

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Teori

1. Siklus Nitrogen

Nitrogen adalah unsur yang melimpah di atmosfer dan memiliki peran penting dalam kehidupan tumbuhan. Unsur ini hadir dalam berbagai senyawa yang membentuk struktur tumbuhan dan protein (Titania dkk, 2017).

Nitrogen adalah unsur yang memiliki peran sangat signifikan dalam berbagai tahapan kehidupan di Bumi., menjadi elemen utama dalam sintesis semua asam amino yang diperlukan untuk pembentukan protein, suatu unsur esensial untuk pertumbuhan. Siklus nitrogen, yang mencakup perpindahan nitrogen dari atmosfer ke bumi, berlangsung secara berkelanjutan. Siklus ini memfasilitasi transformasi nitrogen dari satu bentuk kimia ke bentuk lainnya. Nitrogen memainkan peran kunci dalam kelangsungan hidup makhluk hidup di Bumi, dan ketika siklus nitrogen terganggu, dapat mengakibatkan ketersediaan nitrogen yang berdampak pada keseluruhan ekosistem dan makhluk hidup di planet ini (Urry et al, 2021).

Siklus nitrogen merupakan rangkaian langkah-langkah di mana senyawa yang mengandung nitrogen mengalami perubahan menjadi berbagai bentuk kimia yang berbeda melalui serangkaian transformasi. Proses siklus nitrogen melibatkan transformasi senyawa nitrogen menjadi berbagai bentuk kimia, bisa terjadi melalui mekanisme biologis maupun non-biologis. beberapa langkah dalam siklus nitrogen melibatkan fiksasi nitrogen, mineralisasi, nitrifikasi, dan denitrifikasi.

2. Proses Siklus Nitrogen

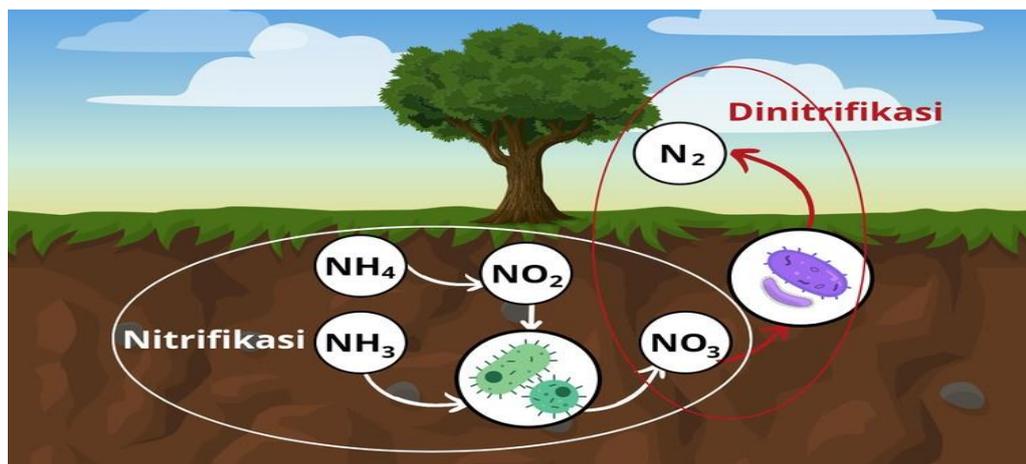
a. Fiksasi

Melalui proses fiksasi, nitrogen dari udara diubah menjadi amonia, dan mikroorganisme yang berperan dalam proses ini disebut Diazotrof. Bakteri tersebut umumnya dilengkapi dengan enzim nitrogenase yang memiliki kemampuan untuk mengombinasikan nitrogen dengan hidrogen. Diazotrof dapat membentuk simbiosis dengan tanaman kacang-kacangan atau hidup secara independen, memungkinkan mereka mengubah nitrogen menjadi bentuk

organik yang lebih mudah diakses. Beberapa jenis bakteri yang memiliki kemampuan fiksasi nitrogen mencakup *Azotobacteraceae*, *Cyanobacteria*, *Clostridium*, *Frankia*, dan *Rhizonia*.

