

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Gambaran Umum Lokasi

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium kimia Prodi Sanitasi . Bahan yang digunakan yaitu, bubuk biji kelor yang dimanfaatkan untuk menurunkan kadar besi (Fe) dan nitrit (NO₂) pada air Kali Dendeng di wilayah Kelurahan manutapen Kota Kupang.

2. Hasil penelitian

Hasil penelitian penurunan kadar besi (Fe) dan nitrit (NO₂) dengan bubuk biji kelor dengan variasi dosis untuk besi (Fe) 2g, 2,5g, 3g, 3,5g, 4g dan variasi dosis untuk Nitrit (NO₂) 100mg, 300mg, 500mg, 700mg, dan 900mg dalam menurunkan besi dan nitrit air Kali Dendeng dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

- a. Tingkat besi dan nitrit awal Kali Dendeng sebelum penambahan biji kelor.

Tingkat besi (Fe) dan nitrit (NO₂) awal Kali Dendeng sebelum penambahan biji kelor dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3**Hasil Pemeriksaan Angka Besi Dan Nitrit Awal Sebelum Penambahan Biji Kelor**

No	Jenis Pemeriksaan	Kandungan sebelum Perlakuan (mg/L)	Standar Baku Mutu	Keterangan
1	Besi (Fe)	0,62	0,3 mg	Tidak Memenuhi Syarat
2	Nitrit (NO ₂)	3,67	3 mg	Tidak Memenuhi Syarat

Sumber: *Data Primer, 2025*

Berdasarkan tabel 3 diperoleh angka kadar besi (Fe) dan nitrit (NO₂) air Kali Dendeng yang di uji sebelum perlakuan sebesar 0,62 dan 3,67 mg/L.

- b. Tingkat besi (Fe) air Kali Dendeng sesudah penambahan biji kelor
- Tingkat besi (Fe) Kali Dendeng sesudah penambahan biji kelor dengan dosis 2 g/L, 2,5 g/L, 3 g/L, 3,5 g/L dan 4 g/L dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4**Hasil Pemeriksaan Kadar Besi (Fe) Air Kali Dendeng Setelah Penambahan Biji Kelor**

Dosis	Perlakuan 1 (mg/L)	Perlakuan 2 (mg/L)	Perlakuan 3 (mg/L)	Rata-rata kadar besi (Fe) (mg/L)
2 g/L	0.16	0.17	0.16	0.16
2,5 g/L	0.23	0.18	0.23	0.21
3 g/L	0.24	0.27	0.27	0.26
3,5 g/L	0.29	0.3	0.28	0.29
4 g/L	0.3	0.33	0.35	0.33

Sumber: *Data Primer, 2025*

Berdasarkan tabel 4 diatas rata – rata penurunan angka kadar besi (Fe) air Kali Dendeng sesudah perlakuan dengan penambahan

biji kelor dengan dosis 2 g adalah 0,16 mg/L , rata – rata penurunan angka kadar besi (Fe) air Kali Dendeng sesudah perlakuan dengan penambahan biji kelor dengan dosis 2,5 g adalah 0,21 mg/L, rata – rata penurunan angka kadar besi (Fe) dan air Kali Dendeng sesudah perlakuan dengan penambahan biji kelor dengan dosis 3 g adalah 0,26 mg/L, rata – rata penurunan angka besi dan air Kali Dendeng sesudah perlakuan dengan penambahan biji kelor dengan dosis 3,5 g adalah 0,29 mg/L, dan rata – rata penurunan angka kadar besi (Fe) dan air Kali Dendeng sesudah perlakuan dengan penambahan biji kelor dengan dosis 4 g adalah 0,33 mg/L.

- c. Tingkat kadar Nitrit (NO_2) air Kali Dendeng sesudah penambahan biji kelor

Tingkat kadar nitrit (NO_2) air Kali Dendeng sesudah penambahan biji kelor dengan dosis 100 mg, 300 mg, 500 mg, 700 mg, dan 900mg dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5
Hasil Pemeriksaan Kadar Nitrit (NO_2) Air Kali Dendeng Setelah Penambahan Biji Kelor

Dosis	Perlakuan 1 (mg/L)	Perlakuan 2 (mg/L)	Perlakuan 3 (mg/L)	Rata-rata kadar nitrit (NO_2) (mg/L)
100 mg/L	0.48	0.15	0.09	0.24
300 mg/L	0.86	0.95	0.98	0.93
500mg/L	0.99	1.03	1.01	1.01
700 mg/L	1.03	1.04	1.02	1.03
900 mg/L	1.12	1.08	1.07	1.09

