

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Gambaran umum lokasi penelitian

Kabupaten Tabanan memiliki luas wilayah sekitar 839,33 km² dan terbagi menjadi 10 kecamatan, 133 desa/kelurahan, serta sejumlah banjar yang tersebar di wilayah perkotaan maupun pedesaan. Secara geografis, Kabupaten Tabanan terletak di bagian tengah hingga selatan Pulau Bali, dengan kondisi wilayah yang bervariasi mulai dari daerah pegunungan, persawahan, hingga wilayah pesisir pantai. Kondisi lingkungan yang beragam ini berpengaruh terhadap kualitas sumber daya air yang digunakan oleh masyarakat, termasuk untuk kebutuhan rumah tangga maupun industri jasa boga serta usaha depot air minum isi ulang.

2. Karakteristik subyek penelitian

Tabel 3.

Karakteristik Subyek Penelitian

No.	Karakteristik	Kategori	Jumlah (n)	Persentase (%)
1.	Jumlah total depo	Depo di Kabupaten Tabanan	27	100 %
2.	Sumber air baku	Mata air	27	100 %
3.	Daya lampu UV	30 – 40 watt	22	81,5 %
		> 40 watt	5	18,5 %
4.	Perawatan lampu UV	Rutin < 12 bulan	20	74,07 %
		Tidak rutin > 12 bulan	7	25,93 %

Berdasarkan data yang diperoleh pada Tabel 3, jumlah depo yang diambil sampel adalah 27 depo di Kabupaten Tabanan. Sumber air baku yang digunakan pada 27 depo adalah mata air (100%), daya lampu UV yang lebih banyak digunakan 30 – 40 watt sebanyak 22 depo (81, 5%). Depo yang rutin melakukan perawatan lampu UV sebanyak 20 (74,07%).

3. Hasil pengamatan terhadap subyek penelitian berdasarkan variabel penelitian

a. Identifikasi kualitas fisik sampel air minum isi ulang

Berdasarkan observasi yang dilakukan oleh peneliti, diperoleh hasil kualitas fisik dari sampel depo air minum isi ulang di wilayah kabupaten Tabanan yaitu seperti pada Tabel 3.

Tabel 4.

Identifikasi Kualitas Fisik Sampel Air Minum Isi Ulang

Variabel	Identifikasi		Total
	Memenuhi syarat	Tidak memenuhi syarat	
Warna	27	0	100%
Bau	27	0	100%
Rasa	27	0	100%
Kekeruhan	27	0	100%
Suhu	27	0	100%
Total (%)			100%

b. Hasil pengukuran total *Coliform* sampel air minum sebelum dan sesudah sterilisasi UV

Pengamatan terhadap subyek penelitian dilakukan dengan mengukur nilai total *Coliform* pada sampel air minum isi ulang dari 27 depo yang berbeda baik sebelum maupun sesudah sterilisasi menggunakan sinar ultraviolet (UV).

Berdasarkan analisis deskriptif diperoleh nilai rata-rata jumlah total *Coliform* sebelum sterilisasi UV adalah 37,40 MPN/100ml dengan simpangan baku 68,39 MPN/100ml. Setelah sterilisasi UV nilai rata-rata total *Coliform* turun menjadi 1,77 MPN/100ml dengan simpangan baku 4,05 MPN/100ml. Hasil terendah untuk total *Coliform* sebelum sterilisasi sebesar 0 MPN/100ml dan hasil tertinggi sebesar 265 MPN/100ml.

Tabel 5.

Statistik Deskriptif Jumlah Total *Coliform*

Variabel	n	Rata - rata	SD	Min.	Mak.
Total <i>Coliform</i> sebelum Sterilisasi	27	37,40	68,39	0	265
Total <i>Coliform</i> sesudah Sterilisasi	27	1,77	4,05	0	12

Berdasarkan Tabel 5 menunjukkan bahwa sterilisasi menggunakan sinar UV efektif dalam menurunkan jumlah total *Coliform*. Selanjutnya disajikan deskripsi jumlah total *Coliform* secara kualitatif sebelum dan sesudah sterilisasi sinar UV pada tabel berikut:

Tabel 6.

