

# Analisis Hidrolis dan Jejak Karbon Jaringan Distribusi Air Bersih di Pulau Kecil Padat Penduduk (Pulau Lengkang Kecil, Kota Batam)

## Hydraulic Analysis and Carbon Footprint of Water Supply Network in Small Populated Islands (Lengkang Kecil Island, Batam City)

MUHAMMAD RIZKI APRITAMA<sup>1</sup>, I WAYAN KOKO SURYAWAN<sup>2</sup>, YOSEF ADICITA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Universal, Kota Batam

<sup>2</sup>Fakultas Perencanaan Infrastruktur, Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pertamina, Kota Jakarta  
Email: i.suryawan@universitaspertamina.ac.id

### ABSTRACT

*The clean water supply system network on Lengkang Kecil Island was developed in 2019. A small portion of the community's freshwater comes from harvesting rainwater and dug wells, which are only obtained during the rainy season. The primary source of clean water used by the community comes from underwater pipelines with a daily discharge of 0.86 l/sec. The water supply of the Lengkang Kecil Island community is 74.3 m<sup>3</sup>/day, with 146 House Connections (HCs) and to serve public facilities such as elementary schools, primary health centers, and mosques. Hydraulic evaluation of clean water distribution using EPANET 2.0 software on flow velocity shows the lowest rate of 0.29 m/s and the highest of 1.21 m/s. The lowest pressure value in the distribution system is 6.94-6.96 m and headloss units in the range 0.08-0.25 m/km. These three criteria are still within the distribution network design criteria (feasible). A carbon footprint can be calculated from each activity from the analysis of the evaluation of clean water distribution networks. The most massive emissions came from pumping activities with 131 kg CO<sub>2</sub>-eq, followed by emissions from wastewater 62.5 kgCO<sub>2</sub>-eq. Further research is needed to determine the quality of wastewater and the design for a centralized wastewater treatment plant (IPALT) to improve Lengkang Kecil Island residents' living standards.*

**Keywords:** Lengkang Kecil Island, water, EPANET, carbon footprint

### ABSTRAK

Jaringan sistem penyediaan air bersih pada Pulau Lengkang Kecil dimulai pada tahun 2019. Sebagian kecil air bersih yang digunakan masyarakat berasal dari pemanenan air hujan dan sumur gali yang hanya didapat pada musim hujan. Sumber air bersih utama yang digunakan masyarakat berasal dari pengaliran perpipaan bawah laut dengan debit harian 0,86 l/detik. Kebutuhan air masyarakat Pulau Lengkang Kecil adalah 74,3 m<sup>3</sup>/hari dengan 146 Sambungan Rumah (SR) serta untuk melayani fasilitas umum seperti sekolah dasar (SD), puskesmas, dan masjid. Evaluasi hidrolis distribusi air bersih dengan menggunakan software EPANET 2.0 terhadap kriteria kecepatan aliran menunjukkan nilai terendah 0,29 m/s dan tertinggi 1,21 m/s. Nilai sisa tekan dalam sistem distribusi adalah 6,94–6,96 m dan unit *headloss* pada kisaran 0,08–0,25 m/km. Ketiga kriteria ini masih berada dalam kriteria desain jaringan distribusi (layak). Dari analisis evaluasi jaringan distribusi air bersih, dapat dihitung jejak karbon yang dihasilkan dari setiap kegiatannya. Emisi terbesar berasal dari kegiatan pemompaan dengan nilai 131 kgCO<sub>2</sub>-eq, diikuti dengan emisi yang berasal dari air limbah dengan nilai 62,5 kgCO<sub>2</sub>-eq. Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengetahui kualitas dari air limbah dan desain untuk instalasi pengolahan air limbah terpusat (IPALT) untuk meningkatkan taraf hidup penduduk Pulau Lengkang Kecil.

**Kata kunci:** Pulau Lengkang Kecil, air, EPANET, jejak karbon

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Penyediaan air minum menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 14/PRT/M/2010 adalah kegiatan menyediakan air minum untuk memenuhi kebutuhan masyarakat agar mendapatkan kehidupan yang sehat, bersih, dan produktif<sup>(1)</sup>. Menurut Ibrahim<sup>(2)</sup>, suatu jaringan distribusi air minum yang baik dan efisien

dibutuhkan untuk meningkatkan pelayanan penyediaan air minum. Jumlah air yang disediakan tergantung pada jumlah penduduk dan industri yang dilayani, serta diperlukan perhitungan pertumbuhannya di masa yang akan datang. Kondisi ini tidak dapat berlaku pada pulau kecil yang telah padat penduduk, dimana jumlah penduduk dan fasilitas umum akan tetap sama karena sudah tidak ada lahan yang dapat dibangun. Salah satu pulau kecil padat penduduk

yaitu Pulau Lenggang Kecil yang terletak di perbatasan Indonesia-Singapura. Pulau ini telah membangun sistem penyediaan air minum (SPAM) sejak awal tahun 2019. SPAM yang telah dibangun perlu dianalisis hidrolis lebih lanjut untuk penyesuaian dengan kriteria desain yang sudah ditetapkan dalam studi literatur dan peraturan yang ada.