Sumber: *Data Primer, 2025*

Berdasarkan tabel 5 diatas rata – rata penurunan angka kadar nitrit (NO_2) air Kali Dendeng sesudah perlakuan dengan penambahan biji kelor dengan dosis 100 mg adalah 0,24 mg/L , rata – rata penurunan angka kadar nitrit (NO_2) air Kali Dendeng sesudah perlakuan dengan penambahan biji kelor dengan dosis 300 mg adalah 0,93 mg/L, rata – rata penurunan angka kadar nitrit (NO_2) dan air Kali Dendeng sesudah perlakuan dengan penambahan biji kelor dengan dosis 500 mg adalah 1,01 mg/L, rata – rata penurunan kadar nitrit (NO_2) air Kali Dendeng sesudah perlakuan dengan penambahan biji kelor dengan dosis 700 mg adalah 1,03 mg/L, Dan rata – rata penurunan angka nitrit (NO_2) air Kali Dendeng sesudah perlakuan dengan penambahan biji kelor dengan dosis 900 mg adalah 1,09 mg/L.

- d. Efektivitas penurunan angka besi (Fe) air Kali Dendeng dengan perlakuan menggunakan bubuk biji kelor

Efektivitas penurunan angka besi (Fe) air Kali Dendeng dengan perlakuan menggunakan bubuk biji kelor dengan dosis 2 g/ltr air, 2,5 g/ltr air, 3 g/ltr, 3,5 g/ltr air, dan 4 g/ltr air dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6

Hasil Efektivitas Penurunan Angka Besi (Fe) Air Dengan Perlakuan Menggunakan Biji Kelor

dosis (g/L)	pretest (mg/L)	posttest (mg/L)	Efektivitas (%)	baku mutu (mg/L)
2	0.62	0.16	74	$\leq 0,3$
2,5	0.62	0.21	66	$\leq 0,3$
3	0.62	0.26	58	$\leq 0,3$
3,5	0.62	0.29	53	$\leq 0,3$
4	0.62	0.33	47	$\leq 0,3$

Sumber: Data Primer, 2025

Berdasarkan tabel 6 diatas efektivitas perlakuan bubuk biji kelor dengan dosis 2 g/ltr air diperoleh efektivitas penurunan angka besi (Fe) sebesar 74%, perlakuan bubuk biji kelor dengan dosis 2,5 g/ltr air di peroleh efektivitas penurunan angka besi (Fe) sebesar 66%, perlakuan bubuk biji kelor dengan dosis 3 g/ltr air di peroleh efektivitas penurunan angka besi (Fe) sebesar 58%, perlakuan bubuk biji kelor dengan dosis 3,5 g/ltr air di peroleh efektivitas penurunan angka besi (Fe) sebesar 53%, perlakuan bubuk biji kelor dengan dosis 4 g/ltr air di peroleh efektivitas penurunan angka besi (Fe) sebesar 47%

- e. Efektivitas penurunan nitrit (NO_2) air Kali Dendeng dengan perlakuan menggunakan bubuk biji kelor

Efektivitas penurunan angka nitrit (NO_2) air Kali Dendeng dengan perlakuan menggunakan bubuk biji kelor dengan dosis 100 mg/ltr air, 300 mg/ltr air, 500 mg/ltr air, 700 mg/ltr air, 900 mg/ltr air dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7

**Hasil Efektivitas Penurunan Angka Nitrit (NO_2) Air
Dengan Perlakuan Menggunakan Biji Kelor**

dosis (mg/L)	pretest (mg/L)	posttest (mg/L)	Efektivitas (%)	baku mutu (mg/L)
100	3.67	0.24	93	≤ 3
300	3.67	0.93	75	≤ 3
500	3.67	1.01	72	≤ 3
700	3.67	1.03	72	≤ 3
900	3.67	1.09	70	≤ 3

