

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air

Air merupakan kebutuhan utama yang sangat penting bagi makhluk hidup dalam berbagai hal diantaranya, untuk kebutuhan rumah tangga, pertanian, perikanan, peternakan dan industri. Air memiliki sifat tidak berwarna, tidak berasa, serta tidak berbau dalam kondisi standar. Air merupakan suatu pelarut yang penting karena dapat melarutkan zat kimia seperti gula, garam, asam, dan beberapa jenis gas dan senyawa organik (Slamet, 2007).

Air memiliki perubahan suhu yang lambat, sifat ini merupakan penyebab air sebagai penyimpan panas yang baik, sehingga makhluk hidup terhindar dari ketegangan akibat perubahan suhu yang mendadak. Apabila air yang kita konsumsi tidak memenuhi persyaratan sebagai air bersih yang layak untuk dikonsumsi akan menyebabkan penyakit, karena kandungan berbahaya yang terdapat dalam air. Oleh karena itu air yang kita konsumsi setiap hari harus memenuhi persyaratan fisik, mikrobiologi, dan kimia sebagai air bersih.

Menurut undang-undang Republik Indonesia nomor 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup selanjutnya disingkat PPLH pada bab 1, pasal 1 ayat 14 disebutkan bahwa “Pencemaran lingkungan hidup adalah masuk atau dimasukannya makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam, sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan”

2.2 Penggolongan Air

Adapun penggolongan air menurut peruntukannya, yaitu : Air golongan A, adalah air yang dapat digunakan sebagai air minum secara langsung tanpa pengolahan lebih dulu; Air golongan B, adalah air yang dapat digunakan sebagai air baku air minum; Air golongan C, adalah air yang dapat digunakan untuk keperluan perikanan dan peternakan; Air golongan D, adalah air yang dapat digunakan untuk keperluan pertanian dan dapat dimanfaatkan untuk keperluan usaha perkotaan, industri, dan pembangkit listrik tenaga air (Achmad, 2004).

2.3 Pencemaran Air

Menurut Kristanto (2013), pencemaran air dapat diklasifikasikan menjadi :

a. Limbah Pertanian

Limbah pertanian mengandung polutan insektisida atau pupuk organik dan apabila masuk ke dalam sungai akan mengakibatkan kematian pada biota air yang hidup pada sungai tersebut dan apabila biota air tidak mati dan dikonsumsi oleh manusia atau hewan maka manusia atau hewan akan mengalami keracunan.

b. Limbah Rumah Tangga

Limbah rumah tangga dapat dijumpai berbagai material organik, material anorganik dan pencemar biologis. Material organik yang kemudian akan larut dalam air akan mengalami penguraian dan pembusukan sehingga akan mengakibatkan konsentrasi oksigen di dalam air akan menurun dan biota air mati.

c. Limbah Industri

Limbah industri bersumber dan cairan sisa industri yang dibuang ke sungai. Sehingga perlu dilakukan pengolahan limbah sebelum dibuang ke sungai.

2.4 Kategori Pencemaran Air

2.4.1 *Infectious Agents*

Bahan pencemar yang paling sering menyebabkan gangguan kesehatan manusia adalah mikroorganisme patogen. Penyakit-penyakit bawaan air umumnya disebabkan pencemar air yang berasal dari kategori ini. Sumber utama mikroorganisme patogen ini berasal dari *excreta* manusia dan hewan yang tidak dikelola dengan baik.

2.4.2 Zat-zat Pengikat Oksigen

Jumlah oksigen terlarut dalam air merupakan indikator yang baik untuk menentukan kualitas air dan kehidupan didalam air. Air dengan oksigen di atas 6 ppm dapat mendukung kehidupan ikan dan kehidupan air lainnya. Air dengan kandungan oksigen lebih kecil dari 2 ppm hanya mendukung kehidupan cacing dan mikroorganisme lainnya.

2.4.3 Unsur Hara

Beberapa unsur hara yang dapat mengakibatkan peningkatan produktivitas perairan yaitu fosfat dan nitrat.

