

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Air

Air merupakan sumber daya alam yang dapat diperbarui dengan rumus kimia H₂O. Dapat berupa cairan, padatan (es), dan uap ataupun gas. Namun pada kondisi tertentu air dapat menjadi sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui, misalnya pada kondisi geologi tertentu, proses perjalanan air tanah membutuhkan waktu yang cukup lama, sehingga jika menggunakan air secara berlebihan akan habis (R.J Kodoatie & R. Syarief, 2010).

1. Pembagian air

Pada dasarnya air di muka bumi ini dibagi menjadi 4 yaitu :

a. Air Permukaan

Air permukaan adalah semua air yang berada pada permukaan tanah, air permukaan dibagi menjadi 2 yaitu :

1. Air sungai

Air sungai berasal dari mata air dan air hujan yang mengalir pada permukaan tanah dari hulu ke hilir. Lingkungan disekitar aliran sungai tersebut sebagai faktor yang mempengaruhi kualitas air sungai. Namun dewasa ini kualitas air sungai semakin menurun dan tidak layak untuk digunakan sebagai bahan baku air minum, hal tersebut disebabkan oleh limbah industri dan domestik yang dibuang kesungai tanpa melalui proses pengolahan limbah terlebih dahulu.

2. Air Danau atau Rawa

Air danau atau rawa merupakan air yang terkumpul pada permukaan tanah yang cekung. Biasanya permukaan air berwarna biru kehijauan yang disebabkan oleh lumut yang tumbuh di dasar maupun permukaan danau ataupun rawa. Air juga dapat mengandung Fe dan Mn yang relatif tinggi akibat dari pembusukan bahan-bahan organik (R.J Kodoatie & R. Syarief, 2010).

b. Air Laut

Air laut yaitu air mengandung senyawa garam murni (NaCl) yang tinggi dengan kisaran 3% dari jumlah total keseluruhan air laut. Air laut dapat digunakan sebagai air minum setelah melalui suatu proses, salah satu caranya yaitu dengan cara destilisasi (penyaringan) yang bertujuan untuk menghilangkan kadar garam yang tinggi.

c. Air Hujan

Air hujan merupakan air yang berasal dari suatu proses penguapan air di permukaan bumi akibat dari pemanasan oleh sinar matahari. Pada dasarnya air hujan bersifat netral dan dapat dikonsumsi langsung, namun akibat dari polusi udara air hujan menjadi bersifat asam dan sadah dengan kandungan kalsium dan magnesium yang relatif tinggi. Selain itu, air hujan juga mengandung senyawa dan unsur-unsur mineral, diantaranya SO_4 , Cl, NH_3 , N_2 , C, dan O_2 .

d. Air Tanah

Air tanah merupakan air yang terdapat pada lapisan tanah maupun bantuan yang berada dibawah permukaan tanah. Kondisi fisik air tanah lebih jernih dibandingkan dengan air permukaan dengan sifat dan kandungan mineral

yang cukup tinggi, kandungannya antara lain Na, Mg, Ca, Fe, dan O₂. Air tanah dibagi menjadi 3 yaitu:

1. Air tanah dangkal

Air ini terdapat pada kedalaman kurang lebih 15 meter dibawah permukaan tanah. Biasanya hanya digunakan untuk keperluan rumah tangga disebabkan jumlah air yang relatif kecil dan keberadaannya dipengaruhi oleh musim.

2. Air tanah dalam

Air tanah dalam merupakan air tanah yang terdapat pada kedalaman 100-300 meter dibawah permukaan tanah. Warnanya lebih jernih dan dengan kualitas yang lebih baik, hal tersebut disebabkan oleh proses filtrasi yang lama, panjang, dan sempurna. Biasanya air ini digunakan untuk kepentingan industri karena keterediaannya yang banyak dan tidak dipengaruhi oleh musim.

3. Mata air

Mata air yaitu air yang berasal langsung dari permukaan tanah. Air ini dapat ditemukan pada lereng gunung yang berupa rembesan dari mata air dan dapat pula ditemukan di dataran rendah (mata air umbul). Kualitas air ini sangat bagus dengan kuantitas yang banyak tanpa dipengaruhi oleh waktu dan dapat digunakan dalam jangka waktu yang relatif panjang (R.J Kodoatie & R. Syarif, 2010).

B. 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.

C. 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.

D. Besi (Fe)

Besi merupakan kelompok logam esensial, dalam tabel periodik besi merupakan unsur logam transisi periode keempat golongan VIII B, dengan nomor atom 26, massa atom $55,847 \text{ g.mol}^{-1}$, berat jenis $7,86 \text{ g.cm}^{-3}$ dan simbol Fe, pada umumnya memiliki valensi 2 dan 3 (selain 1, 4, 6).