b. Nitrifikasi

Proses nitrifikasi melibatkan serangkaian langkah dimana amonium mengalami konversi menjadi nitrat, yang dilakukan oleh bakteri yang tinggal di dalam tanah, bersama dengan bakteri nitrifikasi lainnya. Proses ini terdiri dari beberapa langkah utama, dimulai dengan oksidasi amonium oleh bakteri *Nitrosomonas, sp*, yang mengubahnya menjadi nitrit. Di sisi lain, bakteri seperti *Nitrobacter* berperan dalam mengoksidasi nitrit menjadi nitrat. Transformasi nitrit menjadi nitrat memiliki peran yang signifikan, terutama karena nitrit dapat menjadi racun bagi tanaman.



Sumber : [kompas.com/silmi nurul utami](http://kompas.com/silmi_nurul_utami)

Gambar 2.1. Siklus Nitrogen

c. Asimilasi

Proses asimilasi merupakan fase di mana seluruh tumbuhan menyerap nitrogen dari tanah melalui akarnya, mengambilnya dalam bentuk ion nitrat atau ion amonium. Perubahan ion nitrit menjadi ion amonium dilakukan untuk meningkatkan efisiensi penyerapan nitrat. Setelah itu, Ion amonium ini disatukan ke dalam asam nukleat, asam amino, dan klorofil. Pada beberapa jenis tumbuhan yang mengalami simbiosis dengan rhizobia, nitrogen diassimilasi secara langsung menjadi ion amonium di nodul (bintil akar).

d. Amonifikasi

Amonifikasi adalah suatu proses di mana sisa-sisa tanaman dan limbah diuraikan oleh organisme, menghasilkan amonia yang dikenal sebagai amonifikasi. Mikroorganisme yang terdapat dalam tanah memainkan peran penting dalam menguraikan bahan organik yang telah mati, mengubahnya menjadi energi, dan menghasilkan amonia bersama dengan senyawa dasar lain sebagai produk sampingan. Amonia yang terbentuk dalam tanah kemudian tetap ada dalam bentuk ion ammonium (Sodhi G.S, 2019).

3. Nitrat

Nitrat merupakan senyawa kimia yang terdiri dari ion nitrat (NO_3^-) dan kation (seperti ion logam atau ion hidrogen). Senyawa ini sering ditemukan dalam bentuk garam atau ester. Nitrat terbentuk oleh hasil oksidasi dari ammonium (NH_4) dengan bantuan bakteri nitrifikasi. Nitrat banyak digunakan dalam berbagai bidang, termasuk:

- a) Pertanian: Sebagai pupuk untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman karena mengandung nitrogen yang diperlukan untuk sintesis protein dan proses fotosintesis.
- b) Kesehatan: Digunakan dalam pengobatan angina pectoris (nyeri dada akibat penyakit jantung) dengan melebarkan pembuluh darah.
- c) Industri: Digunakan dalam pembuatan bahan peledak, seperti amonium nitrat.
- d) Pengawetan Makanan: Sebagai bahan pengawet untuk daging dan produk makanan lainnya.

Nitrat dapat ditemukan secara alami dalam tanah dan air, serta dihasilkan dari proses dekomposisi bahan organik. Namun, konsentrasi nitrat yang terlalu tinggi dalam air minum dapat menjadi masalah kesehatan, terutama bagi bayi, karena dapat menyebabkan kondisi yang disebut methemoglobinemia atau "blue baby syndrome. (Afidin, 2021)

Nitrat berasal dari ammonium yang masuk ke dalam perairan melalui limbah, dan kandungan nitrat dapat berkurang karena aktivitas mikroorganisme di dalam air. Mikroorganisme akan mengoksidasi ammonium menjadi nitrit, dan selanjutnya, bakteri akan mengubah nitrit menjadi nitrat. Proses oksidasi

tersebut dapat menyebabkan penurunan konsentrasi oksigen yang dapat larut dalam air. Nitrat dapat larut dengan mudah dalam air dan bersifat stabil. Meskipun nitrat memiliki peranan penting sebagai nutrisi bagi tanaman, peningkatan kadar nitrat yang berlebihan dapat menimbulkan masalah signifikan dalam kualitas air. Kandungan nitrat yang tinggi dapat mempercepat proses eutrofikasi dan menyebabkan pertumbuhan tanaman air yang berlebihan, yang berdampak pada tingkat oksigen terlarut, suhu, dan parameter lainnya (Tirta Hoetary dkk, 2021).