2.4.4 Pencemar anorganik

Banyak pencemar anorganik seperti ion, garam, asam, dan basa dapat masuk ke air melalui proses alam ataupun sebagai akibat aktivitas manusia.

2.4.5 Zat Kimia Organik

Ribuan zat kimia organik digunakan didalam industri untuk membuat pestisida, plastik, produk farmasi, pigmen dan produk lain yang kita gunakan setiap hari (Mulia, 2005).

2.5 Nitrogen

Nitrogen dan senyawanya tersebar luas dalam biosfer. Lapisan atmosfer bumi mengandung sekitar 78% gas nitrogen. Pada tumbuhan dan hewan, senyawa nitrogen ditemukan sebagai penyusun protein dan klorofil. Meskipun ditemukan dalam jumlah yang melimpah dilapisan atmosfer, akan tetapi nitrogen tidak dapat dimanfaatkan oleh makhluk hidup secara langsung melainkan nitrogen harus mengalami fiksasi terlebih dahulu menjadi NH_3^- , NH_4^+ , dan NO_2^- (Effendi, 2003).

Nitrogen yang terdapat diperairan adalah nitrogen anorganik dan organik. Nitrogen anorganik terdiri dari (NH_3^+), ammonium (NH_4^+), nitrit (NO_2^-), nitrat (NO_3^-), dan molekul nitrogen (N_2) dalam bentuk gas. Nitrogen organik berupa protein, asam amino, dan urea. Bentuk-bentuk nitrogen tersebut mengalami transformasi sebagai bahan dari siklus nitrogen.

2.6 Nitrat

Nitrat (NO_3^-) adalah bentuk utama nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrient utama bagi pertumbuhan tanaman dan alga. Nitrat sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil. Senyawa ini dihasilkan dari proses oksidasi sempurna senyawa nitrogen di perairan. Nitrifikasi yang merupakan proses oksidasi ammonia menjadi nitrit dan nitrat adalah proses yang penting dalam siklus nitrogen dan berlangsung pada kondisi aerob. Nitrat menyebabkan

kualitas air menurun, menurunkan oksigen terlarut, penurunan populasi ikan, bau busuk, rasa tidak enak (Tresna, 2000)

Nitrat bagi kesehatan manusia terutama untuk bayi, menyebabkan kondisi yang dikenal sebagai methemoglobinemia, yang juga disebut "sindrom bayi biru". Air tanah yang digunakan untuk membuat susu bayi yang mengandung nitrat, saat nitrat masuk kedalam tubuh bayi nitrat dikonversikan dalam usus menjadi nitrit, yang kemudian berikatan dengan hemoglobin dan membentuk methemoglobin, yaitu penghambatan terhadap pengangkutan oksigen didalam aliran darah. Jika jumlah methemoglobin lebih dari 15% dari total hemoglobin maka akan terjadi suatu keadaan yang disebut sianosis. Sianosis merupakan suatu keadaan dimana seluruh jaringan manusia kekurangan oksigen, oleh karena itu dilakukan penurunan kadar nitrat dalam air (Tresna, 2000).

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor : 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Bersih telah ditetapkan bahwa kadar maksimum yang diperbolehkan untuk nitrat adalah sebesar 0,05 mg/l (Menkes,2010). Sedangkan menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 kadar maksimum Nitrat (NO_3^-) sebagai N dalam air bersih yang masih diperbolehkan adalah 0,05 mg/L.

2.6.1 Dampak Negatif dan Gangguan Nitrat Terhadap Kesehatan

Penggunaan air dengan kandungan nitrat yang tinggi, akan menimbulkan gangguan kesehatan seperti methemoglobin, yaitu penghambatan terhadap pengangkutan oksigen di dalam aliran darah terutama pada bayi keadaan ini

dikenal sebagai “*blue baby disease*” jika jumlah methamoglobin lebih dari 15% dari total hemoglobin maka akan terjadi suatu keadaan yang disebut sianosis. Sianosis merupakan suatu keadaan dimana seluruh jaringan manusia kekurangan oksigen (Soemirat, S. 2002).

