

PENGARUH INTENSITAS SINAR ULTRAVIOLET DAN PENGADUKAN TERHADAP REDUKSI JUMLAH BAKTERI *E.coli*

Okik Hendriyanto Cahyonugroho

Progdi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
Jl. Raya Rungkut Madya. Surabaya 60294
Telp. (031) 8782087
e-mail : okikhendriyanto@yahoo.com

ABSTRAK

Desinfeksi dengan menggunakan sinar ultraviolet merupakan salah satu upaya untuk menghilangkan bakteri patogen, selain Cl₂. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kedalaman sampel yang dipapari dengan variasi pengadukan terhadap reduksi jumlah bakteri Escherichia coli dalam sampel air pada beberapa selang waktu pemaparan. Reduksi jumlah bakteri E.coli optimum mencapai 85% jika disertai proses pengadukan dan mencapai 65% jika tanpa pengadukan. Kondisi optimum tersebut terjadi pada ketinggian lampu UV 10 cm, waktu pemaparan 5 menit pada kedalaman sampel 6 mm. Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan antara reduksi jumlah E.coli terhadap intensitas sinar UV, lamanya waktu pemaparan, kedalaman sampel yang mengandung E.coli dan adanya pengaruh pengadukan.

Kata kunci : desinfeksi - E.coli - intensitas UV - pengadukan

ABSTRACT

Disinfection using ultraviolet light is one way to eliminate bacterial pathogens, other than Cl₂. This study aimed to investigate the influence of sample depth variation exposing with stirring to reduce the number of Escherichia coli in water samples at several time intervals of exposure. Optimum reduction of the number of E. coli reached 85% if accompanied by the stirring process and reaches 65% if without stirring. The optimum condition occurs at a height of 10 cm of UV light, exposure time of 5 minutes at a depth of 6 mm sample. The results showed a correlation between the reduction of the number of E. coli to UV light intensity, duration of exposure, depth of samples containing E. coli and the effect of stirring

Keywords: disinfection - E.coli - UV intensity - the stirring

PENDAHULUAN

Desinfeksi merupakan salah satu upaya untuk menghilangkan bakteri patogen yang terdapat dalam air. Klor (Cl₂) merupakan desinfeksi yang paling umum digunakan. Namun klor menghasilkan suatu “disinfection by – products (DBP’s) di air, misalnya Trihalomethanes yang memiliki efek karsinogenik, mutagenik dan mampu menyebabkan kecacatan lahir (IWA Yearbook, 2000). Oleh karena itu perlu dipikirkan metoda desinfeksi lain yang tidak berbahaya bagi manusia.

Sinar ultraviolet mempunyai kemampuan dalam menonaktifkan bakteri, virus dan protozoa tanpa mempengaruhi komposisi kimia air. Absorpsi terhadap radiasi ultraviolet oleh protein, RNA dan DNA dapat menyebabkan kematian dan mutasi sel. Oleh karena itu, sinar ultraviolet dapat digunakan sebagai disinfektan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kedalaman sampel yang dipapari dengan variasi pengadukan dan intensitas sinar ultraviolet terhadap reduksi jumlah

bakteri *Escherichia coli* dalam sampel air pada beberapa selang waktu pemaparan.

TINJAUAN PUSTAKA

Desinfeksi

Desinfeksi dapat diartikan sebagai upaya penghilangan atau pemusnahan mikroorganisme patogen yang bersifat selektif sehingga tidak semua mikroorganisme dapat dimusnahkan. Hal ini berbeda dengan sterilisasi, karena desinfeksi tidak digunakan untuk menghilangkan mikroorganisme patogen maupun nonpatogen yang berbentuk spora. Sedangkan sterilisasi merupakan penghilangan atau pemusnahan semua mikroorganisme yang terdapat dalam suatu zat (McCarthy, J.J. dan Smith, C.H., 1974).

Secara umum proses desinfeksi dapat dilakukan secara fisik dan kimiawi. Alternatif pada proses desinfeksi secara kimiawi biasanya menggunakan klor, ozon dan senyawa halogen. Sedangkan proses desinfeksi secara fisik dapat digunakan sinar ultraviolet, gelombang ultrasonik, ultrafiltrasi, reverse osmosis. Teknologi desinfeksi secara fisik tersebut yang sedang dikembangkan dan mendapatkan banyak kemajuan pada beberapa tahun terakhir ini.

