



OBSERVASI DAN EVALUASI REAKTOR UV PADA SISTEM DESINFEKSI PENGOLAHAN AIR MINUM DALAM KEMASAN (STUDI KASUS DI PT. X, LANGKAT)

Samuel Gideon^{1,*}, Riandika Marpaung¹

¹Program Studi Teknik Kimia, Politeknik Teknologi Kimia Industri Medan

*samuel_gideon@ptki.ac.id

ABSTRACT: The purpose of this study is to observe parameters required in UV reactor performance and comply them against references as well as comply and evaluate UV lamp intensity values at PT. X Langkat. This study is conducted by observing directly UV reactor units (field research and library research). The data obtained is secondary data from the UV reactor control panel must be complied with Permenperin Nomor 96/M-IND/PER/12/2011, Permenkes Nomor 2/2023 as well as UVDGM guidance British Columbia 2022. Lamp status is 96% and lamp age is 5504 hours which is in accordance with the protocol of UVDGM guidance British Columbia 2022. All UV lamp intensity values are above the minimum intensity permitted based on Permenperin Nomor 96/M-IND/PER/12/2011 as well as those recommended by UVDGM guidance British Columbia 2022. All turbidity values are below 3 NTU, which means are still in accordance with the minimum turbidity permitted based on Permenkes Nomor 2/2023.

ABSTRAK: Tujuan dari penelitian ini adalah mengobservasi parameter-parameter terkait kinerja reaktor UV dan membandingkannya terhadap referensi serta membandingkan dan mengevaluasi nilai intensitas lampu UV di PT. X Langkat terhadap referensi. Penelitian ini menggunakan metode observasi langsung pada unit reaktor UV (*field research* dan penelitian kepustakaan (*library research*). Data yang diamati merupakan data sekunder yang berasal dari panel kontrol reaktor UV PT. X Langkat, di mana data tersebut kemudian dibandingkan dengan beberapa referensi seperti Permenperin Nomor 96/M-IND/PER/12/2011, Permenkes Nomor 2/2023 dan panduan UVDGM British Columbia tahun 2022. Status lampu 96% dan umur lampu adalah 5504 jam di mana hal tersebut sudah sesuai dengan protokol yang dipersyaratkan oleh panduan UVDGM British Columbia tahun 2022. Semua nilai intensitas lampu UV berada di atas nilai intensitas minimum yang diatur dalam Permenperin Nomor 96/M-IND/PER/12/2011 maupun yang dipersyaratkan oleh panduan UVDGM British Columbia tahun 2022. Semua nilai kekeruhan air berada di bawah 3 NTU yang berarti nilai-nilai kekeruhan air tersebut masih sesuai dengan aturan dari Permenkes Nomor 2/2023.

Kata Kunci: intensitas UV, lampu UV, reaktor UV.

**corresponding author*

email: author@address.com (12 pt, italics)

DOI:

PENDAHULUAN

Salah satu kegunaan air yang paling penting ialah sebagai air minum. Oleh karena itu dalam pemanfaatan sumber air sebagai bahan baku air minum perlu dikelola dengan baik, sehingga dapat diproduksi air minum yang baik dari segi kualitas, kuantitas, maupun keberlanjutannya. Salah satu produk air iminum yang paling banyak digunakan masyarakat adalah air minum dalam kemasan (AMDK). AMDK menurut Standar Nasional Indonesia 01-3553-2006 adalah air baku yang telah diproses, dikemas, dan aman diminum mencakup air mineral dan air demineral (Deril & Novirina, 2010). Proses desinfeksi air minum memegang peranan penting dalam upaya memenuhi kualitas AMDK yang memenuhi syarat kesehatan, baik melalui pengolahan fisika, kimia maupun bakteriologi. Pengolahan AMDK secara fisika yang paling sering digunakan karena keefektifannya adalah metode penyinaran (iradiasi) dengan menggunakan radiasi pengion (Putro dkk., 2013) yaitu sinar ultraviolet (UV) yang memiliki panjang gelombang pendek serta kemampuan yang kuat untuk menonaktifkan mikroba patogen (Tomunik & Hutabarat, 2018).

