

SIMULASI KUALITAS AIR PADA SISTEM DISTRIBUSI AIR WILAYAH PELAYANAN IPA AURDURI 3 MENGGUNAKAN *SOFTWARE* EPANET 2.2

Water Quality Simulation in The Water Distribution System at The Aurduri 3 IPA Service Area Using Epanet 2.2 Software

Lailal Gusri^{1*)}, Freddy Ilfan¹⁾, Ahmad Al Idrus Septian¹⁾

^{1*)} Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi, Indonesia

^{*)} e-mail: lailal.gusri@unja.ac.id

Abstract

This research aims to model residual chlorine in the drinking water distribution system with EPANET 2.2 software in the IPA Aurduri 3 of service area. The problem that occurs is the construction of the Aurduri 3 IPA in 2020 to meet the need for clean water in several areas that are not reached by the Aurduri 1 IPA and 2, especially the Bougenville, Pinang Merah and surrounding areas. Adding chlorine twice, namely at the IPA Aurduri 3 and the booster pump, increases the risk of excess chlorine in the service area and can reduce water quality. Modeling the distribution of residual chlorine in the clean water distribution system can provide a solution in dealing with residual chlorine in drinking water distribution. The results found of 30 points in the clean water network that were below standard and dominated at the service end with residual chlorine ranging between 0-0.4 and after calibration 0.16-0.3. This is due to the age of the water which is influenced by velocity which does not meet the standard by 121 points and causes delays in obtaining residual chlorine at sufficient levels.

Keywords: IPA Aurduri 3; water distribution; residual chlor; EPANET 2.2; velocity

PENDAHULUAN

Sistem distribusi air bersih merupakan sarana dan prasarana untuk membagikan air bersih melalui sistem perpipaan baik itu dari reservoir tempat pengolahan menuju tempat pelayanan air bersih melalui jaringan distribusi di suatu wilayah (Kalensun *et al.*, 2016). Dengan adanya jaringan distribusi air yang layak maka dapat menjamin kualitas air yang baik. Perlu dilakukan telaah konsentrasi sisa klorin diberbagai lokasi pada distribusi air bersih ke konsumen dengan kualitas air terjamin (Goyal and Patel, 2015). Jika masih terdapat sisa klor dalam air yang diterima konsumen, menandakan bahwa kinerja jaringan air bersih yang tidak memadai diakibatkan beberapa faktor, salah satunya yaitu jaringan eksisting distribusi air yang

tidak optimal dalam penyaluran air (Wulandari dan Santosa, 2021). Ada beberapa kriteria air yang dipasokan untuk air minum yaitu air yang memadai, dapat diandalkan, bersih, mudah diakses, dapat diterima, dan aman harus tersedia bagi berbagai pengguna (Dinka, 2018). Air hasil pengolahan yang didistribusikan melalui jaringan pipa ke konsumen, sepatutnya mempunyai kualitas air yang baik, bersih, sehat dan aman sangat penting bagi kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup di bumi (Lailal *et al.*, 2022).

Distribusi air yang terputus-putus dan tidak lancar mempengaruhi jam distribusi air dan waktu perjalanan klorin, menyebabkan peningkatan sisa klorin dalam air. Jaringan air tidak lancar perlu penambahan booster klorinasi (Goyal and Patel, 2015). Booster

klorinasi bermanfaat dalam menjaga keseimbangan antara konsentrasi minimum dan maksimum. Klorin akan hilang melalui reaksi dengan zat yang tersisa di air setelah pengolahan, terutama bahan organik dan zat anorganik seperti besi, mangan, atau amonia (Blokker, *et al* 2014). Menurut Denis *et al.* (2019), bahwa booster klorinasi juga dapat mengurangi risiko yang terkait dengan disinfeksi konvensional seperti residu klorin yang tinggi di sekitar instalasi pengolahan air dan residu klorin yang rendah di bagian terpisai dari sistem distribusi air.

Klorin merupakan oksidator yang kuat, bereaksi dengan berbagai macam bahan kimia dan bahan organik yang terbentuk secara alami dalam air yang diolah dan/atau didistribusikan (Goyal and Patel, 2015). Menurut Araya and Sánchez (2018), bahwa perilaku sisa klorin dalam jaringan dsitribusi air dipengaruhi oleh variabel-variabel: kualitas air masukan, takaran klorin, pengaruh penyimpanan yang meningkatkan umur air, dan adanya zona mati pada tangki bahwa 95% reaksi terjadi di tangki penyimpanan karena variasi ketinggian air rendah dan reaksi pada dinding pipa dapat diabaikan. Menurut Ramadhan dan Ratni (2021), bahwa semakin rendah dan semakin jauh dengan resevoir IPA maka kandungan sisa klor $\leq 0,2$ mg/l, jika jarak $\geq 2,8$ km dari reservoir IPA dan kandungan sisa klor akan semakin berkurang pada jarak terjauh antara reservoir IPA dengan titik pelayanan.

