

**ANALISIS EFEKTIVITAS AIR STERILIZER BERBASIS STERILISASI UV  
FOTOKATALIS TiO<sub>2</sub> DALAM MENGURANGI CEMARAN MIKROORGANISME  
DALAM RUANG PRODUKSI Bumbu PASTA CABAI**

*ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF AIR STERILIZER BASED ON UV TiO<sub>2</sub> IN REDUCE AIR  
MICROORGANISM CONTAMINATION IN CHILI PASTE SPICE PRODUCTION ROOM*

**Kevin Aprilianto<sup>1)</sup>, Rahmiyati Kasim<sup>2)\*</sup>, Lisna Ahmad<sup>3)</sup>.**

<sup>1,2,3)</sup>Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Negeri Gorontalo

\*Penulis korespondensi E-mail: rahmiyatikasim@ung.ac.id

**ABSTRACT**

Chili paste is a processed product made from fresh chili which is practical to use and easy to distribute. However, chili paste is easily damaged due to air contamination during the production process. The purpose of this study was to determine the effect of the duration of the TiO<sub>2</sub>-based UV photocatalyst *air sterilizer* on the number of microorganisms in the air of the production room. The research design used in this research was a one-factor Completely Randomized Design (CRD), namely the duration of the *air sterilizer* (A0 = 0 minutes, A1 = 30 minutes, A2 = 60 minutes, A3 = 90 minutes). The results showed that there was a significant effect of the duration of the UV TiO<sub>2</sub> photocatalyst *air sterilizer* on the effectiveness of the UV TiO<sub>2</sub> photocatalyst *air sterilizer*, the number of bacteria, mold, *Salmonella sp.* and *Enterobacteriaceae* in the air of the production room. The results of the analysis of the number of microorganisms in the air of the production room showed that turning on the UV TiO<sub>2</sub> photocatalyst based *air sterilizer* for 90 minutes was the most effective in reducing the contamination of microorganisms in the air of the shrimp paste production room. Decreased the number of bacteria (85.62%), mold (95.24%), *Salmonella sp* (100%) and *Enterobacteriaceae* (92.22%) in wet production room air. The results also show that the air in the wet production room at CV. Samara Micron Saleronell is negative or does not contain *Staphylococcus aureus* bacteria.

**Keywords:** Chili Paste, *Air Sterilizer*, TiO<sub>2</sub>, Production Room, Microorganisms

**ABSTRAK**

Pasta cabai adalah produk olahan dari cabai segar yang praktis digunakan dan mudah didistribusikan. Namun pasta cabai mudah mengalami kerusakan akibat kontaminasi udara saat proses produksi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh lama penyalaan *air sterilizer* berbasis UV fotokatalis TiO<sub>2</sub> terhadap jumlah mikroorganisme (Bakteri, Kapang, *Salmonella sp.*, *Staphylococcus aureus*, dan *Enterobacteriaceae*) di udara ruang produksi. Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor yaitu lama waktu penyalaan *air sterilizer* (A0 = 0 menit, A1 = 30 menit, A2 = 60 menit, A3 = 90 menit). Hasil penelitian menunjukkan terdapat pengaruh nyata lama penyalaan *air sterilizer* UV fotokatalis TiO<sub>2</sub> terhadap efektivitas *air sterilizer* UV fotokatalis TiO<sub>2</sub>, jumlah bakteri, kapang, *Salmonella sp.* dan *Enterobacteriaceae* dalam udara ruang produksi. Hasil analisis jumlah mikroorganisme di udara ruang produksi menunjukkan penyalaan 90 menit *air sterilizer* berbasis UV fotokatalis TiO<sub>2</sub> paling efektif dalam mengurangi cemaran mikroorganisme di udara ruang produksi pasta cabai. Penurunan jumlah bakteri

(85,62%), Kapang (95,24%), *Salmonella sp* (100%) dan *Enterobacterieae* (92,22%) di udara ruang produksi basah. Hasil penelitian juga menunjukkan udara ruang produksi basah di CV. Samara Micron Saleronell negatif atau tidak mengandung bakteri *Stephylococcus aureus*.

