

Pengaruh variasi daya lampu sinar Ultraviolet-C terhadap penurunan bakteri Coliform pada air bersih di industri pangan

Desty Nawangwulan ^{a *}, Redi Yudha Irianto ^b, Nia Yuniarti Hasan ^c,
Neneng Yetty Hanurawati ^d

Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Bandung. Jl. Padjajaran No 56 Bandung, Indonesia

^adestynawangwulan@student.poltekkesbandung.ac.id; ^brediyudha@staff.poltekkesbandung.ac.id;

^cniayuniarti@staff.poltekkesbandung.ac.id; ^dnenengyety@staff.poltekkesbandung.ac.id;

* Corresponding Author

Receipt: 31 January 2024; Revision: 10 February 2024; Accepted: 28 February 2024

Abstrak: Industri pangan menggunakan air bersih dalam proses produksinya, namun air yang digunakan tidak memenuhi persyaratan kualitas mikrobiologi karena mengandung *Coliform*, maka diperlukan pengendalian menggunakan desinfeksi sinar ultraviolet-C. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh daya sinar ultraviolet-C terhadap reduksi bakteri *Coliform* dalam air bersih di industri pangan. Variasi yang digunakan dalam penelitian lampu ultraviolet-C dengan daya sebesar 15, 20, dan 30 watt menggunakan panjang gelombang 254 nm, dan lama paparan selama 30 detik. Penelitian ini merupakan penelitian sungguhan, dilakukan 6 kali pengulangan, desain penelitiannya adalah *pre-posttest* tanpa *control*. Teknik pengambilan contoh sesaat adalah teknik pengambilan sampel yang digunakan. Populasi pada penelitian seluruh air bersih di WTP industri pangan, air bersih di *outlet* reservoir 2 dijadikan sampel penelitian dengan jumlah sampel sebanyak 36. Uji statistik *One Way Anova* digunakan untuk menganalisis data. Hasil uji *anova* *p value* $0,008 < 0,05$ menunjukkan bahwa daya lampu sinar ultraviolet-C berpengaruh signifikan terhadap penurunan bakteri *Coliform* pada air bersih di industri pangan. Hasil penelitian menyatakan sinar ultraviolet-C dengan daya lampu 15 watt menurunkan bakteri *Coliform* hingga 97%, 20 watt menurunkan 98%, dan 30 watt menurunkan hingga 99,85% dari bakteri *Coliform* sebanyak 1.709 CFU/100 ml. Industri dapat menggunakan metode desinfeksi sinar ultraviolet-C untuk mereduksi bakteri *Coliform* pada air bersih.

Abstract: The food industry uses clean water in its production processes, but the water used does not meet microbiological quality requirements because it contains coliform bacteria, so control using ultraviolet-C light disinfection is necessary. This study aims to determine the effect of ultraviolet-C light power on the reduction of coliform bacteria in clean water in the food industry. The variations used in this study were ultraviolet-C lamps with power ratings of 15, 20, and 30 watts using a wavelength of 254 nm and an exposure time of 30 seconds. This study was a real study, conducted 6 times, with a *pre-posttest* design without control. The instant sampling technique was the sampling technique used. The population in the study was all clean water in food industry WTPs, and clean water at reservoir outlet 2 was used as the research sample with a sample size of 36. The *One Way Anova* statistical test was used to analyze the data. The results of the *anova* test with a *p value* of $0.008 < 0.05$ showed that the power of the ultraviolet-C lamp had a significant effect on the reduction of *Coliform* bacteria in clean water in the food industry. The results of the study stated that ultraviolet-C light with a lamp power of 15 watts reduced *Coliform* bacteria by 97%, 20 watts reduced it by 98%, and 30 watts reduced it by 99.85% from 1,709 CFU/100 ml of *Coliform* bacteria. Industries can use the ultraviolet-C light disinfection method to reduce bacteria. *Coliform* bacteria by up to 97%, 20 watts reduces 98%, and 30 watts reduces up to 99.85% of *Coliform* bacteria amounting to 1,709 CFU/100 ml. Industries can use ultraviolet-C light disinfection methods to reduce *Coliform* bacteria in clean water.

Keywords: Industri pangan; air bersih; desinfeksi, daya lampu ultraviolet-C; *Coliform*;



PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan alam yang sangat fundamental untuk semua makhluk hidup, terutama manusia. Peran air sangat kardinal dalam berbagai sektor kehidupan, termasuk dalam industri yang memiliki dua fungsi utama yaitu untuk kegiatan produksi dan kegiatan non-produksi. Penggunaan air pada proses produksi adalah sebagai bahan baku atau sebagai bagian dari proses produksi untuk menghasilkan berbagai jenis produk. Air juga dapat digunakan sebagai penunjang proses produksi, misalnya dalam sistem pendinginan atau sebagai pelarut. Di sisi lain, dalam kegiatan non-produksi di industri, penggunaan air untuk memenuhi kebutuhan sanitasi dan kebersihan para pekerja di lingkungan kerja. Hal ini penting untuk menjaga kebutuhan pekerja serta untuk memastikan bahwa standar sanitasi yang diperlukan terpenuhi.

