

EFEKTIVITAS VARIASI WAKTU KONTAK SINAR UV-C TERHADAP PENURUNAN BAKTERI COLIFORM PADA AIR MINUM DI PT. X

Variation Effectiveness of UV-C Light Contact Time to Decrease the Number of Coliform Bacteria in Drinking Water in PT. X

Diana Fauziah^{1*)}, Ujang Nurjaman², Dindin Wahyudin³

¹⁾Program Studi Sarjana Terapan Sanitasi Lingkungan, Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Bandung, E-mail: dianafzh125@gmail.com

²⁾Program Studi Sarjana Terapan Sanitasi Lingkungan, Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Bandung, E-mail: nurjaman25@gmail.com

³⁾Program Studi Sarjana Terapan Sanitasi Lingkungan, Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Bandung, E-mail: din.wahyudin09@gmail.com

ABSTRACK

The purpose of the study was to find out the difference in UV-C contact time against the decrease in coliform bacteria in drinking water. The provision of drinking water in PT. X is sourced from artesian wells. The sample population is the production room of PT. X. Sampling technique in the form of grab sampling with a sample size of 2.4 L. Data collection tools use the Most Probable Number (MPN) to calculate coliforms. Data collection techniques by checking bacteria in the laboratory. In the test results obtained the results of the number of bacteria that is 2×10^3 CFU/100 ml sample. According to PERMENKES RI No. 492 of 2010 on Drinking Water Quality Requirements, drinking water requirements for coliform bacteria numbers are 0 CFU/100 ml of samples. This type of research experiments with post-test design with control. The results of the examination of coliform bacteria in drinking water before passing exposure to disinfection of ultraviolet light (UV-C) obtained results of more than 330 CFU/100 ml, after passing exposure to disinfection of ultraviolet light (UV-C) obtained results ranging from 0 - 12 CFU / 100 ml. Analysis of data using Kruskal Wallis found that P value (Significant) is <0.001 where the figure < 0.05 then H_0 was rejected and H_a accepted so that it can be concluded there is a significant difference between the variation in the contact time of exposure to disinfection of ultraviolet light to the decrease in coliform bacteria in drinking water.

Key words: UV-C, coliform Bacteria, Contact Time

ABSTRAK

Tujuan penelitian untuk mengetahui perbedaan waktu kontak sinar UV-C terhadap penurunan bakteri *coliform* pada air minum. Penyediaan air minum yang ada di PT. X bersumber dari sumur artesis. Populasi sampel adalah ruang produksi PT. X. Teknik pengambilan sampel berupa *grab sampling* dengan besar sampel 2,4 L. Alat pengumpul data menggunakan *Most Probable Number* (MPN) untuk menghitung *coliform*. Teknik pengumpulan data dengan pemeriksaan bakteri di laboratorium. Pada hasil pengujian didapatkan hasil jumlah bakteri yaitu 2×10^3 CFU/100 ml sampel. Menurut Permenkes RI No, 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, persyaratan air minum untuk angka bakteri *coliform* yaitu 0 CFU/100 ml sampel. Jenis penelitian ini eksperimen dengan desain *post-test with control*. Hasil pemeriksaan bakteri *coliform* pada air minum sebelum melewati paparan desinfeksi sinar ultraviolet (UV-C) diperoleh hasil lebih dari 330 CFU/100 ml, setelah melewati paparan desinfeksi sinar ultraviolet (UV-C) diperoleh hasil berkisar antara 0 – 12 CFU/100 ml. Analisis data menggunakan *Kruskal Wallis* didapatkan bahwa *P value* (*Significant*) yaitu sebesar $<0,001$ di mana angka tersebut $< 0,05$ maka H_0 ditolak dan H_a diterima sehingga dapat disimpulkan terdapat perbedaan yang signifikan antara variasi waktu kontak paparan desinfeksi sinar ultraviolet terhadap penurunan bakteri *coliform* pada air minum.

