

REKAYASA DISAIN GENERATOR OZON SEBAGAI STERILISATOR MIKROORGANISME DALAM AIR

Ferry Kriswandana, Khambali, Erna Triastuti

Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Surabaya

Alamat E-mail:

ABSTRAK

Gas ozon dapat diproduksi oleh generator dengan molekul oksigen mengkontakkan dan atom oksigen pada gelombang ultra- violet sinar. Secara khusus tingkat gas ozon dapat berfungsi sebagai desinfektan mikroorganism di dalam air. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan generator ozon sebagai mikroorganism sterilisator di dalam air. Penelitian ini membantu dalam mengembangkan teknik untuk memproses minum air sterilisator Ozonisasi melalui pilihan teknologi yang tepat untuk lebih efektif dan efisien. Penelitian ini merupakan jenis penelitianeksperimen, di mana peneliti merencanakan sebuah generator ozon dan membuat perlakuan terhadap kelompok sampel, yaitu udara masukan dan oksigen dengan kapasitas yang berbeda untuk ozon gas sebagai desinfektan mikroorganism di dalam air. Generator ozon dirancang dalam baja stenless bahan dengan diameter 3 inci, panjang 2 x 100 cm dengan sumber energi listrik dan menggunakan 40 watt sinar ultraviolet 2,242 nm panjang gelombang input sumber ultraviolet udara independen yang mengandung oksigen dan oksigen murni untuk menghasilkan gas ozon yang dapat digunakan sebagai sterilisator air minum. Dalam penelitian ini menghasilkan tingkat ozon 0,5 ppm generator ozon dengan mengkontakkan oksigen murni dalam 1.18 menit (71 detik). Gas ozon sebesar 0,5 ppm dapat air minum debit sterilisator dengan 1,2 liter / menit besar.

Kata Kunci: Generator ozon, gas ozon, oksigen, sterilisasi .

ABSTRACT

Ozone gas can be produced by a generator with mengkontakkan molecular oxygen and atomic oxygen on wave ultra violet rays. In particular the rate of ozone gas can serve as a disinfectant microorganisms in the water. The purpose of this study was to produce ozone generators as sterilisator microorganisms in the water. The study was helpful in developing techniques to process drinking water sterilisator ozonisasi through appropriate technology options for more effective and efficient . This study is

a research experiment by type, where researchers are planning an ozone generator and make the treatment of the sample group, namely an input air and oxygen with different capacities for gas ozone as a disinfectant microorganisms in the water. Ozone generators are designed in the material stainless steel with a 3 inch diameter, length 2 x 100 cm with a source of electrical energy and use 40 watts of ultraviolet light 2,242 nm wavelength, the ultraviolet source inputs independent air containing oxygen and pure oxygen in order to produce ozone gas that can be used as drinking water sterilisator. In this research produced ozone levels of 0.5 ppm of ozone generator with pure oxygen mengkontakkan within 1.18 minutes (71 seconds). Ozone gas at the rate of 0.5 ppm can be sterilisator debit drinking water with large 1.2 liter/minute

Keywords: ozone generator, ozone gas, oxygen, sterilizer.

PENDAHULUAN

Penggunaan sinar Ultra violet sebagai sterilisator air minum mempunyai beberapa kelemahan diantaranya tergantung kekeruhan air, ketebalan lapisan muka air, dan waktu kontak karena dapat mempengaruhi penetrasi atau daya tembus penyinaran ultra violet di dalam air. Keputusan Menteri Perindustrian dan Perdagangan Republik Indonesia Nomor: 167/ MPP/Kep/5/1997 tentang Persyaratan Teknis Industri dan Perdagangan Air Minum dalam Kemasan, dinyatakan bahwa Persyaratan Teknis Peralatan Pada Unit Pengolahan Air terdiri dari: Saringan Pasir (*sand filter*), *Carbon Filter*, *Mikrofilter*, *Sterilisator Ultra Violet dan Sterilisator ozon*. Survei pendahuluan yang dilakukan oleh peneliti perihal kelengkapan persyaratan teknis depot air minum isi ulang di kota Surabaya tahun 2011 menunjukkan bahwa dari 187 unit depot air minum isi ulang yang disurvei, hanya terdapat 11 unit (5,88%) yang memenuhi persyaratan mikrobiologis sebagaimana Permenkes No. 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, yaitu 0 per 100 ml sampel. Hal ini utamanya disebabkan karena proses sterilisasi yang dilakukan pada depot air minum isi ulang tidak tuntas atau tidak dilengkapi dengan ozon.