Dampak negatif nitrat terhadap kesehatan sangat besar, nitrat seluruhnya diserap oleh tubuh dan nitrat secara menyeluruh diubah menjadi nitrit hasil reduksi bakteri, dimana reduksi ini terjadi di dalam tubuh termasuk perut (sistem pencernaan). Masalah kesehatan utama yang berkaitan dengan nitrat adalah pembentukan *methemoglobinemia* yang disebut sebagai sindrom bayi biru. Nitrat akan direduksi menjadi nitrit didalam lambung bayi, dan nitrit dapat mengoksidasi hemoglobin (Hb) menjadi methemoglobin (metHb) yang tidak mampu mentranspor oksigen ke seluruh tubuh (Ester, 2005).

Nitrat dalam jumlah besar dapat menyebabkan gangguan gastrointestinal antara lain diare campur darah, disusul oleh kejang, koma, dan bila tidak mendapatkan tindakan medis dapat menyebabkan depresi umum, sakit kepala, dan gangguan mental. Keracunan nitrat akut dan sub akut dapat menyebabkan *methemoglobinemia* yang berakibat pada pelebaran pembuluh darah (Rusman, 2013).

2.6.2 Penetapan Kadar Nitrat

2.6.2.1. Prinsip Penetapan Kadar Nitrat (NO_3^-)

Reaksi yang terjadi antara Nitrat dan Brusin akan menghasilkan warna kuning secara kolorimetri dapat dipakai untuk memperkirakan konsentrasi nitrat. Intensitas warna tersebut diukur pada kecepatan reaksi ion nitrat dengan

brusin ditentukan oleh jumlah panas yang dipindahkan. Panas diatur dengan penambahan reagen secara beruntun dengan selang waktu tertentu pada suhu yang telah diketahui.

2.6.2.2. Reaksi



Kuning

2.6.2.3. Pengganggu

- a) Oksidator maupun reduktor kuat.
- b) Bila ada sisa klor dinetralkan dengan sodium arsenit.
- c) Gangguan dari nitrit sampai 0,5 mg/L diatasi dengan asam sulfanilat.

2.7 TiO₂ yang Terimpregnasi ke dalam Zeolit ZSM-5

2.7.1 Zeolit ZSM-5 Terimpregnasi TiO₂

TiO₂ merupakan bahan semi konduktor yang memiliki aktivitas fotokatalis yang tinggi, stabil dan tidak beracun (Slamet dkk, 2003). Untuk memaksimalkan kerja TiO₂ dapat ditingkatkan dengan cara mengimpregnasikan TiO₂ ke dalam media pendukung seperti zeolit ZSM-5. Impregnasi adalah upaya yang dilakukan untuk memaksimalkan kerja dari TiO₂ yang dimanfaatkan sebagai katalis yakni dengan aktivasi dan memodifikasi zeolit dengan bahan pengemban logam aktif. Penelitian yang dilakukan oleh Agusty (2012) mengenai penggunaan TiO₂ terimpregnasi zeolit untuk mendegradasi zat warna congo red, TiO₂ 1 g diimpregnasi pada 20 g zeolit diperoleh hasil 81,66%. Penelitian ini diadopsi dari penelitian Agusty (2012), perbedaan dengan penelitian sebelumnya yaitu

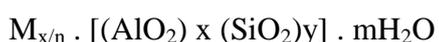
menggunakan zeolit dengan sampel congo red sedangkan penelitian ini menggunakan zeolit ZSM-5 dengan sampel air yang mengandung kadar nitrat.

