

# Efektivitas *Powder Biji Kelor (Moringa Oleifera)* Sebagai Disinfektan Dalam Menurunkan *MPN Coliform* Pada Air

Agung Syamsuddin<sup>1\*</sup>, Ain Khaer<sup>2</sup>, Rafidah<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Sanitasi Lingkungan, Jurusan Kesehatan Lingkungan, Poltekkes Kemenkes Makassar

<sup>2</sup> Jurusan Kesehatan Lingkungan, Jl. Wijaya Kusuma I No. 2 Kota Makassar

\*Corresponding author: [agungsyamsuddin78@gmail.com](mailto:agungsyamsuddin78@gmail.com)

Info Artikel: Diterima ..bulan...20XX ; Disetujui ...bulan .... 20XX ; Publikasi ...bulan ..20XX \*tidak perlu diisi

---

## ABSTRACT

*In meeting water needs, various types of water sources can be used, including atmospheric water, surface water, and groundwater. Meeting water needs is not only limited to the quantity of water but must also meet quality requirements. One of the quality requirements, specifically microbiological requirements, can be achieved through water disinfection. A material that can be used as a disinfectant to meet microbiological quality is Moringa oleifera seeds. This study aims to determine the effectiveness of Moringa oleifera seed powder as a disinfectant in reducing MPN Coliform in water. This type of research is quantitative with a quasi-experimental research design using a Pretest-Posttest Control Group Design. This research was conducted using Moringa seed powder weighed at doses of 80 mg, 90 mg, and 100 mg in 1 liter of water sample, stirred using a jar test, and replicated 3 times. The technique for water sampling in the field was carried out using the Simple Random Sampling method. The results of this study indicate that Moringa seed powder is effective in reducing MPN Coliform in water. The reduction in MPN Coliform was 99.3% at a dose of 80 mg/l from 3600 CFU/100 ml, 99.6% at a dose of 90 mg/l from 3600 CFU/100 ml, and 99.6% at a dose of 100 mg/l from 3600 CFU/100 ml. The dose that was effective in reducing MPN Coliform was 90 mg/l. It can be used as an alternative material to chlorine as a disinfectant and further processing is needed after the use of Moringa seed powder to achieve better results. Further research with Moringa seed extract is also needed to minimize the drawbacks of Moringa seeds.*

Keywords : Moringa Seeds Powder; MPN Coliform; Water

---

## ABSTRAK

Dalam pemenuhan kebutuhan air, terdapat berbagai jenis sumber air yang bisa digunakan baik itu air angkasa, air permukaan, maupun air tanah. Pemenuhan kebutuhan air tidak hanya sebatas kuantitas air namun, juga harus memenuhi persyaratan kualitas. Persyaratan kualitas yang salah satunya persyaratan mikrobiologi ini bisa dilakukan dengan disinfeksi air. Bahan yang dapat digunakan sebagai disinfektan dalam memenuhi kualitas mikrobiologi adalah biji kelor (*Moringa oleifera*). Penelitian ini bertujuan mengetahui efektivitas *powder* biji kelor (*Moringa Oleifera*) sebagai disinfektan dalam menurunkan *MPN Coliform* pada air. Jenis penelitian ini, kuantitatif dengan desain penelitian eksperimen quasi yang dirancang menggunakan rancangan penelitian *Pretest-Posttest Control Group Design*. Penelitian ini dilakukan menggunakan *powder* (bubuk) biji kelor yang ditimbang dengan dosis 80 mg, 90 mg, dan 100 mg dalam 1 liter air sampel lalu diaduk menggunakan jar test lalu direplikasi sebanyak 3 kali. Teknik pengambilan sampel air di lapangan dilakukan menggunakan metode *Simple Random Sampling*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *powder* biji kelor efektif dalam menurunkan *MPN Coliform* pada air. Penurunan *MPN Coliform*, yaitu dosis 80 mg/l sebesar 99.3% dari 3600 CFU/100 ml, dosis 90 mg/l sebesar 99.6% dari 3600 CFU/100 ml, dan dosis 100 mg/l sebesar 99.6% dari 3600 CFU/100ml. Dosis yang efektif dalam menurunkan *MPN Coliform* adalah dosis 90 mg/l. *Powder* Biji Kelor ini dapat digunakan sebagai bahan alternatif pengganti kaporit sebagai disinfektan serta perlunya pengolahan lanjutan setelah penggunaan *powder* biji kelor agar hasil yang didapatkan lebih baik juga penelitian lebih lanjut dengan ekstrak biji kelor agar meminimalisir kekurangan biji kelor.

Kata kunci : Powder Biji Kelor; MPN Coliform; Air

## PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya alam yang vital bagi kehidupan di Bumi dan memiliki peran sentral dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Esensi air tidak hanya terletak pada keberlanjutan kehidupan organisme, tetapi juga sebagai komponen krusial dalam pemenuhan kebutuhan manusia sehari-hari. Selain sebagai sarana transportasi nutrisi dan zat kimia di dalam tubuh, air juga memainkan peran penting sebagai pelarut dan medium reaksi dalam proses biokimia (*United Nations Water, 2023*). Keberagaman fungsi ini menggarisbawahi betapa esensialnya air sebagai unsur yang mendukung kelangsungan hidup di planet ini.

Sumber air, baik dari air angkasa, air tanah, maupun air permukaan, merupakan elemen penting dalam siklus hidrologi yang mempengaruhi keberlangsungan kehidupan di Bumi. Air angkasa, yang meliputi air hujan dan embun, merupakan sumber air yang penting untuk pertumbuhan tanaman dan kehidupan makhluk hidup, terutama melalui siklus penguapan dan presipitasi, menyediakan kontribusi signifikan terhadap ketersediaan air di Bumi ini (Yahya, 2020). Proses ini membentuk saluran air, sungai, dan danau, yang merupakan sumber air permukaan yang vital bagi kehidupan manusia dan ekosistem (Kurniawan et al., 2021). Seiring dengan itu, air juga memainkan peran utama dalam menyuplai kebutuhan konsumsi dan pertanian. Kualitas air dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor geologis dan Antropogenik, sehingga menjadikannya area penelitian yang signifikan untuk memastikan ketersediaan air bersih yang berkelanjutan (Erisha Valweswari et al., 2023).