**Kata Kunci:** Pasta Cabai, *Air Sterilizer*, TiO<sub>2</sub>, Ruang Produksi, Mikroorganisme

## PENDAHULUAN

Cabai (*Capsicum annum L.*) adalah salah satu komoditas hortikultura di Indonesia. Kebutuhan atas komoditas cabai terus meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk dan perkembangan industri (Renate, 2009). Namun, cabai merupakan bahan pangan yang mudah mengalami kerusakan saat proses distribusi. Untuk mengatasi hal Cabai diolah menjadi pasta cabai.

Penggunaan pasta cabai lebih menguntungkan dibandingkan dengan cabai segar karena berbentuk konsentrat dengan total padatan terlarut yang tinggi sehingga mudah untuk didistribusikan (Sukasih *et al.*, 2007; Lestari *et al.*, 2021). Salah satu faktor yang sangat berpengaruh pada kerusakan pasta cabai adalah kontaminasi mikroorganisme (Lestari, 2021).

Ruang produksi adalah tempat berlangsungnya penggilingan cabai menjadi pasta cabai. Ditahap penggilingan akan terjadi kontak langsung bahan dengan udara sehingga besar potensi terjadi kontaminasi silang ke pasta cabai. Udara dapat menjadi penyebab kontaminasi silang karena

mengandung uap air dan debu yang dapat mengandung mikroorganisme (Irianto, 2007; Siswanto dan Suryo, 2015). Costa (2003) juga melaporkan kandungan mikroorganisme pada udara area produksi yang meliputi Kapang dan Khamir (90-610 CFU/m<sup>3</sup>), Bakteri *Aerobik Mesofilik* (100-920 CFU/m<sup>3</sup>) dan bakteri *Coliform* (0,33-1,66 CFU/m<sup>3</sup>).

Salah satu cara untuk meminimalkan kontaminasi melalui udara adalah dengan melakukan pengelolaan sirkulasi udara seperti penggunaan *air sterilizer* atau teknologi sterilisasi udara yang dipasang pada pendingin udara atau *air conditioning* (AC) (Yu *et al.*, 2009; Samaila, 2013). Prinsip sterilisasi udara yang umum digunakan adalah penggunaan efek UV fotokatalis (Widmer dan Frei, 2011).

Produk *air sterilizer* yang digunakan pada penelitian ini menerapkan prinsip sterilisasi dengan penyinaran UV-C dan efek fotokatalis dari filter TiO<sub>2</sub>. penyinaran UV pada filter TiO<sub>2</sub> akan menghasilkan radikal hidroksil dan gas superoksida yang dapat merusak dinding sel mikroorganisme (Bono *et al.*, 2021).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dan efektivitas *air sterilizer* UV fotokatalis TiO<sub>2</sub> dalam mengurangi jumlah mikroorganisme di udara ruang produksi basah.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

Sampel udara yang dianalisis diambil dari pengilingan basah di ruang produksi basah CV. Samara Micron Saleronell. Sedangkan, bahan yang akan digunakan untuk analisis adalah *aquadest*, Media PCA (*Plate Count Agar*) merek Marck, Media MCA (*MacConkey Agar*) merek OXOID, Media SSA (*Salmonella Shigela Agar*) merek Himedia, Media MSA (*Manitol salt agar*) merek Marck, dan Media PDA (*Potato Dextrose Agar*) merek Marck.

### Prosedur Preparasi Sampel

Preparasi sampel diawali dengan sterilisasi ruangan produksi basah menggunakan *Air Conditioner* (AC) merek Gree type GWC-24MOO3 yang sudah dipasang *air sterilizer* UV fotokatalis TiO<sub>2</sub> merek UV Kurin sebelum proses produksi. Lama penyalaan *air sterilizer* UV fotokatalis TiO<sub>2</sub> meliputi 0 menit (A0), 30 menit (A1), 60 menit (A2), dan 90 menit (A3). Sampel udara ruang produksi basah diambil setelah proses sterilisasi.

### Analisis jumlah mikroorganisme udara (Imaniar *et al*, 2015; Ifunanya *et al*, 2017)

Pengujian jumlah mikroorganisme di udara ruang produksi menggunakan media sesuai jenis mikroorganisme yang dianalisis. Sampel udara diambil di ruangan produksi basah di CV. Samara Micron Saleronell. Cara pengambilan sampel dilakukan dengan membuka cawan petri 90 mm merek Onemed yang sudah terisi media PCA, PDA, MSA, SSA dan MCA selama 15 menit. Kemudian dilakukan inkubasi dalam inkubator merek Faithful dengan suhu 30°C selama 48 jam.