Kata kunci: UV-C, Bakteri *coliform*, Waktu Kontak

PENDAHULUAN

Air merupakan zat yang berperan penting dalam menunjang kehidupan dan kesejahteraan makhluk hidup, baik itu manusia, hewan dan tumbuhan. Definisi air minum berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan (Permenkes) RI No. 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum¹ adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat Kesehatan dan dapat langsung diminum. Permasalahan yang timbul yakni kualitas air tanah maupun air sungai yang digunakan masyarakat kurang memenuhi syarat sebagai air minum yang sehat, terutama untuk kualitas air tanah di sekitar kawasan industri. Air yang layak untuk diminum mempunyai standar persyaratan tertentu yaitu untuk kualitas fisik, kimia, radioaktif maupun bakteriologis dimana syarat tersebut merupakan satu kesatuan yang telah ditetapkan oleh Departemen Kesehatan Republik Indonesia.

Risiko Kesehatan yang berhubungan dengan pencemaran air oleh virus, bakteri patogen, parasit, maupun zat kimia dapat terjadi pada sumber air bakunya ataupun terjadi saat pengaliran air olahan dari pusat pengolahan ke konsumen (Syarifudin, *et al.* 2014).²

Kualitas air minum sangat penting karena akan memengaruhi langsung terhadap kesehatan pekerja dan produktivitas kerja jika air yang dikonsumsi tidak memenuhi standar baku mutu yang telah ditentukan. Parameter mikrobiologi air untuk keperluan *hygiene* sanitasi terindikasi cemaran apabila terdapatnya bakteri *coliform*. Oleh karena itu, diperlukan penelitian secara mikrobiologi. Pemerintah menetapkan standar air minum di Indonesia yang disesuaikan berdasarkan Permenkes RI No, 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum¹ untuk menjaga kelayakan air minum. Kandungan mikroba pada air minum disebutkan bahwa tidak diperbolehkan mengandung *coliform*.

PT. X adalah salah satu perusahaan yang bergerak di bidang industri beton. Perusahaan ini menyediakan air minum untuk seluruh karyawan di mana air minum yang dikonsumsi sehari-hari merupakan air sumur yang telah melalui filtrasi di mana proses pengolahannya dilakukan oleh perusahaan itu sendiri. Di PT. X terdapat enam buah galon dengan kapasitas masing-masing galon adalah 50 orang/galon yang disimpan di setiap ruang produksi dengan masing-masing terdapat satu buah filtrasi yang di dalamnya berupa *reverse osmosis membrane*.

Pada hasil pengujian yang telah dilakukan oleh peneliti terhadap kualitas mikrobiologi air minum pada tanggal 14 April 2021 didapatkan hasil jumlah bakteri yaitu $2 \times 10^3/100$ ml sampel. Menurut Permenkes RI No. 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum¹, bahwa untuk persyaratan air minum secara bakteriologis untuk angka bakteri *coliform* yaitu 0 CFU/100 ml sampel. Hasil menunjukkan bahwa air minum yang dikonsumsi sehari-hari oleh karyawan PT. X tidak memenuhi persyaratan sesuai dengan Permenkes RI No. 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.¹

Berdasarkan observasi lapangan oleh peneliti, ditemukannya bakteri *coliform* pada air minum dipengaruhi oleh beberapa factor, yaitu sumber air baku. Sumber air baku pada air minum di Hall A adalah berasal dari sumur 1, di mana lokasi sumur 1 berada berdekatan dengan IPAL, sehingga kemungkinan besar sumber air baku tercemar oleh air limbah hasil produksi. Peneliti telah memeriksa parameter fisik dari beberapa sumber air sumur yaitu sumur 1, sumur 2, dan sumur 3. Pada sumur 1 dan sumur 3 didapatkan hasil pemeriksaan kadar kekeruhan sebesar 0 NTU, sementara untuk sumur 2 didapatkan hasil kadar kekeruhannya sebesar 3 NTU sehingga kekeruhan bukan merupakan factor risiko air baku tercemar. Faktor lainnya adalah alat filtrasi yang digunakan oleh industri tidak dilakukan

pemeliharaan. Hasil wawancara dengan pekerja di Hall A, alat filtrasi berupa filter membrane *reverse osmosis* akan diperiksa apabila ditemukannya hambatan dalam aliran air.