Pemukiman di daerah pinggiran akan memberikan debit jam puncak yang lebih besar dibandingkan pemukiman di kota-kota besar karena fluktuasi yang lebih besar<sup>(3)</sup>. Selain itu, fluktuasi kebutuhan air di suatu wilayah ditentukan oleh faktor setempat dan kondisi dari penyediaan air itu sendiri. Konsumen memerlukan sambungan air dengan tekanan yang cukup agar dapat dilayani dengan jumlah air yang diinginkan setiap saat. Untuk menjaga tekanan akhir pipa di seluruh daerah layanan, pada titik awal distribusi diperlukan tekanan yang lebih tinggi untuk mengatasi kehilangan tekanan karena gesekan, yang dipengaruhi oleh kecepatan aliran, jenis pipa, diameter pipa, dan jarak jalur pipa tersebut.

Menurut Amin<sup>(4)</sup>, sisa tekanan minimum pada setiap titik dalam jaringan pipa induk yang direncanakan adalah sebesar 10 meter kolom air, sedangkan kehilangan tekanan maksimum adalah 10 m/km panjang pipa. Kehilangan tekanan ( $hf$ ) yang berlebihan (terlalu besar) dapat menyebabkan penurunan energi tekanan secara drastis sehingga sisa tekanan di hilir pipa menjadi sangat kecil bahkan negatif. Hal ini ditunjukkan dengan sulitnya mengalirkan air menuju rumah yang berlantai dua atau lebih jika tidak dibantu dengan pompa bahkan dapat menyebabkan air tidak akan mengalir sama sekali ke rumah-rumah. Nilai kecepatan aliran dalam pipa yang diizinkan adalah 0,3–2,5 m/detik pada debit jam puncak. Kecepatan yang terlalu kecil menyebabkan endapan yang ada dalam pipa tidak bisa terdorong<sup>(5)</sup>. Selain itu, pemborosan biaya yang disebabkan oleh diameter pipa yang besar. Pada kecepatan terlalu besar mengakibatkan pipa mudah aus dan mempunyai *headloss* yang tinggi.

Air dan energi memiliki keterkaitan yang sangat luas, dan keduanya sama pentingnya bagi pertumbuhan ekonomi dan populasi<sup>(6)</sup>, terutama pulau kecil padat penduduk seperti Pulau Lenggang Kecil. Produksi air yang melibatkan ekstraksi, pengolahan, transmisi, distribusi, penggunaan, dan pembuangan air membutuhkan energi. Pengurangan dalam penggunaan energi adalah tujuan utama untuk pengembangan berkelanjutan dari sistem penyediaan air<sup>(7)</sup>. Energi listrik yang digunakan untuk tujuan distribusi air sangat tinggi, dibandingkan dengan energi yang diperlukan untuk pengolahan dan distribusi air. Energi listrik

adalah sumber utama gas rumah kaca serta jejak karbon yang sesuai dan yang ada didalam sistem ikut berkontribusi terhadap pemanasan global dan perubahan iklim<sup>(8)</sup>. Konsumsi air akhir-akhir ini tergantung pada jumlah air dan topografi jaringan distribusi<sup>(9,10)</sup>. Terutama pada masyarakat pulau kecil yang memiliki topografi rendah yang cenderung membutuhkan air layak pakai lebih tinggi karena cuaca yang cenderung panas dan kering.

Emisi yang dikeluarkan saat penyediaan air per volume dihitung untuk mendapatkan jejak karbon dari distribusi air. Operasional distribusi air dari sumber air, pemompaan, penampungan, distribusi, kemudian digunakan oleh konsumen, hingga menjadi air limbah memberikan beban lingkungan tersendiri. Dalam sistem distribusi air penggunaan pompa merupakan beban tertinggi konsumsi listrik. Perlu diketahui beban lingkungan atau emisi terbesar dalam distribusi air minum dari sumber air hingga *end of life* dari penggunaan air minum oleh pelanggan.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kinerja sistem penyediaan air bersih di Pulau Lenggang Kecil berdasarkan aspek kebutuhan air dan kondisi hidrolika berupa sisa tekanan serta kecepatan pada tiap jam. Jejak karbon dihitung berdasarkan inventarisasi dari sumber hingga *end of life* dari siklus distribusi air minum di Pulau Lenggang Kecil.

## 2. BAHAN DAN METODE

### 2.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Pulau Lenggang Kecil merupakan pulau yang berada dalam administrasi Kelurahan Sekanak Raya, Kecamatan Belakang Padang, Kota Batam, Provinsi Kepulauan Riau (Gambar 1). Kelurahan Sekanak Raya memiliki 18 pulau kecil<sup>(11)</sup>, termasuk Pulau Lenggang Kecil. Secara geografis Kelurahan Sekanak Raya memiliki batas sebelah utara yaitu laut perbatasan dengan Negara Singapura, sebelah selatan Kelurahan Kasu, sebelah barat Kelurahan Pemping, dan sebelah timur Kelurahan Tanjung Riau. Kepadatan Penduduk Kelurahan Sekanak Raya yaitu 1.238 orang/km<sup>2</sup>.