Industri pangan pada penelitian ini menghasilkan produk minuman susu yang menggunakan air bersih untuk menunjang proses produksinya. Air yang digunakan untuk kegiatan industri harus memenuhi standar mutu yang telah ditetapkan yaitu meliputi parameter fisik, kimia, dan mikrobiologi.

Bakteri *Coliform* adalah organisme yang digunakan untuk menunjukkan bahwa air bersih tercemar oleh tinja. Adanya bakteri ini pada air bersih menunjukkan bahwa terdapat bakteri patogen lainnya (Gusman Arsyad, *et al.*, 2022).

Hasil pemeriksaan *Coliform* pada *Outlet Water Treatment Plant* (WTP) industri pangan sebesar 1.709 CFU/100 ml yang jika dibandingkan dengan Permenkes RI No. 02 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan menyebutkan bahwa kadar maksimum untuk *Coliform* adalah 0 CFU/100 ml, sehingga air bersih tidak memenuhi standar mutu maka perlu melakukan tindakan pengendalian. Beberapa cara pengendalian yang dapat dilakukan adalah menggunakan metode desinfeksi dengan baik seperti klorinasi, ozonisasi, dan penggunaan sinar ultraviolet-C.

Pengolahan air dengan penggunaan klorin atau klorinasi merupakan desinfektan yang paling sering digunakan dan relatif murah tetapi klorin ini dapat menimbulkan bau yang menyengat (bau kaporit) dan menghasilkan produk sampingan *Trihalomethane* (THM) yang bersifat karsinogenik (Afrianita *et al.*, 2016).

Ozonisasi merupakan salah satu cara desinfeksi dengan menggunakan ozon sebagai senyawa yang mampu membunuh bakteri dan memiliki daya oksidasi yang kuat dan efektif dalam menurunkan dan menghilangkan bau, rasa, warna, dan mikroorganisme di air, namun ditinjau dari penggunaan energi, biaya konstruksi maupun biaya operasional dan pemeliharaan, desinfeksi dengan ozon lebih mahal dibandingkan dengan metode yang lain, selain itu ozon juga bersifat sangat reaktif sehingga memerlukan peralatan yang khusus dan perawatan yang intensif (Wulansarie, 2012).

Desinfeksi dengan sinar ultraviolet-C merupakan salah satu pengolahan air dengan metode desinfeksi fisik yang tidak membutuhkan modal dan biaya yang tinggi dibandingkan dengan desinfektan lainnya, namun dapat membunuh mikrobiologi terutama bakteri yang terdapat pada air. Lampu merkuri tekanan rendah yang terdapat di dalam tabung pelindung digunakan dalam sistem ultraviolet-C dengan radiasi panjang gelombang 254 nm yang bersifat *germmicidal* dengan beberapa kelebihan yaitu tidak menimbulkan hasil samping senyawa yang bersifat karsinogenik dan bersifat racun sehingga kualitas air masih terjaga, tidak menimbulkan masalah rasa dan bau, dan unit ultraviolet membutuhkan ruangan yang kecil sedangkan kekurangan sinar ultraviolet diantaranya adalah membutuhkan energi listrik dan sepanjang gelombang tertentu dapat berbahaya jika terpapar langsung oleh manusia (Said, 2018).

Beberapa faktor seperti panjang gelombang, usia lampu, lama penyinaran, daya lampu yang digunakan, dan kebersihan lampu, memengaruhi kemampuan sinar ultraviolet-C untuk membunuh *Coliform* pada air bersih (Sarinaningsih, 2018). Penelitian sebelumnya oleh (Ningsih *et al.*, 2021) menunjukkan bahwa daya lampu sinar ultraviolet-C pada 15, 30, dan 36 watt dengan lama paparan selama 45 detik secara efektif dapat menurunkan jumlah bakteri *Coliform* sebesar 1.732,9 APM/100 ml menjadi 0 APM/100 ml, atau penurunan sebesar 100%. Disarankan agar peneliti berikutnya memanfaatkan daya lampu yang lebih rendah (Ningsih *et al.*, 2021).

Penelitian yang telah dilakukan oleh (Tasya, 2023) menyatakan bahwa dengan variasi daya 8 watt, 10 watt, dan 15 watt menggunakan waktu kontak 30 detik mampu menurunkan bakteri *Coliform* dengan persentase terbesar pada daya 15 watt yaitu sebesar 72% dan dapat mereduksi bakteri dari 52,1 APM/100 ml menjadi 14,58 APM/100 ml (Tasya, 2023).