Ozon pertama kali ditemukan oleh *Van Marum* pada tahun 1795, dan secara komersial digunakan untuk disinfeksi air. Pada tahun 1892, beberapa penelitian dengan uji coba ozon untuk bidang pertanian membunuh kutu/hama. Baru pada tahun 1936 ozon dikembangkan secara besar-besaran di Perancis dan juga beberapa negara di dunia, selanjutnya pada tahun 1972 diperkirakan lebih dari 1000 unit pengolahan air menggunakan ozon untuk disinfeksi air minum (Bouchard, 1975). Melalui proses oksidasinya pula ozon mampu membunuh berbagai macam mikroorganisma seperti bakteri *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*, serta berbagai bakteri patogen lainnya (Violle, 1929).

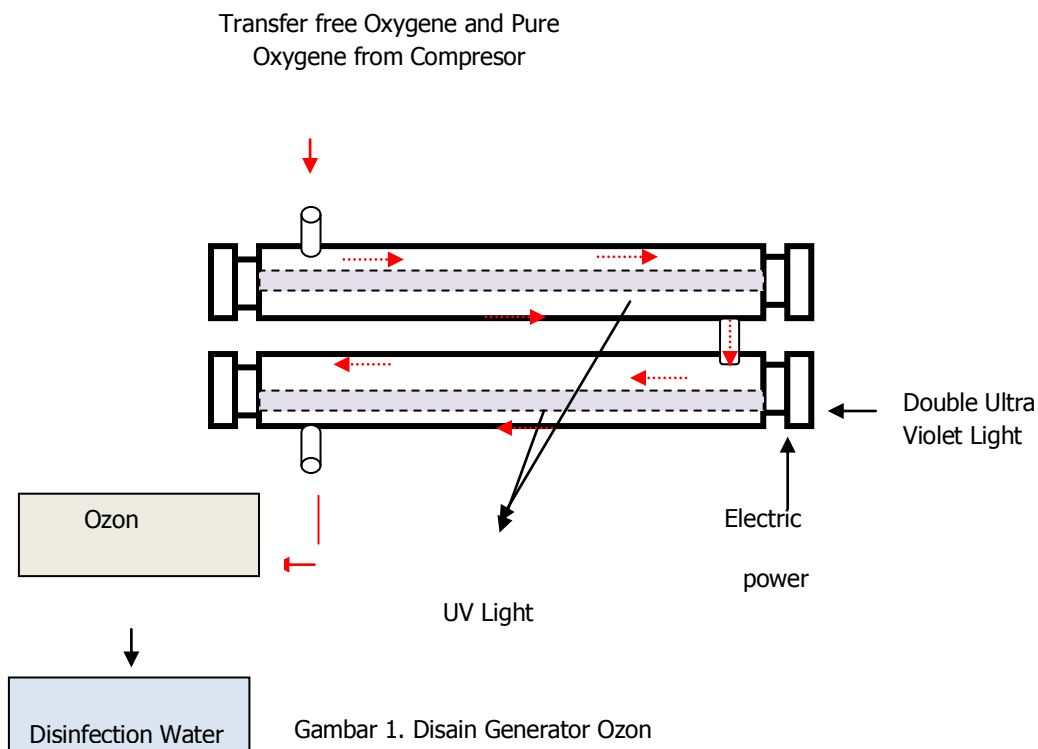
Ozon merupakan satu diantara gas-gas yang membentuk atmosfera. Molekul dwiatom oksigen atau O_2 yang kita gunakan untuk bernafas membentuk hampir-hampir 20% atmosfera. Pembentukan ozon atau O_3 , molekul triatom oksigen kurang banyak dalam atmosfera yang mana kandungannya hanya 1/3 juta daripada gas atmosfera. Ozon sangat baik dan kuat sebagai disinfektan, banyak penelitian menunjukkan bahwa Ozon dengan konsentrasi rendah yakni kurang dari 0,5 mg/l mampu menghancurkan mikroorganisme termasuk juga virus dalam air (Morin,RA, Keller,JW, et al, 1974). Dalam bentuk gas Ozon sangat baik dan mempunyai kemampuan untuk mengoksidasi beberapa zat kontaminan dalam air. Mekanisme desinfeksi Ozon dihasilkan dari reaksi: molekul oksigen dan atom oksigen agtau O.