Penggunaan teknologi UV sebagai modalitas desinfeksi air minum telah dilakukan sejak awal abad 21, namun terabaikan karena teknologi klorinasi lebih disukai oleh produsen air minum. Namun, akhir-akhir ini penggunaan UV populer kembali dan semakin diterima baik pada skala industri maupun rumah tangga karena masalah keamanan yang ditimbulkan oleh teknologi klorinasi serta semakin berkembangnya teknologi UV (Gray, 2013; Said, 2018). Beberapa keuntungan penggunaan teknologi UV antara lain: tidak berdampak pada rasa atau bau, tidak membutuhkan area penyimpanan maupun penanganan bahan kimia beracun serta unit peralatan UV yang hanya memerlukan ruang peletakan yang kecil (Yushananta dkk., 2022). Sementara itu, kerugian penggunaan UV yang paling utama adalah relatif sulit menentukan dosis UV yang sesuai (Fauzi, 2017) disebabkan oleh kemungkinan dosis UV yang diberikan sudah melebihi spesifikasi yang diperlukan untuk menonaktifkan mikroba patogen (Gray, 2013).

Sinar UV termasuk dalam spektrum elektromagnetik yang berada di antara sinar-X dan cahaya tampak, di mana sinar UV memiliki frekuensi lebih tinggi dibandingkan cahaya tampak dan frekuensi lebih rendah dibandingkan sinar-X serta memiliki panjang gelombang yang lebih panjang dibandingkan sinar-X dan panjang gelombang yang lebih pendek dibandingkan cahaya tampak. Spektrum sinar UV dibagi menjadi empat rentang, yaitu UV vakum (panjang gelombang 100 sampai 200 nm), UV-C (panjang gelombang 200 sampai 280 nm), UV-B (panjang gelombang 280 sampai 315 nm) dan UV-A (panjang gelombang 315 sampai 400 nm) (Gray, 2013). UV-C memiliki sifat sebagai pembasmi mikroba patogen karena dapat diserap dengan mudah oleh RNA dan DNA yang berujung pada mutasi bahkan kematian mikroba patogen (Gray, 2013; Setiawan & Purwoto, 2019).

Sinar UV pada sistem desinfeksi pengolahan air (biasa disebut juga reaktor UV) dihasilkan dari lampu UV yang prinsip kerjanya hampir sama dengan lampu fluoresens

(lampu neon). Tabung lampu UV diisi dengan gas inert, biasanya argon dan merkuri. Tekanan dalam tabung lampu UV dibedakan menjadi tiga yaitu lampu UV bertekanan rendah (*low pressure UV*), lampu UV bertekanan sedang (*medium pressure UV*) dan lampu UV berpulsa (*pulse UV*). Dalam beberapa tahun terakhir, lampu UV bertekanan sedang sudah banyak digunakan pada sistem desinfeksi pengolahan air minum skala industri. Lampu UV bertekanan sedang beroperasi pada tekanan 50-300 kPa dan suhu 600-900°C sehingga tidak terpengaruh pada saat dioperasikan di air bersuhu rendah (Gray, 2013).

Pada reaktor UV, lampu UV yang digunakan adalah lampu merkuri bertekanan sedang yang dikemas dalam tabung pemancar sinar UV yang terbuat dari kuarsa. Tabung kuarsa bersifat transparan namun bukan terbuat dari bahan kaca serta berfungsi untuk menyaring sinar UV yang panjang gelombangnya antara 200 sampai 300 nm. Prinsip kerja reaktor UV selanjutnya adalah sebagai berikut: air bersih yang sudah diolah dari proses sebelumnya dialirkan melalui pipa menuju tangki yang sudah dilengkapi dengan lampu UV (panjang gelombang hasil penyaringan yaitu 254 nm). Pada pengolahan AMDK skala industri, air bersih tersebut dialirkan secara terus menerus selama 1 x 24 jam sehingga reaktor UV juga terus beroperasi selama jangka waktu tersebut.