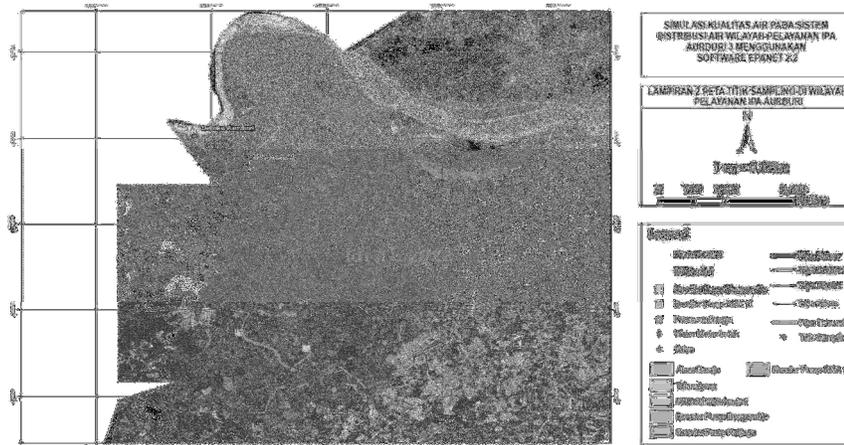
Permasalahan yang terjadi pada IPA Aurduri yaitu terjadinya peningkatan kebutuhan air bersih pada daerah pelayanan IPA Aurduri. Wilayah pelayanan IPA Aurduri terbagi menjadi 2 wilayah khusus pelayanan yaitu IPA Aurduri 1 dan 2 melayani Kecamatan Alam Barajo dan Telanaipura. Pada IPA Aurduri 3 baru dibangun pada tahun 2020 untuk memenuhi kebutuhan air bersih dibeberapa daerah yang

tidak terjangkau oleh IPA Aurduri 1 dan 2 terutama daerah Kelurahan Bougenville, Pinang Merah dan, sekitarnya. Disamping itu, dalam penelusuan ditemukan pembubuhan klorin sebanyak 2 kali yaitu pada IPA Aurduri dan *booster pump* sehingga meningkatkan risiko kelebihan klorin pada wilayah pelayanan. Pada sistem jaringan distribusi air yang baru dibangun ini, salah satu persyaratan pada jaringan air bersih disesuaikan dengan Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air dan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan.

Simulasi kualitas air menjadi sangat penting dalam melakukan analisis hidrolik pada jaringan distribusi air (Ajaz dan Ahmad, 2023). Untuk melakukan simulasi yang dapat memodelkan kondisi kualitas air bersih pada jaringan sistem distribusi, dan mempermudah analisa (Nugroho *et al*, 2018), maka dalam penelitian ini simulasi kualitas air bersih pada jaringan sistem distribusi di wilayah pelayanan IPA Aurduri 3 yaitu menggunakan perangkat *software* EPANET 2.2.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di wilayah pelayanan IPA Aurduri 3 mencakup kelurahan yaitu: Kenali Besar, Rawasari, Bagan Pete, Beliung, Mayang Mangurai, Telanaipura, Simpang IV Sipin, Buluran Kenali, Teluk Kenali, Penyengat Rendah, dan Pematang Sulur. Lokasi penelitian tepatnya berada di Daerah Bougenville yang termasuk dalam kelurahan Kenali Besar merupakan kawasan pelayanan utama pada IPA Aurduri 3. Gambar 1.



Gambar 1. Titik Sampling di Wilayah Pelayanan IPA Aurduri
 Sumber: Pengolahan Data, 2023

Titik Sampling

Titik sampling mencakup IPA Aurduri, *booster pump* Bougenville, *booster pump* SMA 11 dan daerah pelayanan seperti di Kecamatan Telanaipura dan Kecamatan Alam Barajo. Metode penentuan titik sampling berdasarkan pembagian jarak jaringan air bersih setiap 2 Km dari IPA Aurduri pada jaringan primer (Rifani, 2016).

Waktu Pengambilan dan Pengukuran Sampel

Dilakukan langsung di lapangan secara berulang sebanyak 3 kali pengulangan, pada jam 08.00 WIB dikarenakan pada jam tersebut klorin di pembubuhkan dan puncak tertinggi pemakaian air bersih dalam rentang waktu 24 jam. Alat penelitian adalah tabung reaksi, laptop, alat tulis, buku catatan, peta titik sampling wilayah pelayanan IPA Aurduri. Perangkat lunak yang Digunakan yaitu: *Software* ArcGIS 10.4, Google Earth Pro, Excel, dan EPANET 2.2. Bahan penelitian adalah air sampling, *reagen* ortotoluidin.

Tahap Pengumpulan Data

Dua jenis data yang digunakan meliputi data primer berasal dari pengukuran yang dilakukan secara langsung dan data sekeunder berasal dari data yang ada di PERUMDA Air Minum Tirta Mayang pada

tahun 2020 sampai tahun 2022 atau 2 tahun terakhir.

1. Data primer yang diambil dan digunakan pada penelitian ini meliputi kadar konsentrasi parameter kualitas air yaitu sisa klor dan selanjutnya akan dilakukan pengolahan data dan dapat dijadikan sebagai data awal pada software EPANET 2.2 agar dapat memodelkan kondisi jaringan distribusi air bersih di wilayah pelayanan IPA Aurduri.
2. Data sekunder yaitu jumlah pelanggan aktif, panjang tiap pipa air bersih, diameter yang digunakan, elevasi/tinggi muka tanah di dapat dari PERUMDA Air Minum Tirta Mayang pada tahun 2020 sampai 2022 atau dalam dua tahun terakhir. Data ini digunakan sebagai inputan data pada software EPANET 2.2. Untuk analisis GIS diperlukan data shapefile jaringan air bersih, titik lokasi intake Aurduri, IPA Aurduri, titik lokasi valve, dan wilayah pelayanan IPA Aurduri. Data pendukung lainnya juga diperlukan untuk analisis yang detail seperti data kapasitas intake Aurduri, kapasitas IPA Aurduri, jenis pipa yang digunakan, jumlah dan jenis pompa yang digunakan, kapasitas pompa yang digunakan, jam operasional IPA Aurduri, debit yang mampu didistribusikan IPA Aurduri setiap jam selama 24 jam, dan kapasitas reservoir IPA Aurduri. Data-data pendukung ini

digunakan untuk membuat permodelan jaringan air bersih di wilayah pelayanan IPA Aurduri, sehingga menghasilkan data yang akurat dengan analisis yang tepat dilakukan sesuai keadaan yang terjadi.

