

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air

Air merupakan sumber daya alam yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup terutama manusia. Hampir semua kegiatan yang dilakukan manusia membutuhkan air, mulai dari membersihkan diri, makan dan minum sampai dengan aktivitas-aktivitas lainnya. Tubuh manusia terdiri dari 60-70% air. Transportasi zat-zat makanan dalam tubuh semuanya dalam bentuk larutan dengan pelarut air. Zat-zat yang bahaya bagi tubuh kita yang dapat menyebabkan timbulnya penyakit dari yang ringan seperti gatal-gatal di kulit atau timbulnya penyakit diare, maupun yang berat dan bersifat akumulasi sehingga berakibat timbulnya potensi penyakit seperti kanker (Achmad, 2004).

Kualitas air berhubungan dengan adanya bahan-bahan lain terutama senyawa-senyawa kimia baik dalam bentuk organik juga adanya mikroorganisme yang memegang peranan penting dalam menentukan komposisi air. Air sebagian besar terdapat dilaut dan pada lapisan es (di kutub dan puncak gunung). Air juga dapat hadir sebagai awan, hujan, sungai, danau, uap air, dan larutan es. Air bergerak mengikuti siklus air, yaitu melalui penguapan, hujan, dan aliran air di atas permukaan tanah menuju ke laut.

2.1.1 Karakteristik Air

Menurut Effendi (2003 : 22-23), karakteristik air adalah sebagai berikut:

- a. Air berwujud cair pada kisaran suhu yang sesuai bagi kehidupan, yakni 0°C (32°F) – 100°C . Suhu 0°C merupakan titik beku (freezing point) dan suhu 100°C merupakan titik didih (boiling point) air.
- b. Perubahan suhu air berlangsung lambat sehingga air memiliki sifat sebagai penyimpanan panas yang sangat baik.
- c. Air memerlukan panas yang tinggi dalam proses penguapan. Penguapan (evaporasi) adalah proses perubahan air menjadi uap air. Proses ini memerlukan energi panas dalam jumlah besar.
- d. Air memiliki tegangan permukaan yang tinggi, dan merupakan satu-satunya senyawa yang merenggang ketika membeku. Air merenggang pada saat membeku, sehingga es memiliki densitas (massa/volume) yang lebih rendah daripada air.

2.1.2 Sumber Air

Sumber air dapat digolongkan menjadi empat yaitu air laut, air atmosfer (meteorologi), air permukaan, dan air tanah (Sutrisno, 2004).

- a. Air laut mempunyai tingkat salinitas yang tinggi karena mengandung garam NaCl yang tinggi, karena kandungan NaCl dalam air laut yang tinggi menyebabkan air laut tidak memenuhi syarat untuk air minum,
- b. Air atmosfer dalam kehidupan sehari-hari dikenal sebagai air hujan, merupakan sumber air utama di bumi. Polusi udara oleh industri/debu menyebabkan adanya pengotoran terhadap air atmosfer sehingga untuk

menjadikan air hujan sebagai air minum sebaiknya tidak menampung air hujan pada saat hujan baru turun karena masih mengandung banyak kotoran. Air hujan memiliki sifat korosif terutama terhadap pipa-pipa penyalur maupun bak-bak reservoir.

- c. Air permukaan sumber air yang paling tercemar, baik karena kegiatan manusia, flora, ataupun fauna. Air permukaan yang paling mudah tercemar adalah air sungai karena memiliki derajat pengotor yang tinggi, ini disebabkan karena selama pengalirannya air sungai banyak menerima pengotor misalnya oleh lumpur, batang-batang kayu, daun-daun, dan substansi pengotor lainnya.
- d. Air tanah berasal dari air hujan yang jatuh ke permukaan bumi dan mengalami penyerapan ke dalam tanah sehingga terjadi penyaringan alami. Proses ini mengakibatkan air tanah menjadi lebih baik dibandingkan air permukaan. Sebelum mencapai permukaan tanah, air hujan akan menembus beberapa lapisan tanah hal inilah yang menyebabkan kesadahan dalam air. Kesadahan dalam air ini menyebabkan air mengandung zat-zat mineral antara lain: kalsium, magnesium, dan logam berat seperti besi dan mangan (Chandra, 2007).

2.1.3 Kualitas air

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 mengelompokkan klasifikasi mutu air menjadi 4 kelas :

- a. Kelas satu, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku dan air minum.