Koloni bakteri dan kapang yang terbentuk kemudian dihitung menggunakan *colony counter* model XK97-A dan dikonversi ke satuan  $\frac{\sum fx}{\sum F}$  dengan persamaan sebagai berikut :

$$\dots\dots\dots(1)$$

$$\text{Mikroba Udara (CFU/m}^3\text{)} = \frac{X}{t} \times FK \dots\dots(2)$$

Keterangan:

X : Hasil rata-rata pada koloni

$\sum fx$  : Jumlah koloni dalam cawan petri

$\Sigma F$  : Banyak cawan petri

$FK$  : Faktor konversi (35,32)

$t$  : Lama pembukaan cawan (menit)

### Efektivitas *air sterilizer* (Siswanto dan Suryo, 2015)

Menghitung efektivitas *air sterilizer* berbasis UV fotokatalis  $TiO_2$  dalam menurunkan jumlah mikroorganisme udara diruang produksi menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Efektivitas (\%) = \frac{N_0 - N_1}{N_0} \times 100\% \dots\dots(3)$$

Keterangan:

$N_0$  : Jumlah kontaminasi awal

$N_1$  : Jumlah kontaminasi setelah  
*treatment*

### Analisis Data

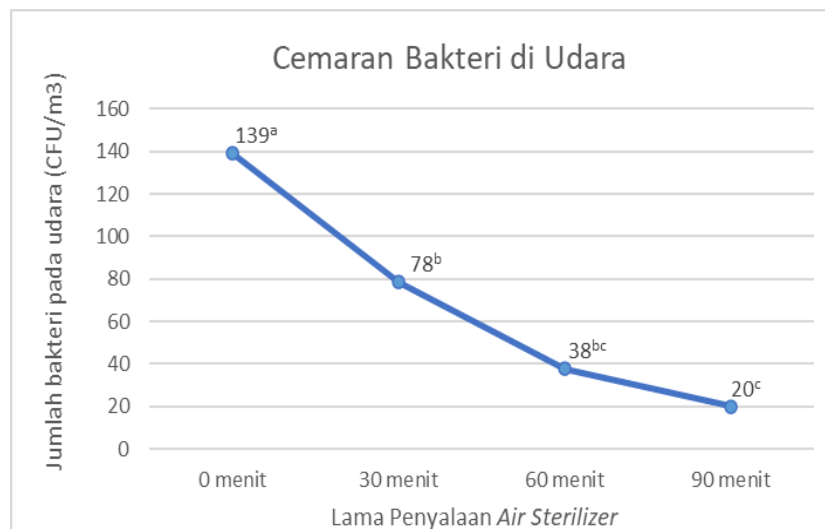
Data hasil pengamatan dianalisis statistika menggunakan *Software IBM SPSS Statistics* versi 26. Analisis data

meliputi uji *Analysis of Variant* (ANOVA) dengan taraf signifikansi 95%. ( $\alpha=0,05$ ) Kemudian, analisis uji lanjut dilakukan menggunakan uji *Duncan's Mutliple Range Test* (DMRT) untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Jumlah Bakteri

Hasil analisis jumlah bakteri di udara ruang produksi basah menunjukkan jumlah bakteri berkisar berkisar 20 - 139 CFU/m<sup>3</sup>. Grafik (Gambar 1) menunjukkan penurunan jumlah bakteri seiring dengan semakin lama penyalaan *air sterilizer* UV fotokatalis  $TiO_2$ . Kualitas udara dalam penelitian ini semua lama penyalaan *air sterilizer* UV fotokatalis  $TiO_2$  memenuhi standar Kepmenkes No.1405 Tahun 2002 (<700 CFU/ m<sup>3</sup>).



Gambar 1. Grafik jumlah bakteri di udara ruang produksi basah

Hasil penelitian menunjukkan lama penyalan *Air sterilizer* berbasis UV fotokatalis  $\text{TiO}_2$  berpengaruh signifikan ( $P < 0,05$ ) terhadap jumlah bakteri yang ada di udara ruannng produksi basah. Jumlah bakteri pada penyalan *air sterilizer* selama 0 menit berbeda signifikan dengan 30, 60 dan 90 menit. Sedangkan, jumlah bakteri penyalan *air sterilizer* selama 60 menit berbeda signifikan dengan penyalan 0 menit, namun tidak berbeda signifikan dengan 60 dan 90 menit. Udara dengan jumlah bakteri terkecil ada pada udara ruang produksi basah dengan lama penyalan *air sterilizer* UV fotokatalis  $\text{TiO}_2$  selama 90 menit dengan jumlah bakteri 20 CFU/m<sup>3</sup>.