Sementara itu, air permukaan mencakup beragam sumber, seperti sungai, danau, dan waduk, yang menjadi sumber air utama untuk pemenuhan kebutuhan manusia. Namun, semakin meningkatnya aktivitas manusia, terutama di daerah perkotaan, dapat mengakibatkan polusi air permukaan (Djana, 2023). Pencemaran ini dapat berasal dari limbah industri, pertanian, atau pemukiman, yang secara langsung mempengaruhi kualitas air dan kesehatan masyarakat yang mengandalkan sumber air tersebut (Nurmayanti & Purwoko, 2017). Oleh karena itu, pemahaman mendalam terhadap karakteristik dan tantangan yang dihadapi oleh air angkasa, air tanah, dan air permukaan menjadi esensial dalam menyusun strategi efektif untuk menjaga dan meningkatkan kualitas air.

Menurut (Trisna, 2018) pencemaran air dapat mempengaruhi kualitas air dan dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan dan lingkungan. Pencemaran air dapat terjadi di berbagai sumber air, seperti air tanah, air permukaan, dan air laut. Oleh karena itu, penting untuk memastikan bahwa air yang dikonsumsi aman dan bebas dari kontaminan. Sahabuddin (2018) dalam bukunya juga menyebutkan bahwa pencemaran air dapat ditunjukkan oleh perubahan sifat fisik, kimia, dan biologi perairan. Parameter fisik seperti suhu, kekeruhan, warna, dan bau dapat menunjukkan adanya pencemaran fisik pada air. Parameter kimia seperti Nitrogen, Klorida, Sulfida, BOD, COD, salinitas, dan pH dapat menunjukkan adanya pencemaran kimia pada air. Sedangkan parameter biologi seperti jumlah bakteri, virus, dan parasit dapat menunjukkan adanya pencemaran biologis pada air.

Proses siklus pencemaran ini cenderung bersifat interaktif dan saling terkait, menciptakan tantangan kompleks dalam menjaga kualitas air (WHO, 2017). Misalnya, pencemaran kimia dapat merangsang pertumbuhan mikroorganisme yang merugikan, atau faktor fisik tertentu dapat mempengaruhi ketersediaan nutrisi yang mendukung pertumbuhan alga berlebihan. Begitu juga, dampak pencemaran biologis dapat memperburuk kondisi fisik dan kimia air. Oleh karena itu, pemahaman mendalam tentang dinamika siklus pencemaran ini menjadi kunci untuk merancang strategi disinfeksi air yang efektif dan berkelanjutan.

*Escherichia coli* (*E. coli*) dan Kelompok bakteri *MPN Coliform* merupakan indikator umum kebersihan dan kualitas air. Kelompok bakteri *MPN Coliform*, yang merupakan bagian dari keluarga *Enterobacteriaceae*, biasanya ditemukan dalam usus manusia dan hewan. Sebagai bakteri usus yang normal, keberadaan *MPN Coliform* dalam air menunjukkan adanya pencemaran feces dan dapat menjadi petunjuk adanya bakteri patogen lain yang dapat menyebabkan penyakit pada manusia dikarenakan sifat bakteri ini sangat umum, yakni dapat hidup diantara pH 5 - 8 dan dengan suhu berkisar 35 - 41°C. Oleh karena itu, deteksi *MPN Coliform* sering digunakan sebagai indikator kontaminasi fekal dan risiko penyakit terkait air (APHA, 2023).

*MPN Coliform* adalah bakteri usus yang dapat menyebabkan penyakit pada manusia, seperti infeksi saluran pencernaan, diare, dan infeksi saluran kemih. Kehadiran *MPN Coliform* dalam air bersih menunjukkan adanya pencemaran feces manusia atau hewan, yang dapat membahayakan kesehatan manusia jika air tersebut dikonsumsi (Sari et al., 2017). Kehadiran kelompok bakteri ini dalam air bersih dapat mengindikasikan adanya pencemaran organik yang dapat merusak ekosistem perairan (WHO, 2017). Selain itu, jika air yang tercemar oleh bakteri *MPN Coliform* digunakan untuk irigasi atau keperluan pertanian, hal ini juga dapat mempengaruhi kualitas tanah dan tanaman yang tumbuh di area tersebut.

Salah satu tanaman yang menunjukkan potensi besar dalam mengatasi masalah ini adalah *Moringa oleifera*, atau lebih dikenal sebagai kelor. Kelor telah lama dikenal memiliki sifat antimikroba dan kemampuan untuk membersihkan air (Saputra et al., 2020). Dalam upaya memanfaatkan potensi ini, penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas *powder* biji kelor sebagai disinfektan pada air bersih. Mengingat kelor merupakan sumber daya alam yang melimpah dan mudah diakses, pemanfaatan tanaman ini dapat menjadi solusi yang berkelanjutan untuk memperbaiki kualitas air yang tercemar (Tsie et al., 2020). Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi pada peningkatan kualitas air, tetapi juga mendukung upaya konservasi sumber daya alam dan perlindungan kesehatan masyarakat.

*Powder* biji kelor (*Moringa Oleifera*) menjadi bahan yang digunakan dalam melakukan penelitian ini dikarenakan terdapat zat aktif sebagai disinfektan air. Menurut (Irmayanti et al., 2019) zat aktif *Rhamnosyloxy-benzilisoithiocyanate* merupakan senyawa yang memiliki fungsi sebagai agen disinfektan, memfasilitasi proses disinfeksi dengan efektifitas yang optimal, dan secara cepat menginaktivasi jaringan sel bakteri. Selain itu, peran penurunan total jumlah bakteri juga diatribusikan pada penggunaan pengadukan dengan kecepatan tinggi dan rendah, sekaligus kehadiran senyawa-senyawa *Benzil-Isoithiocyanate* dalam bubuk daun kelor yang mampu mengganggu permeabilitas membran sel bakteri.

Biji kelor juga mengandung komponen bioaktif penting, seperti *Alkaloid*, *Flavonoid* (*Catechin*, *Epicatechin*, *Quercetin*, *Kaempferol*), asam fenolik dan *Glikosida*. Menurut (Hendrasarie, 2019) dalam penelitiannya mengatakan bahwa kalium iodidat yang terkandung dalam larutan tersebut sehingga dapat berperan sebagai disinfektan air. Hasil penelitiannya menunjukkan *powder* biji kelor dengan 150 mg/l dapat menurunkan bakteri dengan presentase penyisihan sebesar 95.24%. Namun, semua senyawa tersebut diaktifkan oleh senyawa bahan aktif polielektrolit sehingga dapat berperan aktif sebagai disinfektan air.