Logam besi merupakan kelompok logam makromineral dalam kerak bumi, tetapi dalam sistem biologi tergolong dalam kelompok mikromineral. Awal ditemukannya logam ini dipergunakan manusia sebagai alat dalam pertanian. Dalam sistem biologi hewan, manusia, dan tumbuhan besi merupakan logam yang bersifat esensial, kurang stabil dan secara perlahan berubah menjadi fero (Fe II) atau feri (Fe III) (Darmono, 2001).

Zat besi merupakan suatu komponen dari berbagai macam enzim yang mempengaruhi seluruh reaksi kimia dalam tubuh. Kandungan zat besi dalam tubuh, utamanya hemoglobin yaitu berkisar 75% (Admin, 2009). Dalam perairan alami berkisar $0,05 - 0,2 \text{ mg/L}$, pada air tanah dengan kadar oksigen rendah mencapai $10 - 100 \text{ mg/L}$, air hujan berkisar $0,05 \text{ mg/L}$, dan dalam air laut berkisar $0,01 \text{ mg/L}$ (Effendi, 2003).

Berdasarkan dari sudut pandang toksikologi, logam besi dibagi menjadi dua jenis yaitu logam esensial, dimana dalam jumlah tertentu

keberadaannya dibutuhkan oleh organisme, namun dalam jumlah yang berlebih akan bersifat racun, biasanya terjadi muntah, diare, kerusakan usus, penuaan dini, sakit kepala, radang sendi, hepatitis, diabetes, cacat lahir, sickle-cell anemia, infeksi, gangguan penyerapan vitamin dan mineral, hemokromatin dan lain sebagainya (Ika., Tahril., dan said, I. 2012).

1. Sifat besi (Fe) dalam air

- a. Terlarut sebagai ferro (Fe^{2+}) menjadi ferri (Fe^{3+})
- b. Tersuspensi sebagai butiran koloidal dengan diameter $1\mu\text{m}$ atau lebih besar, seperti FeSO_4 , Fe_2O_3 , $\text{Fe}(\text{OH})_2$, atau $\text{Fe}(\text{OH})_3$ tergantung dari unsur pengikatnya.
- c. Tergantung dengan zat organik atau zat padat anorganik seperti halnya tanah liat.

2. Kelarutan besi (Fe) dalam air

a. Suhu

Suhu merupakan temperatur udara. Tingginya temperatur menyebabkan menurunnya kadar O_2 dalam air, namun kenaikan temperatur air juga mengakibatkan tingginya kelarutan mineral hingga kelarutan Fe pada air.

b. pH

Kesadahan besi dalam air dapat mempengaruhi pH air, apabila pH air rendah mengakibatkan terjadinya proses korosif sehingga menyebabkan besi dan logam lain terlarut. Kondisi pH yang rendah menyebabkan besi dalam air berbentuk Fe^{2+} dan Fe^{3+} , dimana bentuk Fe^{3+} akan mengendap dan tidak dapat larut dalam air sehingga berakibat air memiliki warna, bau, dan berasa.

c. Kedalaman

Air hujan yang terjatuh di tanah kemudian mengalami infiltrasi mengandung FeO yang akan bereaksi dengan H₂O dan CO₂ dalam tanah, sehingga terbentuk Fe(HCO₃)₂ dimana air yang meresap dalam tanah semakin dalam, maka kelarutan besi karbonat dalam air semakin tinggi.

d. Bakteri besi

Bakteri besi merupakan bakteri yang hidup dalam keadaan aerob serta yang mengandung banyak mineral dalam air. Selain mineral, kandungan CO₂ yang tinggi dalam air merupakan salah satu faktor penyempurnaan pertumbuhan bakteri besi. Bakteri ini merupakan bakteri yang menyerap unsur besi pada sekeliling lingkungan hidupnya, sehingga hal tersebut mengakibatkan berkurangnya kandungan besi dalam air. Hasil dari aktifitas bakteri besi menghasilkan presipitat (oksida besi) yang menyebabkan warna pada pakaian dan bangunan. Jenis bakteri besi diantaranya yaitu (*Lepothrix*, *Galleanella*, *Crenothrix*, *Sinderocapsa* dan *Sphoerothylus*).