Jumlah Total *Coliform* Yang Memenuhi Syarat dan

Tidak Memenuhi Syarat

Air Minum Isi Ulang

Variabel	Memenuhi syarat		Tidak memenuhi syarat		Total	
	n	%	n	%	n	%
Total <i>Coliform</i> sebelum sterilisasi	5	18,5%	22	81,5%	27	100%
Total <i>Coliform</i> sesudah sterilisasi	22	81,5%	5	18,5%	27	100%

Terjadi peningkatan 63% (81,5% – 18,5%) dalam jumlah sampel yang memenuhi syarat setelah sterilisasi UV. Hasil menunjukkan bahwa sinar UV efektif menurunkan jumlah Total *Coliform*, sehingga sebagian besar sampel memenuhi standar baku mutu air minum. Efektivitas ini disebabkan oleh kemampuan sinar UV merusak DNA bakteri sehingga menghambat pertumbuhan dan reproduksinya. Namun, masih adanya beberapa sampel yang tidak memenuhi syarat kemungkinan dipengaruhi oleh faktor teknis, seperti intensitas sinar yang menurun atau waktu paparan yang kurang optimal. Secara keseluruhan, sterilisasi UV terbukti mampu meningkatkan mutu mikrobiologis air isi ulang dan mendukung pemenuhan standar kesehatan air minum. Dengan uji statistik didapatkan hasil mean, Std deviation, minimum dan maximum sebagai berikut :

- c. Hasil pengukuran *Escherichia coli* sampel air minum sebelum dan sesudah sterilisasi UV

Pengamatan terhadap subyek penelitian dilakukan dengan mengukur nilai *Escherichia coli* pada sampel air minum isi ulang dari 27 depo yang berbeda, baik sebelum maupun sesudah sterilisasi menggunakan sinar ultraviolet (UV).

Berdasarkan analisis deskriptif diperoleh nilai rata-rata jumlah *E. coli* sebelum sterilisasi UV adalah 22,59 MPN/100ml dengan simpangan baku 69,98 MPN/100ml. Setelah sterilisasi UV nilai rata-rata *E. coli* turun menjadi 0,5 MPN/100ml dengan simpangan baku 1,31 MPN/100ml. Hasil terendah untuk *E. Coli* sebelum sterilisasi sebesar 0 MPN/100ml dan hasil tertinggi sebesar 265 MPN/100ml.

Tabel 7.

Statistik Deskriptif Jumlah *Escherichia coli*

Variabel	n	Rata - rata	SD	Min.	Mak.
<i>E. coli</i> sebelum Sterilisasi	27	22,59	69,98	0	265
<i>E.coli</i> sesudah Sterilisasi	27	0,5	1,31	0	5

Berdasarkan Tabel 7 menunjukkan bahwa sterilisasi menggunakan sinar UV efektif dalam menurunkan jumlah *E. coli*. Selanjutnya disajikan deskripsi jumlah *E. coli* secara kaulitatif sebelum dan sesudah sterilisasi sinar UV pada tabel 8.

Tabel 8.

Jumlah Total *Escherichia coli* Yang Memenuhi Syarat Dan

Tidak Memenuhi Syarat

Air Minum Isi Ulang

Variabel	Memenuhi syarat		Tidak memenuhi syarat		Total	
	n	%	n	%	n	%
<i>E. coli</i> sebelum sterilisasi	11	40,7%	16	59,3%	27	100%
<i>E.coli</i> sesudah sterilisasi	22	81,5%	5	18,5%	27	100%

Hasil pengujian menunjukkan adanya perbedaan yang cukup signifikan antara kondisi air isi ulang sebelum dan sesudah proses sterilisasi menggunakan sinar ultraviolet (UV). Terdapat peningkatan 40,8% pada jumlah sampel yang memenuhi syarat setelah sterilisasi UV. Setelah melalui proses sterilisasi, sebagian besar sampel mengalami peningkatan kualitas

mikrobiologis sehingga lebih banyak yang memenuhi standar baku mutu air minum.

Perubahan ini mengindikasikan bahwa paparan sinar UV efektif dalam menurunkan jumlah kontaminasi *Escherichia coli* pada air isi ulang. Dengan demikian, penggunaan teknologi sterilisasi UV terbukti berperan penting dalam meningkatkan keamanan konsumsi air isi ulang serta menunjukkan efektivitasnya sebagai metode desinfeksi.

4. Hasil analisis data

Data hasil pemeriksaan parameter Total *Coliform* dan *Escherichia coli* sebelum dan sesudah proses sterilisasi menggunakan sinar *ultraviolet* (UV) dilakukan uji normalitas. Pengujian normalitas dilakukan dengan menggunakan metode *Kolmogorov-Smirnov* dan *Shapiro-Wilk* pada taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$). Berdasarkan hasil analisis, seluruh variabel penelitian menunjukkan nilai signifikansi (nilai p) sebesar 0,000 pada kedua uji tersebut. Nilai p lebih kecil dari 0,05 ($p < 0,05$), sehingga dapat dinyatakan bahwa distribusi data pada setiap variabel tidak memenuhi asumsi normalitas. Berdasarkan nilai p tersebut, analisis statistik lanjutan untuk menguji perbedaan antara nilai sebelum dan sesudah sterilisasi UV menggunakan uji non-parametrik, yaitu *Wilcoxon Signed Rank Test*.

