

PERBEDAAN LAMA PENYINARAN UV-C TERHADAP REDUKSI JUMLAH *Escherichia coli* PADA AIR BERSIH DAPUR PT. XYZ

*Differences in UV-C Irradiation Time on The Reduction of The Number of
Escherichia coli in Clean Water in The Kitchen of PT. XYZ*

Destia Indah Sari ^{1*)}, Yosephina Ardiani Septiati ²⁾, Sadono Setyoko ³⁾

^{1*)} Jurusan Kesehatan Lingkungan, Poltekkes Kemenkes Bandung,
Email : destiaindahsari430@gmail.com

²⁾ Jurusan Kesehatan Lingkungan, Poltekkes Kemenkes Bandung,
Email : yosephina_ardiani@yahoo.com

³⁾ Jurusan Kesehatan Lingkungan, Poltekkes Kemenkes Bandung,
Email : sadonos@gmail.com

ABSTRACT

Kitchen clean water at PT. XYZ is used for washing activities and also washing all cooking utensils. The clean kitchen water is indicated to contain *Escherichia coli* bacteria as much as 71 APM/100 ml and exceeds the applicable quality standards. For this reason, further treatment of clean water is needed by means of disinfection, the disinfection used is Ultra Violet-C light with a wavelength of 254 nm because it is germicidal for bacteria. The purpose of this study was to find out and analyze the duration of Ultra Violet-C irradiation that was most effective in reducing *Escherichia coli* bacteria. This type of research is an experimental research with a pretest posttest without control research design using clean kitchen water samples with 2 variations of irradiation time, namely 55 seconds and 85 seconds. Statistical testing using the Mann Whitney test resulted in a P value of 0.146 which indicated that there was no significant difference between 55 seconds and 85 seconds of Ultra Violet-C irradiation for reducing the number of *Escherichia coli* bacteria. The average percentage decrease in *Escherichia coli* bacteria at 55 seconds of irradiation is 99.85%, while at 85 seconds of irradiation is 100%. The most effective UV-C irradiation time in reducing *Escherichia coli* bacteria in clean water from the kitchen of PT. XYZ is 85 seconds long.

Keywords : Clean Water, Ultra Violet-C Rays, Exposure Time, *Escherichia coli*

ABSTRAK

Air bersih dapur di PT. XYZ digunakan untuk kegiatan mencuci beras dan juga mencuci seluruh peralatan memasak. Air bersih dapur tersebut terindikasi mengandung bakteri *Escherichia coli* sebanyak 71 APM/100 ml dan melebihi standar baku mutu yang berlaku. Untuk itu, diperlukan pengolahan air bersih lanjutan dengan cara disinfeksi, disinfeksi yang digunakan adalah sinar Ultra Violet-C dengan panjang gelombang 254 nm karena bersifat *germicidal* bagi bakteri. Tujuan dari penelitian ini yaitu ingin mengetahui dan menganalisis lama penyinaran sinar Ultra Violet-C yang paling efektif dalam mereduksi bakteri *Escherichia coli*. Jenis penelitian ini yaitu penelitian eksperimen dengan desain penelitian *Pretest Posttest without Control* menggunakan sampel air bersih dapur dengan 2 variasi lama penyinaran yaitu 55 detik dan 85 detik. Pengujian statistik dengan uji *Mann Whitney* menghasilkan *P-value* 0,146 yang menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan bermakna lama penyinaran sinar Ultra Violet-C 55 detik dan 85 detik terhadap reduksi jumlah bakteri *Escherichia coli*. Rata-rata persentase penurunan bakteri *Escherichia coli* pada lama penyinaran 55 detik yaitu sebesar 99,85%, sedangkan pada lama penyinaran 85 detik yaitu sebesar 100%. Lama penyinaran sinar UV-C yang paling efektif dalam mereduksi bakteri *Escherichia coli* pada air bersih dapur PT. XYZ yaitu lama penyinaran 85 detik.

Kata Kunci : Air Bersih, Sinar Ultra Violet-C, Lama Penyinaran, *Escherichia coli*

PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya yang sangat diperlukan oleh seluruh makhluk hidup di bumi baik untuk memenuhi kebutuhannya maupun untuk menopang kehidupannya secara alami. Kegunaan air bersih yang bersifat universal atau menyeluruh dari setiap aspek kehidupan membuat semakin berharganya air bersih baik dilihat dari segi kualitasnya maupun segi kuantitasnya.