Ultraviolet

Ultraviolet merupakan suatu bagian dari spektrum elektromagnetik dan tidak membutuhkan medium untuk merambat. Ultraviolet mempunyai rentang panjang gelombang antara 400 – 100 nm yang berada di antara spektrum sinar X dan cahaya tampak (EPA, 1999)

Secara umum sumber ultraviolet dapat diperoleh secara alamiah dan buatan, dengan sinar matahari merupakan sumber utama ultraviolet di

alam. Sumber ultraviolet buatan umumnya berasal dari lampu fluorescent khusus, seperti lampu merkuri tekanan rendah (low pressure) dan lampu merkuri tekanan sedang (medium pressure). Lampu merkuri medium pressure mampu menghasilkan output radiasi ultraviolet yang lebih besar daripada lampu merkuri low pressure. Namun lampu merkuri low pressure lebih efisien dalam pemakaian listrik dibandingkan lampu merkuri medium pressure. Lampu merkuri low pressure menghasilkan radiasi maksimum pada panjang gelombang 253,7 nm yang lethal bagi mikroorganisme, protozoa, virus dan algae. Sedangkan radiasi lampu merkuri medium pressure diemisikan pada panjang gelombang 180 – 1370 nm.

Mekanisme Desinfeksi Menggunakan Ultraviolet

Radiasi ultraviolet merupakan suatu sumber energi yang mempunyai kemampuan untuk melakukan penetrasi ke dinding sel mikroorganisme dan mengubah komposisi asam nukleatnya. Absorpsi ultraviolet oleh DNA (atau RNA pada beberapa virus) dapat menyebabkan mikroorganisme tersebut tidak mampu melakukan replikasi akibat pembentukan ikatan rangkap dua pada molekul-molekul pirimidin (Snider et al, 1991). Sel yang tidak mampu melakukan replikasi akan kehilangan sifat patogenitasnya. Radiasi ultraviolet yang diabsorpsi oleh protein pada membran sel akan menyebabkan kerusakan membran sel dan kematian sel.

Namun perlu diperhatikan bahwa beberapa mikroba khususnya bakteri memang mempunyai suatu sistem metabolik fungsional yang bervariasi dalam mekanisme untuk memperbaiki kerusakan asam nukleatnya (Jogger, 1967). Adanya kemampuan mikroba untuk memperbaiki kerusakan selnya

akan dapat mempengaruhi efisiensi prose desinfeksi. Namun, mekanisme reaktifasi mikroorganisme tersebut dapat diatasi dengan penggunaan dosis UV yang sesuai

Tingkat inaktivasi mikroorganisme sangat tergantung pada dosis UV yang digunakan. Kinetika inaktivasi mikroorganisme pada desinfeksi menggunakan ultraviolet mengikuti Hukum Chick, pada persamaan berikut :

$$N = N_0 \cdot e^{-k \cdot I \cdot t} \quad (1)$$

dengan :

N = jumlah mikroorganisme setelah dipapari UV pada waktu pemaparan (t)

N_0 = jumlah mikroorganisme awal (t = 0)

k = koef. tingkat inaktivasi mikroorganisme selama waktu tertentu (tergantung pada faktor kualitas air)

I = intensitas ultraviolet

Bryan et al. (1992) memodifikasi persamaan tersebut menjadi persamaan 2.2 sebagai berikut :

$$\ln N/N_0 = -k \cdot I \cdot t \quad (2)$$

Tanda negatif pada persamaan tersebut mengindikasikan adanya penurunan dari jumlah mikroorganisme setelah waktu tertentu (Bryan et al., 1992). Berdasarkan pada persamaan Hukum Chick, maka jumlah mikroorganisme yang tersisa dapat dihitung sebagai fungsi dosis dan waktu pemaparan (White, 19925; USEPA, 1996).