- b. Kelas dua, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk sarana /prasarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, air untuk mengairi pertanian.
- c. Kelas tiga, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, dan air untuk mengairi pertanian.
- d. Kelas empat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi, pertanian, dan untuk lainnya yang mempersyaratkan mutu air dengan kegunaan tersebut.

2.1.4 Pencemaran air

Menurut W.A Wardhana (2004) pencemaran air di lingkungan dapat diketahui melalui beberapa indikator yaitu :

1. Perubahan suhu air

Dalam kegiatan industri sering kali membutuhkan air untuk mengoperasikan mesin. Sehingga suhu air yang dihasilkan dari proses tersebut akan menjadi panas biasanya air limbah tersebut langsung dibuang ke lingkungan (sungai) tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu. Akibatnya suhu air sungai meningkat dan mengganggu kehidupan di air. Kadar oksigen terlarut dalam air dipengaruhi oleh suhu air sungai, semakin tinggi suhu air, maka semakin rendah pula kadar oksigen terlarutnya.

2. Perubahan pH

Syarat air yang layak digunakan untuk kehidupan yaitu memiliki pH 6,5-7,5. Jika pH air dibawah normal memiliki sifat asam, sedangkan air yang memiliki pH diatas nilai normal memiliki sifat basa. Hal ini disebabkan oleh limbah kegiatan industri yang dibuang ke sungai.

3. Perubahan warna, bau, dan rasa air

Dalam keadaan normal dan bersih air tidak berwarna, sehingga tampak bening/ jernih. Namun, seringkali pencemaran air tidak mengakibatkan perubahan warna pada air, tetapi air tetap berwarna jernih dengan kandungan zat-zat beracun yang cukup tinggi. Timbulnya bau pada air merupakan indikator pencemaran air yang cukup signifikan. Sedangkan air yang berbau dapat diakibatkan oleh limbah industri dan mikroorganisme dalam air.

4. Timbulnya endapan koloidal dari bahan terlarut

Endapan ini berasal dari adanya bahan buangan industri yang berbentuk padatan. Bahan ini tidak dapat terlarut sempurna dalam air, sehingga mengendap di dasar sungai dengan sebagian endapan menjadi koloidal. Selain berasal dari bentuk padatan, endapan dan koloidal berasal dari buangan organik, dalam hal ini mikroorganisme memiliki peranan penting yaitu mendegradasi bahan organik dengan bantuan oksigen terlarut dalam air untuk menjadi bahan yang lebih sederhana.

5. Mikroorganisme

Mikroorganisme memiliki peran penting dalam proses degradasi, jika bahan yang harus di degradasi banyak, maka perkembangbiakan mikroorganisme juga lebih banyak dan tidak dapat dipungkiri mikroba patogen juga ikut berkembang. Pencemaran ini umumnya disebabkan oleh limbah industri pengolahan makanan.

6. Meningkatnya radioaktivitas air lingkungan

Zat radioaktivitas dapat menimbulkan perubahan komposisi genetik bahkan kematian yang disebabkan oleh kerusakan sel. Salah satu penyebab meningkatnya zat radioaktivitas yaitu dari pembakaran batu bara.

2.2 Phospat

Phospor (P) merupakan salah satu unsur utama yang diperlukan tanaman dan memegang peranan penting dalam proses metabolisme. Dalam tanah dijumpai phospor organik dan anorganik, keduanya merupakan sumber penting bagi tanaman. Tanaman menyerap fosfor dalam bentuk H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} dan PO_4^{3-} . Ketersediaan P dalam tanah pada umumnya rendah. Hal ini disebabkan P terikat menjadi Fe-fosfat dan Al-fosfat pada tanah masam atau $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ pada tanah basa. Tanaman tidak dapat menyerap P dalam bentuk terikat dan harus diubah menjadi bentuk yang tersedia bagi tanaman. Mikroba tanah berperan dalam beberapa aktivitas dalam tanah seperti pelarutan P terikat oleh sekresi asam, dan mineralisasi komponen fosfat organik dengan mengubahnya menjadi bentuk anorganik (Cunningham and Kuiack, 1992).