Latar belakang diatas menjadi landasan penulis untuk melakukan penelitian mengenai pengaruh variasi daya lampu sinar ultraviolet-C yang mengacu pada penelitian sebelumnya (Ningsih et al., 2021) yaitu mengambil variasi daya 15 watt sebagai variasi terkecil yang mampu mereduksi bakteri sebesar 100% dengan waktu kontak yang berbeda, karena pada penelitian (Tasya, 2023) kemampuan daya lampu ultraviolet-C sebesar 15 watt menggunakan waktu kontak 30 detik menjadi daya watt dengan penurunan bakteri *Coliform* tertinggi, sehingga daya 15 watt, 20 watt, dan 30 watt digunakan pada penelitian ini dengan lama paparan selama 30 detik sebagai waktu kontak yang efektif pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya diharapkan mampu untuk mereduksi bakteri *Coliform* sebanyak 1.709 CFU/100 ml secara optimal.

Berdasarkan penjelasan tersebut peneliti melakukan penelitian yang berjudul “Pengaruh Variasi Daya Lampu Sinar Ultraviolet-C terhadap Penurunan Bakteri *Coliform* pada Air Bersih di Industri Pangan” yang memiliki tujuan agar dapat mengetahui daya lampu yang paling optimal untuk mereduksi bakteri *Coliform*, sehingga dapat digunakan sebagai alternatif pengolahan air bersih di Industri Pangan.

METODE

Jenis penelitian menggunakan penelitian eksperimen sungguhan (*true experiment*) dan desain penelitian *pre-posttest tanpa control* yaitu dilakukan pemeriksaan keberadaan bakteri *Coliform* sebelum dilakukan perlakuan (*pretest*) dan dilakukan pemeriksaan keberadaan bakteri *Coliform* setelah dilakukan perlakuan (*posttest*) dengan menggunakan daya lampu ultraviolet C, yaitu 15, 20, dan 30 watt. Seluruh air bersih yang digunakan dalam kegiatan industri di industri pangan adalah populasi dalam penelitian ini. Air bersih pada reservoir 2 di *Water Treatment Process* (WTP) industri pangan merupakan sampel penelitian yang diteliti dan diberikan perlakuan.

Metode pengambilan contoh sesaat merupakan teknik pengambilan sampel pada penelitian ini, dilakukan sebanyak 6 kali pengulangan dan 3 perlakuan dengan besar sampel laboratorium sebanyak 36 sampel atau sebesar 3,6 liter dan sampel lapangan sebanyak 324 liter. Pengambilan sampel dilakukan secara steril dan aseptis menurut SNI 9063-2022 dan pemeriksaan sampel uji dilakukan di Laboratorium dengan menggunakan metode ISO 9308-1:2014.

Pada penelitian ini, data dianalisis menggunakan beberapa langkah statistik untuk menilai pengaruh sinar ultraviolet-C terhadap penurunan bakteri *Coliform* dalam air bersih di industri pangan. Analisis dilakukan dengan metode univariat dan bivariate seperti uji *Shapiro-Wilk*, uji *Levene*, serta uji *One Way Anova* untuk menentukan apakah terdapat pengaruh signifikan antar kelompok yang diamati.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Tabel 1. Hasil Pengukuran Suhu Sebelum dan Setelah Kontak dengan Sinar Ultraviolet-C pada Air Bersih di Industri Pangan

Pengulangan ke-	Suhu Air (°C)					
	Daya Lampu Sinar Ultraviolet-C					
	15 Watt		20 Watt		30 Watt	
	Pretest	Posttest	Pretest	Posttest	Pretest	Posttest
1	26,3	26,4	26,3	26,4	26,4	26,5
2	26,4	26,4	26,4	26,5	26,4	26,6
3	26,4	26,5	26,4	26,5	26,5	26,6
4	26,5	26,5	26,5	26,6	26,5	26,7

5	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6	26,7
6	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6	26,8
Minimal	26,3	26,4	26,3	26,4	26,4	26,4
Maksimal	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6	26,7

Tabel 1. menunjukkan bahwa pada lampu ultraviolet-C dengan daya 15 watt dan 20 watt sebelum perlakuan memiliki nilai suhu yaitu 26,4°C dan setelah perlakuan yaitu menjadi 26,5°C, sedangkan suhu air pada variasi daya lampu 30 watt sebelum perlakuan yaitu 26,5°C dan setelah perlakuan yaitu 26,6°C. Hasil pengukuran suhu air terhadap suhu minimum, maksimum, dan rata-rata telah memenuhi persyaratan yaitu dengan baku mutu deviasi ± 3 , suhu udara saat dilakukannya pengambilan sampel yaitu 27°C, sehingga sesuai dengan standar karena berada pada rentang suhu 24°C-30°C.