E. Zeolit

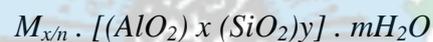
Zeolit merupakan salah satu media yang digunakan sebagai penukar ion yang memiliki kemampuan menyerap logam berat pada limbah cair. Zeolit tergolong dalam jenis mineral yang tersusun dari silika (SiO₂) dan alumina (AlO₄) dengan terdapat rongga didalamnya yang berisi ion – ion logam, biasanya bersifat 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 $Si/Al = 10 - 100$ 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 :

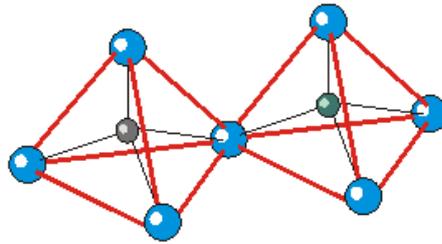
$M_{x/n}$ = Kation bervalensi n seperti Na, Mg, dan Ca, yang menempati posisi bagian luar kerangka

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

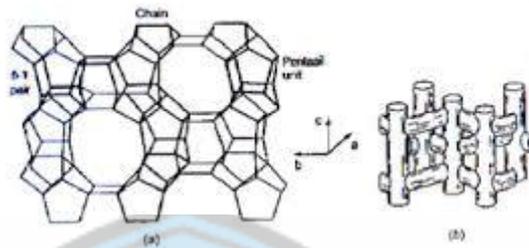
Zeolit alam merupakan bahan yang terbentuk dari hasil hidrasi alkali dengan struktur jaringan rangka terbuka dengan kemampuan menyerap dan melepaskan air dan pertukaran ion terhadap lingkungannya (Poerwadi, M.R., Zacoeb, A., Syamsudin, R., 2014). Sifat yang dimiliki oleh zeolit alam yaitu dehidrasi, 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 $Na_n \cdot Al_n \cdot Si_{96-n} O_{192} \cdot 16H_2O$, 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 $5,1 \times 5,5^0 \text{ \AA}$ 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).

F. 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 (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

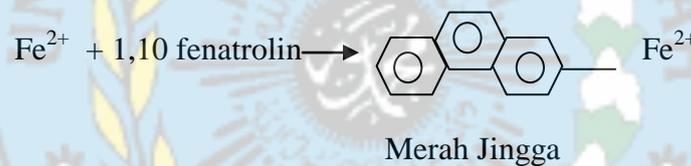
Prinsip kerja spektrofotometer adalah bila cahaya (monokromatik maupun campuran) jatuh pada suatu medium homogen, sebagian dari sinar yang masuk akan dipantulkan sebagian diserap dalam medium itu, kemudian sisanya diteruskan. Nilai yang dihasilkan dari cahaya yang diteruskan dinyatakan dalam nilai absorbansi karena memiliki hubungan dengan konsentrasi dari sampel. Berdasarkan hukum Beer menyatakan bahwa absorbansi cahaya berbanding lurus dengan konsentrasi dan ketebalan bahan/medium (Novitasari, 2012).

G. Penetapan kadar besi (Fe)

1. Prinsip penetapan kadar Fe

Prinsip dari penetapan kadar besi (Fe) adalah besi (Fe) dalam larutan direduksi menjadi bentuk ferro dengan cara mendidihkannya dengan asam dan hidroksilamin HCl, kemudian direaksikan dengan 1,10 fenatrolin pada pH 3,2 – 3,3. Tiga molekul fenatrolin dengan satu atom besi ferro membentuk senyawa kompleks berwarna merah jingga. Warna yang terbentuk dibandingkan dengan baku yang telah diketahui kadarnya secara spektrofotometer pada λ 510 nm (Yusrin, UNIMUS).