Sejumlah penelitian sebelumnya telah menyoroti sifat antimikroba kelor dan potensinya dalam membersihkan air. Sebagai contoh, penelitian oleh (Rahma et al., 2022) menunjukkan bahwa ekstrak biji kelor mengandung senyawa-senyawa aktif yang 51% efektif membunuh berbagai jenis mikroorganisme patogen dengan dosis 150 mg/l. Penelitian lainnya yang mengetahui efektivitas ekstrak biji kelor dalam membunuh bakteri

patogen *Escherichia coli*, menunjukkan bahwa ekstrak biji kelor memiliki aktivitas antimikroba terhadap bakteri uji dengan dosis 250 mg/l. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi larutan ekstrak biji kelor yang tinggi, yaitu 75%, memiliki efektivitas antimikroba yang paling tinggi terhadap bakteri uji (Wigunarti et al., 2019).

Hasil uji pendahuluan yang dilakukan dengan konsentrasi 150 mg/l untuk 1 liter air bersih menunjukkan penurunan *MPN (Most Probable Number) Coliform* sebesar 66%, yaitu sebelum perlakuan 249 CFU/100 ml dan setelah perlakuan 85 CFU/100 ml. Temuan ini memberikan dasar yang kuat untuk menjelajahi potensi kelor sebagai disinfektan alami pada air.

Dalam konteks tersebut, tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi sejauh mana *powder* biji kelor dapat menjadi disinfektan yang efektif dalam membersihkan air dari mikroorganisme patogen. Dengan adanya variasi dosis, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi pada pengembangan metode sederhana dan berkelanjutan untuk membersihkan air.

## MATERI DAN METODE

### Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif dengan desain penelitian eksperimen quasi yang dirancang menggunakan rancangan penelitian *Pretest-Posttest Control Group Design*. Sampel air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air sumur gali dengan metode pengambilan *Simple Random Sampling*. Dilakukan 3 kali replikasi tiap variasi, kecuali kontrol, dengan desain penelitian ini, yaitu menggunakan biji kelor tua yang telah dihaluskan dan disaring dengan ayakan 100 mesh lalu ditimbang 80 mg, 90 mg, dan 100 mg untuk tiap 1 liter air sampel yang digunakan dimana Jar test untuk mengaduk sampel serta pemeriksaan *MPN Coliform* dengan metode *Most Probable Number*. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah *Powder* biji Kelor dosis 80 mg/l, 90 mg/l, 100 mg/l dan kontrol. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah Efektivitas Penurunan *MPN Coliform*. Variabel Pengganggu dalam penelitian ini adalah Suhu dan pH.

### Pengumpulan Data

Data primer dalam penelitian ini diperoleh dari hasil uji pendahuluan dan hasil penelitian yang dilakukan. Data sekunder diperoleh dari penelusuran kepustakaan berupa referensi dari buku, artikel, jurnal, maupun literatur yang lain yang dapat mendukung teori yang ada.

### Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan data diperoleh dari hasil pemeriksaan laboratorium yang dimasukkan kedalam tabel penyajian data meliputi tabel dan narasi. Data dari pemeriksaan laboratorium mengenai hasil uji *MPN Coliform* pada sampel air, kemudian dilihat berdasarkan kriteria objektif lalu dibandingkan masing-masing dosis yang digunakan.

## HASIL

Pengambilan sampel air sumur gali dilakukan dengan memilih air sumur gali yang mengandung banyak *MPN Coliform*. Penelitian ini dilakukan di Kampus Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Makassar, Laboratorium Mikrobiologi pada tanggal 16 April 2024 s.d. 22 April 2024. Metode yang digunakan dalam pemeriksaan *MPN Coliform* untuk penelitian ini adalah metode *MPN (Most Probable Number)*. Metode ini menggunakan probabilitas dalam penentuan jumlah kuman dengan menggunakan pengenceran tabung. Sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh sebagai berikut:

### Penggunaan *powder* biji kelor dengan dosis 80 mg/l

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan *MPN Coliform* dari *powder* biji kelor dosis 80 mg/l

| Replikasi        | pH      |               | Suhu (°C) |               | <i>MPN Coliform</i> (CFU/100 ml) |               | Penurunan <i>MPN Coliform</i> (%) |
|------------------|---------|---------------|-----------|---------------|----------------------------------|---------------|-----------------------------------|
|                  | Kontrol | Dosis 80 mg/l | Kontrol   | Dosis 80 mg/l | Kontrol                          | Dosis 80 mg/l |                                   |
| I                | 6.89    | 6.81          | 29.9      | 29.9          | 3600                             | 40            | 98.9                              |
| II               | 6.89    | 6.79          | 29.9      | 28.9          | 3600                             | 14            | 99.6                              |
| III              | 6.89    | 6.84          | 29.9      | 29.9          | 3600                             | 26            | 99.3                              |
| <b>Rata-rata</b> | -       | <b>6.81</b>   | -         | <b>29.5</b>   | -                                | <b>27</b>     | <b>99.3</b>                       |

Sumber: *Data Primer, 2024*

Berdasarkan tabel 1 menunjukkan bahwa hasil pemeriksaan *MPN Coliform* dengan *powder* biji kelor dosis 80 mg/l menunjukkan penurunan dengan rata-rata sebesar 99.3%.

### Penggunaan *powder* biji kelor dengan dosis 90 mg/l

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan *MPN Coliform* dari *powder* biji kelor dosis 90 mg/l

| Replikasi        | pH      |               | Suhu (°C) |               | <i>MPN Coliform</i> (CFU/100 ml) |               | Penurunan <i>MPN Coliform</i> (%) |
|------------------|---------|---------------|-----------|---------------|----------------------------------|---------------|-----------------------------------|
|                  | Kontrol | Dosis 90 mg/l | Kontrol   | Dosis 90 mg/l | Kontrol                          | Dosis 90 mg/l |                                   |
| I                | 6.89    | 6.86          | 29.9      | 28.9          | 3600                             | 2             | 99.9                              |
| II               | 6.89    | 6.80          | 29.9      | 28.9          | 3600                             | 23            | 99.4                              |
| III              | 6.89    | 6.81          | 29.9      | 29.7          | 3600                             | 23            | 99.4                              |
| <b>Rata-rata</b> | -       | <b>6.82</b>   | -         | <b>28.8</b>   | -                                | <b>16</b>     | <b>99.6</b>                       |

Sumber: *Data Primer, 2024*

Berdasarkan tabel 2 menunjukkan bahwa hasil pemeriksaan *MPN Coliform* dengan *powder* biji kelor dosis 90 mg/l menunjukkan penurunan dengan rata-rata sebesar 99.6%.