Tabel 2. Hasil Pengukuran pH Sebelum dan Setelah Kontak dengan Sinar Ultraviolet-C pada Air Bersih di Industri Pangan

Pengulangan ke-	Ph					
	Daya Lampu Sinar Ultraviolet-C					
	15 Watt		20 Watt		30 Watt	
	Pretest	Posttest	Pretest	Posttest	Pretest	Posttest
1	7,3	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4
2	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4
3	7,4	7,5	7,4	7,4	7,4	7,5
4	7,4	7,4	7,4	7,5	7,4	7,5
5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,4	7,6
6	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,6
Minimal	7,3	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4
Maksimal	7,5	7,5	7,5	7,6	7,5	7,6

Tabel 2. menunjukkan bahwa hasil pengukuran pH air bersih dengan variasi daya lampu ultraviolet-C sebelum dan setelah perlakuan menunjukkan rentang pH 7,3-7,5 sebelum perlakuan, dan rentang pH 7,4-7,6 setelah perlakuan. Nilai pH pada setiap variasi telah memenuhi standar karena berada pada rentang 6,5 – 8,5.

Tabel 3. Hasil Pengukuran *Total Dissolved Solid* (TDS) Sebelum dan Setelah Kontak dengan Sinar Ultraviolet-C pada Air Bersih di Industri Pangan

Pengulangan ke-	Total Dissolved Solid (mg/L)					
	Daya Lampu Sinar Ultraviolet-C					
	15 Watt		20 Watt		30 Watt	
	Pretest	Posttest	Pretest	Posttest	Pretest	Posttest
1	212	206	220	209	218	231
2	203	223	236	242	231	209
3	208	303	201	215	220	215
4	234	253	207	298	215	216
5	261	210	256	208	206	241
6	200	202	204	220	302	223
Minimal	200	202	201	208	206	209
Maksimal	261	303	256	298	302	241

Tabel 3. menunjukkan hasil pengukuran *Total Dissolved Solid* (TDS) pada air bersih sebelum diberikan perlakuan dengan variasi daya lampu ultraviolet-C berada pada rentang 200-302 mg/L dan setelah diberikan perlakuan berada pada rentang 202-303 mg/L. Hasil pemeriksaan *Total Dissolved Solid* (TDS) mempunyai nilai maksimal pada *posttest* pengulangan ke-3 dengan daya lampu ultraviolet-C 15 watt dan *pretest* pengulangan ke-6 dengan daya lampu ultraviolet-C 30 watt yang berada diatas baku mutu dan belum memenuhi standar kualitas air bersih karena >300 mg/L.

Tabel 4. Jumlah Bakteri *Coliform* Sebelum dan Setelah Kontak dengan Sinar Ultraviolet-C pada Air Bersih di Industri Pangan

Pengulangan ke-	Jumlah Bakteri (CFU/100 ml)					
	Daya Lampu Sinar Ultraviolet-C					
	15 Watt		20 Watt		30 Watt	
	Pretest	Posttest	Pretest	Posttest	Pretest	Posttest
1	1.695	43	1.709	26	1.707	2
2	1.698	45	1.691	29	1.698	3
3	1.702	52	1.698	24	1.715	2
4	1.716	49	1.711	31	1.729	1
5	1.692	43	1.689	32	1.697	3
1	1.695	43	1.709	26	1.707	2
Jumlah	10.255	280	10.254	163	10.268	15
Rata-rata	1.709	47	1.709	27	1.711	3

Tabel 4. menunjukkan jumlah bakteri *Coliform* mengalami penurunan setelah dipaparkan dengan sinar ultraviolet-C dengan daya lampu sebesar 15 watt dengan jumlah bakteri *Coliform* tertinggi, yaitu 1.752 CFU/100 ml dan jumlah rata-rata yaitu 1.709 CFU/100 ml mengalami penurunan rata-rata menjadi 45 CFU/100 ml. Pada variasi daya lampu 20 watt setelah dipaparkan dengan sinar ultraviolet-C dengan jumlah bakteri *Coliform* tertinggi sebesar 1.756 CFU/100 ml dan jumlah rata-rata yaitu 1.709 CFU/100 ml mengalami penurunan rata-rata menjadi 27 CFU/100 ml, sedangkan untuk variasi daya lampu ultraviolet-C dengan daya lampu 30 watt setelah diberikan perlakuan dengan jumlah bakteri *Coliform* tertinggi sebesar 1.729 CFU/100 ml dan jumlah rata-rata yaitu 1.711 CFU/100 ml mengalami rata-rata penurunan menjadi 3 CFU/100 ml.