Dari segi kualitas, air bersih yang digunakan harus memenuhi kualitas sesuai dengan peruntukannya. Air bersih yang digunakan untuk kebutuhan higiene sanitasi harus sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 32 tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, *Solus Per Aqua*, dan Pemandian Umum, yang menyatakan bahwa kandungan bakteri *E.coli* dalam air bersih harus 0 CFU/100 ml.¹

Instalasi Pengolahan Air Bersih di PT. XYZ menggunakan air sungai sebagai air bakunya dan terdiri dari beberapa tahapan proses pengolahan baik secara fisika maupun secara kimia yaitu proses koagulasi, flokulasi, filtrasi dan sedimentasi. Air yang sudah melewati tahapan pengolahan secara fisika dan kimia ini kemudian akan didistribusikan ke seluruh area produksi maupun area non produksi di PT.XYZ.

Kekurangan dari IPA PT. XYZ ini belum dilengkapi dengan proses disinfeksi, sehingga kualitas biologi air bersih hasil olahan tersebut masih melebihi standar baku mutu yang telah ditetapkan khususnya parameter *E.coli* yaitu sebesar 71 APM/100 ml.

E.coli merupakan bakteri yang dapat bersifat patogen serta dapat bertindak sebagai penyebab utama morbiditas dan mortalitas di seluruh dunia. Dampak yang ditimbulkan dari mengkonsumsi air bersih yang mengandung bakteri *E.coli* yaitu dapat menyebabkan berbagai macam penyakit seperti diare, muntaber, disentri, kram perut, kelelahan serta demam.²

Alternatif yang dapat digunakan dalam mengatasi permasalahan air bersih di PT. XYZ tersebut adalah dengan

melakukan proses disinfeksi, salah satunya yaitu disinfeksi dengan menggunakan Sinar Ultra Violet-C dengan panjang gelombang 254 nm yang bersifat *germicidal* bagi bakteri. Radiasi sinar Ultra Violet dapat membunuh semua jenis mikroba dengan intensitas dan waktu yang cukup.³

Kelebihan menggunakan metode disinfeksi dengan sinar UV ini adalah penanganannya relatif sederhana dan mudah, tidak menimbulkan produk samping pada tingkat yang membahayakan dan tidak bersifat toksik, membutuhkan waktu singkat, mudah dalam pengoperasian dan pemeliharaan alat serta dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama.⁴

Faktor yang harus diperhatikan dalam pemakaian sinar UV yaitu Panjang gelombang sinar UV, dan masa pakai lampu UV. Lampu UV akan efektif digunakan selama 9000 jam dalam masa pemakaian 3 tahun.⁵

Beberapa penelitian yang berkaitan dengan kemampuan sinar UV dalam mereduksi bakteri, seperti dilakukan oleh Sariningsih (2016) menyatakan bahwa lama penyinaran Sinar UV 5 menit dapat mereduksi bakteri *E.coli* sebesar 93,66% dari 268 APM/100 ml.⁶ Selain itu, menurut Yusuf (2017) lama waktu paparan Sinar UV 30 detik dapat menurunkan 98,69% dari 46 JPT/100 ml.⁷ Berdasarkan penelitian Putri (2019) efektifitas waktu kontak Sinar UV 50 detik dapat menurunkan bakteri *E.coli* sebesar 96% dari 33 kuman/100 ml.⁸

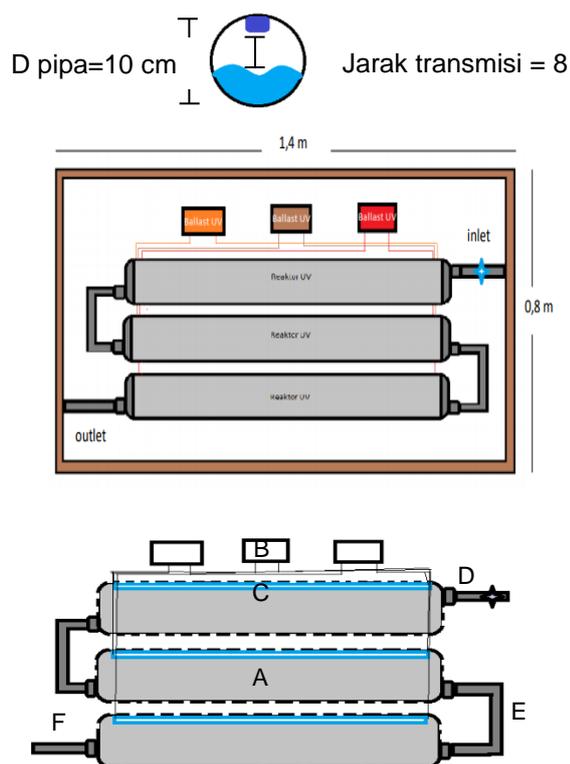
Satuan CFU, JPT, serta APM pada hasil pemeriksaan kualitas biologi air menggambarkan tujuan yang sama yaitu untuk memperkirakan jumlah sel bakteri yang sebenarnya. Meskipun satuan-satuan ini tidak berhubungan secara langsung, namun tetap menunjukkan korelasi yang positif.