Pengendalian yang dapat dilakukan untuk menurunkan angka bakteri *coliform* pada air minum adalah dengan dilakukan proses sterilisasi atau desinfeksi yang baik. Radiasi sinar ultraviolet dapat digunakan untuk desinfeksi air minum. Efektivitas sinar ultraviolet terhadap daya bunuh bakteri dipengaruhi oleh beberapa factor antara lain pada panjang gelombang, usia pakai lampu, panjang lampu, lama waktu penyinaran, jarak sumber cahaya terhadap bakteri, dan juga jenis bakteri itu sendiri (Sarinaningsih, 2018).³

Penelitian yang telah dilakukan oleh Syarifudin, *et al* (2014)², bahwa sinar ultraviolet mampu membunuh bakteri *E. coli* pada air minum. Presentasi penurunan *E. coli* pada ketebalan air 10 cm dengan waktu kontak 0, 1, 5, 10, dan 20 menit masing-masing adalah 0,0%, 75,0%, 76,2%, 93,3%, dan 98%. Hasil uji statistic menunjukkan jumlah bakteri yang mati berdasarkan variasi waktu kontak berbeda secara signifikan. Semakin lama waktu penyinaran yang dilakukan maka semakin banyak bakteri yang mati.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui jumlah penurunan bakteri *coliform* setelah dilakukan paparan sinar UV-C pada air minum di PT. X.

METODE

Jenis penelitian ini adalah eksperimen kuantitatif. Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian skala lapangan dengan *post-test with control*. Peneliti melakukan percobaan dengan variasi lama waktu kontak sinar UV-C pada air minum yaitu 2 menit, 3 menit, dan 5 menit terhadap penurunan jumlah bakteri *coliform*. Jumlah sampel dalam penelitian ini sebanyak 2,4 liter. Teknik pengambilan sampel yang dilakukan dalam penelitian ini berupa *grab sampling*. Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Alat pengumpul data yang digunakan di antaranya adalah:

Alat untuk mengukur bakteri yaitu *Most Probable Number* (MPN) *coliform*. pH meter untuk mengukur pH air minum. Thermometer untuk mengukur suhu air minum, dan *Water Quality Tester TDS Electrolyzer Test* untuk mengukur TDS air minum.

Teknik pengumpul data berupa pemeriksaan bakteri *coliform* di Laboratorium yang bertujuan untuk mengetahui angka bakteri *coliform* pada air minum sebelum maupun setelah dikontakkan dengan sinar UV-C. Pengukuran suhu pada air minum dengan skala lapangan. Pengukuran pH pada air minum dengan skala lapangan. Pengukuran TDS pada air minum dengan skala lapangan, dan pemetretan. Tempat pengambilan sampel air minum dilakukan di PT. X, sementara untuk pemeriksaan sampel dilakukan di Laboratorium Kesehatan Provinsi Jawa Barat. Waktu penelitiann dilakukan dalam rentang waktu pada Mei 2021 hingga Juni 2021.

Analisis bivariat menggunakan uji *Kruskal Wallis*. Uji *Kruskal Wallis* adalah salah satu uji statistik non-parametrik yang dapat digunakan untuk menguji apakah ada perbedaan yang signifikan antara variasi waktu kontak 2 menit, 3 menit, dan 5 menit terhadap penurunan jumlah bakteri *coliform*.

HASIL

Hasil pemeriksaan bakteri *coliform* pada air minum sebelum melewati paparan desinfeksi sinar ultraviolet (UV-C) diperoleh hasil berkisaran lebih dari 330 CFU/100 ml, dan setelah melewati paparan desinfeksi sinar ultraviolet (UV-C) diperoleh dengan hasil berkisar antara 0 – 12 CFU/100 ml.

Tabel 1
Jumlah Bakteri Coliform Control dan
Sesudah Melewati Sinar Ultraviolet pada
Air Minum

Pengu- langan	Con- trol (CFU /100 ml)	Hasil Pengukuran Variasi Waktu Kontak Sinar Ultraviolet (CFU/100 ml)		
		2 men	3 men	5 men
1	330	12	7	2
2	330	9	5	0

3	330	7	4	0
4	330	10	7	1
5	330	8	4	0
6	330	7	2	0

Pada tabel 1 dapat dilihat bahwa hasil bakteri *coliform* pada air minum dengan label *control* diperoleh dengan hasil 330 CFU/100 ml. Sementara setelah melewati paparan desinfeksi sinar ultraviolet diperoleh hasil berkisar antara 0 – 12 CFU/100 ml, dengan nilai minimumnya adalah 0 CFU/100 ml yang berada pada pengulangan dua, tiga, lima, dan enam, sementara nilai maksimumnya adalah 12 CFU/100 ml yang berada pada pengulangan pertama.