Escherichia coli (*E.coli*)

Escherichia coli (*E. coli*) adalah bakteri dalam kelompok Enterobacteriaceae yang bersifat gram negatif, anaerobik fakultatif, berbentuk batang, tidak membentuk spora, fermentatif dan biasanya bergerak dengan flagela peritrika. Koloni pada agar nutrisi berbentuk bundar agak sedikit cembung tanpa pigmen, halus dengan pinggirannya nyata. Bakteri *E.coli*

mampu memfermentasikan laktosa dengan menghasilkan gas. Suhu optimum untuk pertumbuhannya adalah 37 – 42°C.

Koloni bakteri ini dapat bertahan dalam beberapa minggu dalam penyimpanan kultur pada suhu kamar dan dapat hidup beberapa bulan dalam tanah dan air. Beberapa keturunan akan mati dalam waktu 15 – 20 menit pada suhu 60°C tetapi beberapa dari padanya mampu bertahan terhadap pasteurisasi.

E.coli merupakan organisme yang biasanya hidup dalam saluran usus manusia dan pada hewan tingkat tinggi lainnya merupakan prokariotis yang paling banyak dipelajari. *E. coli* tidak mempunyai membran yang mengelilingi materi genetik didalamnya. Dinding luar selnya dilapisi oleh selongsong atau kapsul yang terbentuk dari senyawa berlendir. Membran sel terdiri dari molekul lipid yang membentuk dua lapisan tipis dengan berbagai protein yang membentuk lapisan tersebut. Membran ini bersifat selektif permeable dan mengandung protein yang dapat melangsungkan pengangkutan nutrisi tertentu ke dalam sel dan hasil buangan ke luar sel.

METODOLOGI PENELITIAN

Peralatan dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi : reaktor (wadah sampel), lampu UV 15 watt dan isolatornya, alat ukur intensitas sinar UV (luxmeter), pengaduk (stirrer magnetis), peralatan untuk kepentingan analisis mikrobiologi dengan Metoda MPN.

Bahan yang digunakan meliputi bakteri *E.coli* sebagai parameter penelitian dan bahan untuk membiakkan dan menganalisis *E.coli*,

yaitu : EMBA (Eosin Methylene Blue Agar), Nutrien Agar dan aquadest.

Prosedur Penelitian

1. Penyiapan reaktor, lampu UV dan isolatornya.

Daya lampu UV 15 watt digunakan untuk memapari sampel air dengan kedalaman 3, 6, 9, 12 mm dengan luasan permukaan yang tetap. Sumber UV ditempatkan dengan variasi ketinggian 10, 20, 30 cm dari dasar wadah (gelas beker 100 ml) untuk mendapatkan intensitas yang berbeda. Pemaparan sampel air dilakukan pada beberapa selang waktu pemaparan, yaitu : 1, 2, 3, 4 dan 5 menit. Sedangkan analisis MPN dilakukan terhadap sampel air sebelum dan sesudah dipapari UV. Untuk mencegah interferensi dari sumber cahaya yang lain maupun dari sinar ultraviolet sendiri, maka digunakan isolator yang berbentuk persegi panjang berukuran 50 x 15 x 35 cm dan terbuat dari karton tebal 3 mm dengan dinding berwarna hitam.

2. Penyiapan biakan *E.coli* pada media EMBA

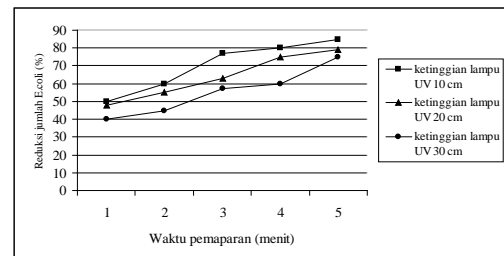
Biakan murni *E.coli* diperoleh dari Laboratorium Teknik Lingkungan ITS yang ditanam kembali pada media EMBA. Sehingga diharapkan biakan yang digunakan adalah murni bakteri *E.coli* yang memberikan warna ungu kemerahan metalik.