Penurunan jumlah bakteri di udara ruang produksi basah seiring dengan lama penyalan *air sterilizer* disebabkan oleh semakin lama penyalan maka akan semakin banyak senyawa *Reactive Oxygen Species* (ROS) yang bersifat antimikroba dalam ruangan. Menurut Regmi (2018), senyawa ROS dapat menginaktivasi enzim dan protein sel membran bakteri sehingga mengganggu keseimbangan trasport nutrisi dan respirasi yang menyebabkan bakteri mati. Hal ini diperkuat oleh Bono (2021) yang menjelaskan reaksi UV fotokatalis

$\text{TiO}_2$  menghasilkan senyawa superoksida ( $\text{O}_2^-$ ) yang dapat merusak membran sel bakteri.

#### a. Jumlah Kapang

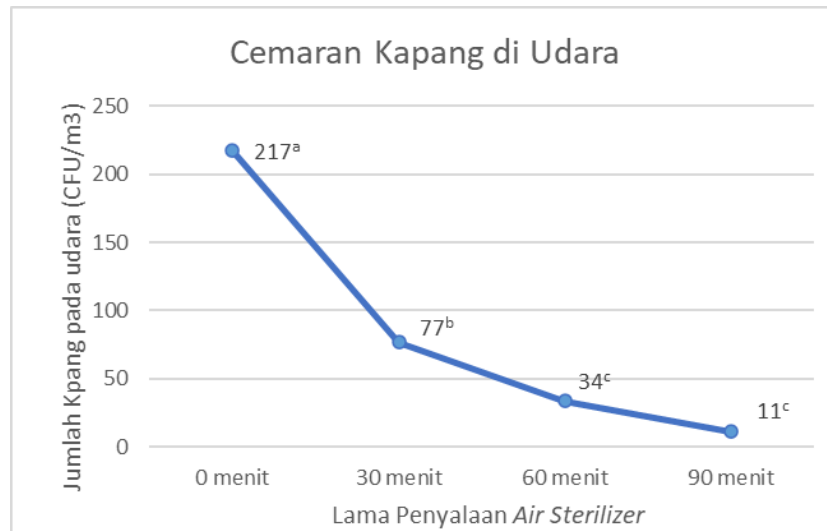
Dilihat dari grafik jumlah kapang di udara ruang produksi (Gambar 2) menunjukkan terjadi penurunan jumlah bakteri yang signifikan seiring dengan lama penyalan *air sterilizer* UV fotokatalis  $\text{TiO}_2$ . Namun, penurunan kapang yang tidak signifikan setelah penyalan 60 menit ke 90 menit. mengacu Per Kepmenkes No. 1405 Tahun 2002, setiap lama penyalan *air sterilizer* memenuhi standar karena masih jumlah cemaran kapang masih dibawah 700 CFU/m<sup>3</sup>.

Lama penyalan *Air sterilizer* berbasis UV fotokatalis  $\text{TiO}_2$  berpengaruh signifikan ( $P < 0,05$ ) terhadap jumlah kapang di udara ruang produksi basah. Jumlah kapang penyalan *air sterilizer* selama 0 menit berbeda nyata dengan penyalan 30, 60 dan 90 menit. Sedangkan, Jumlah kapang pada lama penyalan 60 menit *air sterilizer* berbeda nyata dengan jumlah kapang pada penyalan 0 dan 30 menit, namun tidak berbeda nyata dengan 90 menit.

Hasil analisis jumlah kapang menunjukkan penyalan *air sterilizer* UV fotokatalis  $\text{TiO}_2$  selama 90 menit memiliki

jumlah kapang dalam udara terkecil yaitu 11 CFU/m<sup>3</sup>. Penurunan jumlah kapang di udara disebabkan oleh efek reaksi UV fotokatalis yang memecah molekul air di udara. Hal ini didukung oleh pernyataan Bono (2021), permukaan TiO<sub>2</sub> yang disinari sinar UV akan menghasilkan superoksida (O<sub>2</sub><sup>-</sup>) yang dapat bereaksi dengan uap air (H<sub>2</sub>O) yang menghasilkan hidrogen (H<sup>+</sup>) dan radikal hidroksida (•OH) sementara.