Hampir semua lahan di Pulau Lenggang Kecil telah dibangun, bahkan pembangunan sudah mulai dilakukan di atas laut dengan menggunakan sistem rumah panggung. Total rumah yang ada di Pulau Lenggang Kecil yaitu 146 unit rumah dengan rata-rata penghuni sebanyak 6 orang/rumah. Terdapat 3 unit fasilitas umum yaitu masjid, sekolah dasar (SD), dan Puskesmas.

Sistem penyediaan air minum di Pulau Lengkang sudah ada sejak awal tahun 2019 dengan menggunakan sumber air dari pulau sekitar yang dipompakan ke Pulau Lengkang Kecil menggunakan pipa bawah laut. Jenis pipa yang digunakan dalam sistem adalah pipa HDPE (*high-density polyethylene*). Air ditampung dalam tangki air dan dialirkan ke rumah penduduk

dengan sistem gravitasi. Jaringan distribusi menggunakan jenis pipa HDPE dengan sistem *loop*. Distribusi air dibagi menjadi dua jenis rumah yaitu rumah di darat dan rumah di atas laut (rumah panggung). Rumah di darat pipa distribusi cenderung ditanam di bawah tanah, sedangkan untuk pipa di atas laut diletakkan di bawah jalan/jembatan.



**Gambar 1.** Peta dan Lokasi Eksisting Distribusi Air Pulau Lengkang Kecil (Sumber Peta: Google<sup>(12)</sup>)

## 2.2 Bahan

Bahan penelitian ini menggunakan data survei lapangan melalui wawancara, penelusuran sistem jaringan perpipaan dan data sekunder yang didapat dari lapangan. Wawancara dilakukan pada responden yang mengetahui kondisi dan eksisting sistem distribusi air bersih di Pulau Lengkang Kecil. Kondisi eksisting yang didapatkan melalui wawancara yaitu jumlah penduduk dan kondisi fasilitas umum. Penelusuran jaringan perpipaan dilakukan untuk mengetahui lokasi penanaman pipa, jenis pipa, dan elevasi pipa. Data sekunder yang didapatkan yaitu volume tangki penyimpanan air, waktu penggunaan pompa, dan energi yang digunakan untuk pompa. Sedangkan untuk timbulan air limbah di hitung berdasarkan studi literatur yang menyebutkan 80% penyediaan air minum akan menjadi air limbah.

## 2.3 Metode

Data kebutuhan air yang diperoleh dianalisis untuk memperkirakan dan menganalisis kebutuhan akan air bersih di masa yang akan datang diantaranya yaitu jumlah penduduk pada tahun sekarang sebagai acuan, persentase pelayanan, dan proyeksi peningkatan area cakupan pelayanan dan konsumsi air tiap orang (rumah tangga) dan non-rumah tangga. Tuloli dan Kaharu menyebutkan tingkat kehilangan air nasional adalah 27,05%, sehingga kebutuhan air harus mempertimbangkan hal ini. Perangkat lunak yang akan digunakan dalam analisis hidrolis jaringan distribusi air di Pulau Lengkang Kecil adalah EPANET 2.0. Dimana proses simulasi program EPANET 2.0 adalah penggambaran jaringan, memberikan nomor pada *node-node* (simpul pipa), penentuan arah aliran jaringan, memasukkan karakteristik jaringan seperti pipa, node, aliran debit, pompa dan asesoris, *running Model*, dan analisis hasil simulasi. Berdasarkan simulasi ini, dapat diketahui ragam aliran yang terjadi, tekanan dalam pipa, kecepatan aliran, tekanan pada *node*, *head*, dan debit aliran secara kontinu. Pemodelan pada program EPANET 2.0 dihitung berapa kebutuhan pekerjaan yang diperlukan untuk mengembangkan sistem perpipaan distribusi.

Perhitungan jejak karbon dihitung berdasarkan inventarisasi dari sumber air hingga *end of life* distribusi air. Pada tahap operasi dalam sumber air termasuk pemompaan (kebutuhan energi untuk pompa adalah 0,1 kWh/m<sup>3</sup>) input skor emisi adalah 0,051 kg CO<sub>2</sub> ekuivalen/m<sup>3</sup>(13). Pada tahap distribusi, emisi CO<sub>2</sub>

yang disumbang sebesar 0,139 kg CO<sub>2</sub> ekuivalen/m<sup>3</sup> (13). Sedangkan pada penggunaan air emisi CO<sub>2</sub> yang disumbangkan yaitu sebesar 0,15 kg CO<sub>2</sub> ekuivalen/m<sup>3</sup> (13). Air limbah memiliki emisi karbon sebesar 0,374 kg CO<sub>2</sub> ekuivalen/m<sup>3</sup> dengan penggunaan energi sebesar 2,26 kWh/m<sup>3</sup>(14).