3. Penyiapan Larutan Sampel

Larutan sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah air fisiologis (NaCl 0,85%) dan biakan murni *E.coli*. Bakteri *E.coli* ditanam pada nutrien agar miring dan disimpan dalam inkubator dengan suhu 37°C agar bakteri dapat tumbuh dengan baik. Kemudian biakan *E.coli* tersebut dilarutkan menjadi 100 ml (larutan stok) dengan air fisiologis/pengencer (0,85% NaCl).

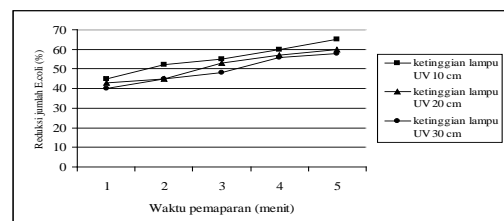
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dengan menggunakan sistem batch dengan kedalaman sampel yang mengandung *E.coli* 6 mm, menunjukkan adanya pengaruh variasi ketinggian lampu UV dari dasar wadah sampel terhadap reduksi bakteri *E.coli* dalam reaktor yang mengalami pengadukan dan tanpa pengadukan. Hasil yang diperoleh sangat signifikan, yaitu reduksi bakteri *E.coli* terjadi sampai 85% dengan ketinggian lampu UV terendah, yaitu 10 cm pada reaktor yang mengalami pengadukan, seperti dijelaskan pada gambar 1.



Gambar 1. Hubungan antara waktu pemaparan terhadap reduksi jumlah *E.coli* pada kedalaman sampel 6 mm dengan proses pengadukan.

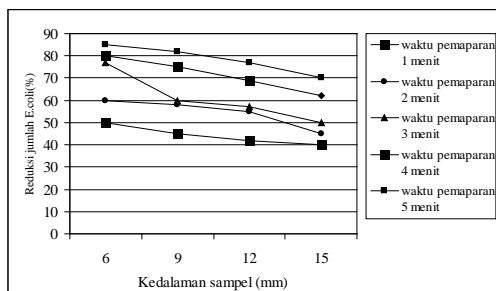
Sedangkan reduksi bakteri *E.coli* hanya mencapai 65% pada ketinggian lampu UV terendah, 10 cm dengan reaktor yang tidak mengalami pengadukan. Hasil tersebut seperti dijelaskan pada gambar 2.



Gambar 2. Hubungan antara waktu pemaparan terhadap reduksi jumlah *E.coli* pada kedalaman sampel 6 mm dengan proses tanpa pengadukan.

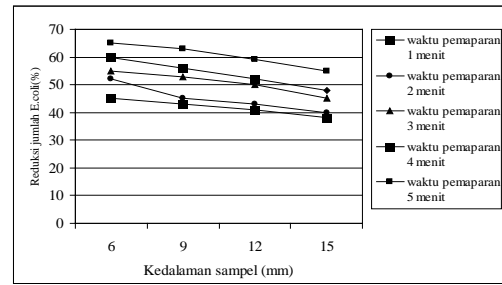
Pengaruh ketinggian lampu UV terhadap reduksi jumlah *E.coli* sesuai dengan konsep desinfeksi ultraviolet, ternyata semakin besar daya yang digunakan dan semakin lama waktu pemaparannya akan semakin tinggi pula dosis dan efek germisidal yang dihasilkan. Intensitas UV berbanding terbalik dengan jarak antar titik penerima radasi dengan sumber UV.

Hasil penelitian dengan ketinggian lampu UV 10 cm, menunjukkan adanya pengaruh variasi kedalaman sampel terhadap reduksi jumlah *E.coli* dalam reaktor yang mengalami pengadukan dan tanpa pengadukan. Hasil yang diperoleh sangat signifikan, yaitu reduksi bakteri *E.coli* terjadi sampai 85% dengan waktu pemaparan terlama, yaitu 5 menit pada reaktor yang mengalami pengadukan, seperti dijelaskan pada gambar 3.



Gambar 3. Hubungan antara kedalaman sampel terhadap reduksi jumlah *E.coli* pada ketinggian lampu UV 10 cm dengan proses pengadukan

Sedangkan reduksi bakteri *E.coli* hanya mencapai 65% dengan waktu pemaparan terlama, yaitu 5 menit pada reaktor yang tidak mengalami pengadukan. Hasil tersebut seperti dijelaskan pada gambar 4..