Phospat adalah senyawa phospor yang anionnya mempunyai atom fosfor yang dilengkapi oleh empat atom oksigen yang terletak pada sudut tertrahedron. Phospat total dapat diukur langsung dengan cara kalorimetri atau melalui proses digestasi lebih dahulu sebelum pengukuran sampel. Phospat berada pada air limbah dalam bentuk organik. Sebagai orthophospat anorganik atau sebagai phospat-phospat kompleks. Phospat kompleks mewakili kira-kira separuh dari

phospat air limbah perkotaan dan berasal dari penggunaan bahan-bahan detergen sintetis. Phospat kompleks mengalami hidrolisa selama pengolahan biologis menjadi bentuk orhophospat. Dari konsentrasi rata-rata phospor keseluruhan sebanyak 10mg/L berada dalam air limbah perkotaan, kira-kira 10% dibuang sebagai bahan tak terpakai selama pengendapan primer dan 10% hingga 20% lainnya digabungkan ke dalam sel-sel bakteri selama pengolahan biologis. Sisa yang 70% dari fosfor yang masuk pada umumnya dilepaskan bersama buangan instalasi sekunder.

2.2.1 Bahaya phospat bagi lingkungan

Persoalan pencemaran lingkungan akibat limbah cair yang mengandung logam berat dan senyawa kimia lain yang bersifat karsinogenik, juga terjadi persoalan lain yaitu tingginya kasus eutrofikasi yang terjadi di banyak sumber daya air di Indonesia, bahkan di dunia ini. Faktor pencemaran akibat aktivitas manusia, baik dari pabrik pertanian, peternakan permukiman, maupun tingginya populasi manusia, menjadi sumber semakin beratnya persoalan krisis air ini. Air dikatakan *eutrofik* jika konsentrasi total phospat dalam air 35 sampai 100µg/L. Kondisi *eutrofik*, tumbuhnya alga dan tumbuhan air berukuran mikro (contoh enceng gondok) tumbuh berkembang biak dengan cepat (Saefumillah, A, 2003). Bahaya phospat bagi manusia, phospat dapat menyebabkan kerusakan pada ginjal dan bisa juga pada hati. Diduga penyebab dari kerusakan-kerusakan tersebut adalah masuknya phospat ke dalam peredaran tubuh, phospat menempel pada jaringan otot dan terakumulasi pada hati dan ginjal, mengakibatkan gagalnya fungsi organ vital (Warlina, 2005).

2.2.2 Penentuan fosfat melalui dua tahap

Tahap pertama yaitu tahap destruksi (untuk menghilangkan zat-zat pengganggu) : dengan asam perklorat untuk contoh yang sulit, misalnya sedimen, dengan asam nitrat dan asam sulfat untuk contoh pada umumnya, dengan oksidasi persulfat adalah cara yang paling sederhana. Tahap kedua adalah tahap penentuan secara spektrofotometri dengan metode stano klorida yaitu senyawa fosfat diubah menjadi asam fospomolibdat dengan penambahan ammonium molibdat. Asam fospomolibdat oleh adanya stano klorida direduksi sehingga berwarna biru molibdat. Warna biru terjadi diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 400 nm (Depkes RI, 1993).

Bentuk-bentuk penting fosfat dalam air limbah adalah fosfor organik, polyphospat dan orthophospat. Polyphospat banyak digunakan dalam pembuatan detergen sintesis. Komponen fosfat dipergunakan untuk membuat sabun sebagai poembentuk buih. Adanya fospat dalam air limbah dapat menghambat penguraian pada proses biologis. Menurut Juli Soemirat detergen dapat mempermudah absorbansi racun pada ikan melalui insang dan bersifat persisten sehingga terjadi akumulasi. Setiap senyawa fospat tersebut terdapat dalam bentuk terlarut, tersuspensi atau terikat di dalam sel organisme dalam air.

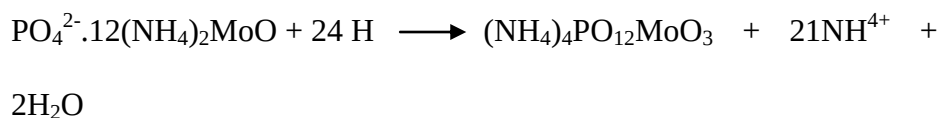
2.2.3 Penetapan kadar fospat

2.2.3.1 Prinsip

Senyawa fospat diubah menjadi asam fospomolibdat oleh adanya stanoklorida direduksi sehingga berwarna biru molibden. Warna yang

terjadi diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang optimum.

2.2.3.2 Reaksi



2.3 TiO₂ yang Terimpregnasi ke dalam Zeolit ZSM-5

2.3.1 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 gram diimpregnasi pada 20 gram 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 ion fosfat.

