari = 250.317 ltr/ hari = 2,90 ltr/ det.

- Fasilitas pasar adalah jumlah penduduk dikali standar kebutuhan pasar dikali konsumsi air rata-rata untuk fasilitas pasar, yaitu: $1.236.341 \text{ jiwa} \times 0,3 \text{ m}^2/\text{ jiwa} \times 12000 \text{ ltr/ ha/ hari} = 445.083 \text{ ltr/ hari} = 5,15 \text{ ltr/ det}$.
- Fasilitas perkantoran adalah jumlah pegawai dikali konsumsi air rata-rata untuk fasilitas perkantoran, yaitu: $673.543 \text{ jiwa} \times 10 \text{ ltr/ org/ hari} = 6.735.432 \text{ ltr/ hari} = 77,96 \text{ ltr/ det}$
- Fasilitas rumah sakit adalah jumlah bed dikali konsumsi air rata-rata untuk fasilitas rumah sakit, yaitu: $2.601 \text{ pasien} \times 200 \text{ ltr/ bed/ hari} = 520.136 \text{ ltr/ hari} = 6,02 \text{ ltr/ det}$.
- Fasilitas Puskesmas adalah jumlah Puskesmas dikali konsumsi air rata-rata untuk fasilitas puskesmas, yaitu: $21,11 \text{ unit} \times 2000 \text{ ltr/ unit/ hari} = 42.213 \text{ ltr/ hari} = 0,49 \text{ ltr/ det}$
- Fasilitas bandar udara adalah jumlah penumpang dikali konsumsi air rata-rata untuk fasilitas bandara, yaitu: $2.146.991 \text{ org} \times 10 \text{ ltr/ det} = 21.492.573 \text{ ltr/ hari} = 248,76 \text{ ltr/ det}$
- Fasilitas kawasan industri adalah luas kawasan industri dikali konsumsi air rata-rata untuk fasilitas kawasan industri, yaitu: $1.920,33 \text{ Ha} \times 0,75 \text{ ltr/ Ha/ det} = 1.440,25 \text{ ltr/ det}$.
- Fasilitas perhotelan adalah jumlah tempat tidur hotel dikali konsumsi air rata-rata untuk fasilitas perhotelan, yaitu: $17.173 \text{ bed} \times 250 \text{ ltr/ bed/ det} = 2.576.001 \text{ ltr/ hari} = 29,81 \text{ ltr/ det}$.

d. Proyeksi Kebutuhan Air Bersih

Proyeksi kebutuhan air bersih untuk kota Batam pada tahun 2045 adalah kebutuhan air (domestik dan non domestik) ditambah kebutuhan air akibat faktor kehilangan air, yaitu: $5.157 \text{ ltr/ det} + 856 \text{ ltr/det} = 6.013 \text{ ltr/ det}$. Adapun proyeksi kebutuhan air bersih untuk kota Batam dari tahun 2021 hingga tahun 2045 seperti terangkum dalam Gambar 3 adalah:

- Tahun 2021 sebesar 5.177 m^3
- Tahun 2025 sebesar 5.278 m^3
- Tahun 2030 sebesar 5.448 m^3
- Tahun 2035 sebesar 5.626 m^3
- Tahun 2040 sebesar 5.815 m^3
- Tahun 2045 sebesar 6.013 m^3



Gambar 3. Grafik proyeksi kebutuhan air bersih kota Batam

e. Kebutuhan air untuk kawasan industri, perhotelan dan rumah susun di Kota Batam

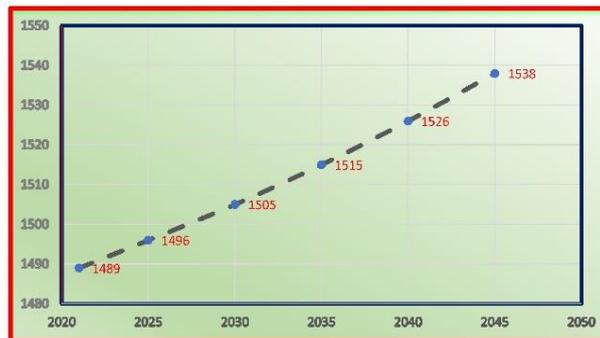
Proyeksi kebutuhan air pada tahun 2045 untuk:

- Untuk kawasan industri adalah luas kawasan industri dikali konsumsi air rata-rata untuk fasilitas kawasan industri, yaitu: $1.920,33 \text{ Ha} \times 0,75 \text{ ltr/ Ha/ det} = 1.440 \text{ ltr/ det}$,
- Untuk Perhotelan adalah jumlah tempat tidur dikali konsumsi air rata-rata untuk hotel bintang 5, yaitu: $1.662 \text{ bed} \times 250 \text{ ltr/ bed/ hari} = 415.617 \text{ ltr/ hari} = 4,81 \text{ ltr/det}$ sedangkan untuk hotel bintang 4 adalah $30.309 \text{ bed} \times 250 \text{ ltr/ bed/ hari} = 2.747.416 \text{ ltr/ hari} = 31,80 \text{ ltr/ det}$.