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Kebutuhan dan Kondisi Eksisting Distribusi Air Pulau Lengkang Kecil

Kebutuhan air pulau lenggang dihitung berdasarkan kebutuhan domestik dan fasilitas umum. Berdasarkan Peraturan Menteri PU tahun 2010 kebutuhan pokok minimal yaitu sebesar 60 l/orang.hari<sup>(1)</sup>. Kriteria air minum yang aman melalui SPAM dengan jaringan perpipaan dan bukan perpipaan terlindungi (sesuai dengan standar teknis berlaku). Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU<sup>(15)</sup> menyebutkan kebutuhan air untuk sekolah adalah 10 l/murid/hari serta puskesmas dan masjid sebesar 2.000 l/hari. Hasil perhitungan kebutuhan air Pulau Lengkang Kecil dapat dilihat pada Tabel 1.

Selain dari sistem perpipaan masyarakat juga mendapatkan pasokan air dengan cara pemanenan air hujan (*rain harvesting*) dan sumur gali. *Rain harvesting* hanya dilakukan oleh beberapa penduduk atau sekitar 20% dari responden. Sistem *rain harvesting* yang dilakukan hanya sebatas penampungan air dan belum melakukan pengolahan didalamnya (Gambar 2). Potensi pemanfaatan air hujan ini sangat berpengaruh pada pengurangan konsumsi air bersih masyarakat<sup>(16)</sup>. Sumur gali yang digunakan hanya ketika musim hujan dan pada musim kemarau sumur gali ini tidak dimanfaatkan. Pemanfaatan air sumur gali ini cenderung digunakan untuk kebutuhan *flushing*. Hasil analisis kualitas air sumur gali ini juga menunjukkan nilai *total dissolved solid (TDS)* yang tinggi yaitu diatas 14.000 mg/L. Salah satu faktor penyebab salinitas pada air tanah dangkal adalah intrusi air laut<sup>(17)</sup>.

Masyarakat Pulau Lengkang Kecil lebih banyak menggunakan air distribusi untuk kegiatan sehari-hari seperti untuk memasak, mencuci, termasuk *flushing*. Sedangkan untuk kebutuhan minum masyarakat masih enggan menggunakan air dari distribusi maupun *rain harvesting* karena kualitas air masih dirasa masih belum layak. Air untuk kebutuhan minum masyarakat biasanya dibeli dari pedagang di Pulau Batam.

Tabel 1. Perhitungan Kebutuhan Distribusi Air di Pulau Lengkang Kecil

| No  | Uraian  | Unit   | Satuan       |
|---|---|--------|--------------|
| 1.  | Persentase Pelayanan Penduduk                 | 100    | %            |
|   | Penduduk Persambungan rumah (SR)              | 6      | Orang/SR     |
|   | Jumlah Sambungan                              | 146    | Unit         |
|   | Unit Konsumsi                                 | 60     | L/orang/hari |
|   | Pemakaian Air Rata-rata Sektor Domestik       | 0,61   | L/detik      |
|   | Persentase Pemakaian dari Total Kebutuhan Air | 92,05  | %            |
| 2   | SD  | 1      | Unit         |
|   | Jumlah murid                                  | 54     | Murid        |
|   | Unit Pemakaian                                | 10     | L/murid/hari |
|   | Pemakaian Air Rata-rata SD                    | 0,0063 | L/detik      |
|   | Persentase Pemakaian dari Total Kebutuhan Air | 0,95   | %            |
| 3   | Puskesmas                                     | 1      | Unit         |
|   | Unit Pemakaian                                | 2.000  | L/hari       |
|   | Pemakaian Air Rata-rata Puskesmas             | 0,023  | L/detik      |
|   | Persentase Pemakaian dari Total Kebutuhan Air | 3,50   | %            |
| 4   | Masjid  | 1      | Unit         |
|   | Unit Pemakaian                                | 2.000  | L/Unit/hari  |
|   | Pemakaian Air Rata-rata Masjid                | 0,023  | L/detik      |
|   | Persentase Pemakaian dari Total Kebutuhan Air | 3,50   | %            |
| Total Kebutuhan Air Rata-rata                           |   | 0,66   | L/detik      |
| Total Kebutuhan Air Rata-rata + Kehilangan Air (27,05%) |   | 0,86   | L/detik      |