Metode Analisis GIS

Metode ini memerlukan data pendahuluan yang berupa data polygon dalam bentuk shapefile. Data tersebut terdiri dari data wilayah pelayanan, jalur distribusi air, luas wilayah penelitian, diameter setiap jalur distribusi air yang digunakan, panjang pipa, jenis pipa yang digunakan. Data-data yang telah dikumpulkan akan dianalisis menggunakan teknik overlay dalam software ArcGIS. Teknik overlay sendiri merupakan proses dalam sistem informasi geografis yang menggabungkan data grafis yang rinci dan spesifik. Setelah dianalisis maka didapatkan hasil berupa peta daerah pelayanan yang rinci dan akurat.

Analisis Hidrolis

Diperlukan untuk mengetahui dan mengatur debit, tekanan, diameter, kecepatan, headloss, jenis pipa, dan panjang pipa pada jaringan air yang sesuai aturan aturan yang berlaku pada saat ini. Analisis hidrolis terbagi menjadi beberapa parameter yang harus disesuaikan dengan ketentuan Standar Nasional Indonesia 7509:2011 tentang Tata Cara Perencanaan Teknik Jaringan Distribusi dan Unit Pelayanan Sistem Penyediaan Air Minum dan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 27/PRT/M/2016 Tahun 2016 tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum. Hal ini meliputi parameter hilang tinggi tekan (headloss), tekanan, dan kecepatan. Setelah memodelkan kuantitas yang sesuai dengan data yang ada di lapangan, maka langkah selanjutnya yaitu memodelkan parameter kualitas air dengan parameter yang dimodelkan adalah sisa klor. Data yang diperlukan yaitu data konsentrasi sisa yang telah dilakukan pengambilan

sampel pada titik yang telah ditentukan dan selanjutnya dilakukan pengolahan data terlebih dahulu agar dapat menjadi input data bagi software EPANET 2.2 sehingga dapat memodelkan jaringan distribusi air bersih yang diinginkan

Metode Penggunaan Software EPANET 2.2

Penggunaan software EPANET 2.2 memerlukan data awal seperti peta jaringan air bersih pada wilayah pelayanan IPA Aurduri, letak intake, letak IPA Aurduri, jumlah pompa, jenis pompa, kapasitas pompa, jam operasional pompa, panjang pipa, jenis pipa yang digunakan, elevasi pipa, diameter yang digunakan, dan jumlah kebutuhan air. Untuk data kualitas air memerlukan data hasil pengukuran sisa klor dan dihitung konsentrasi penurunan sisa klor. Data tersebut baru dapat dimasukkan ke dalam EPANET 2.2 untuk dapat dilakukan analisis yang diperlukan.

Analisis Kualitas Air

Dilakukan untuk mengetahui kadar kandungan beberapa parameter yang krusial dalam menentukan tingkat kelayakan air bersih agar dapat dikonsumsi oleh masyarakat dengan sehat dan aman. Adapun parameter yang akan diukur dalam penelitian kualitas air ini adalah sisa klor. Hasil pengukuran kualitas air akan dipetakan dan dilihat persebarannya menggunakan software EPANET 2.2 sehingga dapat mendeteksi pada titik mana saja yang potensial mengalami peningkatan kadar klorin pada air bersih.

Metode Pengukuran Sisa Klor dan Tahapan Analisisnya

Metode pengukuran parameter dapat dijelaskan sebagai berikut: 1) Metode pengukuran sisa klor menggunakan reagen yaitu ortotolidin. 2) Tata cara penggunaannya yaitu membuka kran terdekat di rumah penduduk dan 3) Membiarkannya mengalir selama 5 sampai 10 menit. Setelah

itu air bersih disampling dan memasukkan air yang akan diuji kedalam tabung reaksi.

Tabel 1. dari laporan PERUMDA Air Minum Tirta Mayang (2022), dapat dilihat perubahan warnanya dan diletakkan dalam

komparator untuk dilihat angka yang keluar dari perubahan komparator tersebut. Semakin mendekati kuning pekat perubahan warna air yang terjadi maka semakin tinggi kandungan sisa klor yang ada pada air bersih.