Tabel 5. Hasil Persentase Penurunan Bakteri *Coliform* pada Air Bersih di Industri Pangan

Pengulangan ke-	Jumlah Bakteri (CFU/100 ml)					
	Daya Lampu Sinar Ultraviolet-C					
	15 Watt		20 Watt		30 Watt	
	Jumlah Penurunan (CFU/100 ml)	%	Jumlah Penurunan (CFU/100 ml)	%	Jumlah Penurunan (CFU/100 ml)	%
1	1.652	97	1.683	98	1.705	99.88
2	1.653	97	1.662	98	1.695	99.82
3	1.650	97	1.674	99	1.713	99.88
4	1.667	97	1.693	99	1.724	99.94
5	1.649	97	1.657	98	1.694	99.82
6	1.704	97	1.735	98	1.718	99.77
Minimal	1.649	97	1.657	98	1.694	99,77
Maksimal	1.704	97	1.735	99	1.728	99,88
Rata-rata	1.663	97	1.682	98	1.709	99,85

Tabel 5. menunjukkan bahwa persentase penurunan terendah bakteri *Coliform* menggunakan sinar ultraviolet-C terjadi pada daya lampu ultraviolet-C 15 watt yaitu sebesar 97% dan tertinggi pada daya lampu ultraviolet-C 30 watt memiliki persentase penurunan sebesar 99,85%. Persentase penurunan bakteri *Coliform* tertinggi terjadi pada variasi daya lampu terbesar.

Pembahasan

Pengukuran Suhu pada Air Bersih

Suhu merupakan ukuran kuantitatif terhadap temperatur panas atau dingin. Dilakukan pengukuran suhu air bersih sebelum dan setelah perlakuan menggunakan variasi daya lampu ultraviolet-C bertujuan untuk mengetahui kondisi suhu awal air bersih yang mana dilakukan perbandingan dengan suhu optimal pertumbuhan bakteri *Coliform* yang termasuk bakteri

mesofilik, yaitu bakteri yang mempunyai suhu pertumbuhan dengan suhu optimum 25-37°C (Black, 2005).

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa variasi daya lampu ultraviolet-C dengan daya lampu 15, 20, dan 30 watt menghasilkan suhu antara 26,3°C-26,7°C, sehingga hasil pengukuran suhu menunjukkan bahwa bakteri *Coliform* pada air bersih di industri pangan dapat tumbuh pada suhu yang optimum. Oleh karena itu, bakteri masih dapat tumbuh optimum karena hasil pengukuran suhu pada air bersih relatif stabil pada sebelum dan setelah diberikan perlakuan dengan variasi daya lampu ultraviolet-C.

Hasil pengukuran suhu air bersih sebelum dan sesudah perlakuan mengalami peningkatan. Sinar ultraviolet-C membunuh mikroorganisme dengan menggunakan cahaya dari lampu, sehingga apabila air dikontakkan dengan sinar ultraviolet-C suhu air akan mengalami peningkatan karena cahaya mengeluarkan panas dari sinar ultraviolet-C selama proses desinfeksi air bersih.

Pengukuran pH pada Air Bersih

Bakteri *Coliform* mampu tumbuh pada pH netral yaitu berada diantara rentang antara 6,5 hingga 8,5. Parameter pH dapat mempengaruhi metabolisme sel bakteri, bakteri dapat tumbuh dengan optimal pada kondisi dengan pH yang netral, pada kondisi asam atau basa bakteri *Coliform* akan mengalami penurunan, akan tetapi penurunan bakteri *Coliform* memiliki kecenderungan lebih tinggi pada kondisi asam (Pleczar dan Chan, 2010).

Bakteri *Coliform* adalah jenis bakteri yang menyukai lingkungan dengan sedikit garam dan mampu tumbuh dengan baik dalam kondisi tanpa keberadaan garam, tetapi juga dapat berkembang pada kadar garam yang rendah (Pleczar dan Chan, 2010).

Pengukuran pH pada air bersih di industri pangan didapatkan hasil untuk variasi daya lampu ultraviolet-C dengan daya lampu 15 watt, 20 watt, dan 30 watt berada pada rentang 7,2 – 7,6, sehingga dapat dinyatakan bahwa pH air bersih dari hasil sebelum diberikan perlakuan dan setelah diberikan perlakuan berada pada pH optimal untuk bakteri *Coliform* tumbuh dengan optimal. Hasil pengukuran pH sebelum dan setelah diberikan perlakuan telah memenuhi standar baku mutu sesuai dengan regulasi yang berlaku yaitu untuk parameter pH adalah 6,5 – 8,5.

Pengukuran *Total Dissolved Solid* (TDS) pada Air Bersih

Salah satu faktor yang memengaruhi seberapa efektif lampu ultraviolet-C dalam mereduksi bakteri *Coliform* dalam air bersih adalah total zat terlarut (TDS). Semakin tinggi nilai TDS, semakin berkurang efektivitas lampu ultraviolet-C dalam membunuh mikroorganisme. Hal ini disebabkan karena partikel-partikel terlarut dalam air seperti garam dan mineral dapat menyerap sinar ultraviolet-C, sehingga sinar ultraviolet-C tidak dapat menjangkau semua mikroorganisme pada air bersih (Said, 2018).