Selain penurunan kelambaban penggunaan *air sterilizer* UV fotokatalis TiO<sub>2</sub> juga menyebabkan penurunan jumlah debu di udara ruang produksi basah sehingga menurunkan jumlah cemaran kapang di udara. Menurut Nastasi (2020), Keberadaan debu dan kelembaban relatif tinggi (>85%) merupakan variabel penting yang menyebabkan peningkatan pertumbuhan jamur.



Gambar 2. Grafik jumlah kapang di udara ruang produksi basah

**b. Jumlah *Salmonella sp.***

Hasil analisis jumlah *salmonella sp.* di udara ruang produksi dengan beberapa lama penyalaan *air sterilizer* (Tabel 1) diperoleh hasil (+) mengandung *Salmonella sp* pada sampel udara ruang produksi basah tanpa penyalaan *air sterilizer* (0 menit). Sedangkan, udara ruang produksi dengan penyalaan *air sterilizer* selama 30 sampai 90 menit tidak mengandung *Salmonella sp.*

Tabel 1. Jumlah *Salmonella sp* di udara ruang produksi basah

Lama penyalaan	<i>Salmonella sp.</i>	CFU/m <sup>3</sup>
0 menit	+	8
30 menit	-	0
60 menit	-	0
90 menit	-	0

Penurunan jumlah bakteri *Salmonella sp.* yang signifikan pada penyalaan *Air sterilizer* diduga disebabkan *Salmonella sp.*

merupakan jenis bakteri gram negatif yang memiliki lapisan peptidoglikan yang tipis sehingga rentan terhadap senyawa ROS seperti superoksida ( $O_2^-$ ). Hal ini didukung oleh Susanti (2012) yang menjelaskan salah satu cara untuk membunuh bakteri *Salmonella typhimurium* adalah dengan *Respiratory burst* yang menggunakan senyawa ROS. Hal ini di perkuat oleh pernyataan Hadi (2019), Bakteri gram negatif hanya mengandung sedikit lapisan peptidoglikan sehingga sensitif terhadap antibakteri.

**c. Jumlah *Staphylococcus aureus***

Berdasarkan hasil uji kandungan *Staphylococcus aureus* didapatkan semua udara ruang produksi basah tidak mengandung (-) bakteri *Staphylococcus aureus* (Tabel 2). Hal ini menunjukkan tidak ada pengaruh lama penyalaan *Air sterilizer* terhadap jumlah bakteri *Staphylococcus aureus* di udara ruang produksi dan pasta cabai

Tabel 2. Jumlah *Staphylococcus aureus* di udara ruang produksi basah

Lama penyalaan	<i>S. aureus</i>
0 menit	-
30 menit	-
60 menit	-
90 menit	-

Udara ruang produksi yang steril dari cemaran bakteri *Staphylococcus aureus*

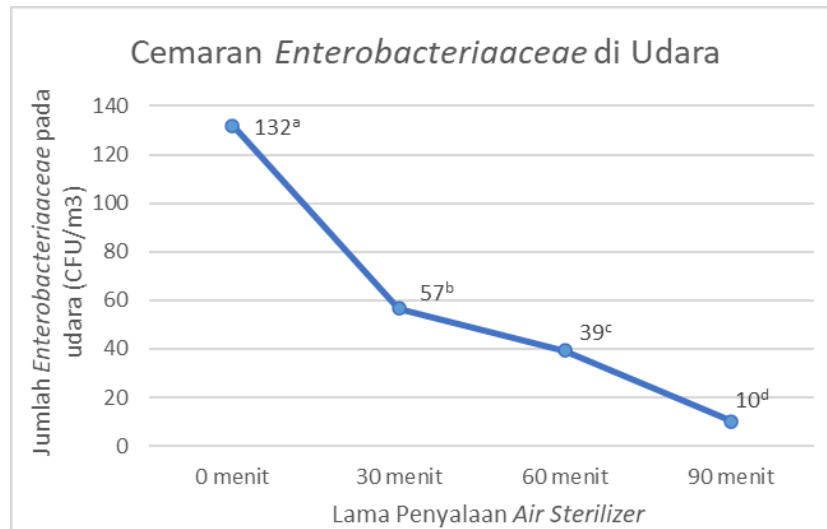
disebabkan karena CV Samara Micron Saleronell sudah menerapkan sistem GMP (*Good manufacturing Practies*) yang mewajibkan para pekerja APD lengkap saat masuk ke ruang produksi basah, sehingga kontaminasi silang bakteri *Staphylococcus aureus* dari pekerja ke udara dapat diminimalisir. *Staphylococcus aureus* memiliki habitat alami di permukaan kulit dan membran mukosa manusia (Widowati, 2014). menurut Rahmadi (2009), Didalam industri pangan bakteri *Staphylococcus aureus* dijadikan sebagai indikator sanitasi pekerja.