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah: "Generator ozon yang bagaimanakah yang dapat menghasilkan gas ozon yang lebih baik sehingga dapat digunakan sebagai disinfektan mikroorganisme dalam air"? Sehingga tujuan penelitian ini adalah menghasilkan generator ozon sebagai sterilisator mikroorganisme dalam air. Luaran atau *output* dalam penelitian ini adalah mengasilkan generator ozon dengan double sinar ultra violet yang dapat menghasilkan gas ozon sehingga dapat digunakan sebagai disinfeksi air minum, yang dapat dimanfaatkan terutama oleh pengusaha Depot Air Minum atau DAM.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian dan Rancang Bangun Penelitian

Penelitian ini menurut jenisnya merupakan penelitian eksperimen, dimana peneliti melakukan perlakuan terhadap kelompok sampel, yaitu melakukan input udara dan oksigen dengan kapasitas yang berbeda untuk mendapatkan gas ozon sebagai disinfektan mikroorganisme dalam air.



Gambar 1. Disain Generator Ozon

Ozon generator double UV adalah generator ozon yang akan dirancang dengan bantuan sinar ultraviolet ganda yang dipasang dalam tabung stainless steel dengan diameter 2 inch dan dipasang secara seri. Gas ozon akan dihasilkan oleh generator ozon setelah udara yang mengandung molekul oksigen dan atom oksigen diubah menjadi ozon dengan bantuan sinar ultraviolet. Gas ozon yang dihasilkan tersebut selanjutnya digunakan sebagai sterilisator mikroorganisme dalam air.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Generator Ozon

Penelitian rekayasa disain Generator ozon dilakukan dengan cara mengontakkan sinar yang dihasilkan lampu ultraviolet dengan Oksigen dalam Tabung Reaktor Ozon. Parameter yang diukur meliputi: kapasitas atau volume udara yakni Oksigen, kadar ozon yang dihasilkan generator ozon serta efisiensi ozon sebagai desinfektan mikroorganisme dalam air. Ozon yang terbentuk di dalam alat generator tersebut berasal dari udara bebas yang mengandung molekul oksigen

atau O_2 dan oksigen murni yang dikontakkan secara langsung dengan radiasi ultraviolet yang berasal dari lampu ultraviolet 40 watt dengan panjang gelombang 242 nm. Kontak antara sinar ultraviolet dengan molekul oksigen tersebut secara perlahan akan memecah molekul oksigen menjadi atom oksigen, yang besarnya tergantung dari jumlah molekul O_2 . Atom-atom oksigen tersebut secara cepat membentuk molekul ozon (O_3).

Generator ozon yang didesain berbentuk silinder yang terbuat dari bahan pipa stainless steel berdiameter 2 inch, dilengkapi dengan 2 buah lampu ultraviolet berkapasitas 40 watt dengan panjang gelombang 242 nm. Ukuran generator ozon yang didesain dengan panjang 2 kali 80 cm dengan menggunakan bahan pipa stainless steel berbentuk silinder berukuran diameter efektif dalam 2 inch (5 cm). Lampu ultraviolet yang dimasukkan dalam generator ozon berukuran panjang 1 meter dan berdiameter 1 inch (2,5 cm). Alat ini dilengkapi dengan lubang inlet dan outlet udara masuk dan keluar generator berdiameter lobang 0,5 cm serta dilengkapi dengan panel pengatur arus listrik. Dengan demikian volume efektif dalam generator ozon tersebut dapat dihitung sebagai berikut:

$Vol. Efektif generator = Volume pipa stainless steel - Vol. pipa lampu$

$(Vol. udara generator) = (0,25 \times 3,14 \times 0,5^2 \times 2 \times 8) - (0,25 \times 3,14 \times 0,25^2 \times 2 \times 8) = 2,36 \text{ liter}$