Dari sudut pandang mikrobiologi, proses iradiasi dalam reaktor UV pada dasarnya mempengaruhi mikroba patogen yang terdapat dalam air dengan mengubah DNA dalam sel mikroba patogen tersebut kemudian menghambat reproduksinya (Yushananta dkk., 2022). Oleh karena itu, perlakuan tersebut tidak menghilangkan mikroba patogen dari air, namun hanya menonaktifkan organisme tersebut. (Yushananta dkk., 2022) menyebutkan faktor-faktor yang mempengaruhi efektivitas reaktor UV yaitu intensitas lampu UV, waktu iradiasi, umur lampu UV dan kekeruhan air (turbiditas). Untuk menjamin air minum yang dihasilkan benar-benar layak diminum, intensitas lampu UV yang dipakai harus cukup. Oleh karena itu, kebanyakan reaktor UV sudah menggunakan teknologi canggih di mana dosis UV tidak lagi bergantung pada lamanya waktu iradiasi melainkan menyesuaikan dengan laju alir (*flow rate*) air bersih yang mengalir menuju reaktor UV.

Penelitian yang telah dilakukan terkait pengolahan air minum dengan teknologi UV sudah sangat banyak dipublikasikan, antara lain pengolahan air sungai menjadi air minum berbasis *sand filter* dan teknologi UV (Putro dkk., 2013) serta pengolahan air tanah menjadi air minum berbasis resin penukar ion, zeolit serta teknologi UV (Setiawan & Purwoto, 2019). Bahkan, penelitian terkait air minum isi ulang yang menggunakan teknologi UV juga mulai banyak dilakukan di antaranya oleh (Tominik & Hutabarat, 2018). Sementara itu, penelitian yang dilakukan oleh (Darise, 2016) membahas mengenai teknologi pengolahan AMDK di PT. Buana Lembah Nusantara Gorontalo yang juga menggunakan teknologi UV.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengobservasi parameter-parameter terkait kinerja reaktor UV dan membandingkannya terhadap referensi serta membandingkan dan mengevaluasi nilai intensitas lampu UV di PT. X Langkat terhadap referensi. PT. X Langkat merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pengolahan AMDK dengan merek yang sudah dikenal oleh masyarakat dan telah beroperasi sejak tahun 2014.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode observasi langsung pada unit reaktor UV (*field research*) dan penelitian kepustakaan (*library research*) yang dilakukan di PT. X yang terletak di Kabupaten Langkat, Sumatera Utara. Data yang diamati adalah data sekunder yang berasal dari panel kontrol reaktor UV PT. X Langkat serta data sekunder kekeruhan air yang telah diolah oleh laboratorium analisis PT. X Langkat. Parameter-parameter yang diamati pada panel kontrol reaktor UV adalah *flow rate* air umpan, status lampu UV serta dosis UV, di mana data yang diambil yaitu pada tanggal 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20 dan 21 November 2023.

Data yang diamati merupakan data sekunder yang berasal dari panel kontrol reaktor UV PT. X Langkat, di mana data tersebut kemudian dibandingkan dengan beberapa referensi seperti Permenperin Nomor 96/M-IND/PER/12/2011, Permenkes Nomor 2/2023 dan panduan UVDGM British Columbia tahun 2022. Parameter yang dibandingkan dengan Permenperin Nomor 96/M-IND/PER/12/2011 dan panduan UVDGM British Columbia tahun 2022 adalah intensitas lampu UV, kemudian parameter yang dibandingkan dengan Permenkes Nomor 2/2023 adalah kekeruhan air sementara itu parameter yang dibandingkan dengan panduan UVDGM British Columbia tahun 2022 adalah umur lampu dan status lampu UV.