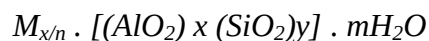
2.3.2 Zeolit ZSM-5

Zeolit merupakan salah satu media yang digunakan sebagai penukar ion yang memiliki kemampuan menyerap logam berat pada limbah cair. Zeolit tergolong dalam jenis mineral yang tersusun dari silika (SiO_2) dan alumina (AlO_4) dengan terdapat rongga didalamnya yang berisi ion – ion logam, biasanya bersifat alkali dan alkali tanah, dan molekul air.

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, A.D dkk, 2004).

Zeolit dengan kadar Si tinggi $\text{Si/Al} = 10 - 100$ 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 :

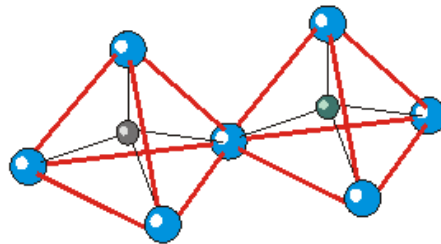
$M_{x/n}$ = Kation bervalensi n seperti Na, Mg, dan Ca, yang menempati posisi bagian luar kerangka

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)

a. Jenis Zeolit

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

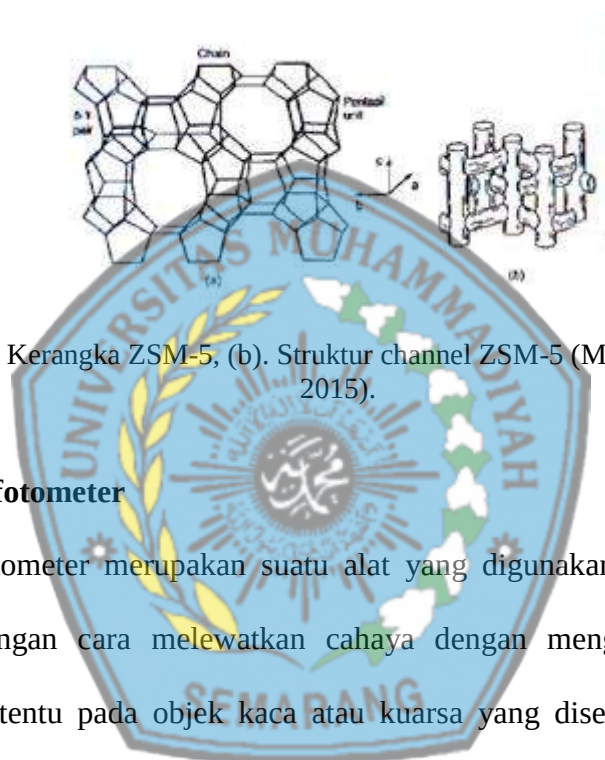
1. Zeolit alam

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., Zacoeb, 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 $\text{Na}_n\text{Al}_n \cdot \text{Si}_{96-n}\text{O}_{192} \cdot 16\text{H}_2\text{O}$, 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 $5,1 \times 5,5^0 \text{ \AA}$ dan $5,4 \times 5,6^0 \text{ \AA}$.



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

2.3.3 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 medota 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 (S.M Khopkar, 2007)

1. Bagian-bagian spektrofotometer

Secara garis besar spektrofotometer terdiri dari empat bagian penting, yaitu:

a. Sumber cahaya

Sumber sinar yang digunakan ada dua macam yaitu lampu kawat wolfram (tungsten) dan lampu deuterium. Lampu tungsten dapat menghasilkan cahaya pada daerah panjang gelombang 350-2500 nm, sedangkan lampu deuterium menghasilkan cahaya pada daerah panjang gelombang 160-380 nm (S.M Khopkar, 2007).

b. Monokromator

Monokromator merupakan alat yang berfungsi untuk mengarahkan sinar polikromatis menjadi panjang gelombang monokromatis yang berbeda.

c. Cuvet

Cuvet yaitu alat yang digunakan sebagai tempat sampel yang akan dianalisis. Biasanya terbuat dari kwarsa dan gelas hasil leburan (S.M Khopkar, 2007).

d. Detektor

Detektor penerima berfungsi sebagai pemberi respon terhadap cahaya dari berbagai panjang gelombang, detektor mengubah cahaya menjadi sinyal listrik yang selanjutnya akan ditampilkan oleh penampil data dalam bentuk angka maupun jarum penunjuk.