Tabel 1. Perubahan Warna Sampel Air setelah Penambahan Ortotoluidin

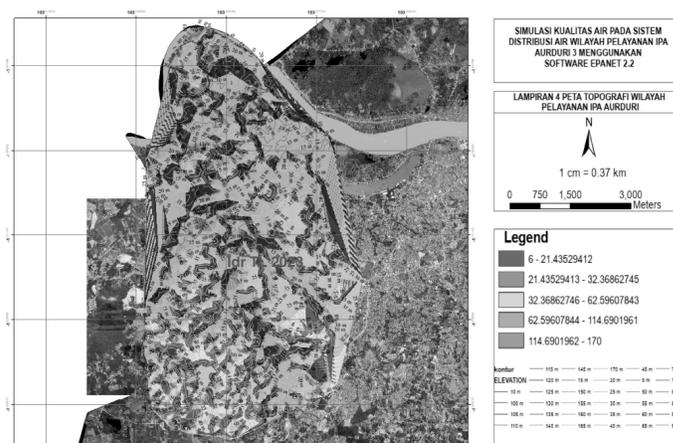
No.	Perubahan Warna	Kandungan Sisa Klor (mg/l)	Kategori
1.		0	Tidak ada
2.		0,1	Sangat Rendah
3.		0,2	Rendah
4.		0,3	Sedang
5.		>0,4	Tinggi

Sumber: PERUMDA Air Minum Tirta Mayang, 2022

HASIL DAN PEMBAHASAN

Wilayah pelayanan IPA Aurduri 3 dibagi menjadi beberapa wilayah yaitu: Kecamatan Alam Barajo, Kecamatan Telanaipura, pelayanan *booster pump* Bougenville dan pelayanan *booster pump* SMA 11. Pada daerah Kelurahan Bougenville dan Kelurahan Bagan Pete terdapat *booster pump*. Dikarenakan elevasi

Daerah Bougenville lebih tinggi dari pada elevasi IPA Aurduri yaitu 21 mdpl untuk IPA Aurduri dan lebih dari 50 mdpl untuk daerah Bougenville dan sekitarnya. Selain itu letak daerah pelayanan jauh dari lokasi IPA Aurduri sehingga dibutuhkan sistem pemompaan tambahan pada daerah tersebut agar dapat mencapai rumah penduduk (Salilama *et al*, 2020).



Gambar 2. Peta Topografi Wilayah Pelayanan IPA Aurduri

Sumber: Pengolahan Data, 2023

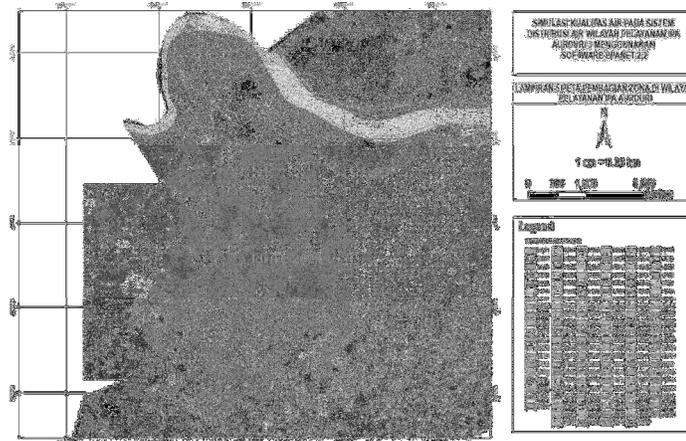
Pembagian Zona pada Wilayah Pelayanan IPA Aurduri

Wilayah pelayanan IPA Aurduri dibagi menjadi 128 zona. Hal ini diperlukan agar mempermudah pelayanan air bersih dan dapat menjangkau seluruh wilayah pelayanan

IPA Aurduri dan terdapat beberapa daerah yang tidak mendapatkan pelayanan jaringan air bersih daerah sekitar Danau Teluk Kenali, dan beberapa daerah lainnya. Hal ini dikarenakan pada daerah tersebut didominasi daerah perkebunan, dan beberapa daerah menggunakan sumber air yang berasal dari

Simulasi Kualitas Air pada Sistem Distribusi Air Wilayah Pelayanan IPA Aurduri 3 Menggunakan Software Epanet 2.2 (Lailal Gusri, Freddy Ilfan, A. Al Idrus Septian)

air tanah/sumur ataupun sumber air bersih lainnya.

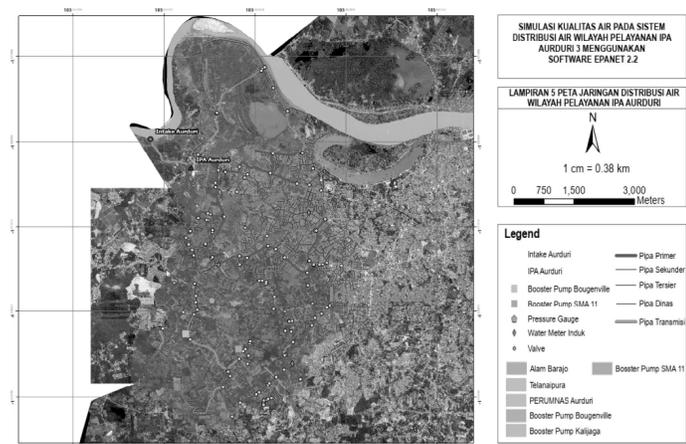


Gambar 3. Peta Pembagian Zona Pada Wilayah Pelayanan IPA Aurduri
Sumber: Pengolahan Data, 2023