Berdasarkan hasil analisis uji *Wilcoxon Signed Rank Test*, diperoleh nilai signifikansi untuk parameter Total *Coliform* sebesar 0,000 dengan syarat nilai $p < 0,05$. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara jumlah Total *Coliform* sebelum dan sesudah perlakuan sterilisasi menggunakan sinar UV. Pada parameter *Escherichia coli* diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,000 dimana syarat nilai $p < 0,05$. Hasil tersebut menunjukkan bahwa terdapat

perbedaan yang signifikan antara jumlah *Escherichia coli* sebelum dan sesudah perlakuan sterilisasi menggunakan sinar UV.

B. Pembahasan

1. Total *Coliform* pada Depo Air Minum Isi Ulang

Berdasarkan hasil pemeriksaan laboratorium terhadap 27 sampel air minum isi ulang, diperoleh gambaran adanya penurunan jumlah sampel yang tidak memenuhi syarat setelah dilakukan proses sterilisasi menggunakan sinar ultraviolet (UV). Pada pemeriksaan sebelum sterilisasi UV, hanya 5 sampel (18,5%) yang memenuhi persyaratan kualitas mikrobiologi, sedangkan 22 sampel (81,5%) tidak memenuhi syarat karena masih terdeteksi adanya Total *Coliform*. Namun, setelah dilakukan sterilisasi UV, jumlah sampel yang memenuhi syarat meningkat signifikan menjadi 22 sampel (81,5%), sementara sampel yang tidak memenuhi syarat menurun menjadi 5 sampel (18,5%).

Data penelitian menunjukkan secara biologis, efektivitas UV dengan panjang gelombang 254 nm dijelaskan melalui mekanisme kerusakan DNA, yaitu terbentuknya dimer timin yang menghambat replikasi DNA bakteri sehingga mikroorganisme tidak dapat berkembang biak. Mekanisme ini sejalan dengan penelitian sebelumnya (Priyadi & Navianti, 2023) yang menyatakan bahwa UV sangat efektif untuk menonaktifkan *Coliform total* dan *Escherichia coli*.

Namun, masih ada terdapat 18,5 % sampel yang masih mengandung *Coliform Total* setelah sterilisasi UV. Ketidakefektifan ini tidak berasal dari UV itu sendiri, melainkan kondisi operasional di lapangan. Dari hasil observasi, depo yang tetap menunjukkan hasil positif *Coliform Total* umumnya memiliki umur lampu yang sudah melewati masa pakai, tabung kuasa kotor,

kejernihan air, atau aliran air terlalu cepat sehingga waktu kontak dengan UV tidak mencukupi.

2. *Escherichia coli* pada Depo Air Minum Isi Ulang

Hasil pemeriksaan sampel air minum isi ulang dari 27 depo di Kabupaten Tabanan menunjukkan adanya perbedaan jumlah sampel yang memenuhi syarat kualitas air minum berdasarkan parameter *Escherichia coli* sebelum dan sesudah proses sterilisasi menggunakan sinar ultraviolet (UV). Sebelum dilakukan sterilisasi UV, sebanyak 11 sampel (40,7%) air isi ulang memenuhi persyaratan karena tidak terdeteksi adanya *Escherichia coli*, sedangkan 16 sampel (59,3%) tidak memenuhi syarat karena masih ditemukan adanya bakteri *Escherichia coli*.

Setelah dilakukan sterilisasi UV, jumlah sampel yang memenuhi syarat meningkat signifikan menjadi 22 sampel (81,5%), sementara yang tidak memenuhi syarat menurun menjadi hanya 5 sampel (18,5%). Hasil ini memperlihatkan bahwa proses sterilisasi UV mampu menurunkan jumlah cemaran *Escherichia coli* secara nyata pada air isi ulang yang diperiksa. Data penelitian juga menunjukkan bahwa beberapa depo memiliki tingkat cemaran *Escherichia coli* yang sangat tinggi sebelum sterilisasi, namun setelah proses UV kandungan bakteri tersebut berhasil dieliminasi hingga mencapai nilai nol. Hal ini menunjukkan bahwa efektivitas sinar UV cukup baik dalam menginaktivasi bakteri indikator pencemar seperti *Escherichia coli*.