2.7.2 Zeolit ZSM-5

Zeolit ZSM-5 mempunyai luas permukaan yang besar dan mempunyai saluran yang dapat menyaring ion atau molekul. Manfaat zeolit yaitu dapat sebagai penyaring molekul, penukaran ion, penyaring bahan, dan katalisator. Adsorpsi ZSM-5 dapat menyerap ion nitrat pada limbah cair memiliki sifat selektif yang tinggi (Mukaromah, 2015; Mundar, 2014). Setiap zeolit memiliki tingkat selektifitas pertukaran ion yang berbeda. Hal tersebut dipengaruhi oleh struktur terbentuknya zeolit yang mempengaruhi ukuran dari rongga yang terbentuk serta efek dari pengayakan zeolit, mobilitas kation yang diperlukan, efek medan listrik yang ditimbulkan kation serta difusi ion kedalam larutan energi hidrasi. Zeolit memiliki kapasitas penyerapan yang tinggi, disebabkan zeolit dapat memisahkan molekul – molekul berdasarkan dari ukuran dan konfigurasi dari molekul (Poerwadio dkk, 2004).

Zeolit dengan kadar Si tinggi Si/Al = 10 – 100 memiliki sifat yang tidak dapat diperkirakan terlebih dahulu, sangat higroskopis dan menyerap molekul non polar sehingga sangat baik digunakan sebagai katalisator asam untuk hidrokarbon.

Rumus yang menyatakan komposisi molekul zeolit yaitu :



Keterangan :

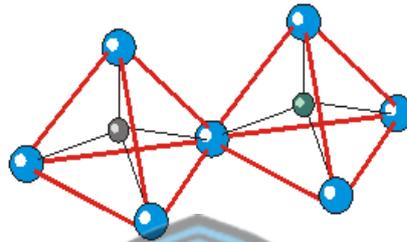
$M_{x/n}$ = Kation bervalensi n seperti Na, Mg dan Ca yang menempati posisi bagian luar kerangka

x, y, m = Bilangan tertentu

n = Bilangan yang menyatakan muatan ion logam

mH_2O = Jumlah mol air yang menempati posisi bagian luar kerangka.

Kerangka dasar struktur zeolit berupa tetrahedra empat atom O yang mengelilingi atom pusat silika atau atom pusat alumina.



Gambar 1. Tetrahedra alumina dan silika (TO_4) pada struktur zeolit (Laz, 2005)

2.7.3 Jenis Zeolit

Pada dasarnya saat ini terdapat dua macam zeolit, yaitu zeolit alam dan zeolit sintetik seperti zeolit ZSM-5.

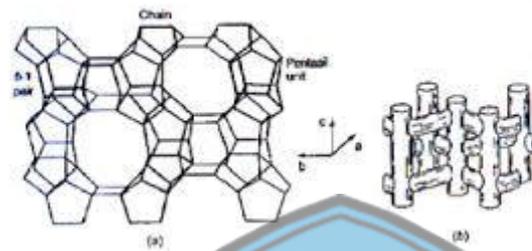
1. Zeolit alam

Zeolit alam merupakan bahan yang terbentuk dari hasil hidrasi alkali dengan struktur jaringan rangka terbuka dengan kemampuan menyerap dan melepaskan air dan pertukaran ion terhadap lingkungannya (Poerwadi, M.R., Zacob, A., Syamsudin, R., 2014). Sifat yang dimiliki oleh zeolit alam yaitu dehidrasi, adsorpsi, penukaran ion, katalisator, dan separator (Amelia, 2003).

2. Zeolit sintetik ZSM-5

Zeolit ZSM-5 (*Zeolite Secony Mobile-5*) pertama diproduksi pada tahun 1972 dengan hasil yang berupa padatan dengan diameter pori – pori sekitar 5 Angstrom. Dari perbandingan Si/Al sebagai salah satu parameter kristal zeolit yang pori – porinya selalu diatas 5. Zeolit ZSM-5 tergolong kedalam mineral aluminosilikat dengan rumus kimia $Na_n \cdot Al_n \cdot Si_{96-n} O_{192} 16H_2O$, dan terbentuk

dari beberapa unit pentasil yang membentuk rantai pentasil yang dihubungkan oleh oksigen. ZSM-5 memiliki pori sedang dengan unit sel orthombik yang ditentukan berdasarkan jumlah ring yang membentuk selektifitasnya, pori – porinya sekitar $5,1 \times 5,5^0$ A dan $5,4 \times 5,6^0$ A.