Hasil pengukuran pada sebelum dan setelah diberikan perlakuan menggunakan variasi daya lampu ultraviolet-C, nilai TDS bersifat fluktuatif dan hasil pemeriksaan dari total 36 sampel terdapat 2 (dua) sampel dengan parameter TDS >300 mg/L. Nilai TDS yang ideal untuk desinfeksi air bersih dengan menggunakan lampu ultraviolet-C adalah <300 mg/L (Tarigan, 2020).

Penurunan Bakteri *Coliform* pada Air Bersih dengan Menggunakan Variasi Daya Lampu Sinar Ultraviolet-C

Air bersih merupakan sumber daya alam yang sangat krusial bagi industri pangan untuk mendukung proses produksi dan non-produksi. Pemasangan UV-C *Sterilization* di industri pangan dilakukan pada reservoir terakhir, yaitu reservoir 2 di *Water Treatment Plant* (WTP) dengan membuat alat desinfeksi sinar ultraviolet-C. Penurunan air bersih dilakukan dengan proses iradiasi menggunakan daya lampu ultraviolet-C sebesar 15, 20, dan 30 watt. Penggunaan sinar ultraviolet-C yang digunakan dengan panjang gelombang sebesar 254 nm yang bersifat *germicidal* (Kowalski, W., 2009). Reaktor yang digunakan berbentuk tabung yang di dalamnya

dipasangkan lampu ultraviolet-C dengan masing-masing daya lampu, yaitu 15, 20, dan 30 watt. Panjang dari tabung reaktor adalah 100 cm dengan diameter tabung 11 cm.

Jumlah bakteri *Coliform* pada air bersih setelah diberikan perlakuan dengan daya lampu ultraviolet-C 15, 20, dan 30 watt dalam satu waktu dan pengulangan sebanyak 6 kali menunjukkan bahwa bakteri *Coliform* dari ketiga variasi daya lampu ultraviolet-C tersebut mengalami penurunan setelah diberikan perlakuan dikontakkan dengan sinar ultraviolet-C dan mendapatkan hasil yang bervariasi, hal tersebut terjadi karena kekuatan sterilisasi dari lampu ultraviolet-C tergantung pada *output* dan intensitas cahaya. *Output* yaitu jumlah sinar ultraviolet-C yang dikeluarkan oleh lampu ultraviolet-C yang mengenai objek secara langsung dan diukur dalam satuan watt, sedangkan intensitas cahaya merupakan radiasi yang dinyatakan dalam $\mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{s}$ (Suprpto, 2019).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa berbagai tingkat daya lampu ultraviolet-C dapat mengurangi bakteri *Coliform* dan penurunan tertinggi terjadi pada variasi 30 watt hingga 99,85%, namun hasil penelitian belum dapat menurunkan bakteri *Coliform* hingga 0 CFU/100 ml. Hal ini dapat disebabkan oleh jumlah bakteri *Coliform* yang terlalu tinggi pada air bersih dan nilai *Total Dissolved Solid* (TDS) pada beberapa pengulangan berada di atas baku mutu, yaitu $>300 \text{ mg/L}$ sehingga efektivitas sinar UV-C untuk mereduksi bakteri *Coliform* pada air bersih menjadi tidak maksimal. Jumlah total zat padat terlarut (TDS) adalah indikator jumlah partikel atau senyawa organik atau anorganik yang terkandung di dalam air. Nilai TDS air yang tinggi dapat secara langsung mempengaruhi kemampuan sinar ultraviolet-C untuk membunuh bakteri karena mengurangi penetrasi sinar ultraviolet-C ke dalam air, sehingga proses desinfeksi air bersih menjadi lebih lama. Transmisi ultraviolet air dapat dipengaruhi oleh beberapa senyawa organik. Karena partikel padatan terlarut hanya mengabsorpsi 75% cahaya dan sisa 25% dipantulkan, indikator bakteri akan sebagian terlindung dari radiasi ultraviolet-C. Karena mineral tanah liat dapat memantulkan cahaya ultraviolet-C, mereka biasanya tidak melindungi mikroorganisme (Said, 2018).

Pemanfaatan karbon aktif sebagai penyaring dalam proses pengolahan air bersih di industri pangan dapat meningkatkan kandungan mineral dalam air yang telah diolah serta meningkatkan kandungan TDS. Karbon aktif yang dibuat dari bahan alam mengandung banyak mineral dan senyawa karbon; Sebagian mineral telah hilang selama proses penyulingan arang dan aktivasi, namun diperkirakan masih ada sebagian lainnya, yang menyebabkan peningkatan TDS (Silaban, 2018).