### Penggunaan *powder* biji kelor dengan dosis 100 mg/l

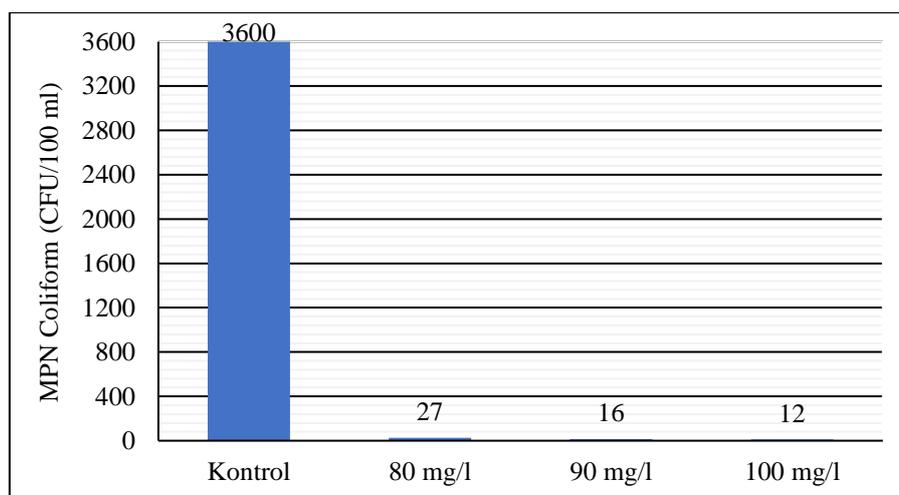
Tabel 3. Hasil Pemeriksaan *MPN Coliform* dari *powder* biji kelor dosis 100 mg/l

| Replikasi        | pH      |                | Suhu (°C) |                | <i>MPN Coliform</i> (CFU/100 ml) |                | Penurunan <i>MPN Coliform</i> (%) |
|------------------|---------|----------------|-----------|----------------|----------------------------------|----------------|-----------------------------------|
|                  | Kontrol | Dosis 100 mg/l | Kontrol   | Dosis 100 mg/l | Kontrol                          | Dosis 100 mg/l |                                   |
| I                | 6.89    | 6.55           | 29.9      | 28.7           | 3600                             | 1              | 99.9                              |
| II               | 6.89    | 6.43           | 29.9      | 28.8           | 3600                             | 13             | 99.6                              |
| III              | 6.89    | 6.61           | 29.9      | 28.7           | 3600                             | 23             | 99.4                              |
| <b>Rata-rata</b> | -       | <b>6.53</b>    | -         | <b>28.7</b>    | -                                | <b>12</b>      | <b>99.6</b>                       |

Sumber: *Data Primer, 2024*

Berdasarkan tabel 3 menunjukkan bahwa hasil pemeriksaan *MPN Coliform* dengan *powder* biji kelor dosis 100 mg/l menunjukkan penurunan dengan rata-rata sebesar 99.6%.

Dari ketiga hasil diatas terdapat perbedaan hasil yang signifikan antara kontrol dengan *powder* biji kelor dosis 80 mg/l, 90 mg/l, dan 100 mg/l. Persen rata-rata nilai *MPN Coliform* dari hasil penelitian ini dapat dilihat dari grafik berikut:



Gambar 1. Grafik perbandingan nilai *MPN Coliform* antara kontrol dengan *powder* biji kelor dosis 80 mg/l, 90 mg/l, dan 100 mg/l

## PEMBAHASAN

### Penggunaan *powder* biji kelor dengan dosis 80 mg/l

Berdasarkan tabel 1 menunjukkan dosis 80 mg/l *powder* biji kelor menghasilkan penurunan yang efektif dalam jumlah *MPN Coliform* pada air. Hal ini sejalan dengan hasil pengukuran pH dan suhu yang menunjukkan kestabilan relatif pada setiap replikasi. Perubahan kecil dalam nilai pH dan suhu antar replikasi mengindikasikan bahwa dosis ini memberikan efek yang konsisten terhadap karakteristik kimia dan fisik air. Sehingga faktor-faktor fisikokimia air memainkan peran penting dalam efektivitas *powder* biji kelor sebagai disinfektan, di mana kestabilan pH dan suhu memperkuat efek penurunan *MPN Coliform* yang efektif.

Interaksi antara dosis 80 mg/l *powder* biji kelor dengan karakteristik air menunjukkan korelasi yang kuat antara hasil pH dan suhu pada tabel 1 yang stabil dengan penurunan yang konsisten dalam jumlah *MPN Coliform*. Hal ini mengindikasikan bahwa dosis ini mampu menjaga keseimbangan fisikokimia air, yang pada gilirannya mendukung efektivitasnya sebagai disinfektan. Pengaruh yang konsisten terhadap pH dan suhu juga menunjukkan bahwa dosis 80 mg/l memiliki kemampuan untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen, sehingga memberikan perlindungan yang lebih baik terhadap kualitas air.

### Penggunaan *powder* biji kelor dengan dosis 90 mg/l

Dari hasil tabel 2 menunjukkan dosis 90 mg/l *powder* biji kelor, terdapat sedikit variasi dalam hasil pH dan suhu antar replikasi, meskipun penurunan *MPN Coliform* tetap efektif. Hal ini menunjukkan bahwa dosis 90 mg/l tetap memberikan efek yang kuat terhadap jumlah bakteri patogen dalam air, meskipun terdapat beberapa fluktuasi dalam karakteristik kimia dan fisik air. Kemampuan dosis ini untuk tetap efektif dalam mengurangi jumlah *MPN Coliform*, meskipun dengan variasi kecil dalam pH dan suhu, menunjukkan konsistensi dalam efektivitasnya sebagai disinfektan.

Variasi yang teramati dalam hasil pH dan suhu pada tabel 2 disebabkan oleh interaksi yang kompleks antara zat-zat aktif dalam *powder* biji kelor dengan komponen air yang berbeda. Reaksi kimia antara senyawa-senyawa aktif dalam *powder* biji kelor dan zat-zat kimia dalam air dapat mengakibatkan fluktuasi kecil dalam nilai pH, sementara variasi suhu disebabkan oleh pengaruh sifat termal dari zat-zat aktif tersebut. Meskipun demikian, fluktuasi ini tidak mengurangi efektivitas dosis 90 mg/l sebagai disinfektan, karena penurunan *MPN Coliform* masih efektif.