Berdasarkan uraian tersebut, penulis tertarik untuk melakukan penelitian eksperimen dengan tujuan untuk mengetahui lama penyinaran Sinar UV-C yang paling efektif dalam mereduksi bakteri *E.coli* pada air bersih dapur PT. XYZ dengan variasi lama penyinaran 55 detik dan 85 detik.

METODE

Penelitian dilaksanakan mulai dari bulan Mei-Juni 2021. Jenis penelitian ini adalah penelitian yang bersifat eksperimen dengan desain penelitian *Pre test and post test without Control*. Sampel pada penelitian ini yaitu air bersih dari kran *washtafel* di dapur PT.XYZ. Besar sampel dihitung berdasarkan rumus gomez, didapatkan bahwa untuk 2 perlakuan (lama penyinaran 55 detik dan 85 detik) dilakukan 9 kali pengulangan sehingga jumlah sampel *pretest* dan *posttest* pada penelitian ini yaitu sebanyak 36 sampel. Metode pengambilan sampel yaitu dengan metode *grab sampling*.

Alat rekayasa yang dibuat untuk mengendalikan permasalahan *E.coli* yaitu Lemari yang berisi reaktor UV bertingkat sebagai alat disinfeksi, dengan desain sebagai berikut :



Keterangan :
A = Reaktor (Pipa 4 inch 3 meter)
B = Ballast UV
C = Lampu UV (90 cm)
D = Inlet
E = Pipa penghubung
F = Outlet

Pengambilan data dilakukan dengan mengukur tingkat kekeruhan pada air bersih, kemudian dilanjutkan dengan pengambilan sampel *pretest* dan pengambilan sampel *posttest* pada air bersih yang telah dilakukan proses disinfeksi menggunakan sinar UV. Sampel tersebut diperiksa di Laboratorium Kesehatan Daerah Provinsi Jawa Barat.

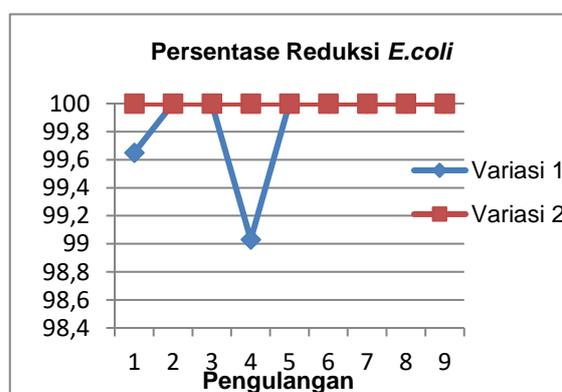
Analisis statistik yang digunakan pada penelitian ini yaitu uji *Mann Whitney* untuk mengetahui perbedaan lama penyinaran sinar UV-C terhadap reduksi jumlah bakteri *E.coli* pada air bersih.

HASIL

Tabel 1. Hasil Pengukuran Kekeruhan

No.	Pengulangan	55 detik	85 detik
1	Pengulangan 1	0,35	0,35
2	Pengulangan 2	0,32	0,31
3	Pengulangan 3	0,35	0,32
4	Pengulangan 4	0,37	0,35
5	Pengulangan 5	0,35	0,33
6	Pengulangan 6	0,35	0,35
7	Pengulangan 7	0,35	0,33
8	Pengulangan 8	0,31	0,33
9	Pengulangan 9	0,35	0,32
Rata-rata		0,34	0,33

Berdasarkan tabel 1 diperoleh gambaran bahwa rata-rata kadar kekeruhan pada lama penyinaran 55 detik yaitu sebesar 0,34 NTU, sedangkan rata-rata kadar kekeruhan pada lama penyinaran 85 detik yaitu sebesar 0,33 NTU.