Tabel 2
Presentase Jumlah Penurunan Bakteri Coliform pada Air Minum

Pengulangan	Control (CFU/100 ml)	Hasil Pengukuran Variasi Waktu Kontak Sinar Ultraviolet		
		% Penurunan 2 me	% Penurunan 3 men	% Penurunan 5 men
1	330	96,36	97,87	99,39
2	330	97,27	98,48	100
3	330	97,87	98,78	100
4	330	96,96	97,87	99,69
5	330	97,57	98,78	100
6	330	97,87	99,39	100

Pada tabel 2 dapat dilihat bahwa hasil bakteri *coliform* pada air minum dengan label *control* diperoleh dengan hasil 330 CFU/100 ml. Sementara setelah melewati paparan desinfeksi sinar ultraviolet diperoleh hasil presentase berkisar antara 96 – 100%, dengan nilai maksimumnya adalah 100% yang berada pada pengulangan dua, tiga, lima, dan enam, sementara nilai minimumnya adalah 96,36% yang berada pada pengulangan pertama.

Analisis bivariat dilakukan menggunakan uji *Kruskal Wallis* untuk menguji hipotesis nol dari beberapa sampel yang diambil dari populasi yang sama atau identic dengan analisis variasi

satu arah berdasarkan peringkat. *Kruskal Wallis* dilakukan untuk menguji median suatu variabel apakah sama pada beberapa sampel independent yang ditentukan oleh suatu variabel grup. Berikut hasil uji *Kruskal Wallis* pada perlakuan waktu kontak 2 menit, 3 menit, dan 5 menit:

Tabel 3
Hasil Analisis Uji *Kruskal Wallis*

	Penurunan Bakteri <i>coliform</i>	N	Mean Rank
Variasi Waktu Kontak	Control	6	3,50
	Variasi 2 menit	6	9,83
	Variasi 3 menit	6	15,25
	Variasi 5 menit	6	21,42
Total		24	

Tabel 4
Test Statistik

	Variasi Waktu Kontak
Chi-square	21,556
df	3
Asymp. Sig.	0.000

Berdasarkan tabel di atas, dapat diketahui bahwa hasil analisis bivariat dengan menggunakan uji *Kruskal Wallis* didapatkan bahwa *P value (Significant)* yaitu sebesar 0,000 di mana angka tersebut < 0,05 maka H_0 ditolak dan H_a diterima sehingga dapat disimpulkan terdapat perbedaan yang signifikan antara variasi waktu kontak paparan desinfeksi sinar ultraviolet terhadap penurunan bakteri *coliform* pada air minum.

PEMBAHASAN

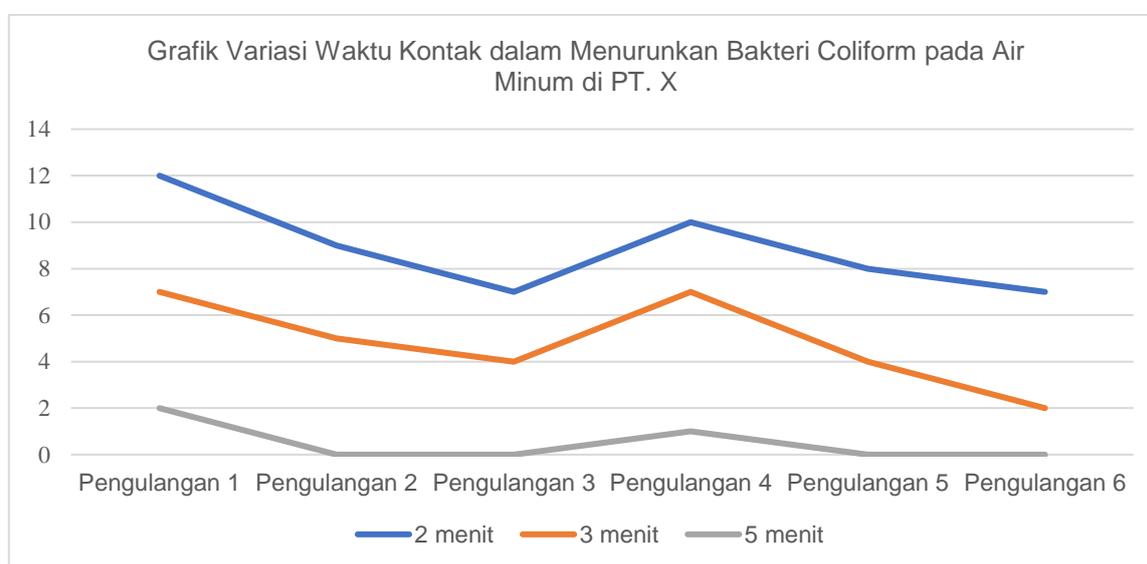
Variasi Waktu Kontak dalam Menurunkan Bakteri Coliform pada Air Minum