Gambar 4. Hubungan antara kedalaman sampel terhadap reduksi jumlah *E.coli* pada ketinggian lampu UV 10 cm dengan proses tanpa pengadukan.

Pengaruh lamanya waktu pemaparan lampu UV terhadap reduksi jumlah *E.coli* didukung dengan kedalaman sampel yang mengandung *E.coli*. Semakin lama pemaparan yang diberikan pada kedalaman sampel yang rendah, maka reduksi *E.coli* akan semakin besar pula. Hal ini karena kedalaman sampel yang rendah lebih memudahkan pemaparan UV secara merata kedalam, didukung juga dengan semakin lamanya waktu pemaparan.

Adanya pengadukan memberikan hasil yang berarti karena dengan pengadukan akan terjadi pencampuran dan pemerataan jumlah bakteri *E.coli* yang terpapar. Beberapa bagian *E.coli* yang tidak terpapar langsung akan menjadi lebih terpapar setelah mengalami pengadukan.

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa adanya hubungan antara reduksi jumlah *E.coli* terhadap intensitas sinar UV, lamanya waktu pemaparan, kedalaman sampel yang mengandung *E.coli* dan adanya pengaruh pengadukan.

Reduksi jumlah bakteri *E.coli* optimum mencapai 85% terjadi pada ketinggian lampu UV 10 cm, waktu pemaparan 5 menit pada kedalaman sampel 6 mm disertai proses pengadukan. Sedangkan pada proses tanpa pengadukan mencapai reduksi *E.coli* 65% terjadi pada ketinggian lampu UV 10 cm, waktu pemaparan 5 menit pada kedalaman sampel 6 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- Bolton, J.R., 2001, *Ultraviolet Application Handbook*, second edition . Bolton Photosciences Inc, Ontario, Canada.
- Bolton, J.R., 2000, *Ultraviolet*. Watermill Purefreshment, Ontario, Canada
- Bolton, J.R., 1999, *Calculation of Ultraviolet Fluence Rate Distribution in An Anular Reactor : Significance of Refraction and Reflection*, Water Research, 34(13), 3315-3324.
- Bryant, E.A., George P.F., George C.B., 1992, *Disinfection Alternatives for Save Drinking Water*, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Giese, N. dan Darby, J., 1999, *Sensitivity of Microorganism to Different Wavelength of UV light : Implication on Modeling of Medium Pressure UV System*, Water Research, 34 (16), 4007 – 4013.
- Hines, W., Douglas C.M., Rudiansyah, 1990, *Probabilita dan Statistik dalam Ilmu Rekayasa dan Manajemen, Edisi Kedua*. Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Harm, W., 1980, *Biological Effect of Ultraviolet Radiation*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 1-121.
- Loshin, D.S., 1991, *The Geometrical Optic Workbook*, Butterworth-Hememann, Division of Reed Publishing Inc., USA.
- Meulemans, C.C.E., 1986, *The Basic Principal of Ultraviolet – Sterilization of Water*, In : Ozone and UV Water Treatment Aquatec, Amsterdam.
- Sommer et al., 1998, *Time Dose Reciprocity in UV Disinfection of Water*, Wat. Sci. Tech. 38 (12), pp 145-150.
- Scheible, O.K., 1983, *Design and Operation of UV Suystem*, Water Pollution Control Federation Annual Conference, Cincinati, OH.
- Tchobanoglous, G.T., 1997, *UV Disinfection : An Update*, Dipresentasikan pada seminar “Sacramento Municipal Utilities District Electrotechnology”. Sacramento, CA
- USEPA, 1999, *EPA Guidance Manual Alternative Disinfectant and Oxidants*, pp. 8-2. Center for Environmental Research Information, Cincinati, OH.
- White, G.C., 1992, *Handbook of Chlorination and Alternative Disinfectant*, Van Nostrand Reinhold, New York, NY.
- Wolfe, R.L., 1990, *Ultraviolet Disinfection of Potable Water*, . Environmental Sci. Teach. 24 (6) , 768 – 773.