Pengaruh Variasi Daya Lampu Sinar Ultraviolet-C terhadap Penurunan Bakteri *Coliform* pada Air Bersih

Penurunan tertinggi bakteri *Coliform* setelah dikontakkan dengan daya lampu ultraviolet-C terjadi pada daya lampu yang terbesar yaitu 30 watt dan sejalan dengan penelitian (Chyntia, 2020) yang menyatakan bahwa semakin besar daya lampu ultraviolet-C, maka total mikroba akan semakin menurun juga, sehingga desinfeksi dengan menggunakan sinar ultraviolet-C terhadap air bersih selain dipengaruhi oleh panjang gelombang juga dipengaruhi oleh *output* (daya) dan intensitas radiasi ultraviolet-C yang dipancarkan (Suprpto, 2019).

Energi elektromagnetik ditransfer dari sumber (cahaya) ke bahan seluler organisme (protein dan asam nukleat) untuk desinfeksi fisik air bersih. Sinar ultraviolet-C membentuk dimmer timin, yang merusak DNA mikroorganisme. Transkripsi dan replikasi mikroorganisme dan DNA terhambat oleh dimmer timin ini, yang pada gilirannya menyebabkan kematian sel. Ini sebanding dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa radiasi ultraviolet dapat memasuki dinding sel mikroorganisme dan mengubah asam nukleat mikroorganisme. Karena pembentukan ikatan rangkap pada molekul primidin, penyerapan radiasi ultraviolet oleh *Deoxyribo Nucleic Acid* (DNA) atau *Ribonucleic Acid* (RNA) pada beberapa bakteri dapat mencegah berkembangbiak (Kowalski, W., 2009).

Deoxyribo Nucleic Acid (DNA) dan *Ribonucleic Acid* (RNA) menyerap sinar ultraviolet-C dapat menghentikan mikroorganisme, molekul primidin membentuk ikatan rangkap dua yang

menyebabkan replikasi. Sel yang kehilangan kemampuan replikasi juga kehilangan sifat patogennya (A. Syafruddin, *et.al*, 2014).

Sinar ultraviolet-C yang kontak langsung tanpa jarak dengan air bersih yang diberikan perlakuan dapat mempengaruhi efektivitas lampu ultraviolet-C dalam mereduksi bakteri *Coliform*. Jarak lampu sinar ultraviolet semakin dekat dapat mereduksi atau menurunkan bakteri di dalam air semakin efektif dibandingkan dengan jarak yang jauh. Paparan sinar ultraviolet-C ke dalam air akan mempengaruhi transmisi paparan cahaya kepada target yaitu air bersih untuk menurunkan jumlah total bakteri *Coliform* (Sarinaningsih, 2018).

Variasi Daya Lampu Sinar Ultraviolet-C yang Paling Optimal terhadap Penurunan Bakteri *Coliform*

Energi ultraviolet yang dilepaskan akan mempengaruhi kematian bakteri *Coliform* pada air bersih, penggunaan lama paparan ultraviolet-C dikontakkan dengan air bersih selama 30 detik pada masing-masing daya lampu sinar ultraviolet-C 15, 20, dan 30 watt pada setiap reaktornya belum mampu menghilangkan bakteri *Coliform* dari 1.709 CFU/100 ml hingga 0 CFU/100 ml. Namun, persentase penurunan tertinggi dapat terjadi pada variasi daya lampu ultraviolet-C terbesar, yaitu daya lampu ultraviolet-C sebesar 30 watt. Semakin tinggi daya lampu ultraviolet-C yang diberikan, semakin besar juga persentase penurunan bakteri *Coliform* dalam air bersih di industri pangan. Hal ini menunjukkan bahwa kekuatan sinar ultraviolet-C mempengaruhi efektivitas proses disinfeksi, sehingga mampu menghilangkan kontaminan mikrobiologi seperti bakteri *Coliform* secara optimal. Penggunaan lampu ultraviolet-C sebagai salah satu desinfektan yang dapat menurunkan jumlah bakteri *Coliform* yang mana lampu ultraviolet-C diletakkan di dalam tabung yang akan dikontakkan langsung dengan air bersih secara kontinyu dengan debit sebesar 0,316 l/d. Variasi daya lampu ultraviolet-C 30 watt menunjukkan penurunan persentase terbesar sebesar 99,85% dalam mengurangi bakteri *Coliform* pada air bersih.