**d. Jumlah *Enterobacteriaaceae***

Grafik hasil analisis jumlah *Enterobacteriaaceae* di udara ruang produksi dengan lama penyalaan *air sterilizer* yang berbeda (Gambar 3), menunjukkan terjadi penurunan jumlah *Enterobacteriaaceae* seiring dengan semakin lama penyalaan *air sterilizer*. Lama penyalaan *Air sterilizer* berpengaruh signifikan ( $P < 0,05$ ) terhadap jumlah *Enterobacteriaaceae* di udara ruang produksi basah. Sedangkan, uji DMRT yang menunjukkan jumlah bakteri *Enterobacteriaaceae* pada setiap perlakuan lama penyalaan *air sterilizer* UV fotokatalis  $TiO_2$  saling berbeda signifikan.

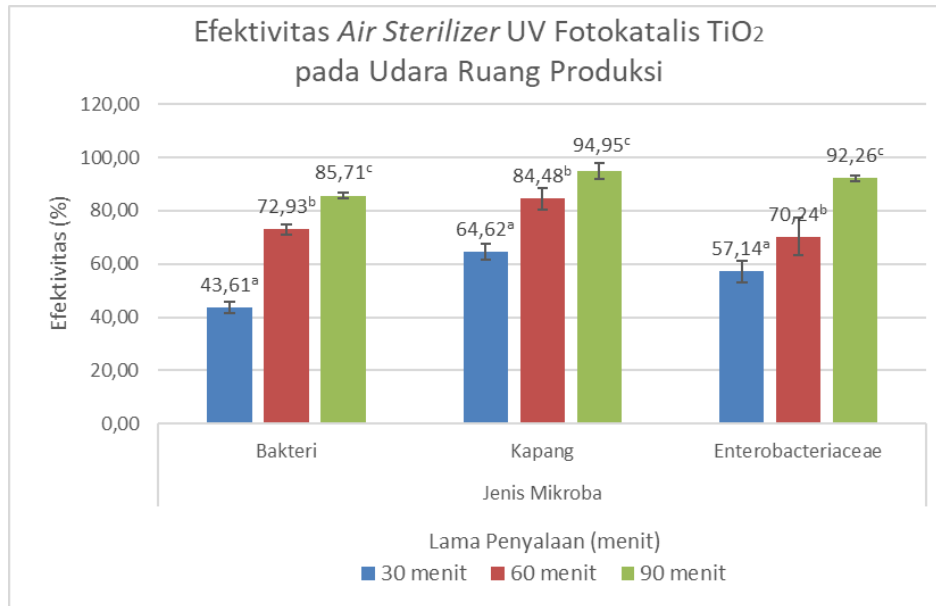
Udara dengan jumlah kapang terkecil ada pada udara ruang produksi basah dengan lama penyalaan *air sterilizer* UV fotokatalis TiO<sub>2</sub> selama 90 menit yaitu 10 CFU/m<sup>3</sup>. Penurunan jumlah bakteri *Enterobacteriaceae* disebabkan oleh Senyawa superoksida (O<sub>2</sub><sup>-</sup>) termasuk senyawa ROS yang dihasilkan dari reaksi UV fotokatalis memiliki sifat antimikroba terutama terhadap bakteri gram negatif

seperti *Enterobacteriaceae*. Hal ini didukung oleh Olivera (2022) yang menjelaskan, bakteri *Enterobacteriaceae* merupakan famili bakteri gram negatif. Diperkuat oleh pernyataan Hadi (2019), bakteri gram negatif memiliki lapisan peptidoglikan yang tipis sehingga rentan mengalami gangguan fisik seperti pemberian senyawa antibakteri.