Gambar 1. Persentase Reduksi *E.coli* pada Air Bersih

Berdasarkan gambar 1 diperoleh gambaran bahwa lama penyinaran 85 detik dapat mereduksi bakteri *E.coli* hingga 100%. Hal ini membuktikan semakin lama penyinaran sinar UV-C maka akan semakin banyak pula bakteri yang mati.

PEMBAHASAN

1. Sarana Air Bersih di PT. XYZ

Sumber air baku pada Instalasi Pengolahan Air bersih PT. XYZ yaitu air permukaan sungai. Kapasitas pengolahan air pada IPA PT. XYZ yaitu sebesar 35 L/detik. Sistem pendistribusian air dilakukan dengan pemompaan. Kualitas air baku sungai setelah dilakukan pemeriksaan laboratorium ternyata tidak memenuhi syarat kualitas biologi yaitu pada parameter *Total Coliform* dan juga *Fecal Coliform*. *Total Coliform* pada air sungai Ciujung yaitu sebesar 3.600.000 CFU/100 ml, sedangkan *Fecal Coliform* yaitu sebesar 410.000 CFU/100 ml. Unit pengolahan air di PT. XYZ hanya berupa proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi dan filtrasi namun tidak dilengkapi dengan unit proses disinfeksi sehingga kualitas biologi air baku yang telah diolah tetap tidak sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan No. 32 tahun 2017.

2. Bakteri *Escherichia coli* pada Air Bersih Tanpa Perlakuan

Bakteri *Escherichia coli* yang berada pada air bersih dapur PT. XYZ yaitu berkisar antara 153 APM/100 ml - 461 APM/100 ml. Tingginya jumlah bakteri *Escherichia coli* tersebut disebabkan oleh kondisi sungai sebagai air baku yang dipenuhi banyak sampah seperti sampah popok bayi dan juga sampah rumah tangga yang lainnya, selain itu juga terdapat banyak saluran pembuangan air kotor dari rumah warga yang menuju ke badan air sungai. Hal ini diperparah dengan tidak adanya proses disinfeksi pada tahapan proses pengolahan air bersih di PT. XYZ.

Air bersih dari IPA PT. XYZ tersebut biasa dipakai untuk memenuhi kebutuhan produksi dan juga kebutuhan higiene sanitasi di perusahaan, diantaranya yaitu digunakan untuk kegiatan pencucian beras serta pencucian peralatan masak. Hal tersebut tentunya sangat berbahaya bagi kesehatan dikarenakan air yang

mengandung bakteri *Escherichia coli* dapat menyebabkan kasus *water borne disease* yaitu penyakit yang disebabkan oleh air, diantaranya yaitu diare, demam serta kram perut.⁹

3. Bakteri *Escherichia coli* pada Air Bersih dengan Perlakuan

Pengendalian keberadaan bakteri *Escherichia coli* pada air bersih PT. XYZ dilakukan pada tahap akhir pengolahan dengan membuat alat disinfeksi air menggunakan sinar Ultra Violet-C dengan panjang gelombang 254 nm yang bersifat *germicidal* bagi bakteri. Disinfeksi sinar Ultra Violet-C dengan lama penyinaran 55 detik dan 85 detik menunjukkan adanya reduksi bakteri *E.coli* yang signifikan. Reduksi bakteri *Escherichia coli* tersebut disebabkan oleh prinsip kerja pada disinfeksi sinar Ultra Violet-C yang menyatakan bahwa radiasi Ultra Violet-C merupakan sumber energi yang mempunyai kemampuan untuk melakukan penetrasi ke dinding sel mikroorganisme dan mengubah komposisi asam nukleatnya.¹⁰ Absorpsi Ultra Violet-C oleh DNA bakteri dapat menyebabkan mikroorganisme tersebut tidak mampu melakukan replikasi akibat pembentukan ikatan rangkap dua pada molekul-molekul pirimidin sehingga menyebabkan bakteri tersebut mati (Rakkito & Yayok Surya, n.d.).¹¹

Tingkat penyerapan radiasi Ultra Violet oleh molekul DNA tergantung pada panjang gelombang radiasi sinar Ultra Violet. Daerah panjang spektrum paling efektif untuk memberikan efek *Germicidal* berkisar antara 250 nm-265 nm dengan penyerapan optimal oleh asam nukleat sekitar 254 nm. Selain faktor penggunaan panjang gelombang 254 nm, keberhasilan reduksi bakteri *E.coli* pada penelitian ini yaitu variasi lama penyinaran sinar Ultra Violet-C terhadap bakteri.¹²