SIMPULAN

Hasil penelitian menyatakan variasi daya lampu sinar ultraviolet-C memiliki dampak atau pengaruh signifikan terhadap penurunan jumlah bakteri *Coliform* dalam air bersih yang digunakan dalam industri pangan dengan menggunakan lampu sinar ultraviolet-C 15, 20, dan 30 watt karena nilai $p\text{ value } 0,008 \leq 0,05$. Persentase penurunan bakteri *Coliform* pada air bersih dengan daya lampu sinar ultraviolet-C 15 watt sebesar 97%, 20 watt sebesar 98%, dan 30 watt sebesar 99,85%. Penurunan bakteri *Coliform* paling optimal terdapat pada daya lampu sinar ultraviolet-C 30 watt.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianita, R., Komala, P. S., & Andriani, Y. (2016). Kajian kadar sisa klor di jaringan distribusi penyediaan air minum Rayon 8 PDAM Kota Padang. *Dalam Seminar Nasional Sains dan Teknologi Lingkungan II* (pp. 144–151).
- Artiningrum, T., & Havianto, C. A. (2018). *Pengenalan sanitasi lingkungan*. Deepublish.
- Black, J. M., & Hawks, J. H. (2005). *Medical-surgical nursing*. Elsevier.
- Chyntia. (2020). Perbedaan lama paparan sinar UV-C terhadap penurunan total coliform pada air bersih di PT X (*Skripsi tidak dipublikasikan*). Poltekkes Kemenkes Bandung.
- Gusman Arsyad, A., Rukmana, N., & Wahyuni, S. (2022). *Dasar-dasar kesehatan lingkungan*. Tahta Media.
- Kowalski, W. (2009). UVGI disinfection theory. *Ultraviolet germicidal irradiation handbook* (pp. 17–50). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-01999-9_2
- Menteri Kesehatan Republik Indonesia. (2023). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 02 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan. Kementerian

- Kesehatan Republik Indonesia.
<https://peraturan.bpk.go.id/Details/218779/permendagri-no-2-tahun-2023>
- Natalia, L. A., Bintari, S. H., & Mustikaningtyas, D. (2014). Kajian kualitas bakteriologis air minum isi ulang di Kabupaten Blora. *Unnes Journal of Life Science*, 3(1).
<https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ujls/article/view/3646>
- Ningsih, D. U. R., Karmini, M., & Hidayah, N. (2021). Perbedaan daya lampu ultraviolet-C terhadap penurunan jumlah bakteri coliform pada air bersih di industri logam. *Jurnal Riset Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung*, 13(2), 422–426.
<https://doi.org/10.34011/juriskesbdg.v13i2.1931>
- National Water Research Institute. (2012). Ultraviolet disinfection guidelines for drinking water and water reuse (G. M. Vartanian, Ed.; 3rd ed.). National Water Research Institute.
https://www.nwri-usa.org/_files/ugd/632dc3_c8ab78b05021452c8a520c3b6dba48ca.pdf
- Pelczar, M. J., & Chan, E. C. S. (2010). *Dasar-dasar mikrobiologi 1*. UI Press.
- Ramadhan, M. N. (2021). *Air bersih: Perkembangan dan teknologi pengolahannya*. IRDH.
- Rompas, T. M., Rotinsulu, W. C., & Polii, B. J. V. (2017). *Analisis kandungan E. coli dan coliform kualitas air baku dan air bersih PAM Manado dalam menunjang Kota Manado yang berwawasan lingkungan* (Laporan penelitian). Universitas Sam Ratulangi.
<https://repo.unsrat.ac.id/2116/>
- 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>
- Sarinaningsih. (2018). *Pengaruh intensitas lama waktu penyinaran dan posisi sumber sinar ultraviolet terhadap reduksi jumlah bakteri E. coli pada air sumur* (Laporan penelitian). Universitas Mataram. <http://eprints.unram.ac.id/11270/1/JURNAL.pdf>
- Silaban, D. P. (2018). Karbon aktif dari arang tempurung kelapa limbah mesin boiler sebagai bahan penyerap logam Cd, Cu dan Pb. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 29(2), 119.
<https://ejournal.kemenperin.go.id/jdpi/article/view/5864>
- Suprpto. (2019). *Buku panduan praktikum fisika dasar*. JDS.
- Syarifudin, A., Rahmawati, D., & Hidayat, T. (2014). Efektivitas “portable UV disinfection” dalam menurunkan angka bakteri (*Escherichia coli* spp.) pada air minum. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 11(2). <https://ejournal.fkm.unsri.ac.id/index.php/jkl/article/view/105>
- Tarigan, A. (2020). *Penggunaan sinar ultraviolet (UV) sebagai desinfektan pada air minum di Kota Semarang: Kajian pustaka hasil-hasil penelitian*.
- Tsalina, T. (2023). Perbedaan daya lampu ultraviolet-C terhadap penurunan bakteri coliform pada air bersih (*Skripsi tidak dipublikasikan*). Poltekkes Kemenkes Bandung.
- Wulansarie, R. (2012). Sinergi teknologi ozon dan sinar UV dalam penyediaan air minum sebagai terobosan dalam pencegahan penyakit infeksi diare di Indonesia (*Skripsi*). Universitas Indonesia.
<http://lib.ui.ac.id/file?file=digital/20310142-S43042-Sinergi%20teknologi.pdf>