Sumber: Data Primer, 2025

Berdasarkan tabel 7 diatas efektivitas perlakuan bubuk biji kelor dengan dosis 100 mg/ltr air di peroleh efektivitas penurunan angka nitrit (NO_2) sebesar 93%, perlakuan bubuk biji kelor dengan dosis 300 mg/ltr air di peroleh efektivitas penurunan angka nitrit (NO_2) sebesar 75%, perlakuan bubuk biji kelor dengan dosis 500 mg/ltr air di peroleh efektivitas penurunan angka nitrit (NO_2) sebesar 72%, perlakuan bubuk biji kelor dengan dosis 700 mg/ltr air di peroleh efektivitas penurunan angka nitrit (NO_2) sebesar 72%, perlakuan bubuk biji kelor dengan dosis 900 mg/ltr air di peroleh efektivitas penurunan angka nitrit (NO_2) sebesar 70%

B. Pembahasan

Air bersih harus memenuhi kriteria tertentu agar aman digunakan oleh manusia. Secara fisik, air harus jernih, tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa. Secara kimia, air tidak boleh mengandung zat-zat berbahaya seperti logam berat atau bahan kimia beracun dalam konsentrasi yang melebihi batas yang ditetapkan (Kementerian Kesehatan, 2023, h.4).

Standar menurut Permenkes No 2 Tahun 2023 Tentang Peraturan Pelaksana Peraturan Pemerintah No 66 tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan yaitu (Kementerian Kesehatan, 2023, h.4) :

- a. Air dalam keadaan terlindungi dari sumber pencemaran binatang pembawa penyakit dari tempat perkembangbiakan vektor
- b. Aman dari kemungkinan terkontaminasi.

- c. Perlakuan, pewadahan dan penyajian untuk air minum harus memenuhi prinsip higiene dan sanitasi.

Biji kelor (*Moringa oleifera*) telah dikenal sebagai salah satu bahan alami yang efektif dalam perlakuan air. Kandungan protein bermuatan positif dalam biji kelor memiliki sifat koagulasi yang mampu mengikat ion negative dalam air dan partikel kotoran kotoran dalam air sehingga membentuk endapan yang dapat dengan mudah dipisahkan (Suganda, 2021, h.24).

Hasil penelitian Uji efektivitas serbuk biji kelor (*Moringa oleifera*) untuk menurunkan kadar besi dan nitrit pada air Kali Dendeng di Kelurahan Manutapen Kota Kupang Tahun 2025 dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Besi (Fe)

Air Kali Dendeng sebelum perlakuan memiliki kadar besi (Fe) sebesar 0,62 mg/L, melebihi ambang batas maksimum 0,3 mg/L yang ditetapkan dalam Permenkes No. 2 Tahun 2023. Angka ini menunjukkan bahwa air Kali Dendeng tergolong tercemar dan tidak aman untuk dikonsumsi tanpa pengolahan (Kementrian Kesehatan, 2013).

Kandungan besi (Fe) tinggi dalam air umumnya berasal dari pelarutan batuan mineral, korosi pipa logam, serta pembuangan limbah rumah tangga dan industri logam. Di sungai seperti Kali

Dendeng, kontribusi pencemaran juga diperkuat oleh sedimentasi dan aktivitas manusia di sepanjang bantaran sungai (Rozari, 2017).

Paparan besi (Fe) yang berlebihan dapat menyebabkan gangguan pencernaan seperti diare, mual, dan muntah, serta menimbulkan iritasi kulit dan pewarnaan air yang mengganggu (Paradila et al., 2022).

Dalam jangka panjang, kelebihan zat besi (Fe) dapat menyebabkan akumulasi dalam hati dan pankreas, berpotensi menimbulkan kondisi *secondary hemocromatosis* atau kondisi kelebihan zat besi (Fe) dalam tubuh akibat penyakit hati kronis. (WHO, 2011). Selain itu, beberapa penelitian juga mengaitkan kadar besi (Fe) tinggi dengan peningkatan resiko kerusakan otak akibat deposisi logam berat dalam jaringan saraf (Kabede et al., 2022).

Setelah diberikan perlakuan serbuk biji kelor dosis 2 g/L, kadar besi (Fe) turun menjadi 0,16 mg/L, dengan efektivitas penurunan mencapai 74%. Hal ini menunjukkan bahwa dosis tersebut merupakan yang paling optimal dibandingkan dengan dosis lebih tinggi seperti 3,5 g/L atau 4g/L yang justru mengalami penurunan efektivitas

Efektivitas biji kelor disebabkan oleh kandungan protein kationik yang berfungsi sebagai koagulan alami dengan cara menetralkan partikel bermuatan negatif seperti ion logam. Proses ini

menyebabkan penggumpalan dan pengendapan partikel logam, sehingga kadar besi (Fe) dalam air dapat dikurangi secara signifikan.