Kondisi Umum Jaringan Eksisting Wilayah Pelayanan IPA Aurduri 3

Kondisi jaringan eksisting distribusi air bersih wilayah pelayanan IPA Aurduri 3 sebagian besar menggunakan jenis pipa HDPE, PE dan PVC. Hal ini berlaku untuk pipa primer, sekunder maupun tersier. Jaringan ini sebagian besar mengalami pembaharuan semenjak tahun 2020. Dapat dilihat bahwa pipa primer berdiameter 400-200 mm, dan pipa sekunder berdiameter 200-100 mm. Bervariasinya diameter pipa yang

digunakan dipengaruhi oleh elevasi tanah, kecepatan aliran air (*velocity*), tekanan air (*pressure*) dan debit aliran air (*flow*) (Apritama *et al*, 2020). Semakin tinggi debit aliran air pada jaringan pipa distribusi maka semakin besar pula diameter pipa yang digunakan untuk mencegah terjadinya minus *pressure* atau kekurangan tekanan air pada jaringan distribusi. Hal ini berbanding terbalik dengan kecepatan aliran air (*velocity*), yang apabila perlu ditingkatkan maka diperlukan diameter yang lebih kecil untuk digunakan (Sari, 2021).



Gambar 4. Peta Jaringan Distribusi Air Wilayah Pelayanan IPA Aurduri
Sumber: Pengolahan Data, 2023

Berdasarkan data PERUMDA Air Minum Tirta Mayang pada tahun 2022, wilayah pelayanan IPA Aurduri 3 memiliki 2 *booster pump* untuk dipasang untuk membantu mendistribusikan air bersih ke daerah pelayanan distribusi. Hasil dari pemasangan *booster pump* sebagai alat bantu pendistribusian air bersih ke rumah penduduk, yaitu: 1) *Booster pump* Bougenville dengan kapasitas pompa terpasang 100 liter/detik, distribusi aktual 100 liter/detik, kapasitas 300 m³ dan jam operasi selama 22 jam. 2) *Booster pump* SMA 11 dengan kapasitas pompa terpasang 30 liter/detik, distribusi aktual 20 liter/detik, kapasitas 500 m³ dan jam operasi selama 22 jam. Kedua *booster pump* ini mulai beroperasi dari jam 02.00 WIB sampai dengan 23.59 WIB atau selama 22 jam.

Hasil Simulasi Sebaran Sisa Klor Menggunakan Epanet 2.2

Hasil pengujian sisa klor di lapangan menampulkan bahwa sisa klor tidak sesuai dengan hasil simulasi, sehingga perlu dilakukan kalibrasi untuk penyesuaian dengan data dilapangan. Sebaran sisa klor pada setiap jamnya, yang mana sebaran sisa klor pada 1 jam pertama mengikuti pola jaringan transmisi air bersih dari IPA Aurduri menuju *booster pump* Bougenville dan *booster pump* SMA 11.

Selanjutnya pada kedua *booster pump* tersebut ditampung direservoir dan dilakukan penambahan kedua kali pada reservoirnya sehingga sisa klor yang hilang selama perjalanan dari IPA Aurduri dapat dikembalikan seperti saat baru ditambahkan klorin di IPA Aurduri yaitu dengan kadar 0,3 mg/l. Setelah itu dilakukan distribusi air bersih ke rumah penduduk pada jam dan hasil analisis sebaran sisa klor pada tiap jam menggunakan EPANET 2.2.

Mengontrol jumlah sisa klorin bebas merupakan keharusan untuk memastikan konsumsi air bebas patogen di keran pengguna akhir. Pemodelan jaringan distribusi air diperlukan untuk meramalkan dampak perilaku fisik dan operasional

terhadap parameter hidrolis dan kualitas air (Al-Mousawey *et al*, 2023).

Hasil pada Gambar 5-13, menunjukkan tren penurunan konsentrasi sisa klor mengalami penurunan sisa klor pada jaringan distribusi air wilayah pelayanan IPA Aurduri, selama 22 jam pendistribusian air ke rumah penduduk. Gambar 5. Konsentrasi minimum sisa klorin yang diperlukan pada setiap titik di distribusi air adalah 0 mg/L. Gambar 6 dan 7. Menunjukkan bahwa konsentrasi klorin pada titik distribusi mulai mengalami penurunan pada titik tertentu, berkisar antara 0,1-0,3 mg/L dan lebih sedikit konsentrasi klorin berada pada posisi 0,-0,1 mg/L. Gambar 8,9,10,11 dan 12. Menunjukkan bahwa konsentrasi klorin di seluruh titik distribusi air berkisar antara 0,3 mg/L dan ada titik tertentu konsentrasi klorin berada pada posisi $\leq 0,2$ mg/L. Hal ini dikarenakan permintaan distribusi air berada pada jam permintaan puncak dan Gambar 13. Menunjukkan bahwa konsentrasi klorin di seluruh node distribusi air berkisar antara 0,3 mg/L dan lebih sedikit konsentrasi klorin berada pada posisi 0,3 mg/L dan permintaan distribusi air berada pada jam permintaan puncak.