Alat ini dilengkapi dengan pipa pembawa air yang terbuat dari pipa PVC berdiameter $\frac{3}{4}$ inch panjang 1 meter yang dilengkapi dengan alat diffuser di bagian tengahnya. Diffuser ini berfungsi untuk mendispersikan gas ozon kedalam air yang mengalir dalam pipa

tersebut sehingga terjadi kontak langsung antara gas ozon dengan air yang akan didisinfeksi. Secara jelas Generator Ozon beserta rangkaiannya ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 2. Generator Ozon dengan Doble Sinar Ultraviolet

Generator Ozon yang didesain mempunyai kapasitas udara dalam generator sebesar 2,36 liter. Kecepatan aliran udara (debit udara) yang didesain sesuai dengan kemampuan peralatan pengambilan

sampel udara atau *midget impinger* adalah 2 liter/menit. Dengan demikian waktu detensi udara dalam generator dapat dihitung sebagai berikut:

$$T_d (\text{waktu detensi}) = \frac{\text{Volume udara generator ozon}}{\text{Debit udara}}$$

$$= \frac{2,36 \text{ liter}}{2 \text{ liter/menit}}$$

$$= 1,18 \text{ menit} = 70,8 \text{ detik} \approx 71 \text{ detik}$$

Hasil Pengambilan Sampel Gas Ozon di Udara Bebas Sebagai Kontrol

Pengambilan sampel gas ozon dilakukan pada udara bebas, dengan tujuan untuk mengetahui kandungan ozon yang terdapat dalam udara bebas

tersebut. Hasil dari analisis ozon pada udara bebas ini akan digunakan sebagai kontrol, untuk dibandingkan dengan pengambilan ozon melalui generator ozon yang telah didesain. Adapun hasil secara lengkap ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1 Hasil Pengambilan Contoh O₃ pada udara bebas sebagai kontrol.

No	Debit Udara (L/Min)	Kadar O ₃ (ppm)
1	2	4,3 . 10 ⁻⁶
2	2	3,8 . 10 ⁻⁶
3	2	4,0 . 10 ⁻⁶
4	2	3,8 . 10 ⁻⁶
5	2	4,0 . 10 ⁻⁶

Hasil Pengambilan Sampel Gas Ozon melalui Generator Ozon

Untuk mengetahui fungsi dari generator ozon dalam mengubah oksigen (O₂) menjadi gas ozon (O₃) maka diperlukan uji coba generator tersebut dengan menggunakan input udara bebas atau alamiah dan juga oksigen murni atau *pure oxygen* yang didapat dari tabung oksigen. Hasil analisis uji coba dapat dijelaskan sebagai berikut:

Input Udara Bebas (Oksigen alami)

Generator ozon yang telah didesain dilakukan uji coba pengambilan sampel gas ozon dengan input udara bebas yang mengandung oksigen secara alamiah. Adapun hasil pengambilan contoh gas ozon melalui generator ozon ditunjukkan dalam tabel 2 berikut ini.

Tabel 2 Hasil Pengambilan Contoh O₃ dengan Generator Ozon

No	Debit Udara (L/Min)	Kadar O ₃ (ppm)
1	2	1,61 . 10 ⁻⁵
2	2	1,80 . 10 ⁻⁵
3	2	1,70 . 10 ⁻⁵
4	2	1,70 . 10 ⁻⁵
5	2	1,80 . 10 ⁻⁵

Tabel 3 Efisiensi Generator Ozon dalam menghasilkan Gas Ozon

No.	Kadar O ₃ Dihasilkan (ppm)		Kenaikan (ppm)	Efisiensi %
	Tanpa Generator	Dengan Generator		
1	4,3 . 10 ⁻⁶	1,61 . 10 ⁻⁵	0,0000118	274,42
2	3,8 . 10 ⁻⁶	1,80 . 10 ⁻⁵	0,0000142	373,68
3	4,0 . 10 ⁻⁶	1,70 . 10 ⁻⁵	0,0000130	325,00
4	3,8 . 10 ⁻⁶	1,70 . 10 ⁻⁵	0,0000132	347,37
5	4,0 . 10 ⁻⁶	1,80 . 10 ⁻⁵	0,0000140	350,00