Oleh karena penelitian ini bersifat *field and library research*, maka data intensitas lampu UV yang diperoleh tidak menggunakan peralatan khusus seperti radiometer dan lain sebagainya. Intensitas lampu UV dihitung melalui pendekatan manual berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Yushananta dkk., 2022) di mana hubungan antara intensitas lampu UV, dosis UV dan *flow rate* air umpan dinyatakan sebagai:

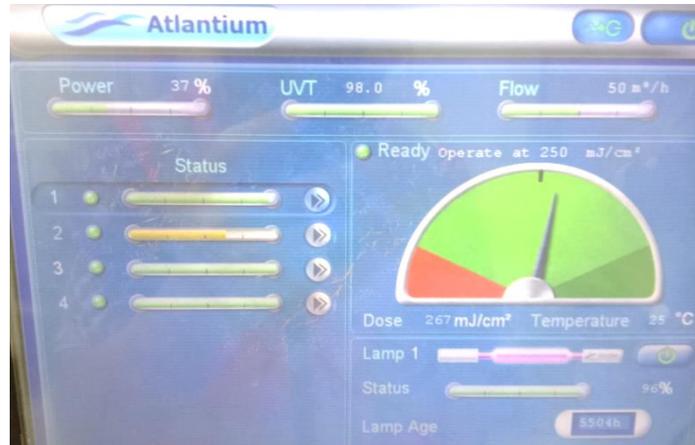
$$I = D \cdot Q \quad (1)$$

I: intensitas lampu UV (mW/cm^2)

D: dosis UV (mJ/cm^2)

Q: *flow rate* air umpan (cm^3/s)

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 1. Parameter-parameter yang terbaca pada panel kontrol reaktor UV

Reaktor UV yang digunakan oleh PT. X Langkat adalah merk Atlantium tipe RZ-163-14 yang terdiri dari empat buah lampu terpasang seri dan horisontal. Jenis lampu UV yang digunakan adalah lampu merkuri bertekanan sedang yang terbungkus dalam tabung kuarsa dengan tebal lima kali lebih tebal dari ukuran konvensional. Reaktor UV sudah secara otomatis menyesuaikan dosis UV sehingga tidak lagi bergantung pada lamanya waktu iradiasi melainkan menyesuaikan dengan *flow rate* air umpan yang mengalir menuju reaktor UV.

Tabel 1. Bacaan dari panel kontrol serta nilai kekeruhan air.

Waktu Pengambilan Sampel	Flow Rate Air Umpan (cm ³ /s)	Dosis UV (μJ/cm ²)	Kekeruhan Air (NTU)
10 November 2023	13.889	266 x 10 ³	0,2044
11 November 2023	13.611	267 x 10 ³	0,1917
13 November 2023	16.944	246 x 10 ³	0,2136
14 November 2023	17.222	387 x 10 ³	0,203
15 November 2023	13.333	312 x 10 ³	0,2025
16 November 2023	13.611	280 x 10 ³	0,1988
17 November 2023	13.611	284 x 10 ³	0,2153
18 November 2023	13.889	345 x 10 ³	0,1218
20 November 2023	13.333	283 x 10 ³	0,1577
21 November 2023	14.167	261 x 10 ³	0,1432

Berdasarkan Gambar 1, maka dapat terlihat status lampu 96% dan umur lampu adalah 5504 jam di mana hal tersebut sudah sesuai dengan protokol yang dipersyaratkan oleh panduan UVDGM (Ministry of Health, 2022) yaitu setiap panel kontrol reaktor UV harus memperlihatkan status lampu dan maksimum umur lampu yang diperbolehkan adalah 8000 jam.

Panel kontrol reaktor UV PT. X Langkat yang terbaca seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Bacaan dari panel kontrol serta nilai kekeruhan air kemudian ditabulasikan seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Dengan menggunakan Persamaan (1), maka hasil perhitungan intensitas lampu UV berdasarkan Tabel 1 dapat ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan intensitas lampu UV.