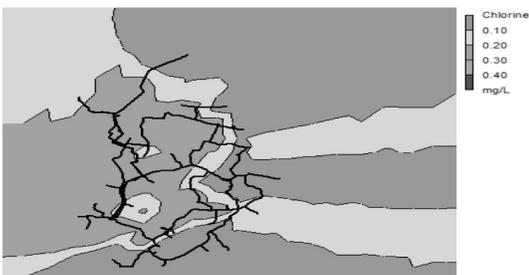
Gambar 5. Sebaran Sisa Klor Berada pada 0 mg/L

Sumber: Pengolahan Data, 2023

Simulasi Kualitas Air pada Sistem Distribusi Air Wilayah Pelayanan IPA Aurduri 3 Menggunakan Software Epanet 2.2 (Lailal Gusri, Freddy Ilfan, A. Al Idrus Septian)



Gambar 6. Sebaran Sisa Klor Berada pada 0,1-0,3 mg/L
Sumber: Pengolahan Data, 2023



Gambar 7. Sebaran Sisa Klor Berada pada 0,1-0,3 mg/L
Sumber: Pengolahan Data, 2023



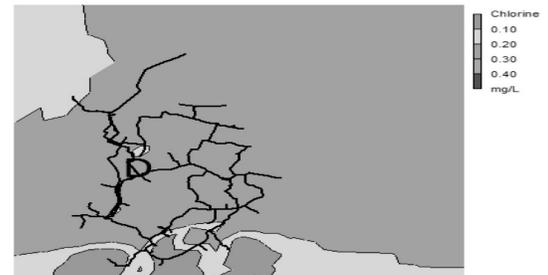
Gambar 8. Sebaran Sisa Klor Berada pada $\leq 0,2-0,3$ mg/L
Sumber: Pengolahan Data, 2023



Gambar 9. Sebaran Sisa Klor Berada ada $\leq 0,2-0,3$ mg/L
Sumber: Pengolahan Data, 2023



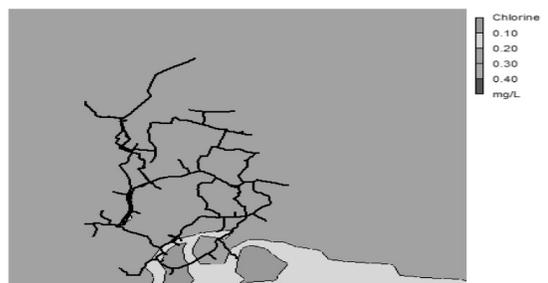
Gambar 10. Sebaran Sisa Klor Berada Pada $\leq 0,2-0,3$ mg/L
Sumber: Pengolahan Data, 2023



Gambar 11. Sebaran Sisa Klor Berada Pada $\leq 0,2-0,3$ mg/L
Sumber: Pengolahan Data, 2023



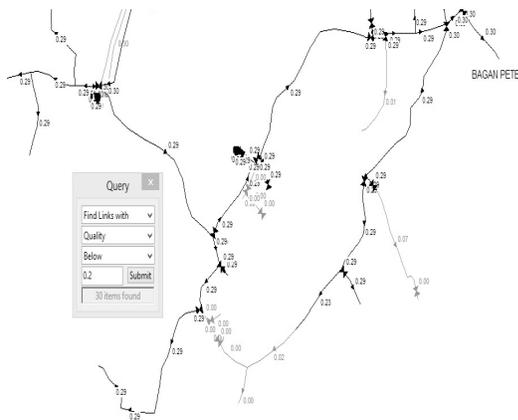
Gambar 12. Sebaran Sisa Klor Berada Pada $\leq 0,2-0,3$ mg/L
Sumber: Pengolahan Data, 2023



Gambar 13. Sebaran Sisa Klor Berkisar $> 0,3$ mg/L
Sumber: Pengolahan Data, 2023

Hasil simulasi pada Gambar 14 menunjukkan bahwa terdapat 30 titik pada

jaringan distribusi yang tidak memenuhi standar.



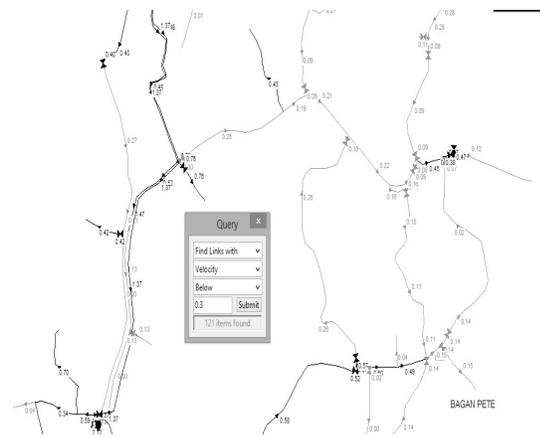
Gambar 14. Hasil Simulasi Jaringan Distribusi untuk Parameter Sisa Klor

Sumber: Pengolahan Data, 2023

Pada Gambar 14 Hal ini disebabkan jarak yang cukup jauh ditempuh sisa klor untuk mencapai titik tersebut (Haq dan Masduqi, 2014). Semakin jauh jarak pelayanan maka semakin rendah kandungan sisa klor pada ujung pelayanan. Sisa klor pada umumnya masih dapat mempertahankan kondisi optimalnya jika jarak $\pm 2,8$ km dari reservoir terdekat (Ramadhan dan Ratni, 2021).