Berdasarkan gambar di bawah dapat dilihat bahwa yang paling efektif adalah waktu yang dapat menurunkan jumlah bakteri *coliform* paling tinggi adalah variasi waktu 5 menit yaitu pada pengulangan kedua, ketiga, kelima, dan keenam, yaitu menunjukkan hasil bakteri *coliform* pada air minum adalah 0 CFU/100 ml. Perbedaan waktu kontak radiasi sinar

ultraviolet pada air minum akan memengaruhi presentase penurunan jumlah bakteri *coliform* pada air minum, semakin lama waktu paparan desinfeksi sinar ultraviolet, maka jumlah bakteri akan mengalami penurunan yang sangat besar. Berdasarkan gambar presentase penurunan rata-rata bakteri *coliform* pada air minum dengan perlakuan paparan sinar ultraviolet selama 5 menit adalah yang paling efektif dalam menurunkan bakteri *coliform* pada air minum adalah pada pengulangan kedua, ketiga, kelima, dan keenam.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Syarifudin, *et al* (2014)², bahwa sinar ultraviolet mampu membunuh bakteri *E. coli* pada air minum. Presentasi penurunan *E. coli* pada ketebalan air 10 cm dengan waktu kontak 0, 1, 5, 10, dan 20 menit masing-masing adalah 0,0%, 75,0%, 76,2%, 93,3%, dan 98%. Apabila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh peneliti terjadi penurunan yang sangat besar, dikarenakan pada penelitian sebelumnya adalah terdapatnya variasi ketebalan dari setiap variasi waktu yang diperlukan.

Gambar 1
Variasi Waktu Kontak dalam Menurunkan Bakteri Coliform pada Air Minum



Penyebab Terdapatnya Bakteri Coliform pada Air Minum di PT. X

Air minum yang terdapat di PT. X terdapat bakteri *coliform* dikarenakan factor penyebabnya ada pada sarana dan galonnya sendiri yaitu filter membrane *reverse osmosis*. Sarana air minum yang terdapat di PT. X tidak dilakukan pemeriksaan secara rutin, sehingga membrane yang berfungsi untuk membunuh virus dan bakteri berbahaya tidak diganti secara berkala sehingga pemakaian dari membrane tersebut sudah jenuh. Sementara untuk galonnya sendiri tidak dilakukan pembersihan sehingga menyebabkan di dalam gallon dan kerannya terdapat lumut.

Pemeriksaan Jumlah Bakteri Coliform pada Air Minum Sebelum dan Sesudah Dikontakkan dengan Sinar Ultraviolet di PT. X

Jumlah bakteri *coliform* pada air minum setelah diberi perlakuan dengan variasi waktu kontak desinfeksi sinar ultraviolet selama 2 menit, 3 menit, dan 5 menit dalam dua waktu yang berbeda dan enam kali pengulangan menunjukkan bahwa bakteri *coliform* pada air minum dengan menggunakan variasi waktu kontak 2 menit, 3 menit, dan 5 menit dapat menurunkan jumlah bakteri *coliform* pada air minum. Dapat disimpulkan bahwa paparan sinar ultraviolet sebagai desinfeksi mampu menurunkan jumlah bakteri *coliform*.