Gambar 3 Grafik jumlah *Enterobacteriaceae* di udara ruang produksi basah





Gambar 4. Grafik efektivitas *air sterilizer* UV fotokatalis TiO<sub>2</sub> di udara ruang produksi basah

#### **Efektivitas Air Sterilizer UV Fotokatalis TiO<sub>2</sub> dalam Menurunkan Jumlah Mikroorganisme Udara**

Hasil pengujian efektivitas *air sterilizer* UV fotokatalis TiO<sub>2</sub> (Gambar 4.) menunjukkan lama penyalan *Air sterilizer* berpengaruh signifikan ( $P < 0,05$ ) terhadap efektivitas *air sterilizer* dalam mengurangi jumlah bakteri, kapang, *Enterobacteriaceae* pada udara ruang produksi basah. Efektivitas *air sterilizer* UV fotokatalis TiO<sub>2</sub> mengalami kenaikan signifikan dalam menurunkan jumlah mikroorganisme (bakteri, kapang, *Enterobacteriaceae*) di udara ruang produksi basah seiring dengan semakin lama penyalan *air sterilizer* UV fotokatalis TiO<sub>2</sub>.

Analisis efektivitas *air sterilizer* UV fotokatalis TiO<sub>2</sub> menunjukkan penyalan *air*

*sterilizer* UV fotokatalis TiO<sub>2</sub> paling efektif adalah selama 90 menit dengan nilai efektivitas 85,71% dalam menurunkan bakteri, 94,95% dalam menurunkan kapang dan 92,26% dalam menurunkan bakteri *Enterobacteriaceae* dalam udara ruang produksi basah

Persentase penurunan Kapang yang tinggi disebabkan oleh penggunaan *air sterilizer* yang dipasang pada AC sehingga menyaring debu dan spora kapang. Menurut Bianda (2022), penggunaan AC dapat mengurangi jumlah debu pada ruangan. Keberadaan debu dalam ruangan sangat berpengaruh terhadap peningkatan pertumbuhan dan penyebaran jamur (Nastasi, 2020)

Efektivitas pada *Enterobacteriaceae* yang lebih tinggi dibandingkan bakteri diudara disebabkan senyawa superoksida ( $O_2^-$ ) yang dihasilkan dari *air sterilizer* UV fotokatalis  $TiO_2$  lebih bersifat toksik pada *Enterobacteriaceae* dibandingkan dengan jenis bakteri lainnya. Menurut Hadi (2019), Kelompok bakteri gram negatif rentang mengalami gangguan fisik yang disebabkan dinding lapisan peptidoglikan yang tipis.

#### SIMPULAN

1. Lama penyalaan *air sterilizer* berbasis UV fotokatalis  $TiO_2$  berpengaruh nyata terhadap jumlah bakteri, kapang, *Salmonella sp.* dan *Enterobacteriaceae* di udara ruang produksi basah
2. Semakin lama penyalaan *air sterilizer* UV fotokatalis  $TiO_2$  maka akan semakin tinggi efektivitas *air sterilizer* dalam menurunkan jumlah mikroorganisme di udara ruang produksi basah.
3. Tidak terdapat kandungan *Staphylococcus aureus* dalam udara di ruang produksi basah, karena penerapan *Good Manufacturing Practices* (GMP) dan *personal hygiene* yang baik.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada PT. Agritama