### Penggunaan *powder* biji kelor dengan dosis 100 mg/l

Dosis 100 mg/l *powder* biji kelor pada tabel 3 menghasilkan penurunan yang masih terukur dalam jumlah *MPN Coliform*, meskipun terdapat variasi yang sedikit lebih tinggi dalam hasil pH dan suhu antar replikasi. Hal ini mengindikasikan bahwa dosis yang lebih tinggi dapat menghasilkan efek samping atau perubahan yang tidak diinginkan dalam karakteristik air, meskipun masih dalam batas toleransi yang diperbolehkan. Variasi yang lebih tinggi dalam hasil pH dan suhu antar replikasi pada dosis ini mencerminkan reaksi kimia yang lebih kompleks antara zat-zat aktif dalam *powder* biji kelor dan komponen air.

Meskipun terdapat variasi yang lebih tinggi dalam hasil pH dan suhu antar replikasi pada tabel 3, penurunan yang terjadi pada jumlah *MPN Coliform* masih cukup efektif. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun dosis 100 mg/l menghasilkan fluktuasi yang lebih besar dalam karakteristik air, namun efeknya terhadap jumlah bakteri patogen dalam air tetap terukur dan efektif. Oleh karena itu, dosis 100 mg/l masih dapat dianggap sebagai alternatif yang dapat dipertimbangkan dalam upaya pengendalian kualitas air.

Dengan demikian, secara keseluruhan perubahan pH dan suhu setelah penambahan biji kelor tidak secara langsung mempengaruhi kualitas air yang akan diolah. Hal ini ditunjukkan secara jelas dengan rata-rata pH dan suhu yang terdapat dalam air setelah penambahan *powder* biji kelor hanya berkurang sedikit dari kontrol yang tanpa penambahan *powder* biji kelor. Menurut (LeChevallier & Au, 2004) dalam bukunya *Water Treatment and Pathogen Control Process Efficiency in Achieving Safe Drinking-Water* menyatakan bahwa mikroorganisme hidup dipengaruhi salah satunya adalah pH dan suhu. pH dan suhu yang dimaksud masing-masing terbagi menjadi 3 bagian dengan perbedaan yang sangat berbeda, secara berturut-turut, yaitu <20°C dan <5; 20 - 45°C dan 6 - 8; serta >45°C dan >8. Sehingga hal ini menunjukkan bahwa efektivitas biji kelor dalam menurunkan jumlah bakteri patogen tidak tergantung pada perubahan pH atau suhu lingkungan.

Meskipun tidak secara langsung memengaruhi pH dan suhu air, namun jika dilihat secara seksama bahwa nilai kedua parameter tersebut setelah penambahan *powder* biji kelor justru semakin menurun seiring peningkatan dosis biji kelor. Dalam penelitian (Irmayanti et al., 2019) tentang “Efektivitas Kernel Kelor dan Ampas Kernel Kelor (*Moringa oleifera*) sebagai Biokoagulan dan Disinfektan Alami pada Pengolahan Air Sungai” menunjukkan hasil yang berbanding terbalik dengan hasil pengukuran pH setelah penambahan biji kelor. Hasil yang didapatkan terhadap pH air olahan setelah penambahan biji kelor justru terus mengalami peningkatan sehingga jika dosis biji kelor terus ditambahkan, pH air olahan justru semakin meningkat dan menjauh dari keasaman air.

Namun demikian, terdapat penurunan yang drastis dalam jumlah *MPN Coliform* setelah penambahan biji kelor. Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat faktor lain yang berperan dalam efektivitas biji kelor sebagai

desinfektan. Hal tersebut terjadi dikarenakan adanya bahan aktif dalam kandungan biji kelor yang memiliki sifat antimikroba. Senyawa-senyawa seperti flavonoid, tanin, dan senyawa fenolik lainnya yang terdapat dalam biji kelor telah diketahui memiliki aktivitas antimikroba yang kuat (Affandi, 2019).

Hal tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan (Hendrasarie, 2019) tentang “Uji Efektifitas Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Sebagai Disinfektan Bakteri Coliform Novirina” yang menggunakan ekstraksi dengan konsentrasi *powder* biji kelor sebanyak 50, 100, dan 150 mg/l sehingga menurunkan nilai *MPN Coliform* sebesar 95.24% pada konsentrasi *powder* biji kelor 150 mg/l. Dalam penelitiannya dikatakan bahwa ekstraksi bahan aktif yang menyebabkan terjadinya penurunan *MPN Coliform* tersebut adalah kandungan iodat dalam *powder* biji kelor sehingga dapat berperan sebagai disinfektan.

Iodat ( $IO_3^-$ ) memiliki kemampuan untuk menyebabkan penggumpalan protein pada bakteri yang merupakan komponen penting dari membran plasma. Membran plasma berperan dalam mengatur pergerakan molekul masuk dan keluar dari sel, transportasi nutrisi ke dalam sel, serta berperan dalam proses respirasi. Penggumpalan protein yang terjadi menyebabkan denaturasi protein, di mana protein kehilangan struktur tiga dimensinya yang normal, dan akibatnya tidak dapat menjalankan fungsi fungsionalnya. Hal ini dapat berdampak pada kelangsungan hidup bakteri dan bahkan menyebabkan kematian mereka (Hendrasarie, 2019).

Selain itu, proses adsorpsi dan pengendapan bakteri oleh partikel-partikel biji kelor juga menjadi faktor yang berkontribusi terhadap penurunan *MPN Coliform*. Dikarenakan dalam penelitian yang dilakukan (Irmayanti et al., 2019) bahwa Kandungan zat aktif *Rhamnosyloxy-benzil-isothiocyanate* yang tinggi dapat meningkatkan efisiensi proses koagulasi. Bakteri koliform yang terdapat dalam air cenderung melekat pada flok yang terbentuk selama proses ini. Permukaan kasar dan struktur porus biji kelor mengakibatkan adanya interaksi fisik antara bakteri dan partikel biji kelor, sehingga menyebabkan pengurangan konsentrasi bakteri dalam larutan.