Umur air didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan air untuk mengalir dari sumber ke lokasi konsumsi dalam sistem distribusi. Umur air akibat penyimpanan dalam sistem distribusi paling tinggi pada pagi hari dan terendah pada sore hari (Monteiro *et al*, 2021). Jalur aliran air, yang ditentukan oleh tata letak sistem distribusi, pengaturan katup, dan pengoperasian pompa, juga mempengaruhi waktu tempuh air (Wei-ping *et al*, 2015). Umur air dapat bervariasi dari beberapa jam hingga beberapa hari, karena variasi kebutuhan air harian dan musiman (Qader, 2015). Umur air juga berpengaruh pada kandungan sisa klor pada jaringan air bersih. Umur air merupakan kondisi lamanya waktu air dalam jaringan air bersih, mulai dari masuknya air pada jaringan distribusi hingga air keluar dari jaringan air bersih untuk dikonsumsi. Penting untuk

menghitung umur air untuk memodelkan peluruhan klorin yang bergantung pada kecepatan aliran selama pola konsumsi per jam (Qader, 2015). Umur air dipengaruhi oleh kecepatan aliran air (*velocity*). Semakin cepat aliran air pada jaringan pipa semakin singkat waktu umur air berada dalam jaringan air bersih (Haq dan Masduqi, 2014). Berdasarkan hasil simulasi EPANET 2.2 didapatkan hasil bahwa kecepatan aliran air pada jaringan distribusi air wilayah pelayanan IPA Aurduri tidak memenuhi standar yang ditentukan oleh pemerintah yaitu sebesar 0,3 m/s sampai dengan 6 m/s mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 27/PRT/M/2016 Tahun 2016 tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum.

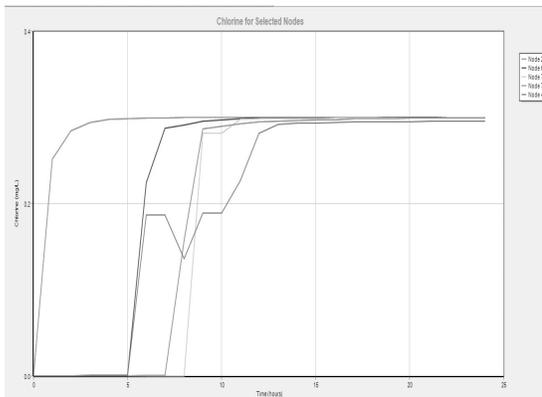


Gambar 15. Hasil Simulasi Jaringan Distribusi untuk Parameter Velocity

Sumber: Pengolahan Data, 2023

Hasil simulasi jaringan distribusi untuk parameter *velocity* pada Gambar. 15 menunjukkan bahwa pemakaian jam puncak terdapat 121 titik yang tidak memenuhi standar. Hal ini dikarenakan kecepatan aliran air (*velocity*) dipengaruhi oleh jarak tempuh yang cukup jauh, jumlah kebutuhan air yang tidak sebanding terlalu kecil akan tetapi tekanan air terlalu tinggi dan kesalahan pada perencanaan diameter pipa yang digunakan (Talanipa *et al*, 2022). Sehingga pada beberapa titik mengalami keterlambatan

dalam mendapatkan sisa klor pada kadar yang mencukupi.



Gambar 15. Kurva Sisa Klor pada Jaringan Air Bersih Terhadap Waktu menggunakan EPANET 2.2, 2022

Sumber: Pengolahan Data, 2023

Gambar 16 kurva menunjukkan kandungan sisa klor pada jaringan air bersih terhadap waktu

KESIMPULAN

Hasil ditemukan bahwa parameter kualitas air seperti sisa klorin pada titik-titik air dan umur air, berada dalam kisaran standar selama periode simulasi dan waktu simulasi selama 22 jam. Simulasi pada sistem distribusi air bersih di wilayah pelayanan IPA Aurduri 3 terdapat 121 titik yang tidak memenuhi standar kecepatan yang telah ditetapkan oleh pemerintah yaitu sebesar 0,3 m/s sampai dengan 6 m/s. Hal ini disebabkan karena adanya kesalahan perencanaan pada penggunaan diameter yang digunakan. Hasil analisis simulasi pada jaringan distribusi air bersih di wilayah pelayanan IPA Aurduri untuk parameter sisa klor yaitu terdapat 30 titik pada jaringan distribusi yang tidak memenuhi standar. Akibat tidak optimalnya kinerja klorin sebagai disinfektan pada jaringan air bersih disebabkan jarak yang jauh, rendah kecepatan aliran air, waktu tinggal air terlalu lama berada didalam jaringan distribusi air bersih.

DAFTAR PUSTAKA

Ajaz, M.; Ahmad, D. (2023). *Simulasi Kualitas Air Optimal dari Usulan Sistem Distribusi Air untuk Universitas Kashmir Menggunakan EPANET 2.2 dan Pemodelan Kebocoran Jaringan Menggunakan Ekstensi EPANET*. WaterNetGen. Mengepung. Sains. Proses. 2023, 25, 27. <https://doi.org/10.3390/ECWS-7-14251>.

Al-Mousawey, Hassan Jaffar and Abed, Basim Sh. (2023). *Simulation and assessment of water supply network for specified districts at Najaf Governorate*. Journal of the Mechanical Behavior of Materials, vol. 32, no. 1, pp. 20220233.

Apritama, M. R., Suryawan, I. W. K., & Adicita, Y. (2020). *Analisis Hidrolis dan Jejak Karbon Jaringan Distribusi Air Bersih di Pulau Kecil Padat Penduduk (Pulau Lengkang Kecil, Kota Batam)*. Jurnal Teknologi Lingkungan, 21(2), 227–235. <https://doi.org/10.29122/jtl.v21i2.3807>.