4. Nitrit

Nitrit adalah senyawa kimia yang terdiri dari ion nitrit (NO_2^-) dan kation. Seperti nitrat, nitrit juga bisa ditemukan dalam bentuk garam atau ester dan terbentuk melalui proses oksidasi ammonium dengan bantuan bakteri nitrifikasi. Beberapa karakteristik dan penggunaan nitrit adalah:

- a) Pengawetan Makanan: Nitrit sering digunakan sebagai pengawet dalam produk daging seperti sosis dan ham. Ia mencegah pertumbuhan bakteri *Clostridium botulinum*, yang dapat menyebabkan botulisme.
- b) Kesehatan: Dalam tubuh manusia, nitrit dapat membantu memperlambat pembuluh darah dan meningkatkan aliran darah. Beberapa obat untuk angina pectoris mengandung nitrit.
- c) Proses Biologis: Nitrit adalah bagian penting dari siklus nitrogen dalam lingkungan, di mana ia diubah menjadi nitrat oleh bakteri nitrifikasi atau diubah kembali menjadi nitrogen gas oleh bakteri denitrifikasi.
- d) Industri: Digunakan dalam proses pemutihan dan pewarnaan tekstil, serta dalam beberapa aplikasi kimia lainnya.

Namun, konsentrasi nitrit yang tinggi dapat berbahaya bagi kesehatan. Jika dikonsumsi dalam jumlah besar, nitrit dapat menyebabkan keracunan dan masalah kesehatan lainnya, seperti methemoglobinemia, terutama pada bayi.

Selain itu, nitrit juga dapat bereaksi dengan amina dalam makanan untuk membentuk nitrosamin, yang diketahui sebagai karsinogen potensial. Oleh karena itu, penggunaannya dalam pengawetan makanan diatur secara ketat. (HR Talib, 2018)

5. Perbedaan Nitrat dan Nitrit

Nitrat (NO_3^-) dan nitrit (NO_2^-) adalah dua senyawa nitrogen yang memiliki perbedaan struktural dan fungsi dalam lingkungan dan biologi. Berikut adalah beberapa perbedaan utama antara nitrat dan nitrit:

1. Struktur Kimia:

- Nitrat (NO_3^-): Ion nitrat memiliki tiga atom oksigen yang terikat pada satu atom nitrogen.
- Nitrit (NO_2^-): Ion nitrit memiliki dua atom oksigen yang terikat pada satu atom nitrogen.

2. Jumlah Oksigen:

- Nitrat: Memiliki tiga atom oksigen.
- Nitrit: Memiliki dua atom oksigen. (Gunnars.2018)

3. Oksidasi Nitrogen:

- Nitrat: Merupakan bentuk oksidasi tertinggi dari nitrogen.
- Nitrit: Merupakan bentuk oksidasi lebih rendah dari nitrogen dibandingkan dengan nitrat.

4. Peran dalam Lingkungan:

- Nitrat: Biasanya merupakan bentuk nitrogen yang paling umum di tanah dan air. Nitrat dapat diserap oleh tanaman sebagai sumber nitrogen.
- Nitrit: Lebih jarang ditemukan dalam lingkungan alami dibandingkan dengan nitrat. Nitrit dapat menjadi intermediate dalam siklus nitrogen di lingkungan, tetapi juga dapat menjadi toksik jika konsentrasinya terlalu tinggi.