Selanjutnya, karena adanya interaksi antara bahan aktif dalam biji kelor dengan struktur sel bakteri. Bahan aktif yang terkandung dalam biji kelor dapat merusak dinding sel bakteri atau mengganggu metabolisme sel, sehingga menyebabkan kematian atau penurunan kemampuan bakteri untuk bereproduksi. Hal ini sejalan dengan penelitian (Waangsir et al., 2022) tentang “Efektivitas Penurunan *Escherichia Coli* pada Air Bersih Menggunakan Tumbuhan Kelor (*Moringa Oleifera*) dengan Variasi Konsentrasi” yang menurunkan bakteri *E. Coli* pada air menggunakan ekstrak biji kelor konsentrasi 300 mg/l dengan efektivitas mencapai 97.1% dari total *E. Coli* 1100 CFU/100 ml.

Penurunan kandungan *E. coli* dalam air baku disebabkan oleh efek antimikroba dari senyawa-senyawa yang berasal dari tumbuhan kelor (*Moringa oleifera*), terutama flavonoid dan fenol. Senyawa-senyawa ini menyebabkan kerusakan pada permeabilitas dinding sel bakteri, mikrosom, dan lisosom. Kerusakan ini terjadi karena interaksi antara flavonoid dengan DNA bakteri, yang akhirnya mengakibatkan penurunan jumlah *E. coli* dalam air baku (Waangsir et al., 2022). Hal ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan (Tsie et al., 2020) tentang “*Effectiveness of using milled Moringa oleifera seeds as a natural coagulant in waste water treatment*” bahwa larutan ekstrak biji kelor mengandung lebih banyak senyawa fenol dan flavonoid sehingga dapat menurunkan *MPN Coliform* sebesar 93.5% dari 2000 CFU/100 ml dengan ekstrak biji kelor sebanyak 5 ml.

Selain faktor internal biji kelor, faktor eksternal seperti interaksi dengan komponen lain dalam air juga perlu dipertimbangkan. Misalnya, adanya interaksi antara senyawa-senyawa kimia dalam air dengan bahan aktif dalam biji kelor yang dapat meningkatkan efektivitasnya dalam menurunkan *MPN Coliform*. Penting juga untuk mengevaluasi faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi efektivitas biji kelor sebagai disinfektan, seperti waktu kontak antara biji kelor dan air, ukuran partikel biji kelor, dan kondisi lingkungan lainnya seperti kekeruhan air atau ketersediaan nutrisi bagi bakteri.

Dengan demikian, hasil penelitian ini memberikan pemahaman yang lebih dalam tentang mekanisme kerja biji kelor dalam menurunkan *MPN Coliform* pada air. Namun, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memperjelas faktor-faktor yang berkontribusi terhadap efektivitas biji kelor sebagai disinfektan dan potensi penerapannya dalam pengolahan air untuk keperluan konsumsi manusia dan keperluan lainnya. Sebab *powder* biji kelor yang digunakan dalam penelitian ini memiliki banyak kekurangan.

Biji kelor pada dasarnya dikenal sebagai kandungan yang sangat bermanfaat, seperti memiliki sifat alami koagulan yang terbukti efektif untuk digunakan dalam pengolahan air limbah tekstil serta pemurnian air tanah (Affandi, 2019). Namun, sebagai bahan yang tergolong bahan organik, biji kelor (*Moringa Oleifera*) terbukti efektif dalam menurunkan *MPN Coliform* pada air. Oleh karena itu, hasil ini bisa dijadikan sebagai bahan pengolahan air yang multifungsi, yaitu sebagai bahan koagulan sekaligus bahan disinfektan air.

Terdapat beberapa penyebab perlunya dilakukan penelitian lebih lanjut terkait dengan hasil penelitian menggunakan biji kelor sebagai bahan disinfektan air. Penambahan *powder* biji kelor pada air akan menyebabkan terjadinya peningkatan kekeruhan air sehingga air yang sebelumnya jernih bisa menjadi keruh akibat penambahan ini. Tidak hanya itu, air yang telah dicampurkan dengan *powder* biji kelor juga menghasilkan bau khas biji kelor pada air. Hal tersebut sejalan dengan penelitian (Revitasari, 2019) tentang “Uji Efektivitas Serbuk Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Sebagai Koagulan Alami Dalam Proses Penjernihan Air Sumur Penduduk Di Kelurahan Karya Baru Kecamatan Alang-Alang Lebar Kota Palembang” bahwa penggunaan *powder* biji kelor dalam jumlah yang besar bisa memberikan aroma yang khas dan kadang terasa pahit pada air.

Biji kelor tidak selalu mudah ditemukan di semua wilayah atau pasar, dan biaya *powder* biji kelor juga bisa menjadi faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penggunaannya untuk pengolahan air bersih, terutama jika harus digunakan dalam jumlah besar atau secara teratur (Revitasari, 2019). Kualitas *powder* biji kelor yang digunakan juga perlu diperhatikan. Jika *powder* biji kelor terkontaminasi dengan zat-zat berbahaya atau tidak bersih secara mikrobiologis, penggunaannya dalam pengolahan air bisa menjadi kontraproduktif atau bahkan berpotensi membahayakan kesehatan pengguna air yang dihasilkan.

Hal tersebut sesuai dengan penelitian (Harahap et. al. 2023) tentang “Efektivitas Biji Kelor Pada Proses Koagulasi Untuk Penurunan Kekeruhan, Logam (Fe), Dan Zat Organik (KMnO<sub>4</sub>) Pada Air” yang menggunakan campuran pengolahan air, yaitu koagulasi menggunakan biji kelor dan dilanjutkan dengan penyaring fisik sederhana berisi pasir silika dan batu zeolit sehingga hasil pengolahan yang didapatkan menjadi lebih baik. Dengan demikian, meskipun biji kelor memiliki kemampuan untuk mengikat partikel dan zat-zat terlarut dalam air, keefektifan proses pengolahan air dengan menggunakan *powder* biji kelor tidak konsisten atau tidak memadai dalam beberapa kondisi tertentu, terutama jika kualitas air yang diolah sangat buruk atau terkontaminasi dengan bahan kimia berat.

Hasil ini juga tidak memenuhi syarat sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan yang menyatakan bahwa standar baku mutu kesehatan lingkungan (SBMKL) untuk air bersih pada parameter *MPN Coliform* adalah 0 CFU/100 ml. Namun, hasil ini memiliki rata-rata penurunan 99.6% dan hampir 100% sehingga dapat dikatakan memiliki efektivitas yang tinggi untuk dijadikan bahan disinfektan dalam menurunkan *MPN Coliform*.