Faktor lain yang mempengaruhi keberhasilan disinfeksi sinar Ultra Violet yaitu air bersih yang digunakan bebas dari kekeruhan, sehingga bakteri tidak memiliki kesempatan untuk membentuk "*clam*" dengan *suspended solid* yang ada di dalam air.¹³ Selain itu, jarak transmisi sinar Ultra Violet-C ke dalam air tidak melebihi 8 cm. Jarak transmisi sinar Ultra Violet sangat

berpengaruh terhadap keberhasilan proses disinfeksi dikarenakan jarak transmisi mempengaruhi intensitas yang dihasilkan oleh lampu Ultra Violet. Semakin dekat jarak transmisi maka persentase kematian bakteri *Escherichia coli* akan semakin besar.¹⁴

4. Lama Penyinaran Sinar Ultra Violet-C yang paling Efektif dalam Mereduksi Bakteri *Escherichia coli*

Pada Variasi 1 dengan lama penyinaran 55 detik, terdapat 2 pengulangan yaitu pengulangan 1 dan pengulangan 5 yang memiliki nilai presentase reduksi bakteri *Escherichia coli* 99,66% dan 99,03% sehingga hasil yang didapatkan belum sesuai dengan Permenkes Nomor 32 tahun 2017 karena masih melebihi standar baku mutu yang telah ditetapkan.

Sedangkan, pada Variasi 2 dengan lama penyinaran 85 detik, semua pengulangan memiliki nilai presentase reduksi *Escherichia coli* sebesar 100% sehingga hasil yang didapatkan sudah sesuai dengan standar baku mutu kandungan *E.coli* pada air bersih yang ditetapkan oleh Permenkes Nomor 32 tahun 2017 yaitu sebesar 0 CFU/100 ml.

Setelah dilakukan uji statistik dengan menggunakan uji *Mann Whitney* menunjukkan bahwa nilai *P-value Posttest* Variasi 1 dan *Posttest* Variasi 2 > 0,05 sehingga tidak ada perbedaan bermakna lama penyinaran sinar Ultra Violet-C 55 detik dan 85 detik terhadap reduksi jumlah bakteri *Escherichia coli* pada air bersih dapur PT.XYZ. Namun, lama penyinaran sinar UV-C yang paling efektif dalam mereduksi bakteri *E.coli* yaitu lama penyinaran 85 detik karena dapat mereduksi bakteri *E.coli* sampai 0 APM/100 ml.

Lama penyinaran dengan menggunakan sinar Ultra Violet-C terhadap kualitas mikrobiologi air bersih mempunyai pengaruh nyata dalam mereduksi bakteri *Escherichia coli*. Semakin lama waktu penyinaran, maka semakin banyak pula bakteri yang tereduksi dan hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Hendriyanto (2015) yang menyatakan bahwa ada

pengaruh waktu dengan jumlah bakteri *E.coli* yang tereduksi.¹⁵

SIMPULAN

Sarana air bersih di IPA PT. XYZ terdiri dari unit operasi koagulasi, flokulasi, sedimentasi dan filtrasi. Jumlah bakteri *Escherichia coli* pada air bersih dapur PT. XYZ sebelum dilakukan disinfeksi dengan sinar Ultra Violet-C berkisar antara 153 APM/100 ml – 461 APM/100 ml. Besar reduksi bakteri *Escherichia coli* setelah dilakukan disinfeksi dengan lama penyinaran 55 detik rata-rata sebesar 217 APM/100 ml dengan persentase rata-rata penurunan bakteri sebesar 99,85%. Besar reduksi bakteri *Escherichia coli* setelah dilakukan disinfeksi dengan lama penyinaran 85 detik rata-rata sebesar 357 APM/100 ml dengan persentase rata-rata penurunan bakteri sebesar 100%. Lama penyinaran sinar Ultra Violet-C yang paling efektif dalam mereduksi bakteri *Esherichia coli* pada air bersih dapur PT. XYZ yaitu lama penyinaran 85 detik.