2. Reaksi

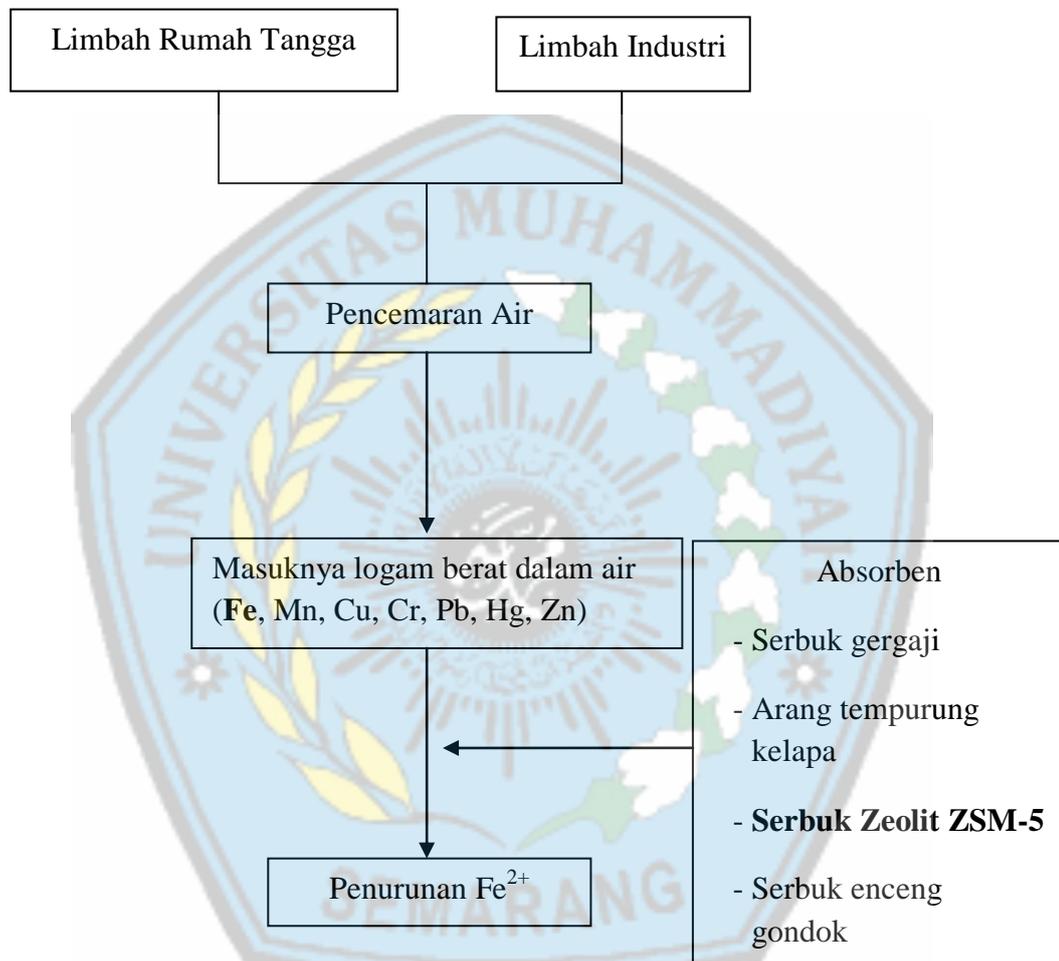


3. Gangguan

- CN, NO_2^- , persulfat hilang saat pendidihan
- Cr, Zn, Co, Cu, Ni dapat dihilangkan dengan penambahan hidroksilamin.
- Bi, Cd, Hg, Mo, Ag dapat mengendapkan 1,10 fenatrolin, maka 1,10 fenatrolin harus dinaikkan konsentrasinya.
- Warna, zat organik dapat dihilangkan dengan penguapan pada suhu 550°C dan dilarutkan kembali dengan HNO_3 .

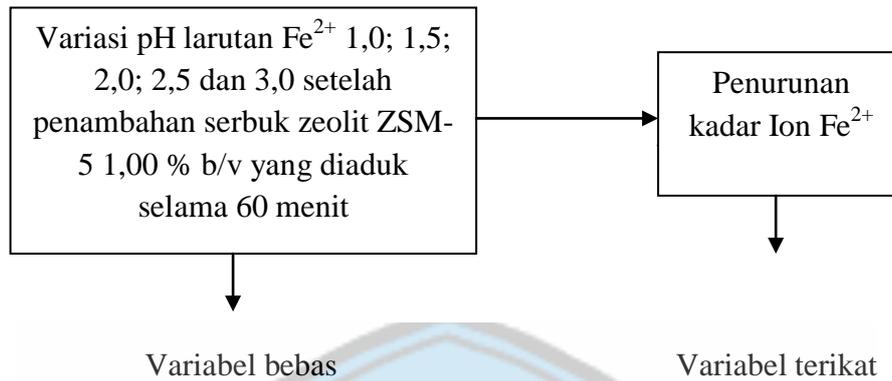
- e. Pengawetan sampel, diasamkan dengan HNO_3 sampai $\text{pH} \leq 2$ supaya FeO , Fe_2O_3 , $\text{Fe}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ larut semua, maka sampel tahan selama 6 bulan.

H. Kerangka Teori



Gambar 3. Kerangka Teori

I. Kerangka Konsep



Gambar 4. Kerangka Konsep

J. Hipotesis

H_a : Ada pengaruh variasi pH larutan Fe²⁺ setelah penambahan serbuk zeolit ZSM-5 terhadap penurunan kadar ion besi (Fe²⁺) dalam air.