Faktor-faktor Yang Memengaruhi Sinar Ultraviolet (UV-C)

Beberapa senyawa organik seperti zat humus, senyawa phenol, lignin sulfonate (dari industri pulp dan kertas), besi feri dapat memengaruhi transmisi UV dalam air. Bakteri indicator Sebagian terlindungi dari radiasi UV apabila Bersatu dengan partikel padatan tersuspensi. Padatan tersuspensi hanya melindungi Sebagian mikroorganisme dari efek bahaya radiasi UV. Hal ini disebabkan partikel suspense dalam air hanya mengabsorbsi Sebagian dari sinar UV. Padatan mengabsorbsi 75% cahaya dan sisa 25% dipantulkan. Umumnya mineral tanah liat tidak terlalu banyak melindungi mikroorganisme karena zat ini banyak memantulkan cahaya UV. Efek perlindungan tergantung pada nilai spesifik absorpsi dan pantulan radiasi UV dan nilai ini menurun dengan meningkatnya pemantulan cahaya. Oleh sebab itu flokulasi yang diikuti dengan penyaringan effluent melalui pasir atau unggun antrasit untuk menghilangkan zat-zat yang mengganggu akan memperbaiki efisiensi desinfeksi UV (Said, 2007)⁴.

KESIMPULAN

Hasil pemeriksaan bakteri *coliform* pada air minum sebelum melewati paparan desinfeksi sinar ultraviolet (UV-C) diperoleh hasil berkisaran lebih dari 330 CFU/100 ml, dan setelah melewati paparan desinfeksi sinar ultraviolet (UV-C) diperoleh dengan hasil berkisar antara 0 – 12 CFU/100 ml.

Hasil persentase penurunan bakteri *coliform* pada air minum sebelum melewati paparan desinfeksi sinar ultraviolet (UV-C) diperoleh hasil bakteri *coliform* lebih dari 330 CFU/100 ml, dan setelah melewati paparan desinfeksi sinar ultraviolet (UV-C) diperoleh hasil kisaran antara 96 – 100%.

Berdasarkan hasil analisis bivariat dengan menggunakan uji *Kruskal Wallis* didapatkan bahwa *P value* (*Significant*) yaitu sebesar $< 0,001$ di mana angka tersebut $< 0,05$ maka H_0 ditolak dan H_a diterima sehingga dapat disimpulkan terdapat perbedaan yang signifikan antara variasi waktu kontak paparan desinfeksi sinar ultraviolet terhadap penurunan bakteri *coliform* pada air minum.

Perbedaan waktu kontak sinar ultraviolet (UV-C) dalam penelitian adalah 2 menit, 3 menit, dan 5 menit di mana berdasarkan hasil penelitian didapatkan hasil bahwa rata-rata jumlah bakteri *coliform* pada perlakuan waktu kontak 2 menit adalah 8,83 CFU/100 ml, waktu kontak 3 menit adalah 4,83 CFU/100 ml, dan waktu kontak 5 menit adalah 0,5 CFU/100 ml, sehingga waktu kontak yang paling efektif dalam menurunkan bakteri *coliform* adalah pada waktu kontak 5 menit.

DAFTAR RUJUKAN

1. Peraturan Menteri Kesehatan (Permenkes) RI No. 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.
2. Syarifudin Aziz, Ali, dan Setiadi, Gunung. 2014. *Efektivitas "Portabel UV Disinfection" Dalam Menurunkan Angka Bakteri (Escherichia coli spp) Pada Air Minum*. Jurnal Kesehatan Lingkungan Vol. 11 No.2. Poltekkes Kemenkes Banjarmasin.
3. Sarinaningih. 2018. *Pengaruh Intensitas, Lama Waktu Penyinaran Dan Posisi Sumber Sinar Ultraviolet Terhadap Reduksi Jumlah Bakteri E.Coli Pada Air Sumur*. Jurnal Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Mataram.
4. Said, Nusa Idaman. 2007. *Desinfeksi Untuk Proses Pengolahan Air Minum*. JAI Vol.3, No.1. pusat Teknologi Lingkungan, BPPT.