Penggunaan dosis *powder* biji kelor juga mempengaruhi hasil yang didapatkan sehingga hasil terbaik dalam penelitian ini adalah pada dosis 90 mg/l. penggunaan dosis 90 mg/l lebih baik dibandingkan dengan dosis 80 mg/l dan 100 mg/l dikarenakan dosis ini hampir tidak mempengaruhi kualitas fisikokimia air secara drastis. Kualitas yang dimaksud adalah pengaruhnya terhadap pH dan suhu pada air. Kualitas pada dosis 90 mg/l mirip dengan kualitas penggunaan *powder* biji kelor dosis 80 mg/l, namun lebih banyak menurunkan *MPN Coliform* pada air. Sedangkan pada *powder* biji kelor dosis 100 mg/l menurunkan paling banyak nilai *MPN Coliform* pada air, namun mempengaruhi kualitas fisikokimia air dan nilai *MPN Coliform*nya mirip dengan dosis 90 mg/l. Dengan demikian, secara keseluruhan variasi dosis *powder* biji kelor yang diteliti efektif menurunkan *MPN Coliform* pada air.

Dikarenakan fungsinya yang bisa digunakan sebagai bahan disinfektan, biji kelor ini juga dapat menjadi bahan alternatif pengganti kaporit. Kaporit digunakan sebagai bahan disinfektan karena kemampuannya dalam melakukan disinfeksi air dengan dosis bubuk 200 mg/l. Jika dibandingkan dengan hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan potensi biji kelor sebagai bahan alternatif dalam disinfeksi air. Dosis terbaik dalam penelitian ini adalah 90 mg/l dengan kemampuan penurunan sebesar 99.6%. Sehingga dengan adanya penelitian ini diharapkan bisa menjadi bahan alternatif dalam penggunaannya sebagai bahan disinfektan air.

## SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa *powder* biji kelor efektif menurunkan *MPN Coliform* pada air dengan penurunan sebagai berikut: 1) Rata-rata penurunan *MPN Coliform* dengan *powder* biji kelor dosis 80 mg/l sebesar 99.3% dari 3600 CFU/100 ml, 2) Rata-rata penurunan *MPN Coliform* dengan *powder* biji kelor dosis 90 mg/l sebesar 99.6% dari 3600 CFU/100 ml, 3) Rata-rata penurunan *MPN Coliform* dengan *powder* biji kelor dosis 100 mg/l sebesar 99.6% dari 3600 CFU/100 ml. Penelitian ini menyarankan: 1) Bagi Masyarakat dapat menambahkan pengolahan lanjutan seperti pengendapan dan penyaringan fisik setelah dilakukan disinfeksi menggunakan biji kelor, 2) Bagi Peneliti Selanjutnya dapat melakukan uji coba perlakuan menggunakan larutan atau ekstrak biji kelor untuk meminimalkan kekeruhan pada air.

## DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, N. N. (2019). *Kelor Tanaman Ajaib Untuk Kehidupan Yang Lebih Sehat*. Jakarta: Deepublish.
- APHA. (2023). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington DC: American Public Health Association.
- Djana, M. (2023). *Analisis Kualitas Air Dalam Pemenuhan Kebutuhan Air*. Jurnal Agroqua, 8(32), 81–87. <https://jurnal.univpgri-palembang.ac.id/index.php/redoks/article/view/11853/>, diakses pada 20 Januari 2024
- Erisha Valweswari, T., Winardi, W., & Prio Utomo, K. (2023). *Analisis Ketersediaan dan Kualitas Air Sungai Sekayam Sebagai Air Baku Perumda Tirta Pancur Aji Kabupaten Sanggau*. Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah, 11(1), 109. <https://doi.org/10.26418/jtlb.v11i1.59771>, diakses pada 20 Januari 2024

- Erlani, & Dkk. (2023). *Buku Panduan Penulisan Proposal Penelitian dan Skripsi*. Makassar: Poltekkes Kemenkes Makassar.
- Haidah, N. (2021). *Metodologi Penelitian* (Syamsuddin (ed.)). Makassar: Potekkes Kemenkes Makassar.
- Harahap, L. A., Sirait, R., & Yusuf Lubis, R. (2023). *Efektivitas Biji Kelor Pada Proses Koagulasi Untuk Penurunan Kekeuhan, Logam (Fe), Dan Zat Organik (KMnO<sub>4</sub>) Pada Air*. *Journal Online of Physics*, 8(2), 66–69. <https://doi.org/10.22437/jop.v8i2.20970>, diakses pada 5 Mei 2024
- Hendrasarie, N. (2019). *Uji Efektifitas Biji Kelor (Moringa Oleifera) Sebagai Desinfektan Bakteri Coliform Novirina*. 51–57. <https://eprints.upnjatim.ac.id/7990/>, diakses pada 20 Januari 2024
- Inayah, & Dkk. (2015). *Buku Ajar Praktikum Mikrobiologi*. Makassar: Poltekkes Kemenkes Makassar.
- Irianto, K. (2015). *Pengelolaan Air*. Bali: Fakultas Pertanian Program Studi Agroteknologi Universitas Warmadewa.
- Irma Novtiana. (2021). *Siklus Air Dan Dampaknya Bagi Kehidupan*. Banjarnegara: Pgsd Fip Unnes.
- Irmayanti, I., Anwar, C., & Aprita, I. R. (2019). *Efektivitas Kernel Kelor dan Ampas Kernel Kelor (Moringa oleifera L.) sebagai Biokoagulan dan Desinfektan Alami pada Pengolahan Air Sungai*. *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*, 5(1), 10–18. <https://doi.org/10.29303/jstl.v5i1.101>, diakses pada 20 Januari 2024
- Islam, F., & Dkk. (2021). *Dasar-Dasar Kesehatan Lingkungan*. Mamuju: Program Studi Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kedokteran, Universitas Udayana.
- Kurniawan, M. A., Fitriani, H., & Hadinata, F. (2021). *Analisis Kebutuhan Penyediaan Air Bersih di Kota Palembang*. *Jurnal Saintis*, 21(02), 105–112. [https://doi.org/10.25299/saintis.2021.vol21\(02\).7611](https://doi.org/10.25299/saintis.2021.vol21(02).7611), diakses pada 20 Januari 2024
- LeChevallier, M. W., & Au, K.-K. (2004). *Water Treatment and Pathogen Control Process Efficiency in Achieving Safe Drinkin-Water*. World Health Organization.
- Nurmayanti, D., & Purwoko, D. (2017). *Buku Ajar Kesehatan Lingkungan Kimia Lingkungan*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- ONU. (2023). *Water and Sustainable Development From vision to action: Means and tools for Implementation and the role of different actors* (Vol. 1). UN-Water Zaragoza Conference. [https://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/WaterandSD\\_Vision\\_to\\_Action-2.pdf%0Ahttps://sdgs.un.org/sites/default/files/2023-07/UN\\_2023\\_Water\\_Conference\\_newsletter\\_July\\_2023.pdf](https://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/WaterandSD_Vision_to_Action-2.pdf%0Ahttps://sdgs.un.org/sites/default/files/2023-07/UN_2023_Water_Conference_newsletter_July_2023.pdf), diakses pada 20 Januari 2024
- Rahma, N. A., Maulana, I. T., & Patricia, V. M. (2022). *Studi Literatur Aktivitas Antibakteri Ekstrak Biji Kelor (Moringa oleifera (Lam.)) terhadap Bakteri Patogen pada Saluran Cerna*. Bandung Conference Series: Pharmacy, 2(2), 48–55. <https://doi.org/10.29313/bcsp.v2i2.3347>, diakses pada 20 Januari 2024
- Revitasari, A. (2019). *Uji Efektivitas Serbuk Biji Kelor (Moringa Oleifera) Sebagai Koagulan Alami Dalam Proses Penjernihan Air Sumur Penduduk Di Kelurahan Karya Baru Kecamatan Alang-Alang Lebar Kota Palembang*. *Repository Universitas Muhammadiyah Palembang*. Retrieved from <http://repository.um-palembang.ac.id/id/eprint/6019/>, diakses pada 5 Mei 2024
- Sahabuddin, E. S. (2018). *Filosofi Cemaran Air*. Kupang: PTK Press.
- Saputra, D. K. A., Suada, K., & Merdana, M. (2020). *Pemberian Serbuk Biji Kelor pada Limbah Cair Rumah Pemotongan Ayam Tradisional Mampu Menurunkan Jumlah Escherichia coli*. *Indonesia Medicus Veterinus*, 9(2), 148–156. <https://doi.org/10.19087/imv.2020.9.2.148>, diakses pada 20 Januari 2024