Waktu Pengambilan Sampel	Flow Rate Air Umpan (cm³/s)	Dosis UV (μJ/cm²)	Intensitas lampu UV (μW/cm²)
10 November 2023	13.889	266 x 10 ³	3,69 x 10 ⁹
11 November 2023	13.611	267 x 10 ³	3,63 x 10 ⁹
13 November 2023	16.944	246 x 10 ³	4,17 x 10 ⁹
14 November 2023	17.222	387 x 10 ³	6,66 x 10 ⁹
15 November 2023	13.333	312 x 10 ³	4,16 x 10 ⁹
16 November 2023	13.611	280 x 10 ³	3,81 x 10 ⁹
17 November 2023	13.611	284 x 10 ³	3,87 x 10 ⁹
18 November 2023	13.889	345 x 10 ³	4,8 x 10 ⁹
20 November 2023	13.333	283 x 10 ³	3,77 x 10 ⁹
21 November 2023	14.167	261 x 10 ³	3,7 x 10 ⁹

(Permenperin No. 96, 2011) mengatur bahwa intensitas minimum lampu UV yang diperlukan pada proses desinfeksi air minum sebesar 10.000 μW/cm² sementara itu panduan mempersyaratkan intensitas minimum lampu UV yang diperlukan pada proses desinfeksi air minum sebesar 30.000 μW/cm². Dari Tabel 2 dapat terlihat bahwa semua nilai intensitas lampu UV berada di atas nilai intensitas minimum yang diatur dalam Permenperin Nomor 96/M-IND/PER/12/2011 maupun yang dipersyaratkan oleh panduan UVDGM British Columbia tahun 2022.

Nilai-nilai intensitas lampu UV yang besar tersebut dipengaruhi oleh *flow rate* air umpan dari PT. X Langkat yang juga besar sehingga semakin banyak juga mikroba patogen yang perlu dinonaktifkan. Seperti kita ketahui bahwa PT. X Langkat merupakan pabrik pengolah air minum skala industri, berbeda dengan depot-depot air minum isi ulang biasa yang skalanya hanya terbatas pada rumah tangga. Namun, perhitungan nilai intensitas lampu UV dalam penelitian ini masih sangat sederhana. Penelitian yang dilakukan oleh (Schmalwieser dkk., 2015) menggunakan instrumen radiometer untuk mengukur intensitas lampu UV pada reaktor UV pengolahan air minum di Austria. Hal tersebut juga sebenarnya dipersyaratkan oleh panduan UVDGM British Columbia tahun 2022. Bahkan, untuk mengoptimalkan intensitas lampu UV yang digunakan, (Minzu dkk., 2021) menggunakan algoritma metaheuristik berbasis optimasi partikel.

Permenkes Nomor 2/2023 mengatur bahwa nilai kekeruhan air minum hasil filtrasi harus kurang dari 3 NTU. Dari Tabel 1 dapat terlihat bahwa semua nilai kekeruhan air berada di bawah 3 NTU. Meskipun nilai-nilai kekeruhan air tersebut masih sesuai dengan aturan dari Permenkes Nomor 2/2023, tetapi semuanya tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh (NWRI, 2012) yang menyatakan nilai kekeruhan air minum hasil filtrasi harus kurang dari 0,1 NTU. Selain *flow rate* air umpan yang besar dan jumlah mikroba patogen yang harus dinonaktifkan juga besar, nilai intensitas lampu UV yang besar yang digunakan pada reaktor UV PT. X Langkat juga sebagai kompensasi dari nilai-nilai kekeruhan air yang kurang dari 0,1 NTU. Apabila intensitas lampu UV tidak cukup menembus kekeruhan air, maka proses desinfeksi air minum menjadi tidak efektif karena air yang keruh menjadi tempat yang potensial bagi mikroba patogen untuk bersembunyi (Ministry of Health, 2022; NWRI, 2012; Yushananta dkk., 2022).