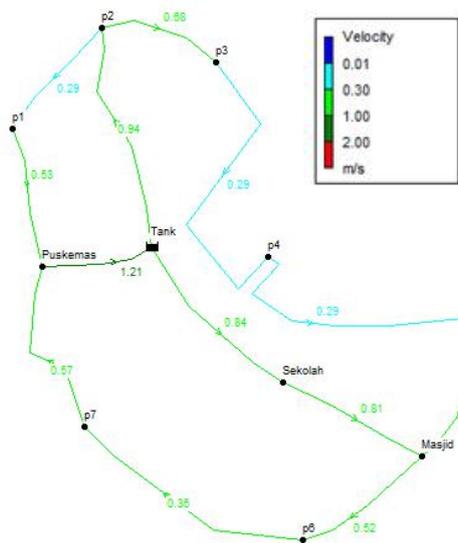


Gambar 2. Rain water harvesting di Pulau Lengkang Kecil

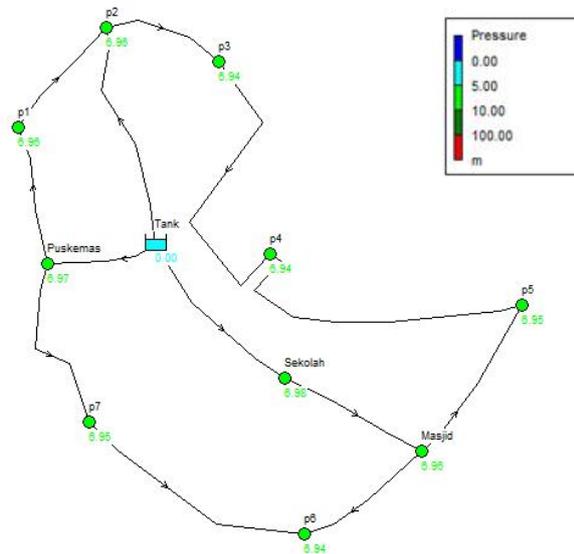
### 3.2 Evaluasi Hidrolis Distribusi Air Pulau Lengkang Kecil

Dalam sistem distribusi terdapat tiga kriteria penting dalam perpipaan yaitu kecepatan, sisa tekan, dan unit *headloss*. Parameter teknis tersebut didasarkan pada kriteria perencanaan Al-Layla<sup>(19)</sup>. Perhitungan analisis hidrolis

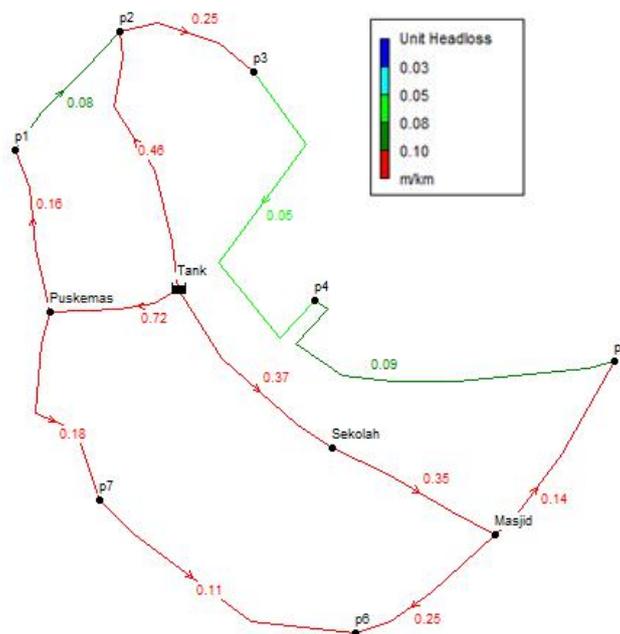
menggunakan program EPANET 2.0 yang disajikan dalam Gambar 3. Konfigurasi hidrolis menggunakan Persamaan Hazzen-William dengan koefisien kekasaran pipa adalah 140 (untuk pipa HDPE). Diameter pipa dalam sistem distribusi menggunakan diameter seragam yaitu 3/4 inchi.



Gambar 3a. Hasil running kecepatan untuk sistem distribusi air Pulau Lengkang Kecil dengan EPANET 2.0



Gambar 3b. Hasil running sisa tekan untuk sistem distribusi air Pulau Lengkang Kecil dengan EPANET 2.0



Gambar 3c. Hasil running unit headloss untuk sistem distribusi air Pulau Lengkang Kecil dengan EPANET 2.0