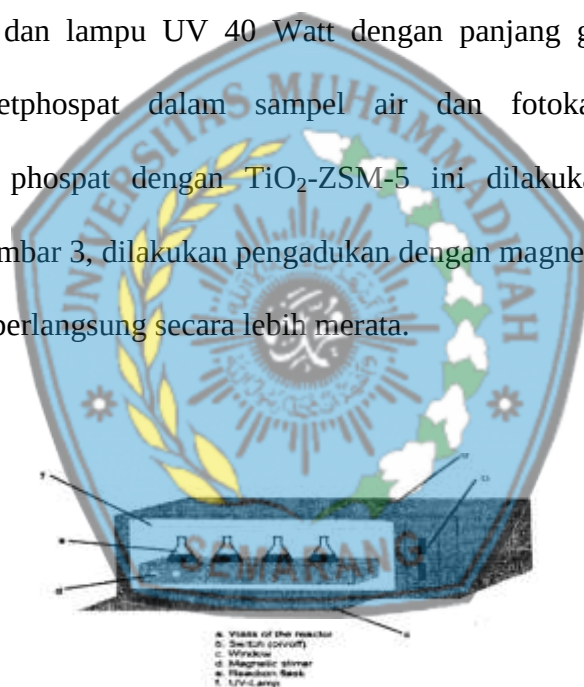
2. Prinsip kerja spektrofotometer

Prinsip kerja spektrofotometer adalah bila cahaya (monokromatik maupun campuran) jatuh pada suatu medium homogen, sebagian dari sinar yang masuk akan dipantulkan sebagian diserap dalam medium itu, kemudian sisanya diteruskan. Nilai yang dihasilkan dari cahaya yang diteruskan dinyatakan dalam

nilai absorbansi karena memiliki hubungan dengan konsentrasi dari sampel. Berdasarkan hukum Beer menyatakan bahwa absorbansi cahaya berbanding lurus dengan konsentrasi dan ketebalan bahan/medium (Novitasari, 2012).

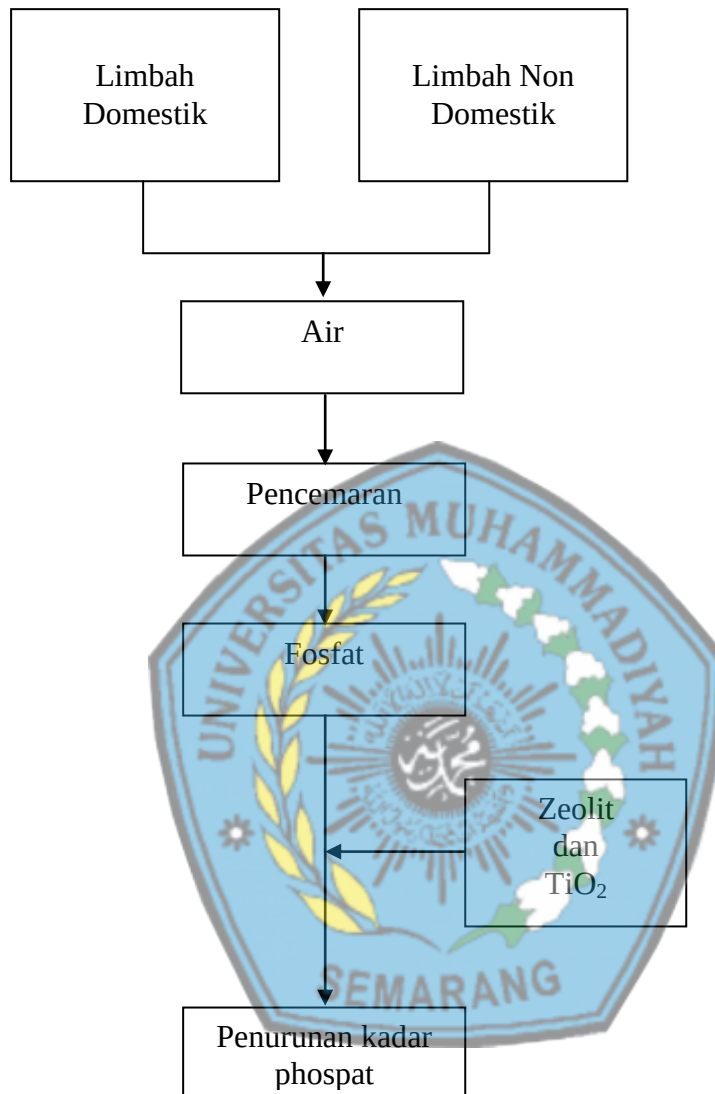
2.3.3 Fotodegradasi Larutan Phospat Menggunakan TiO_2 -ZSM-5

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 targetphospat dalam sampel air dan fotokatalis TiO_2 -ZSM-5. Fotodegradasi phospat dengan TiO_2 -ZSM-5 ini dilakukan dengan bantuan penyinaran Gambar 3, dilakukan pengadukan dengan magnetic stirrer agar reaksi fotodegradasi berlangsung secara lebih merata.