Generator ozon yang telah didesain dapat menghasilkan gas ozon yang konsentrasinya lebih besar dibandingkan dengan kadar ozon alamiah di lapisan troposfer. Ini menunjukkan bahwa generator ozon tersebut telah mampu mengubah molekul oksigen (O_2) dan atom oksigen (O) menjadi gas ozon (O_3). Sebagaimana ditunjukkan pada hasil penelitian yang menjelaskan bahwa terjadi kenaikan sebesar 274,42 % sampai dengan 373,68 % konsentrasi gas ozon dari sampel kontrol dibandingkan dengan sampel perlakuan menggunakan generator ozon. Besar kadar ozon yang dapat dihasilkan oleh generator ozon dengan sinar ultraviolet ganda dengan input udara murni di lapisan troposfer berkisar antara $1,61 \times 10^{-5}$ ppm sampai dengan $1,80 \times 10^{-5}$ ppm. Beberapa penelitian terdahulu menyebutkan bahwa ozon dengan konsentrasi kurang dari 0,5 ppm mampu menghancurkan mikroorganisme termasuk juga virus dalam air. (JW, et al, 1974).

Input Oksigen Murni

Kemampuan generator ozon untuk menghasilkan gas ozon sudah dapat dibuktikan pada kegiatan uji coba di atas. Untuk mendapatkan kadar ozon sebagaimana yang diharapkan (0,5 ppm), sehingga mampu berfungsi sebagai sterilisator air bersih tidak dapat dicapai hanya dengan menggunakan input udara bebas.

Dalam penelitian ini udara bebas sebagai input generator ozon akan dicampur dengan oksigen murni dengan cara menambahkan konsentrasi oksigen murni yang berasal dari tabung gas ozon, sampai mendapatkan hasil kadar ozon yang diharapkan.

Tabel 4 Analisis generator Ozon dalam menghasilkan gas Ozon dengan input Oksigen murni

No.	Input Oksigen Murni (L/Min)	Input Sampel (L/Min)	Kadar O ₃ (ppm)
1	1	2	0,018
2	2	2	0,007
3	3	2	0,024
4	4	2	0,036
5	5	2	0,052
6	6	2	0,067
7	7	2	0,074
8	8	2	0,081
9	9	2	0,104
10	10	2	0,121
11	11	2	0,241
12	12	2	0,256
13	13	2	0,317
14	14	2	0,408
15	15	2	0,511

Produksi gas ozon yang dihasilkan oleh Generator Ozon dengan sinar ultraviolet ganda sangat tergantung pada input molekul oksigen (O₂) dan atom oksigen (O) kedalam genertor tersebut. Hal ini ditunjukkan pada tabel 5.5 bahwa gas ozon yang dihasilkan dengan melalui beberapa percobaan menunjukkan adanya peningkatan yang cukup baik dengan bertambahnya input oksigen murni ke dalam reaktor ozon. Pada penambahan konsentrasi oksigen murni sebesar 15 liter/menit dapat menghasilkan gas ozon dengan konsentrasi sebesar 0,5 ppm. Pada penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa gas ozon dengan konsentrasi rendah yakni kurang dari 0,5 ppm mampu menghancurkan mikroorganisme termasuk juga virus dalam air (Morin,RA, Keller,JW, et al, 1974). Dalam bentuk gas Ozon sangat baik dan mempunyai

kemampuan untuk mengoksidasi beberapa zat kontaminan dalam air. Mekanisme desinfeksi Ozon dihasilkan dari reaksi: Molekul Oksigen (O₂) dan atom Oksigen (O). Konsentrasi 0,5 ppm yang telah dihasilkan selanjutnya diujicobakan sebagai sterilisator air bersih.

Aplikasi Generator Ozon sebagai Sterilisator

Setelah hasil analisis Generator Ozon dengan dobel sinar ultraviolet mampu menghasilkan gas ozon dengan konsentrasi sebagaimana yang diharapkan, yaitu 0,5 ppm dengan input oksigen murni sebesar 15 liter per menit, maka alat tersebut diplikasikan sebagai sterilisator mikroorganisme dalam air. Melalui aplikasi tersebut didapatkan hasil analisis mikroorganisme sebagai parameter yang diukur yaitu E. coli. sebagai berikut:

Tabel 5 Analisis kemampuan generator Ozon sebagai sterilisator air bersih

No	Debit Air (liter/menit)	Hasil Pemeriksaan E. coli	
		Sebelum	Sesudah
1	1,2	Positif	Negatif
2	1,2	Positif	Negatif
3	1,2	Positif	Negatif
4	1,2	Positif	Negatif
5	1,2	Positif	Negatif

Pada konsentrasi 0,5 ppm, gas ozon mampu berlaku sebagai sterilisator air minum. Berdasarkan uji coba sebelumnya untuk menghasilkan gas ozon dengan konsentrasi 0,5 ppm diperlukan input oksigen ke dalam generator ozon sebesar 15 liter/menit dan melalui beberapa kali uji coba serta pengambilan sampel air sebelum dan sesudah didisversikan gas ozon yang

dihasilkan oleh generator ozon hasil rekayasa desain ke dalam air minum menunjukkan dalam 5 (lima) kali pengambilan sampel, seluruhnya dapat meniadakan keberadaan E. coli yang ada pada air sampel. Hal ini menunjukkan bahwa ozon dengan konsentrasi sebesar 0,5 ppm mampu sebagai sterilisator air minum, untuk debit air yang disteril sebesar 1,2 liter permeit.



Gambar 3. Injektor

SIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan di atas dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut: 1) Kapasitas udara dan oksigen yang masuk ke dalam generator ozon sangat menentukan kadar ozon yang dihasilkan. Kapasitas udara dalam generator ozon yang dihasilkan sebesar 2,36 liter, yang berfungsi sebagai ruang pembentukan gas ozon; 2) Waktu detensi yang dibutuhkan untuk mengubah molekul oksigen dan atom oksigen menjadi gas ozon sebesar 1,18 menit (71 detik). Hal ini dapat dikendalikan dengan mengatur debit udara yang masuk ke dalam generator ozon setelah menghitung kapasitas udara yang ada pada generator ozon; 3) Gas ozon dapat dihasilkan oleh generator ozon, yang kadarnya tergantung dari input molekul oksigen dan atom oksigen; 4) Gas ozon dengan kadar 0,5 ppm mampu sebagai sterilisator air minum dengan debit sebesar 1,2 liter/menit; 5) Rekayasa Desain generator ozon yang dihasilkan dapat digunakan sebagai sterilisator mikroorganisme dalam air.

Sehingga disarankan beberapa hal sebagai berikut: 1) Kepada Pemanfaat Generator Ozon yang dihasilkan, yaitu Pengusaha Depot Air Minum: agar dalam memanfaatkan hasil rekayasa ini supaya menggunakan oksigen murni sebagai input agar kadar ozon yang dihasilkan dapat efektif menghasilkan gas ozon; 2) Peneliti selanjutnya: dapat menyempurnakan penelitian ini dengan rekayasa teknologi yang lebih baik sehingga hanya oksigen bebas atau alami yang dapat digunakan sebagai input generator.

DAFTAR ACUAN

Chatterjee, A.K. 2003, *Water Supply and Sanitary Engineering*, Khanna Publixher, Delhi.

Colgan S., and R. Gehr (2010), *Desinfection Water Environment and Technology*, Vol 13.

Degremont, 1979, *Water Treatment Handbook*, Ruel-Malmaison-France.

Ellyandani, 2004, *Unit Pengolah Air Sederhana untuk Menurunkan Kadar Kekeruhan, Kesadahan dan Bakteri coliform*, Poltekkes Surabaya.

Finch G. R and D.W. Smith (1989), *Ozon Dose-Response of Escherichia coli in Activated Sludge Effluent*, Water Research, Vol 23.

Finch G. R and D.W. Smith (1990), *Evaluation of Empirical Process Design Relationships for Ozon Disinfection of Water and Wastewater*, Ozon Science Engineering, Vol 12

Khambali, 2003, *Uji Sterilisator Double Ultraviolet terhadap Efek Germisidal Mikroorganisme pada Air Bersih*, Poltekkes Surabaya

Metcalf & Eddy, 2003, *Waste Water Engineering Treatment and Reuse*, International Edition

Muhaimin, 2001. *Teknologi Pencahayaan*, Refika Aditama, Bandung.

Nasir, Moh. 1983. *Metodologi Penelitian*, Ghalia Indonesia, Jakarta.

Tanwing, *UV Water Sterilization*, Australia.