Gambar 2. (a). Kerangka ZSM-5.
(b). Struktur channel ZSM-5 (Mukaromah, A.H dkk, 2015).

2.7.4 Pengaktifan Mineral Zeolit

Pengaktifan dapat dilakukan secara fisika yaitu dengan pemanasan dan secara kimia yaitu dengan penambahan asam. Pengaktifan zeolit secara fisika berupa pemanasan zeolit untuk menghilangkan molekul air yang terperangkap dalam pori-pori zeolit sehingga luas permukaan pori-pori bertambah. Pemanasan dilakukan dalam oven biasa pada suhu $300-400^{\circ}\text{C}$ (untuk skala laboratorium). Pengaktifan secara kimia dilakukan dengan penambahan larutan asam H_2SO_4 atau basa NaOH dengan tujuan untuk membersihkan permukaan pori, membuang senyawa pengotor dan mengatur kembali letak atom yang dipertukarkan. Zeolit yang cocok untuk adsorben yaitu apabila diaktifkan akan memberikan rasio Si/Al yang tinggi (10-100). Zeolit dengan rasio Si/Al tinggi bersifat *hidrofob* (Sutarti, 1994).

Sembiring, dkk (1995) melakukan penelitian, hasil yang diperoleh yaitu pengaktifan zeolit dengan pemanasan menunjukkan bahwa pada suhu 200°C

sampai 300 °C daya serap zeolit meningkat tetapi bila suhu meningkat menjadi 400 °C daya serap zeolit menurun. Hal ini disebabkan karena pada pengaktifan dengan pemanasan, tujuannya adalah untuk mengeluarkan air yang terdapat di dalam rongga-rongga struktur zeolit sehingga larutan kation, gas ataupun molekul-molekul yang mempunyai ukuran yang lebih kecil dari diameter saluran dapat masuk ke bagian dalam rongga zeolit.

2.8 Fotokatalis TiO₂

Fotokatalis merupakan suatu proses kombinasi antara proses fotokimia dan katalis, yaitu proses sintesis secara kimiawi dengan melibatkan cahaya sebagai pemicu dan katalis sebagai pemercepat proses transformasi (Tristantini, 2009). Fotokatalis TiO₂ mampu menyerap radiasi menghasilkan radikal OH[•]. Radikal OH[•] merupakan oksidator kuat untuk purifikasi air dan udara serta antibakteri (Hoffman, 1997).

2.8.1 Manfaat Fotokatalis TiO₂

Fotokatalis titanium dioksida (TiO₂) dapat mempercepat proses fotodegradasi, karena TiO₂ mempunyai struktur semikonduktor yang dapat menyediakan elektron sehingga dapat meningkatkan reaksi fotoreduksi.

2.9 Titanium Doksida (TiO₂)

Titanium dioksida (TiO₂) atau titania merupakan material nanopartikel yang memiliki aplikasi sebagai material alternatif dalam berbagai aspek. Salah satunya telah digunakan sebagai suatu material anti bakteri alternatif untuk proses sterilisasi (Rilda dkk, 2010). Titanium dioksida juga merupakan material fotokatalis yang sering digunakan pada teknologi lingkungan, karena mempunyai

fotoaktivitas tinggi dan bersifat stabil pada paparan sinar UV (Aprilita dkk., 2008).

Titanium dioksida (TiO_2) merupakan senyawa yang berbentuk bubuk, berwarna putih atau hitam tergantung kemurniannya (Basri, 2005). Senyawa ini biasa digunakan sebagai pigmen pada cat tembok dan pada makanan. TiO_2 dapat berfungsi sebagai fotokatalis yaitu mempercepat reaksi yang diindikasikan oleh cahaya (Hoffman, 1997).