SIMPULAN

Status lampu 96% dan umur lampu adalah 5504 jam di mana hal tersebut sudah sesuai dengan protokol yang dipersyaratkan oleh panduan UVDGM British Columbia tahun 2022. Semua nilai intensitas lampu UV berada di atas nilai intensitas minimum yang diatur dalam Permenperin Nomor 96/M-IND/PER/12/2011 maupun yang dipersyaratkan oleh panduan UVDGM British Columbia tahun 2022. Semua nilai kekeruhan air berada di bawah 3 NTU yang berarti nilai-nilai kekeruhan air tersebut masih sesuai dengan aturan dari Permenkes Nomor 2/2023.

DAFTAR PUSTAKA

Darise, F. (2016). Teknologi Pemrosesan Air Minum Dalam Kemasan (Amdk) 220 MI

- Merek “Gc” (Studi Kasus Di Pt. Buana Lembah Nusantara, Gorontalo) Processing Technology of Packaged Drinking Water 220 ML With the Brand “Gc” (a Case Study in Pt. Buana Lembah Nusantara, Gorontalo). *Jtech*, 2016(1), 52–56.
- Deril, M., & Novirina, H. (2010). *UJI PARAMETER AIR MINUM DALAM KEMASAN (AMDK) DI KOTA SURABAYA M. Deril dan Novirina. H Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jatim* Keywords : *Bottled Drinking Water, Quali. 1*, 1–6.
- Fauzi, H. N. (2017). Pengembangan prototipe sistem pengolahan air balas dengan menggunakan aplikasi filtrasi karet remah dan radiasi sinar uv. *Skripsi*.
- Gray, N. F. (2013). Ultraviolet Disinfection. *Microbiology of Waterborne Diseases: Microbiological Aspects and Risks: Second Edition*, 617–630. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-415846-7.00034-2>
- Ministry of Health. (2022). *Drinking Water Officers’ Guide 2022-Part B: Section 16 Guidelines for Ultraviolet Disinfection of Drinking Water Guidelines for Ultraviolet Disinfection of Drinking Water. January*, 1–37.
- Minzu, V., Riahi, S., & Rusu, E. (2021). Optimal control of an ultraviolet water disinfection system. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(6), 1–22. <https://doi.org/10.3390/app11062638>
- NWRI. (2012). Ultraviolet disinfection : guidelines for drinking water and water reuse 3rd edition. *US National Water Research Institute*. <http://nwri-usa.org/documents/UVGuidelines3rdEdition2012.pdf>
- Permenperin No. 96. (2011). *Mcntcri Perindustrian Rcpuhlik Indonesia*.
- Putro, T., Nuzula, N. I., Armawati, N., ... Rubiyanto, A. (2013). *Dekontaminasi Air Sungai Berbasis*. 16(3), 75–84.
- Said, N. I. (2018). Disinfeksi Untuk Proses Pengolahan Air Minum. *Jurnal Air Indonesia*, 3(1), 15–28. <https://doi.org/10.29122/jai.v3i1.2314>
- Schmalwieser, A. W., Hirschmann, G., Cabaj, A., & Sommer, R. (2015). Ten-year monitoring of an ultraviolet disinfection plant for drinking water. *Journal of Environmental Engineering and Science*, 10(2), 34–39. <https://doi.org/10.1680/jees.14.00014>
- Setiawan, A., & Purwoto, S. (2019). Pengolahan Air Tanah Berbasis Treatment Resin Penukar Ion, Zeolit Dan Sinar Uv. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 17(2), 19–28. <https://doi.org/10.36456/waktu.v17i2.2133>

- Tominik, V. I., & Hutabarat, M. S. H. (2018). *ANALISIS UJI KUALITAS BAKTERIOLOGIS AIR MINUM ISI ULANG (AMIU) MENGGUNAKAN METODE MPN PADA PENGOLAHAN AIR SISTEM REVERSE OSMOSIS (RO) DAN SISTEM ULTRA VIOLET (UV) . 1*, 20–24.
- Yushananta, P., Markus, M., & Barus, L. (2022). Kualitas Mikrobiologi Dan Pengolahan Air Minum Isi Ulang Di Wilayah Kecamatan Metro Pusat, Kota Metro. *Ruwa Jurai: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 16(3), 138. <https://doi.org/10.26630/rj.v16i3.3626>