5. Peran dalam Biologi:

- Nitrat: Dalam konteks biologi, nitrat dapat digunakan oleh tanaman sebagai sumber nitrogen untuk sintesis protein dan pertumbuhan.
- Nitrit: Dalam beberapa kondisi, bakteri nitrifikasi dapat mengubah nitrit menjadi nitrat dalam siklus nitrogen. (LY Stein. 2016)

Nitrat (NO_3^-) dan nitrit (NO_2^-) adalah senyawa anorganik. Mereka adalah ion yang terbentuk dari nitrogen dan oksigen, dalam konteks kimia

anorganik, senyawa ini tidak memiliki ikatan karbon-hidrogen (C-H), yang merupakan ciri khas senyawa organik.

Dalam ringkasan, meskipun nitrat dan nitrit memiliki kesamaan dalam struktur kimia, peran mereka dalam lingkungan, biologi, dan dampak pada kesehatan dapat sangat berbeda. Nitrat umumnya dianggap lebih stabil dan kurang berbahaya dibandingkan dengan nitrit dalam konteks penggunaan lingkungan dan biologis.

6. Pengambilan dan Pengawetan Sampel Air

Pengambilan sampel air, atau water sampling, merupakan komponen integral dari sistem pengukuran kualitas air yang tidak dapat dipisahkan. Bertujuan untuk memperoleh data kualitas air yang akurat dan valid. Untuk memastikan keakuratan dan validitas hasil pengukuran, proses pengambilan sampel harus dilakukan dengan cermat dan representatif:

- a. Sampel air yang mewakili
- b. Metode analisis menggunakan tingkat akurasi dan presisi yang dapat diterima.
- c. Peralatan/instrumentasi wajib dikalibrasi sebelum digunakan
- d. Sumber daya manusia (analisis atau laboran) yang kompeten di bidangnya.

Contoh air yang representatif mengacu pada sampel air yang memiliki komposisi yang serupa dengan badan air yang akan dinilai kualitasnya, seperti sungai, waduk, laut, sumur, dan sejenisnya. Jika sampel air yang akan dianalisis mengalami perubahan karakteristik dari badan air asalnya, hasil analisis di laboratorium dapat menghasilkan data yang tidak mencerminkan kualitas sebenarnya dari badan air tersebut. Kesalahan ini dapat memengaruhi penilaian tentang kualitas air dan berpotensi berdampak pada pengelolaan sumber daya air. Sebagai konsekuensinya, data yang diperoleh menjadi tidak representatif, dan kondisi ini dapat menyebabkan kesalahan dalam mengevaluasi kualitas badan air tersebut. Kesalahan ini selanjutnya dapat memiliki dampak lebih lanjut, seperti kesalahan dalam merumuskan kebijakan untuk pengelolaan kualitas air.

Maksud dari pengambilan sampel air adalah untuk mengumpulkan sejumlah air dari suatu badan air yang sedang diuji kualitasnya, dengan meminimalkan volumenya namun tetap mempertahankan karakteristik dan komposisi yang sama

dengan badan air tersebut. Untuk memastikan representativitas sampel air, beberapa persyaratan perlu dipenuhi, antara lain:

- a. Penetapan lokasi yang sesuai
- b. Metode pengambilan sampel yang tepat
- c. Proses pengawetan sampel yang sesuai (APHA,2017)

Pengawetan sampel air melibatkan serangkaian langkah-langkah yang diimplementasikan pada sampel air untuk memastikan bahwa kualitas air tetap konstan selama transportasi dari tempat pengambilan sampel ke laboratorium dan selama penyimpanan di laboratorium sebelum proses analisis dilakukan.

Pengawetan dapat diterapkan melalui metode fisika, kimia, atau kombinasi keduanya. Pendekatan fisika melibatkan pendinginan sampel pada suhu sekitar $30 \pm 3^{\circ}\text{C}$, dengan menutup wadah sampel dengan rapat untuk mencegah pengaruh dari udara luar. Pendekatan kimia melibatkan penambahan senyawa kimia khusus yang dapat menghambat aktivitas mikrobiologi atau mencegah terjadinya reaksi kimia yang tidak diinginkan.