2.9.1 Karakteristik

Titanium adalah unsur logam dalam kelompok IV B Susunan Berkala Unsur dengan nomor atom 22, yang berlambang Ti. Titanium memiliki berat atom 47,90, valensi 2,3,4, nilai kekerasan Vicker 80-100 dan memiliki 5 isotop serta tahan terhadap korosi air laut (Basri, 2005). Titanium merupakan satu unsur logam transisi golongan IV B, berbentuk padat yang berwarna putih keperakan. Titanium murni dapat larut dalam larutan asam pekat, tetapi tidak larut dalam air. Logam titanium sangat rapuh terhadap suhu rendah tetapi dapat ditempa dan dibentuk ketika sedikit dipanaskan. Titanium dapat terbakar diudara pada suhu 610°C dan membentuk titanium dioksida, serta terbakar dalam nitrogen pada suhu 800°C dan membentuk titanium nitrida (Novitasari, 2012).

2.10 Spektrofotometer

Spektrofotometer merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengukur absorbansi dengan cara melewatkan cahaya dengan menggunakan panjang gelombang tertentu pada objek kaca atau kuarsa yang disebut dengan kuvet. Nilai absorbansi dari cahaya sebanding dengan konsentrasi larutan dalam kuvet.

Spektrofotometer adalah suatu metoda analisa yang didasarkan pada pengukuran panjang gelombang yang didapatkan dengan bantuan alat pengurai cahaya seperti prisma. Tersusun dari sumber spektrum yang tampak kontinyu, monokromator, atau blangko yang digunakan untuk mengukur perbedaan absorpsi sampel dan blangko ataupun pembanding (Khopkar, 2007).

2.10.1 Jenis Spektrofotometer

Spektrofotometer terdiri dari beberapa jenis berdasarkan sumber cahaya yang digunakan diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Spektrofotometer *Visible*

Pada spektrofotometer ini yang digunakan sebagai sumber sinar/energi adalah cahaya tampak (*visible*). Cahaya *visible* termasuk spektrum elektromagnetik yang dapat ditangkap oleh mata manusia. Panjang gelombang sinar tampak adalah 380 – 750 nm. Sehingga semua sinar yang dapat dilihat oleh mata manusia, maka sinar tersebut termasuk kedalam sinar tampak (*visible*).

2. Spektrofotometri UV (*Ultra Violet*)

Sinar UV memiliki panjang gelombang 190 – 380 nm. Sebagai sumber sinar dapat digunakan lampu deuterium. Deuterium disebut juga *heavy* hidrogen yang merupakan isotop hidrogen yang stabil yang terdapat berlimpah dilaut dan didaratan. Inti atom deuterium mempunyai satu proton dan satu neutron, sementara hidrogen hanya memiliki satu proton dan tidak memiliki neutron. Nama deuterium diambil dari bahasa Yunani,

deuteros, yang berarti “dua”, mengacu pada intinya yang menjadi dua partikel.

Karena sinar UV tidak dapat dideteksi oleh mata manusia maka senyawa yang dapat menyerap sinar ini merupakan senyawa yang tidak memiliki warna bening dan transparan.

3. Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometri ini merupakan gabungan antara spektrofotometri UV dan *Visible* yang menggunakan dua buah sumber cahaya berbeda, sumber cahaya UV dan sumber cahaya *Visible*. Meskipun untuk alat yang lebih canggih sudah menggunakan hanya satu sumber sinar sebagai sumber UV dan *Visible*, yaitu photodiode yang dilengkapi dengan monokromator. Spektrum absorpsi dalam daerah-daerah ultraviolet dan sinar tampak terdiri dari satu atau beberapa pita absorpsi.

Semua molekul dapat mengabsorpsi radiasi daerah UV-Vis karena mengandung elektron, baik sekutu maupun menyendiri, yang dapat dieksitasikan ke tingkat energi yang lebih tinggi. Cahaya yang diserap oleh suatu zat berbeda dengan cahaya yang ditangkap oleh mata manusia. Cahaya yang tampak atau cahaya yang dilihat dalam kehidupan sehari-hari disebut warna komplementer.