Penelitian Ali . (2020) mendukung hasil ini, di mana biji kelor menurunkan kadar besi (Fe) pada sungai tercemar di Nigeria hingga 80%. Namun, efektivitas menurun pada dosis yang terlalu tinggi akibat fenomena saturasi muatan, di mana partikel tidak mampu lagi mengikat ion besi (Fe) tambahan (Nour et al., 2016).

Penerapan teknologi sederhana ini dapat dilakukan di tingkat rumah tangga. Masyarakat hanya perlu menyiapkan biji kelor kering, menumbuk menjadi serbuk, lalu mencampurnya ke air dengan dosis tepat. Proses ini bisa menjadi solusi pengolahan air murah dan alami bagi masyarakat yang belum memiliki akses air bersih (Jayadipraja et al., 2024).

2. Nitrit (NO_2)

Sebelum perlakuan, kadar nitrit (NO_2) di Kali Dendeng mencapai 3,67 mg/L, yang melebihi ambang batas aman menurut Permenkes yaitu 3 mg/L. Kadar ini menandakan adanya kontaminasi dari limbah rumah tangga, limbah organik, dan proses biokimia dari dekomposisi bahan nitrogen (Kementerian Kesehatan, 2023).

Nitrit (NO_2) dihasilkan dari aktivitas bakteri nitrifikasi dan denitrifikasi yang mengubah amonia menjadi nitrit (NO_2) dan kemudian menjadi nitrat. Keberadaan nitrit (NO_2) menandakan

bahwa proses dekomposisi dalam badan air sangat aktif, biasanya karena tingginya beban bahan organik (Nadhila & Nuzlia, 2021).

Dampak utama dari konsumsi air yang mengandung nitrit (NO_2) adalah *methemoglobinemia* atau *blue baby syndrome*, terutama pada bayi di bawah 6 bulan. Kondisi ini menyebabkan terganggunya kemampuan darah dalam membawa oksigen, sehingga kulit tampak kebiruan dan bayi mengalami sesak napas (WHO, 2011). Pada orang dewasa, nitrit (NO_2) dapat menyebabkan diare berdarah, kejang, dan bahkan kematian pada paparan akut (Rakhmawati et al., 2025).

Paparan kronis Nitrit (NO_2) juga berbahaya karena nitrit (NO_2) dapat bereaksi dengan amina dalam tubuh membentuk nitrosamin, senyawa penyebab kanker lambung dan usus (Koul et al., 2022). Selain itu, beberapa studi menghubungkan nitrit tinggi dalam air dengan peningkatan kasus anemia dan gangguan sistem kekebalan tubuh (Kabede et al., 2022).

Perlakuan menggunakan serbuk biji kelor dosis 100 mg/L mampu menurunkan kadar nitrit (NO_2) menjadi 0,24 mg/L, dengan efektivitas sebesar 93%. Ini menunjukkan bahwa biji kelor sangat efektif sebagai agen penurun nitrit (NO_2) jika digunakan pada dosis optimal.

Mekanisme penurunan nitrit (NO_2) oleh biji kelor terjadi melalui adsorpsi atau penyerapan dan pertukaran ion pada

permukaan protein kationik yang terkandung dalam biji (Mali et al., 2023). Selain itu, adanya gugus fungsional dari ion-ion hidroksida (-OH) dan asam alkanoat (-COOH) membantu menarik ion nitrit (NO_2) bermuatan negatif secara elektrostatik (Koul et al., 2022).

Penurunan efektivitas pada dosis lebih tinggi seperti 700 mg/L atau 900 mg/L disebabkan oleh fenomena pembalikan muatan (*Charge reversal*), di mana jumlah koagulan berlebih justru menyebabkan partikel kembali menyebar dan gagal mengendap (Shabaa & Mohanad., 2021).

Penggunaan biji kelor untuk menurunkan nitrit (NO_2) dalam air dapat menjadi alternatif teknologi tepat guna di wilayah pinggiran atau desa tanpa instalasi pengolahan air. Prosesnya sederhana, tidak membutuhkan bahan kimia berbahaya, dan bisa diintegrasikan dalam edukasi masyarakat oleh kader sanitasi (Jayadipraja et al., 2024)