- Untuk rumah susun adalah jumlah penghuni dikali konsumsi air rata-rata untuk rumah susun, yaitu: $53.050 \text{ orang} \times 100 \text{ ltr/ orang/ hari} = 5.304.989 \text{ ltr/ hari} = 61,40 \text{ ltr/ det}$.

Adapun proyeksi kebutuhan air untuk kawasan industri, perhotelan dan rumah susun di Kota Batam dari tahun 2021 tahun 2045 adalah sebagai berikut:

- Tahun 2021 sebesar 1.489 ltr/ det.
- Tahun 2025 sebesar 1.496 ltr/ det.
- Tahun 2030 sebesar 1.505 ltr/ det.
- Tahun 2035 sebesar 1.515 ltr/ det.
- Tahun 2040 sebesar 1.526 ltr/ det.
- Tahun 2045 sebesar 1.538 ltr/ det.



Gambar 4. Grafik Kebutuhan air utk Kawasan industri, perhotelan dan rumah susun di kota Batam

f. Identifikasi Debit Air Limbah Domestik Kota Batam

Proyeksi debit air limbah air domestik kota Batam dihitung dengan persamaan 2:

$$Q_{al} = 80\% \cdot Q_{ab}$$

Pada tahun 2045 proyeksi debit air limbah adalah

$$\begin{aligned} Q_{al} &= 80\% \times 6.013 \text{ ltr/ det} \\ &= 4.810 \text{ ltr/ det} \end{aligned}$$

Proyeksi debit air limbah domestik kota Batam dari tahun 2021 hingga tahun 2045 adalah:

- Tahun 2021 sebesar 4.142 ltr/ det.
- Tahun 2025 sebesar 4.222 ltr/ det.
- Tahun 2030 sebesar 4,358 ltr/ det
- Tahun 2035 sebesar 4.501 ltr/ det
- Tahun 2040 sebesar 4.652 ltr/ det
- Tahun 2045 sebesar 4.810 ltr/ det



Gambar 5. Grafik Debit Air Limbah Domestik Kota Batam
Sumber: Hasil Analisa

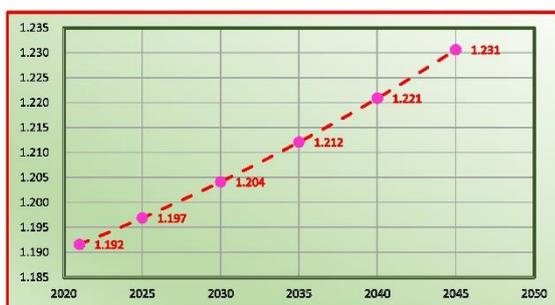
g. Proyeksi debit air limbah air domestik kawasan industri, perhotelan dan rumah susun kota Batam

Pada tahun 2045 proyeksi debit air limbah domestic kawasan industri, perhotelan dan rumah susun kota Batam adalah:

$$Q_{al} = 80\% \times 1.538 \text{ ltr/ det} \\ = 1.231 \text{ ltr/ det}$$

Proyeksi debit air limbah domestik kawasan industri, perhotelan dan rumah susun di kota Batam dari tahun 2021 sampai tahun 2045 adalah :

- Tahun 2021 sebesar 1.192 ltr/ det.
- Tahun 2025 sebesar 1.197 ltr/ det.
- Tahun 2030 sebesar 1.204 ltr/ det
- Tahun 2035 sebesar 1.212 ltr/ det
- Tahun 2040 sebesar 1.221 ltr/ det
- Tahun 2045 sebesar 1.231 ltr/ det



Gambar 6. Grafik Proyeksi debit air limbah domestik kawasan industri, perhotelan dan rumah susun di kota Batam

h. Potensi Daur Ulang Air Limbah Domestik

Potensi Daur ulang air limbah domestik kota Batam adalah 60% . Q_{al}

Pada tahun 2045 potensi daur ulang limbah domestik kota Batam adalah 60% x 4.810 ltr/ det = 2.886 ltr/ det. Potensi Daur ulang air limbah domestik kota Batam dari tahun 2021 sampai tahun 204 adalah:

- Tahun 2021 sebesar 2.484 ltr/ det
- Tahun 2025 sebesar 2.533 ltr/ det
- Tahun 2030 sebesar 2.614 ltr/ det.
- Tahun 2035 sebesar 2.700 ltr/ det
- Tahun 2040 sebesar 2.791 ltr/ det
- Tahun 2045 sebesar 2.886 ltr/ det



Gambar 7. Grafik Potensi Daur ulang air limbah domestik kota Batam

i. Potensi Daur ulang air limbah domestik kawasan industri, perhotelan dan rumah susun di kota Batam

Pada tahun 2045 potensi daur ulang limbah domestik kawasan industri, perhotelan dan rumah susun di kota Batam adalah $60\% \times 1.230 \text{ ltr/ det} = 738 \text{ ltr/ det}$. Potensi Daur ulang air limbah domestik Kawasan industri, perhotelan dan rumah susun kota Batam dari tahun 2025 sampai 2045 adalah sebagai berikut:

- Tahun 2025 sebesar 718 ltr/ det.
- Tahun 2030 sebesar 722 ltr/ det.
- Tahun 2035 sebesar 727 ltr/ det
- Tahun 2040 sebesar 732 ltr/ det
- Tahun 2045 sebesar 738 ltr/ det



Gambar 8. Grafik Potensi Daur ulang air limbah domestik Kawasan industri, perhotelan dan rumah susun kota Batam

j. Ketersediaan dan Kebutuhan Air

Kapasitas produksi air eksisting dapat dibandingkan dengan proyeksi kebutuhan air yang dibutuhkan.

Tabel 7. Perbandingan antara ketersediaan dengan kebutuhan air

No	Tahun	Kapasitas Waduk dan IPAL di kota Batam (ltr/ det)	Proyeksi Kebutuhan air (ltr.det)	Selisih (ltr.det)	Kesimpulan
1	2021	5250	5177	73	mencukupi
2	2025	5250	5278	-28	Kekurangan air
3	2030	5250	5488	-198	Kekurangan air
4	2035	5250	5676	-376	Kekurangan air
5	2040	5250	5815	-546	Kekurangan air
6	2045	5250	6013	-763	Kekurangan air

Dengan adanya total potensi debit daur ulang limbah domestik dari kawasan industri, perhotelan (bintang 4 dan 5) dan rumah susun, maka daur ulang air limbah domestik dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air bersih di kota Batam. Kontribusi daur ulang air limbah dari kawasan industri, perhotelan (bintang 4 dan 5) dan rumah susun terhadap kebutuhan air kota Batam pada tahun 2035 adalah potensi daur ulang air limbah tahun 2035 dibagi kebutuhan air kota Batam tahun 2035 dikali 100 % = $727 \text{ liter/ det} \div 5626 \text{ liter/ det} \times 100\% = 12,92\%$ sedangkan pada tahun 2045 adalah $738 \text{ liter/ det} \div 6013 \text{ liter/ det} \times 100\% = 12,27\%$.

Tabel 8. Kontribusi daur ulang air limbah dari kawasan industri, hotel (bintang 4 dan 5) dan rumah susun

No	Tahun	Kebutuhan air di kota Batam (ltr/det)	Kapasitas sumber dayan air existing (ltr.det)	Defisit kebutuhan air bersih (ltr.det)	Potensi daur ulang	Kontribusi terhadap kebutuhan air kota Batam (ltr.det)
1	2025	5278	5250	28	718	13.60
2	2030	5448	5250	198	722	13.25
3	2035	5626	5250	376	727	12.92
4	2040	5815	5250	565	733	12.61
5	2045	6013	5250	763	738	12.27

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kebutuhan air baku di kota Batam masih tercukupi hingga akhir tahun 2024, sedangkan pada tahun 2025 mulai terjadi defisit ketersediaan air baku sebesar 28 liter/det dan tahun 2045 sebesar 763 liter/ detik sementara ketersediaan sumber daya air eksisting yang ada sebesar 5.250 liter/det.
2. Kebutuhan air untuk kawasan industri, perhotelan dan kawasan permukiman di kota Batam pada tahun 2045 sebesar 2.112 ltr/ detik atau sekitar 32,12 % dari total kebutuhan air baku kota Batam. Untuk memenuhi kebutuhan air di Kota Batam supaya tidak terjadi kekurangan supply, maka dibutuhkan sumber air baru baik dari waduk atau dari sumber air baku alternatif lainnya dan salah satunya adalah pemanfaatan daur ulang air limbah industri.
3. Potensi pemanfaatan daur ulang air limbah kawasan industri, perhotelan dan kawasan permukiman akan memberikan kontribusi sebesar 12,92 % dan 12,27 % dari kebutuhan air kota Batam pada tahun 2035 dan tahun 2045.