4. Spektrofotometri IR (Infra Red)

Spektrofotometri ini berdasarkan kepada penyerapan panjang gelombang Inframerah. Cahaya inframerah, terbagi menjadi inframerah dekat, pertengahan dan jauh. Inframerah pada spektrofotometri adalah

inframerah jauh dan pertengahannya yang mempunyai panjang gelombang 2,5-1000 mikrometer. Untuk identifikasi, signal sampel akan dibandingkan dengan signal standar.

Pada spektro *Infra Red* (IR) meskipun bisa digunakan untuk analisa kuantitatif, namun biasanya lebih kepada analisa kualitatif. Umumnya spektro IR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi pada suatu senyawa, terutama senyawa organik. Setiap serapan pada panjang gelombang menggambarkan adanya suatu gugus fungsi spesifik (Ratih, Utari. 2013).

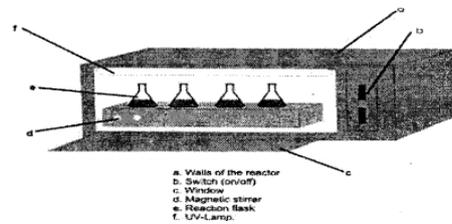
2.10.2 Kesalahan Fotometri

Kesalahan fotometri adalah kesalahan yang diakibatkan oleh sel fotolistrik pada detektor dalam membedakan sinar datang dan sinar ditransmisikan. Kesalahan ini terjadi pada larutan yang terlalu encer dan terlalu pekat agar, diperoleh kesalahan yang minimal dalam analisis perlu dicari range konsentrasi dimana kesalahan bisa ditoleransi.

2.11 Fotodegradasi Larutan Nitrat Menggunakan TiO₂-ZSM-5

Reaksi fotodegradasi terkatalisis memerlukan empat komponen utama yaitu: sumber cahaya (foton), senyawa target, oksigen dan fotokatalis. Dalam penelitian ini menggunakan reaktor yang dilengkapi dengan pengaduk magnetik P.N. 510-652 dan lampu UV 40 Watt dengan panjang gelombang 254 nm, senyawa target nitrat dalam sampel air dan fotokatalis TiO₂-ZSM-5. Fotodegradasi nitrat dengan TiO₂-ZSM-5 ini dilakukan dengan bantuan

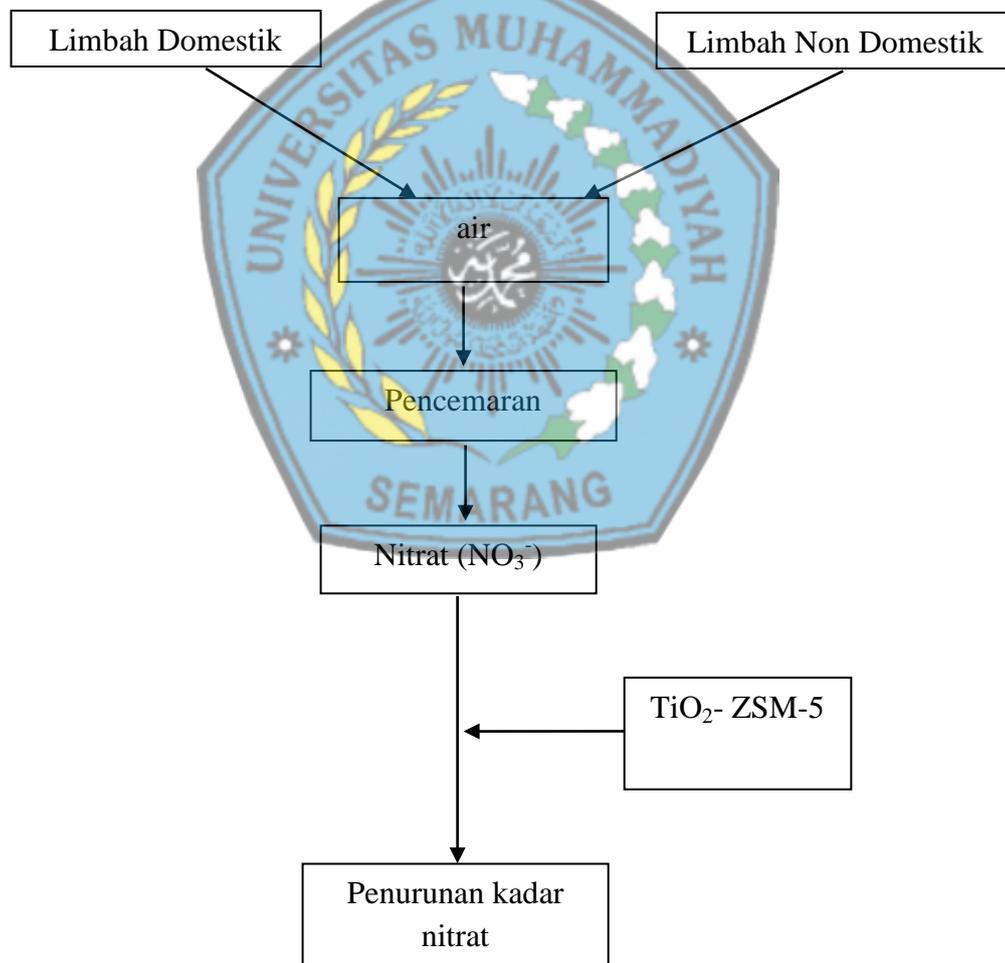
penyinaran (Gambar 2), dilakukan pengadukan dengan magnetic stirrer agar reaksi fotodegradasi berlangsung secara lebih merata.