Araya, A., & Sánchez, L. D. (2018). *Residual chlorine behavior in a distribution network of a small water supply system*. Journal of Water Sanitation and Hygiene for Development, 8(2), 349–358.

Blokker, M. J. Vreeburg, V. Speight. (2014). *Residual Chlorine in the Extremities of the Drinking Water Distribution System: The Influence of Stochastic Water Demands*. Procedia Engineering, Volume 70, 2014, Pages 172-180, ISSN 1877-7058.

Denis Nono, Innocent Basupi, Phillimon T. Odirile, Bhagabat P. Parida. (2018). *Integrating booster chlorination and operational interventions in water distribution systems*. Journal of

- Hydroinformatics 1 September 2018; 20 (5): 1025–1041.
- Dinka, M. O. (2018). *Safe Drinking Water: Concepts, Benefits, Principles and Standards*. InTech. doi: 10.5772/intechopen.71352.
- Goyal, R.V., Patel, H.M. (2015). *Analysis of residual chlorine in simple drinking water distribution system with intermittent water supply*. Appl Water Sci 5, 311–319.
- Haq, B., Masduqi, A. (2014). *Sistem Distribusi Air Siap Minum PDAM Kota Malang: Studi Kasus Kecamatan Blimbing*. Jurnal Teknik Pomits, 3(2), 182–187.
- Kalensun, H., Kawet, L., & Halim, F. (2016). *Perencanaan Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih Di Kelurahan Pengolombian Kecamatan Tomohon Selatan*. Jurnal Sipil Statik, 4(2), 105–115,
- Lailal Gusri, Siti Umi Kalsum, Ratna Juwita. (2022). *Penilaian Kualitas Air Zona Tengah Sungai Batanghari Jambi*. Jurnal Daur Lingkungan, 5(2), 52-56 E-ISSN 2615-1626.
- Laporan .(2022). *PERUMDA Air Minum Tirta Mayang*, Kota Jambi.
- Monteiro, Laura, Ricardo Algarvio, and Dídía Covas. (2021). *Enhanced Water Age Performance Assessment in Distribution Networks*. Water 13, no. 18: 2574. <https://doi.org/10.3390/w13182574>
- Nugroho, S., Meicahayanti, I., & Nurdiana, J. (2018). *Analisis Jaringan Perpipaan Distribusi Air Bersih Menggunakan EPANET 2.0 (Studi Kasus di Kelurahan Harapan Baru, Kota Samarinda)*. Teknik, 39(1), 62.
- PERMENKES. (2023). *Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan*.
- Peraturan Pemerintah. (2021). *Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air*.
- PERMENPUPR. (2016). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 27/PRT/M/2016 Tahun 2016 tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum*.
- Qader, A. Ahmed. (2015). *Developing a water distribution network model: a case study*. M.Sc. Thesis in Civil Engineering University of Gaziantep. UNIVERSITY OF GAZIANTEP GRADUATE SCHOOL OF NATURAL & APPLIED SCIENCES
- Ramadhan, A. I., & Ratni, N. (2021). *Analisa Keberadaan Sisa Klor Bebas Pada Jaringan Distribusi PDAM Kabupaten Bantul Dengan Epanet 2.0*. EnviroUS, 1(2), 41-48.
- Rifani, M., Raharja, M., & Isnawati, I. (2016). *Kadar Sisa Klor Terhadap Nilai MPN Coliform Pada Jaringan Perpipaan PDAM Di Kabupaten Hulu Sungai Utara*. In JURNAL KESEHATAN LINGKUNGAN: Jurnal dan Aplikasi Teknik Kesehatan Lingkungan (Vol. 13, Issue 2, p. 368).
- Salilama, A., Ahmad, D., & Madjowa, N. F. (2020). *Analisis Kebutuhan Air Bersih (PDAM) di Wilayah Kota Gorontalo Sekolah Tinggi Ilmu Administrasi Bina Taruna Gorontalo*. RADIAL- Jurnal Peradaban Sains,

Rekayasa Dan Teknologi, 6(2), 102–114.

Sari, K. I. (2021). *Evaluasi Jaringan Pipa Distribusi Air Minum Dengan Menggunakan Epanet 2.0 Di Kecamatan Girsang Sipangan Bolon Kabupaten Simalungun*. Buletin Utama Teknik, 16(3), 1–8.

SNI. (2011). *Standar Nasional Indonesia 7509:2011 tentang Tata Cara Perencanaan Teknik Jaringan Distribusi dan Unit Pelayanan Sistem Penyediaan Air Minum*,

Talanipa, R., Putri, T. S., Rustan, F. R., & Yulianti, A. T. (2022). *Implementasi Aplikasi EPANET Dalam Evaluasi Pipa Jaringan Distribusi Air Bersih PDAM Kolaka*. INFORMAL: Informatics Journal, 7(1), 46. <https://doi.org/10.19184/isj.v7i1.30802>.

Wei-ping Cheng, En-hua Liu, and Jing-qing Liu. (2015). *A Novel Statistical Model for Water Age Estimation in Water Distribution Networks*. Research Article. Hindawi Publishing Corporation Mathematical Problems in Engineering Volume 2015, Article ID 350328, 9 pages.

Wulandari, R. D., & Santosa, B. (2021). *Analisis Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih Perumahan Golden Vienna 1 Dan 2 Kota Tangerang Selatan*. Jurnal Ilmiah Desain & Konstruksi, 20 (1), 84–97.