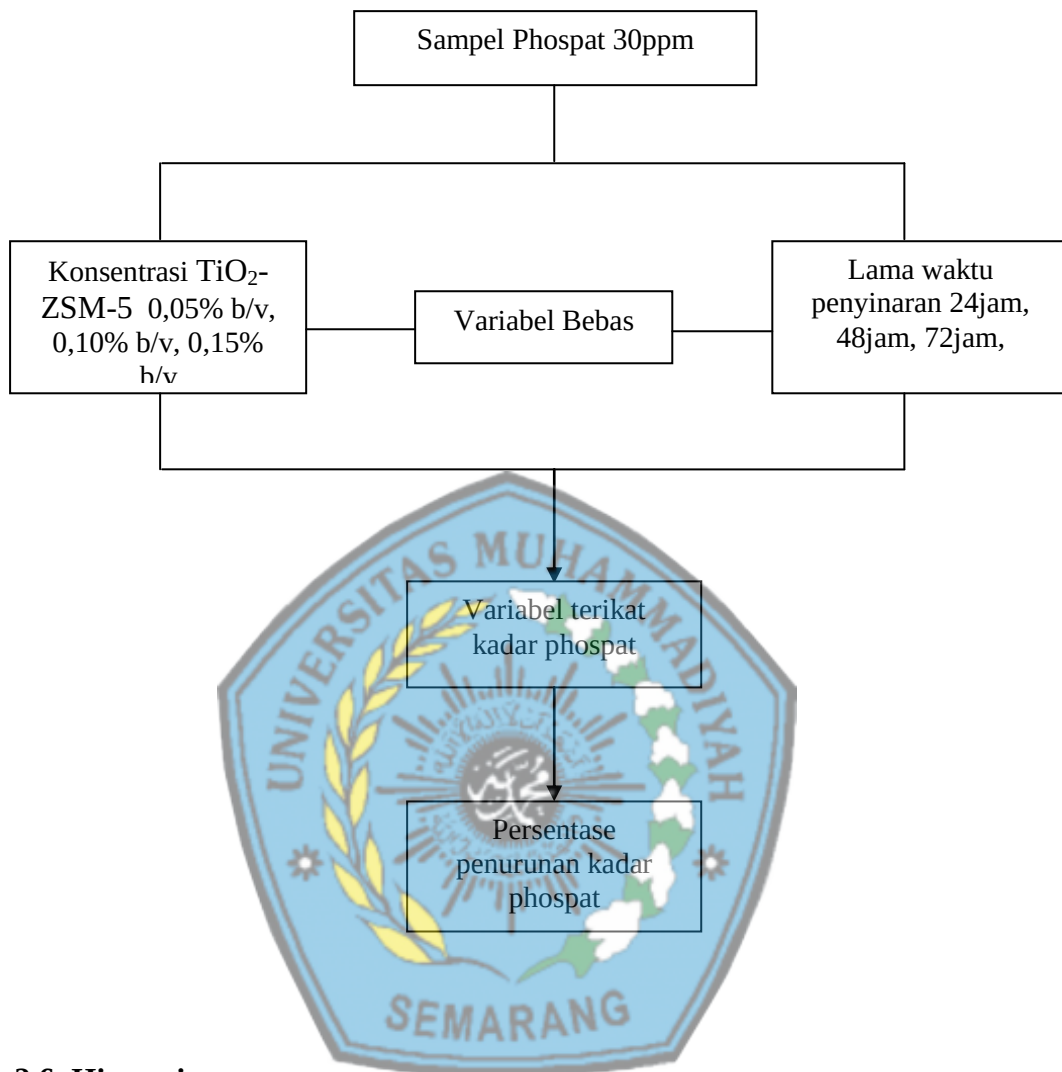


Gambar 3. Reaktor Degradasi Phospat dengan Zeolit ZSM-5 Terimpregnasi TiO_2

2.4 Karangka Teori



2.5 Kerangka Konsep



2.6 Hipotesis

Ha : Ada pengaruh variasi konsentrasi dan lama penyinaran dengan zeolit ZSM-5 terimpregnasi titanium dioksida terhadap penurunan kadar ion phospat dalam air.