SARAN

1. Sebaiknya alat disinfeksi sinar Ultra Violet-C disimpan di dalam bangunan
2. Disarankan menggunakan interval lama penyinaran sinar Ultra Violet-C yang tidak terlalu jauh antara satu variasi dengan variasi yang lainnya
3. Sebaiknya gunakan reaktor dengan diameter yang tidak terlalu besar, agar jarak transmisi sinar Ultra Violet-C ke dalam air tidak terlalu jauh
4. Sebaiknya lampu sinar Ultra Violet diletakkan pada bagian tengah reaktor seperti pada DAMIU, agar transmisi sinar Ultra Violet kedalam air dapat menyebar dari atas maupun bawah lampu
5. Sebaiknya gunakan timer otomatis pada alat disinfeksi sinar Ultra Violet agar dapat dipastikan bahwa lama penyinaran yang diberikan sudah sesuai dengan lama penyinaran yang telah ditentukan
6. Sebaiknya penggunaan lampu Ultra Violet merek phillips tidak digunakan lebih dari 9000 jam

DAFTAR RUJUKAN

1. Kemenkes, RI (2017). Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 32 tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Pemandian Umum.
2. Kemenkes, RI (2011). Subdit Pengendalian Diare dan Infeksi Saluran Pencernaan.
3. Navratinova, Sustika, dkk. (2019). "Hubungan Disinfeksi Sinar UV dengan Kualitas Bakteriologis Air Minum pada Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU)". *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-journal)*, 7(1). Universitas Diponegoro.
4. Said, Nusa Idaman. "Disinfeksi untuk Proses Pengolahan Air Minum". *JAL* Vol.3 No.1
5. Lomrah, S. (2017). "Pengaruh Cahaya Ultraviolet C (UV-C) Dan Kelembaban Udara (Rh) Terhadap Jumlah Bakteri Escherichia Coli Pada Kulit Sepatu". Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
6. Sarinaningsih (2016). "Pengaruh Intensitas, Lama Waktu Penyinaran dan Posisi Sumber Sinar Ultra Violet terhadap Reduksi Jumlah Bakteri E.coli pada Air Sumur". Universitas Mataram.
7. Yusuf, Maulana Ahmad (2018). "Perbedaan Lama Waktu Paparan Disinfeksi Sinar UV-C terhadap Penurunan Jumlah Escherichia coli pada Air Bersih di PT. Trisula Textile Industries". *Jurnal Riset Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung*, 10(1)
8. Putri, Eva Indah Novariani (2019). "Efektivitas Variasi Waktu Kontak Sinar Ultraviolet-C Sebagai Disinfeksi Terhadap Penurunan Jumlah Bakteri (Escherichia coli) dalam Air Bersih di Dapur PT. Trisula Textile Industries". Politeknik Kesehatan Kemenkes Bandung.
9. Cahyonugroho, Okik Hendriyanto. (2011). "Pengaruh Intensitas Sinar Ultraviolet dan Pengadukan terhadap Reduksi Jumlah Bakteri E.coli.. *Jurnal Penelitian* : 1, 2,19.
10. Suprihatin, dan Suparno, Ono (2013). *Teknologi Proses Pengolahan Air untuk Mahasiswa dan Praktisi Industri*. Bogor : PT. Penerbit IPB Press.
11. Rakkito, D., & Yayok Surya. (n.d.). "Penyisihan E.coli Air Sumur Menggunakan Radiasi Sinar Ultraviolet". *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 7(2), 76–84.
12. Syarifudin, dkk (2014). "Efektivitas "Portable UV Disinfection" dalam Menurunkan Angka Bakteri (Escherichia coli) pada Air Minum". *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 11(2)
13. Fauzi, M., Miki, Rahmawati, dan R. Linda. (2017). "Cemaran Mikroba Berdasarkan Angka Lempeng Total dan Angka Paling Mungkin Koliform pada Minuman Air Tebu (*Saccharum officinarum*) di Kota Pontianak". *Jurnal Protobiont*. 6 (2) : 8-15.
14. Seran, Y. Y. T., Pasangka, B., & Sutaji, H. I. (2018). "Karakteristik Paparan Radiasi Sinar Ultraviolet A (UV-A) Dan Cahaya Tampak Di Kota Kupang". *Jurnal Biotopikal Sains*, 15(3), 49–56.
15. Hendriyanto, O.H., (2015). "Pengaruh Intensitas Sinar Ultra Violet dan Pengadukan terhadap Reduksi Jumlah Bakteri E.coli". *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, Vol. 2 No. 1.