Namun masih ada 18,5 % sampel yang mengandung *Escherichia coli*, setelah sterilisasi sinar UV. Ketidakefektifan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kejernihan air rendah, umur lampu yang sudah kedaluwarsa atau

sudah lebih dari satu tahun, tabung kuarsa yang buram, dan sanitasi ruangan yang buruk.

3. Efektivitas Sterilisasi Sinar Ultraviolet (UV) terhadap Jumlah Total

Coliform dan *Escherichia coli* pada Air Minum Isi Ulang

Sterilisasi menggunakan sinar ultraviolet (UV) merupakan salah satu metode yang banyak digunakan dalam proses produksi air minum isi ulang untuk menjamin keamanan mikrobiologis. Prinsip kerja sinar UV adalah merusak ikatan DNA mikroorganisme, termasuk bakteri indikator seperti Total *Coliform* dan *Escherichia coli*, sehingga bakteri kehilangan kemampuan untuk berkembang biak dan menyebabkan penyakit (Priyadi dan Navianti, 2023).

Sterilisasi dengan sinar ultraviolet (UV) terbukti efektif dalam menurunkan jumlah Total *Coliform* maupun *Escherichia coli* pada air minum isi ulang. Penelitian ini sejalan dengan hasil studi yang menunjukkan bahwa paparan sinar UV mampu menginaktivasi mikroorganisme indikator, sehingga jumlah Total *Coliform* dan *Escherichia coli* dapat berkurang hingga memenuhi baku mutu kualitas air minum (Wulandari dkk., 2019).

Kondisi fisik air juga menentukan keberhasilan desinfeksi UV. Kekeruhan atau adanya partikel tersuspensi dapat menghalangi penetrasi sinar UV sehingga efektivitas penyinaran menurun (Rahmawati, 2021). Faktor teknis lain yang berperan adalah intensitas cahaya dan kondisi lampu UV. Intensitas yang menurun akibat umur lampu atau lapisan kotoran pada tabung pelindung dapat mengurangi kemampuan inaktivasi bakteri. Oleh karena itu, pemeliharaan dan penggantian lampu UV secara berkala sangat penting untuk menjaga konsistensi hasil desinfeksi (Santoso dkk., 2018).

Penggunaan sinar UV adalah metode sterilisasi dengan kelebihan yaitu prosesnya lebih cepat, praktis, dan ekonomis dibandingkan metode desinfeksi lain, sehingga relevan diterapkan pada depot air minum isi ulang berskala kecil maupun besar (Putra dkk., 2020).

Berdasarkan hasil penelitian pada 27 depo air minum isi ulang di Kabupaten Tabanan, diperoleh gambaran bahwa proses sterilisasi UV memberikan dampak signifikan terhadap penurunan jumlah bakteri Total *Coliform* maupun *Escherichia coli*. Hasil dari penelitian yang diperoleh tersebut memperkuat bukti bahwa sterilisasi UV merupakan teknologi yang efektif dalam menurunkan cemaran indikator bakteriologis air dilihat dari adanya perbedaan signifikan jumlah Total *Coliform* dan *Escherichia coli* sebelum dan sesudah disterilisasi dengan menggunakan sinar UV.

Efektifitas yang tidak mencapai 100 %, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti umur lampu yang sudah lama atau lebih dari satu tahun, dimana umur lampu yang efektif sesuai anjuran pabrik adalah 6 – 12 bulan, tabung kuarsa yang kotor atau buram, kejernihan air yang rendah atau air yang terlalu keruh, dan sanitasi ruangan yang buruk. Hal ini membuktikan bahwa efektivitas UV tidak hanya dipengaruhi teknologi itu sendiri, tetapi sangat tergantung pada pemeliharaan dan standar operasional yang diterapkan pengelola dari DAMIU tersebut.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan diantaranya :

1. Penelitian hanya menggunakan metode MPN, sehingga tidak dapat menggambarkan jumlah bakteri secara presisi seperti metode filtrasi membran.

2. Variabel operasional depo tidak dapat dikontrol sepenuhnya, seperti umur lampu, kualitas tabung kuarsa, kecepatan aliran air, tidak mencari waktu kontak air dengan UV, dan tidak mencari panjang gelombang UV.
3. Tidak dilakukan pengukuran turbiditas air, padahal kejernihan air mempengaruhi kemampuan sinar UV mencapai bakteri secara optimal.
4. Pengambilan sampel hanya dilakukan satunkali, sehingga tidak menunjukkan variasi kualitas air depo dari waktu ke waktu.