Saran

Penerapan daur ulang air limbah untuk kawasan industri, industri pariwisata dan industri permukiman di Batam sangat potensial untuk dilakukan dan dapat menjadi alternatif sumber air baku untuk mengatasi kendala ketersediaan air baku di Batam.

Adapun beberapa saran untuk mendukung penerapan daur ulang air limbah domestik di Batam:

1. Diperlukan adanya regulasi dan pedoman yang dapat digunakan dalam pelaksanaan daur ulang air limbah di Batam, sehingga direkomendasikan adanya penyusunan peraturan daerah terkait pelaksanaan daur ulang air limbah tersebut.
2. Kegiatan daur ulang air limbah domestik direkomendasikan dilakukan pada air limbah hasil olahan IPAL atau STP yang telah memenuhi standar baku mutu yang berlaku untuk disalurkan menuju badan air.
3. Pemanfaatan air hasil daur ulang untuk ketiga sektor kegiatan masih dianjurkan untuk pemanfaatan non konsumsi dengan jenis pemanfaatan untuk irigasi landscape, cadangan air pemadam kebakaran, *flushing*, *cooling water*, dan lain sejenisnya.
4. Pemanfaatan air hujan juga dapat dilakukan sebagai sumber air baku dengan metode mengalirkan limpasan air hujan langsung ke waduk penampungan melalui jaringan drainase dan metode Akuifer Buatan dan Simpananan Air Hujan (ABSAH) (Bambang Soenarto, 2003).

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada semua rekan yang sudah memberikan motivasi dan universitas tama jagakarsa yang sudah mendukung penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2012). *Batam Integrated Total Water Management*. Kota Batam.
<https://wajahbatam.id/2022/07/16/batam-integrated-total-water-management-plan/>
- Astani, L. P., Supraba, I., & Jayadi, R. (2021). Analisis kebutuhan air domestik dan non domestik Di kabupaten kulon progo, daerah istimewa yogyakarta. *Jurnal Teknologi Sipil*, 5(November), 34–41.
- Bahri, S., Rinjani, R. R., & Setiatin, Y. (2013). Potensi air limbah untuk didaur ulang sebagai air baku waste water potential to be recycled as a agriculture raw water (case studies some industry and domestic). *Jurnal Sumber Daya Air*, 9(2), 117–130.
- EPA. (2012). *Guidelines for Water Reuse* (Issue September).
- Fitriyanti, R. (2015). Kajian instalasi pengolahan limbah cair stockpile batubara. *Berkala Teknik*, 5(2), 864–875.
- Keputusan Menteri negara lingkungan hidup nomor 112 tahun 2003 tentang Baku mutu air limbah domestik menteri, 1 (2003). <http://citarum.org/citarum-knowledge/arsip-dokumen/laporan-teknis/kebijakan/keputusan-menteri/747-kepmen-lh-no-112-tahun-2003-tentang-baku-mutu-air-limbah-domestik.html>
- Metcalf, & Eddy. (2003). *Wastewater Engineering - Treatment and Reuse (4th edition)*. Mc Graw Hill.
- Mubin, F., Binilang, A., & Halim, F. (2016). Perencanaan sistem pengolahan air limbah domestik di kelurahan istiqlal kota manado. *Jurnal Sipil Statik*, 4(3), 211–223.
- Munandar, A., Avri, V., & Hasiyany, S. (2020). Daur Ulang Air Buangan Menjadi Air Baku Dengan Sistem Filtrasi Di PT P (Industri Kertas). *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*, 5(2), 71–75.
- Nugroho, R. (2014). Pemasyarakatan daur ulang air limbah untuk mengantisipasi kelangkaan air akibat perubahan iklim global. *JAI*, 7(1), 32–43.
- Rizki, R. (2022). Pengaruh efisiensi energi dan air pada bangunan dalam penerapan eco-green. *SINEKTIKA Jurnal Arsitektur*, 19(2), 120–128.
- Said, N. I. (2006). Daur ulang air limbah (water recycle) ditinjau dari aspek teknologi, lingkungan dan ekonomi. *JAI*, 2(2), 100–131.
- Peraturan pemerintah republik indonesia nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, 1 (2001). <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/53103/pp-no-82-tahun-2001>
- Tata cara perencanaan sistem plambing, 1 (2005).
- Subekti, S. (2005). *Pengelolaan air bersih rumah sakit sebagai upaya minimisasi limbah cair*. UNIVERSITAS DIPONEGORO.
- Suyasa, W. B. (2015). *Wastewater Engineering - Treatment and Reuse (4th edition)*. UdAyAnA UniveRSity PRess.
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2003). *Wastewater Engineering (4th ed.)*. Mc Graw Hill.