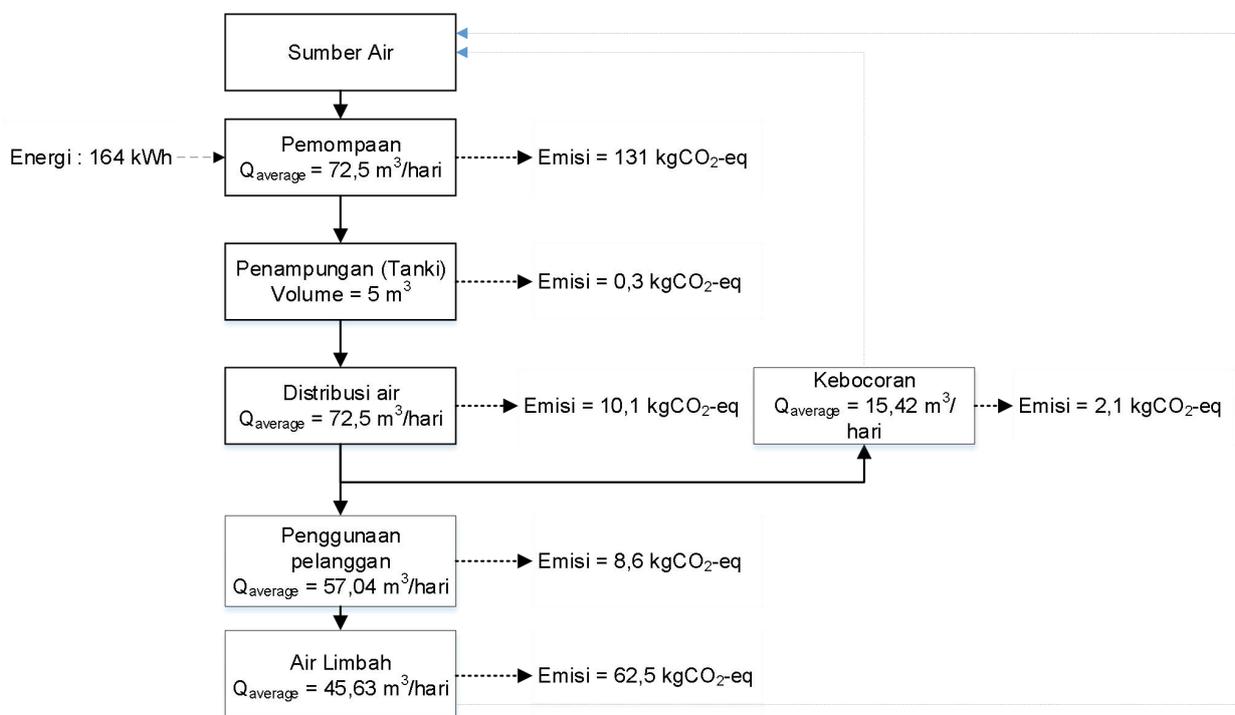
Gambar 3. Hasil sistem distribusi air Pulau Lengkang Kecil dengan EPANET 2.0

Gambar 3 menunjukkan hasil running EPANET 2.0 dengan kriteria kecepatan aliran, sisa tekan, dan unit *headloss*. Hasil *running* EPANET 2.0 tersebut menunjukkan kecepatan terendah adalah 0,29 m/s dan tertinggi adalah 1,21 m/s (Gambar 3a). Beberapa penelitian menyebutkan kriteria kecepatan untuk sistem distribusi air adalah 0,3–3 m/s<sup>(20,21)</sup>. Dengan demikian, kecepatan 0,29 m/s masih dapat dikatakan sudah memenuhi kriteria desain berdasarkan penelitian lain<sup>(22)</sup>. Nilai sisa tekan dalam sistem distribusi adalah 6,94–6,96 m (Gambar 3b), dapat dikatakan untuk pelayanan dalam pulau kecil nilai ini sudah cukup tinggi. Berdasarkan keterangan masyarakat tekanan air pada sistem plumbing di dalam rumah hampir tidak pernah mengalami kendala (tekanan kurang). *Unit headloss* yang sangat rendah yaitu 0,08–0,25 m/km (Gambar 3c) (kriteria desain *headloss* maksimal = 10 m/km<sup>(23)</sup> atau 3 km/m<sup>(24)</sup>). Berdasarkan kriteria desain hidrolis sistem distribusi air di Pulau Lengkang Kecil dapat dikatakan sudah layak. Banyaknya *headloss* di beberapa titik disebabkan oleh sistem penyediaan air minum memiliki area pelayanan yang sangat kecil sehingga kemungkinan kehilangan tekanan mayor akan terjadi lebih besar serta kehilangan tekanan akibat kecepatan akan lebih besar karena terlihat di beberapa pipa kecepatan juga cukup tinggi (Gambar 3a).

### 3.3 Jejak Karbon Distribusi Air Pulau Lengkang Kecil

Jejak karbon merupakan suatu ukuran dari jumlah total eksklusif dari emisi karbon dioksida yang dikeluarkan secara langsung atau tidak langsung yang disebabkan oleh suatu kegiatan atau terakumulasi pada *life stages* suatu produk<sup>(25)</sup>. Jejak karbon yang dihasilkan dari kegiatan distribusi air dikeluarkan secara tidak langsung ke lingkungan. Emisi yang dikeluarkan sistem distribusi air mulai dari sumber air, distribusi air, hingga ke konsumen. Dalam penelitian ini perhitungan emisi hanya untuk sistem yang berada dalam Pulau Lengkang Kecil. Sumber air yang digunakan dalam sistem distribusi di Pulau Lengkang Kecil berasal dari luar pulau.

Berdasarkan hasil survei dan perhitungan, daur hidup dari sistem distribusi hingga menjadi air limbah ditunjukkan pada Gambar 4. Pemompaan air bersih dengan debit rata-rata 72,5 m<sup>3</sup>/hari membutuhkan energi listrik sebesar 47 kWh, dengan emisi yang dikeluarkan ke *ambient* adalah 58 kgCO<sub>2</sub>-eq. Penampungan air secara tidak langsung juga akan menghasilkan emisi, akan tetapi emisi yang dikeluarkan cukup rendah jika dibandingkan dengan kegiatan lainnya.