Umumnya, beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dalam melakukan pengawetan sampel lingkungan termasuk:

- 1) Pengawetan sampel lingkungan dilakukan secara langsung dan cepat setelah pengambilan sampel.
- 2) Menghindari adanya percikan atau tumpahan asam, jika terpapar pada bagian tubuh, segera dibersihkan menggunakan air mengalir, atau larutan soda kue (NaHCO_3 5%) dan dinetralkan menggunakan ammonia (NH_4OH).
- 3) Bahan pengawet sebaiknya ditambahkan ke setiap wadah sampel menggunakan pipet atau botol tetes.
- 4) Bahan pengawet yang digunakan harus memiliki tingkat kemurnian tinggi, seperti reagen kualitas atau bahan kimia kelas tinggi.
- 5) Asam kuat atau basa kuat digunakan sebagai bahan pengawet, ketinggian menggunakannya usahakan di tempat yang terbuka. Apabila terjadi reaksi yang tidak umum, segera catat dalam catatan lapangan.
- 6) Setelah menambahkan bahan pengawet, diperlukan homogenisasi pada sampel lingkungan, dan penting untuk memeriksa pH-nya. Jika pH tidak sesuai dengan persyaratan, penambahan bahan pengawet dapat dilakukan sesuai

kebutuhan. Pastikan untuk mencatat nilai pH dan jumlah bahan pengawet yang ditambahkan.

- 7) Tambahkan bahan pengawet dengan hati-hati agar tidak mengurangi volume sampel oleh karena itu, sebaiknya gunakan bahan pengawet dalam bentuk pekat. Sebagai contoh, menambahkan asam nitrat pekat (HNO_3) sebanyak 1,5 mL hingga 5 mL per liter sampel dapat menyebabkan pH sampel kurang dari 2.
- 8) Jumlah bahan pengawet yang dicampurkan ke dalam sampel lingkungan sebaiknya disesuaikan dengan jumlah yang dimasukkan ke dalam blanko, yang berfungsi sebagai kontrol mutu di lapangan.
- 9) Semua bahan pengawet yang digunakan harus disimpan dengan hati-hati di dalam laboratorium, dengan memisahkannya berdasarkan sifat kimianya. Asam sebaiknya ditempatkan di dalam lemari yang didedikasikan khusus untuk asam, sedangkan pelarut disimpan dalam lemari yang sesuai untuk pelarut.
- 10) Semua bahan pengawet yang dibawa ke lokasi pengambilan sampel sebaiknya ditempatkan dalam wadah yang dapat mencegah potensi kebocoran atau tumpahan. Selain itu, disarankan agar wadah-wadah ini dipisahkan dari wadah sampel untuk mencegah kontaminasi. (Hadi, 2023)

Proses pengawetan juga bertujuan untuk mencegah perubahan fisik, kimia, dan biologis yang mungkin terjadi pada sampel air selama periode penyimpanan sebelum analisis. Beberapa parameter pemeriksaan air dapat terpengaruh oleh pengawetan. Berikut adalah beberapa pengaruh pengawetan pada pemeriksaan parameter air:

1. Pengaruh terhadap Parameter Kimia

a. pH dan Alkalinitas:

Penyimpanan yang tidak tepat dapat menyebabkan perubahan pH karena reaksi kimia yang berlangsung di dalam sampel. Misalnya, penurunan pH dapat terjadi karena aktivitas mikroorganisme yang menghasilkan asam.

Pengawetan menggunakan bahan kimia seperti asam (untuk menurunkan pH) atau alkali (untuk meningkatkan pH) diperlukan untuk menjaga kestabilan parameter ini.

b. Logam Berat:

Ion logam seperti besi, mangan, dan tembaga dapat mengendap atau teroksidasi jika sampel tidak diawetkan dengan benar. Penambahan asam nitrat (HNO_3) sering digunakan untuk mencegah pengendapan dan oksidasi logam berat.

c. Parameter Organik:

Senyawa organik dapat mengalami degradasi mikrobiologis jika tidak diawetkan. Penggunaan bahan pengawet seperti merkuri klorida (HgCl_2) atau penurunan suhu penyimpanan (pendinginan) dapat membantu mencegah degradasi ini.

2. Pengaruh terhadap Parameter Fisika

Pengawetan yang tidak tepat dapat menyebabkan partikel mengendap atau terdispersi kembali, mempengaruhi hasil pengukuran kekeruhan dan TSS.