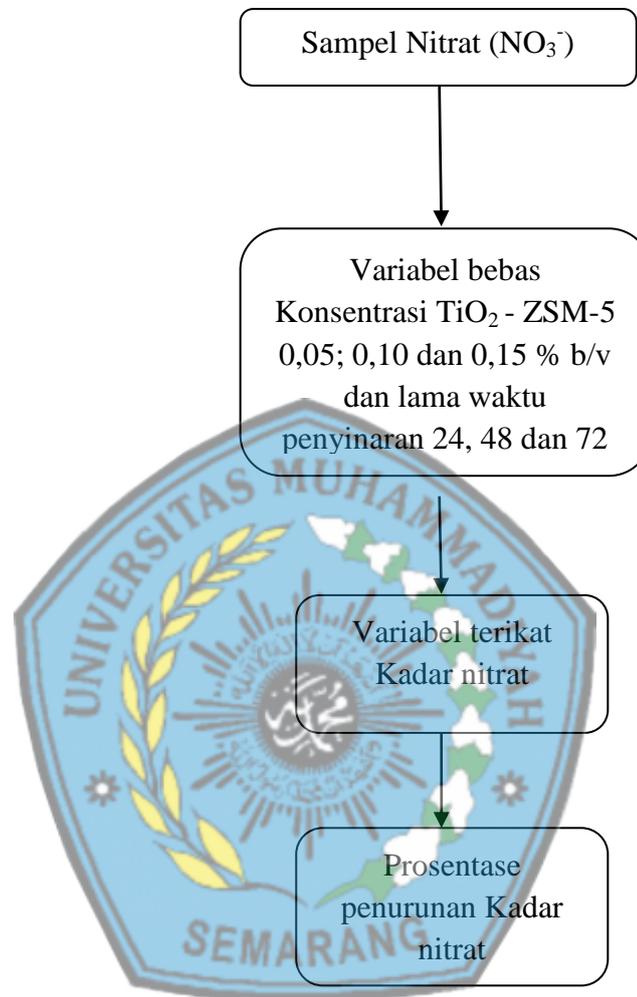
Gambar 3.
Reaktor

Degradasi Nitrat dengan Zeolit ZSM-5 Terimpregnasi TiO_2

2.12 Kerangka teori



2.13 Kerangka Konsep



2.14 Hipotesis

H_a: Ada pengaruh variasi konsentrasi dan lama penyinaran dengan Zeolit ZSM-5 Terimpregnasi TiO₂ terhadap penurunan kadar nitrat (NO₃⁻) dalam air.