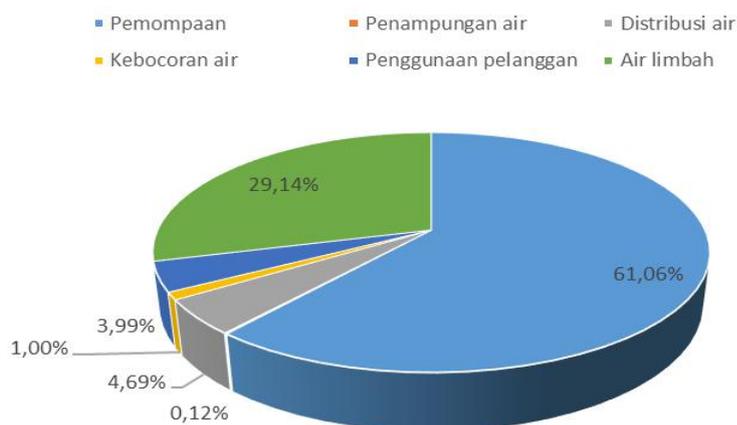


Gambar 4. *Embodied Carbon Footprint* Sistem Distribusi Air Minum di Pulau Lengkang Kecil

Kegiatan pemompaan merupakan salah satu kegiatan yang menghasilkan emisi terbesar (61,06%) dibandingkan dengan kegiatan lain. Pemompaan air membutuhkan energi dengan potensi emisi CO<sub>2</sub> cukup tinggi bila dibandingkan dengan kegiatan lain yang tanpa memerlukan energi. Emisi yang dikeluarkan oleh kegiatan pemompaan ini mencapai 1,81 kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup>, nilai ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan

emisi yang dikeluarkan oleh PDAM yaitu 0,56 kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup><sup>(25)</sup>.

Emisi air terbesar kedua adalah potensi air limbah dengan persentase 29,14%. Jika 80% air yang didistribusikan menjadi air limbah maka emisi yang dikeluarkan adalah 17,1 kgCO<sub>2</sub>-eq. Di sini air limbah sangat berpotensi menghasilkan karbon yang dapat lebih tinggi jika tidak diolah dengan baik. Air limbah domestik juga berpotensi menyebabkan eutrofikasi<sup>(26,27)</sup>.



Gambar 5. Persentasi penyumbang emisi terbesar dalam sistem distribusi air di Pulau Lenggang Kecil

#### 4. KESIMPULAN

Hasil dari evaluasi jaringan distribusi air bersih terhadap kecepatan aliran, sisa tekan, dan unit *headloss* pada Pulau Lenggang Kecil menunjukkan kondisi yang masih sesuai dengan kriteria desain. Kecepatan aliran terendah adalah 0,29 m/s dan tertinggi adalah 1,21 m/s (kriteria desain 0,3–2 m/s). Nilai sisa tekan dalam sistem distribusi adalah 6,94–6,96 m. *Unit headloss* yang sangat rendah yaitu 0,08–0,25 m/km (kriteria desain maksimal 10 m/km). Jejak karbon terbesar yang dihasilkan dari kegiatan distribusi air bersih berasal dari aktivitas pemompaan yang mencapai 61,06% dari total emisi karbon dari semua kegiatan. Hal ini disebabkan oleh kegiatan pemompaan yang membutuhkan energi sedangkan kegiatan lain tidak membutuhkan energi.

#### PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan terima kasih untuk Kementerian Pendidikan melalui program penelitian dosen pemula yang telah membantu survei Penelitian di Pulau Lenggang, Kota Batam beserta masyarakat Pulau Lenggang yang senantiasa membantu proses penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Menteri Pekerjaan Umum. (2010). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 14/PRT/M/2010 Tentang standar pelayanan

minimal bidang pekerjaan umum dan penataan ruang.

2. Ibrahim, M., Masrevaniah, A., & Dermawan, V. (2012). Analisis Hidrolis pada Komponen Sistem Distribusi Air Bersih dengan Waternet dan Watercad versi 8 (Studi Kasus Kampung Digiouwa, Kampung Mawa dan Kampung Ikebo, Distrik Kamu, Kabupaten Dogiyai). *Jurnal Teknik Pengairan*, 2(2), 159-171.
3. Sutapa, I. W. (2014). Studi potensi pengembangan sumber daya air di Kota Ampana Sulawesi Tengah. *SMARTek*, 7(1)
4. Amin, M. B. (2011). *Teknik Penyediaan Air Minum*. Palembang. (ID): Fakultas. Teknik Unsri.
5. Masduqi, A. (2005). Evaluasi dan Rencana Pengembangan Sistem Distribusi Air Bersih di Kecamatan Kota Waingapu Kabupaten Sumba Timur. *Jurnal Purifikasi*, 6(2), 109-114.
6. Lampe, L. K., Adams, L. M., & Jensen, D. G. (2009). Water supply and energy generation. In *World Environmental and Water Resources Congress 2009: Great Rivers* (pp. 1-10).
7. Ramos, C. A., Ramos, R. A., Araújo, F. R., Guedes Jr, D. S., Souza, I. I., Ono, T. M., ... & Alves, L. C. (2009). Comparação de nested-PCR com o diagnóstico direto na detecção de *Ehrlichia canis* e *Anaplasma platys* em cães.

- Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária, 18(1), 58-62.
8. Stokes, J. R., & Horvath, A. (2009). Energy and air emission effects of water supply. *Environmental Science & Technology*, 43(8), 2680–2687
  9. Bakhshi, A. A., & Demonsabert, S. M. (2012). Estimating the carbon footprint of the municipal water cycle. *Journal-American Water Works Association*, 104(5), E337-E347.
  10. Reiling, S. J., Roberrson, J. A., & Cromwell III, J. E. (2009). Drinking water regulations: Estimated cumulative energy use and costs. *Journal-American Water Works Association*, 101(3), 42-53.
  11. Badan Pusat Statistik (BPS). (2019). *Belakang Padang dalam Angka 2019* Jakarta Pusat.
  12. Google map. <https://www.google.com/maps/place/Pulau+Le+ngkang+Kecil,+Sekanak+Raya,+Belakang+Pa+dang,+Kota+Batam,+Kepulauan+Riau/data=!4m2!3m1!1s0x31d9f48ba2f775bf:0xe5b5617d68cfc644?sa=X&ved=2ahUKEwjX1oiKoMTIAhUC63MBHdPtCzwQ8gEwbnoECGgQBA>. Diakses pada tanggal 30 Oktober 2019.
  13. Friedrich, E., Pillay, S., & Buckley, C. A. (2009). Carbon footprint analysis for increasing water supply and sanitation in South Africa: a case study. *Journal of Cleaner Production*, 17(1), 1-12.
  14. Novotny, V. (2011). Water and energy link in the cities of the future—achieving net zero carbon and pollution emissions footprint. *Water Science and Technology*, 63(1), 184-190.
  15. Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Cipta Karya. (1996). *Analisis Kebutuhan Air Bersih*, Jakarta.
  16. Hidayat, M. Y., Fauzi, R., Harianja, A. H., & Saragih, G. S. (2019). Efisiensi Penggunaan Grey Water dan Air Hujan dalam Rangka Menurunkan Tingkat Penggunaan Air Baku Efficiency in the Use of Grey Water and Rainwater in Order to Reduce Raw Water Use. *Jurnal Teknologi Lingkungan Vol*, 20(2), 215-224.
  17. Yudo, S. (2018). Kondisi Kualitas Air Sungai Ciliwung Di Wilayah DKI Jakarta Ditinjau Dari Paramater Organik, Amoniak, Fosfat, Deterjen Dan Bakteri Coli. *Jurnal Air Indonesia*, 6(1).
  18. Al-Layla, & M. Anis., 1980. *Water Supply Engineering Design*. Ann Arbor Science. Publishers, Inc.
  19. Hidayah, P. D., Indarto, I., & Novita, E. (2017). Pemetaan dan evaluasi teknis jaringan distribusi air bersih di Desa Kemuning Lor. *Jurnal Agroteknologi*, 10(02), 144-152.
  20. Rezagama, A., & Hadiwidodo, M. (2016). Studi potensi pembangkit listrik minihydro sistem transmisi air baku pdab unit bregas. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 13(1), 28-33.
  21. Rahmi, N. A., Ismoyo, M. J., & Cahya, E. N. (2018). Pengembangan dan analisis ekonomi dalam penentuan harga air pada sistem jaringan distribusi air bersih sumber mata air taman Lake'Kecamatan Kota Sumenep. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Pengairan*, 1(2), 6.
  22. Yosefa, F., & Indarjanto, H. (2017). Analisis perencanaan dan pengembangan jaringan distribusi air bersih di PDAM Tulungagung. *Jurnal Teknik ITS*, 6(1), 25-29.
  23. Yamianti, W. (2015) *Aplikasi Software WaterCAD Untuk Perencanaan Jaringan Pipa Di Perumahan Puncak Borobudur Kota Malang*. Sarjana thesis, Universitas Brawijaya.
  24. Wiedmann, T., & Minx, J. (2008). A definition of 'carbon footprint'. *Ecological economics research trends*, 1, 1-11.
  25. Rahmawati, L. A., Haryono, E., & Fandeli, C. (2012). Studi Optimalisasi Sequestrasi Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) Berbasis Rumah Tangga. *Majalah Geografi Indonesia*, 26(1), 59-79.
  26. Suryawan, I. W. K., Siregar, M. J., Prajati, G., & Afifah, A. S. (2019). Integrated Ozone and Anoxic-Aerobic Activated Sludge Reactor for Endek (Balinese Textile) Wastewater Treatment. *Journal of Ecological Engineering*, 20(7), 169-175.
  27. Suryawan, I. W. K., & Sofiyah, E. S. (2020). Cultivation of Chlorella Sp. and Algae Mix for NH<sub>3</sub>-N and PO<sub>4</sub>-P Domestic Wastewater Removal. *Civil and Environmental Science Journal*, 3(1), 31-36