3. Pengaruh terhadap Parameter Biologi

a. Bakteri dan Mikroorganisme Lainnya:

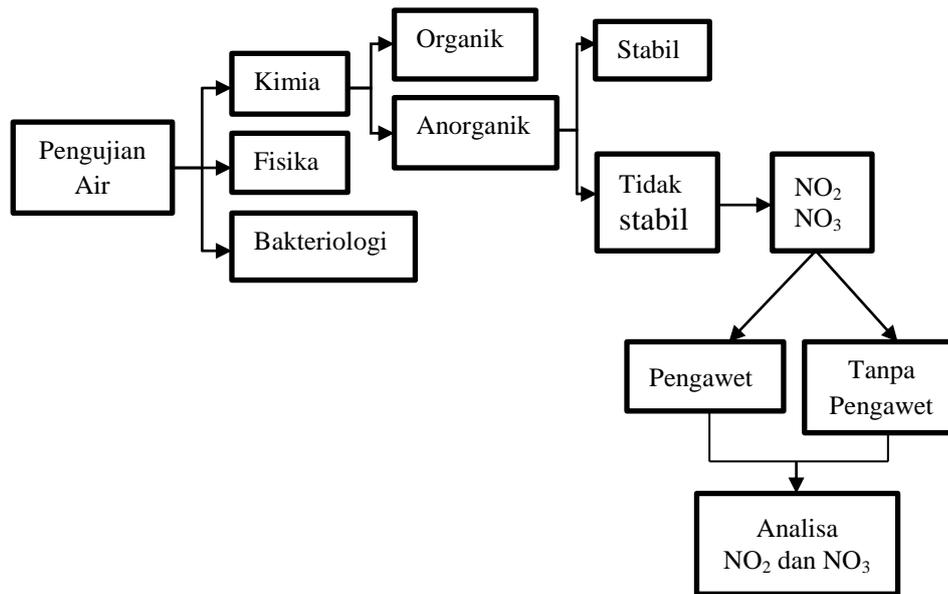
Aktivitas mikrobiologis dapat terus berlanjut dalam sampel yang tidak diawetkan, menghasilkan produk metabolik yang mengubah komposisi kimia sampel. Pengawetan dengan bahan kimia seperti asam borat atau pendinginan dapat menghambat aktivitas mikroorganisme.

b. BOD (Biochemical Oxygen Demand):

BOD merupakan parameter penting dalam menilai tingkat pencemaran organik dalam air. Pengawetan yang tidak memadai dapat menyebabkan peningkatan atau penurunan nilai BOD akibat aktivitas mikroorganisme selama penyimpanan. (Kianpoor, et al. 2019)

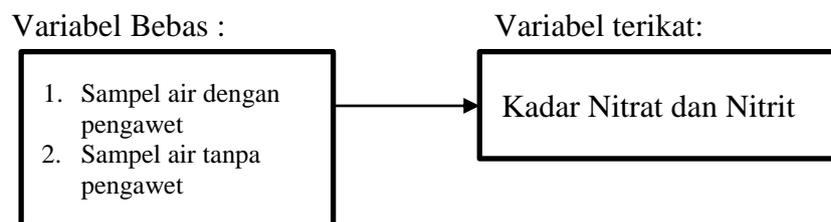
Menurut ketentuan dalam Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 tahun 2023 yang mengatur standar baku mutu kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air untuk keperluan higiene sanitasi, kolam renang, solus per aqua, dan pemandian umum, batas maksimum yang diizinkan untuk kandungan nitrat dalam air minum adalah 10 mg/L, sementara untuk nitrit adalah 1 mg/L.

B. Kerangka Teori



Gambar 2.2 Kerangka Teori

C. Kerangka Konsep



Gambar 2.3 Kerangka Konsep

D. Hipotesis

H_0 : Tidak ada pengaruh penambahan pengawet terhadap kadar Nitrat dan Nitrit

H_a : Ada pengaruh penambahan pengawet terhadap kadar Nitrat dan Nitrit