- Sari, R., Tina, L., & Fachlevy, A. (2017). *Efektifitas Biji Kelor (Moringa Oleifera) Terhadap Bakteri Escherichia Coli Dalam Upaya Pencegahan Penyakit Diare*. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kesehatan Masyarakat Unsyiah, 2(6), 198250. <https://www.neliti.com/publications/198250/efektifitas-biji-kelor-moringa-oleifera-terhadap-bakteri-escherichia-coli-dalam>, diakses pada 20 Januari 2024
- Selintung, M. (2011). *Pengenalan Sistem Penyediaan Air Minum*. Makassar: ASpublishing.
- Soemitrat, J. (2011). *Kesehatan Lingkungan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Suripin. (2001). *Pelestarian Sumber Daya Tanah Dan Air*. Semarang: Penerbit Andi.
- Sutrisno, T. (2006). *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Syamsuddin, R. (2014). *Pengelolaan Kualitas Air Teori Dan Aplikasi Di Sektor Perikanan*. Malang: Pijar Press.
- Trisna, Y. (2018). *Water Quality and Public Health Complaints in Surrounding Watoetoelis Sugar Mills*. Jurnal Kesehatan Lingkungan, 10(2), 241. <https://doi.org/10.20473/jkl.v10i2.2018.241-251>, diakses pada 20 Januari 2024
- Tsie, M. E., Ntuli, F., & Lekgoba, T. (2020). *Effectiveness of using milled moringa oleifera seeds as a natural coagulant in waste water treatment*. Test Engineering and Management, 82(5682), 5686–5690. <http://www.testmagazine.biz/index.php/testmagazine/article/view/1728>, diakses pada 20 Januari 2024
- WHO. (2017). *Water Pollution: Definition, Causes, Effects, Prevention*. <https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/water-sanitation-hygiene-wash/>, diakses pada 20 Januari 2024
- Wigunarti, A. H., Pujiyanto, S., & Suprihadi, A. (2019). *Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Biji Kelor (Moringa oleifera L.) Terhadap Pertumbuhan Bakteri Staphylococcus aureus dan Bakteri Escherichia coli*. Berkala Bioteknologi, 2(2), 5–12. <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/bb/article/view/6712>, diakses pada 20 Januari 2024
- Yahya, L. D. N. (2020). *Studi Penyediaan Air Bersih Di Desa Bulotalangi Timur Kecamatan Bulango Timur Kabupaten Bone Bolango*. RADIAL : Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa Dan Teknologi, 7(2), 136–152. <https://doi.org/10.37971/radial.v7i2.190>, diakses pada 20 Januari 2024
- Yulianto, B., & Darjati. (2017). *Bahan Ajar Kesehatan Lingkungan Fisika Lingkungan*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

## **SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS KARYA**

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : Agung Syamsuddin  
NIM/NIP : PO.71.4.221.20.1.045  
Tempat/Tanggal Lahir : Makassar, 10 Agustus 2002  
Fakultas/Universitas : Poltekkes Kemenkes Makassar  
Alamat Rumah : BTN Ujung Bulu Permai Blok A5 No. 7, Kab. Bulukumba,  
Provinsi Sulawesi Selatan

adalah benar hasil karya saya sendiri. Saya menyatakan bahwa:

1. Karya ilmiah ini tidak mengandung materi yang telah dipublikasikan oleh orang lain sebagai karya saya sendiri.
2. Karya ilmiah ini tidak mengandung sebagian atau seluruh karya orang lain yang telah saya ambil dan saya nyatakan sebagai karya saya sendiri.
3. Semua sumber referensi yang saya gunakan dalam karya ilmiah ini telah saya akui dan saya sebutkan dengan benar sesuai dengan kaidah ilmiah yang berlaku.

Demikianlah pernyataan ini dibuat dalam keadaan sadar dan tanpa ada unsur paksaan dari siapapun. Apabila di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Makassar, 20 Mei 2024  
Yang menyatakan,

Agung Syamsuddin  
NIM PO.71.4.221.20.1.045