Sinergi Inovasi, CV. Samara Micron Saleronell, dan UV Kurin Indonesia selaku pihak yang mendanai dan memfasilitasi pelaksanaan penelitian. Selain itu, penulis juga berterima kasih kepada komisi pembimbing dan penguji dari Jurusan Ilmu dan Teknologi Pangan Universitas Negeri Gorontalo atas bantuan dan bimbingannya dalam penyelesaian naskah ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bono, N. (2021). 'Effect of UV irradiation and  $TiO_2$ -photocatalysis on airborne bacteria and viruses: An overview', *Materials*. MDPI AG, pp. 1–20. Available at: <https://doi.org/10.3390/ma14051075>.
- Costa, V. 2003. 'Microbiological Air Quality Of Processing Areas In A Dairy Plant As Evaluated By The Sedimentation Technique And A One-Stage Air Sampler', *Brazilian Journal of Microbiology*, 34, pp. 255–259.
- Hadi, D.K. 2019. 'Daya Hambat Ekstrak Etanol Daun Mengkudu (*Morinda Citrifolia L.*) Terhadap Pertumbuhan *Salmonella Sp.* Dan *Escherichia Coli*', *JIMVET*, 3(2).
- Imaniar, E., Apriliana, E. and Rukmono, P. 2015. 'Kualitas Mikrobiologi Udara di Inkubator Unit Perinatologi Rumah Sakit Umum Daerah Dr. Abdul Moeloek Bandar Lampung', *MAJORITY (Medical Journal of Lampung University)*, pp. 51–60.

- Lestari, L.A., Harmayani, E. and Utami, T. 2019 *Dasar-dasar Mikrobiologi Makanan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Lestari, S. 2021. 'Pendugaan Umur Simpan Pasta Cabai dengan Penambahan Natrium Benzoat Menggunakan Metode Akselerasi Arrhenius', *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 9(3), pp. 111–118.
- Nastasi, N. 2020. 'Morphology and quantification of fungal growth in residential dust and carpets', *Building and Environment*, 174. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106774>.
- Oliveira, J. and Reygaert, W.C. 2022 *Gram Negative Bacteria*.
- Rahmadi, A. 2009. *Aplikasi Bakteri Asam Laktat untuk Meningkatkan Keamanan Mikrobiologist Terhadap Staphylococcus aureus pada Proses Olah Minimal Buah Apel Malang (Malussylvestris mill)*. Universitas Mulawarman.
- Regmi, C. 2018. 'Understanding Mechanism of Photocatalytic Microbial Decontamination of Environmental Wastewater', *Frontiers in Chemistry*. Frontiers Media S.A. Available at: <https://doi.org/10.3389/fchem.2018.00033>.
- Renate, D. 2009. 'Pengemasan Puree Cabe Merah Pengemasan Puree Cabe Merah dengan Berbagai Jenis Plastik yang Dikemas Vakum (Packaging of Red Chilli Puree with Various Types of Plastic vacum Packaged)', *Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian*, 14(1).
- Samaila, A. 2013. *Identifikasi Bakteri Di Udara Ruang Perawatan Intensif Rumah Sakit Wahidin Sudirohusodo dengan Universal Primer dan Sekuensing*. Universitas Hasanuddin .
- Siswanto, F. and Suryo, S.H. 2015. *Rancang Bangun Alat Germicidal Udara Menggunakan Sinar Ultraviolet*, *Jurnal Teknik Mesin S-1*.
- Sukasih, E., Sunarmani and A, B. 2007. 'Pendugaan umur simpan pasta tomat kental dalam kemasan botol plastik dengan metode akselerasi', *Jurnal Pascapanen* , 4(2), pp. 78–82.
- Sunada, K., Watanabe, T. and Hashimoto, K. 2003 'Studies on photokilling of bacteria on TiO<sub>2</sub> thin film', *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 156(1–3), pp. 227–233. Available at: [https://doi.org/10.1016/S1010-6030\(02\)00434-3](https://doi.org/10.1016/S1010-6030(02)00434-3).
- Susanti, R. 2012. *Aktivitas Reactive Oxygen Species Makrofag Akibat Stimulasi Gel Lidah Buaya Pada Infeksi Salmonella Typhimurium*, *Jurnal MIPA*. Available at: <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/JM>.
- Widmer, A.F. and Frei, R. 2011 'Decontamination, Disinfection, and Sterilization', in *Manual of Clinical Microbiology*. Wiley, pp. 143–173. Available at:

<https://doi.org/10.1128/9781555816728.ch11>.

Widowati, T.W., Hamzah, B. and Wijaya, A. 2014 *Sifat Antagonistik Lactobacillus Sp B441 Dan Ii442 Asal Tempoyak Terhadap Staphylococcus Aureus Against Staphylococcus Aureus*, AGRITECH.

Yu, B.F. 2009. *Review of research on air-conditioning systems and indoor air quality control for human health*, *International Journal of Refrigeration*, pp. 3–20. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2008.05.004>.