

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Air

Air merupakan sumber daya alam yang dapat diperbarui dengan rumus kimia H<sub>2</sub>O. 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 dan R. Syarif, 2010). Air dibutuhkan organ tubuh untuk membantu terjadinya proses metabolisme, sistem asimilasi, keseimbangan cairan tubuh, proses pencernaan, pelarutan dan pengeluaran racun ginjal, sehingga kerja ginjal menjadi ringan (Chandra, 2007).

##### 2.1.1 Sifat Air

Sifat air dapat digolongkan ke dalam sifat fisika, kimia, dan biologis. Sifat fisika air dalam tiga wujud yaitu bentuk padat, cair dan gas. Bentuk tersebut didapat karena bagaimana keadaan setempat. Sifat kimia air yaitu mempunyai pH 7 (netral) dan oksigen terlarut (DO) jernih pada mg/L. Air adalah pelarut universal, hampir semua jenis zat dapat terlarut dalam air. Air juga cairan biologis, terdapat dalam tubuh semua organisme (Slamet, 2002).

### 2.1.2 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 Cr yang relatif tinggi akibat erosi dari batuan yang mengandung kromium dan dapat didistribusikan oleh letusan gunung berapi.

b. Air Laut

Air laut adalah air yang 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 destilasi (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 pemanasan oleh sinar matahari. Pada dasarnya air hujan bersifat netral dan dapat dikonsumsi langsung, namun karena polusi udara, air hujan menjadi bersifat asam dan sadah dengan kandungan kalsium dan magnesium yang relatif tinggi.

d. Air Tanah

Air tanah merupakan air yang terdapat pada lapisan tanah maupun batuan yang berada dibawah permukaan tanah. Kondisi fisik air tanah lebih jernih dibandingkan dengan air permukaan dengan sifat dan kandungan mineral yang cukup tinggi (R.J Kodoatie dan R. Syarief, 2010).

## 2.2 Syarat Air

Standar mutu air minum atau air untuk keperluan rumah tangga ditetapkan berdasarkan peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492/MENKES/Per/IV/2010. Persyaratan untuk air minum mencakup parameter fisika, kimia, mikrobiologi dan radioaktivitas.

a. Parameter fisika

Air yang memenuhi syarat fisika adalah air yang tidak berbau, tidak berwarna, tidak berasa, temperatur suhu  $\pm 3$  °C dan total zat padat terlarut 500 mg/L.

b. Parameter kimia

Parameter kimia dikelompokkan menjadi 2 yaitu kimia organik dan kimia anorganik.

- 1) Zat kimia organik dapat berupa logam, zat reaktif, zat-zat berbahaya dan beracun serta derajat keasaman (pH).
- 2) Zat kimia anorganik dapat berupa insektisida dan herbisida, *volatile organic chemicals* (zat kimia organik mudah menguap) zat-zat berbahaya dan beracun maupun zat pengikat oksigen.

c. Parameter mikrobiologis

Parameter mikrobiologi yang harus dipenuhi yaitu tidak mengandung bakteri patogen dan tidak mengandung bakteri nonpatogen.

d. Parameter radioaktivitas

Zat radioaktivitas dapat menimbulkan efek kerusakan sel, kerusakan tersebut dapat berupa kematian dan perubahan komposisi genetik.

### 2.3 Limbah

Limbah pencemaran dapat dibedakan menjadi beberapa diantaranya yaitu domestik (rumah tangga) yaitu dari perkampungan, kota, pasar, jalan, terminal, rumah sakit dan sebagainya. Serta sumber non domestik yaitu dari pabrik industri, pertanian, peternakan, perikanan, transportasi dan sumber-sumber lainnya.

a. Domestik

Limbah domestik adalah semua buangan yang berasal dari kamar mandi, kakus, dapur, tempat cuci pakaian, cuci peralatan rumah tangga, apotek, rumah sakit, rumah makan dan sebagainya. Secara kuantitatif limbah tadi terdiri atas zat

organik baik berupa padat ataupun cair, bahan berbahaya, beracun, logam berat dan bakteri terutama golongan fekal coli, jasad patogen dan parasit.

b. Non domestik

Limbah non domestik sangat bervariasi, terutama untuk limbah industri. Adanya limbah industri yang telah lama menjadi objek dibidang kimia analitik dan kimia lingkungan menyebabkan logam berat yang sudah tercampur dengan air akan terakumulasi dalam sedimen dan organisme melalui proses gravitasi, bio-akumulasi, bio-magnifikasi. Kadar logam yang ada di dalam air akan meningkat bila limbah perkotaan, pertambangan, pertanian dan industri yang masih banyak mengandung logam berat masuk ke lingkungannya (Rinawati, 2008).

c. Definisi limbah

Limbah merupakan hasil dari sebuah buangan dari proses produksi baik domestik maupun non domestik yang biasanya banyak dikenal sebagai sampah yang tidak memiliki nilai ekonomis. Secara kuantitatif limbah domestik bisa berupa padat atau cair yang berbahaya dan dapat menyebabkan keracunan jika dikonsumsi, sedangkan limbah non domestik yang biasanya berasal dari pestisida seperti pupuk yang mengandung nitrogen, fosfor, sulfur, mineral dan sebagainya. Limbah ini dapat menyebabkan dampak yang negatif bagi kesehatan jika air yang digunakan sudah tercemar, maka harus dilakukan penanganan yang tepat.

d. Indikasi Pencemaran

Indikasi pencemaran air dapat diketahui melalui pengujian maupun secara visual melalui :

- 1) Perubahan pH (tingkat keasaman). Air yang baik dan memenuhi syarat yaitu memiliki pH netral berkisar antara 6,5-7,5. Air buangan atau limbah yang belum terolah memiliki pH diluar nilai pH netral, yang dapat mempengaruhi pH air sungai. Limbah dengan pH asam akan bersifat korosif pada logam.
- 2) Perubahan warna, bau dan rasa. Air normal dan bersih tidak akan berwarna, berbau dan berasa sehingga tampak bersih dan jernih, jika kondisi air sudah berwarna berbau dan berasa maka air tersebut sudah tercemar oleh limbah.
- 3) Timbulnya endapan yang disebabkan oleh limbah industri yang berbentuk padat. Jika tidak larut sempurna maka akan menyebabkan endapan di dasar dan yang larut akan menjadi koloid dan menghalang bahan organik yang susah diukur melalui uji BOD, namun dapat diukur dengan uji COD.

e. Macam-macam limbah

- 1) Limbah padat

Limbah padat atau sampah, biasanya barang-barang ini hasil dari buangan rumah tangga atau pabrik yang tidak digunakan lagi. Sampah merupakan campuran dari berbagai bahan baik yang tidak berbahaya seperti sampah dapur (organik) maupun bahan yang berbahaya yang biasanya banyak dibuang oleh pabrik ataupun rumah tangga yang bisa digunakan kembali maupun yang sudah tidak bisa digunakan kembali.

- 2) Limbah cair

Limbah cair biasanya berasal dari pabrik yang menggunakan air didalam prosesnya kemudian dibuang dan digunakan untuk pencuci suatu bahan sebelum diolah lebih lanjut.

### 3) Limbah gas

Limbah gas adalah limbah yang banyak dibuang ke udara, gas/asap, partikula, dan debu yang dikeluarkan oleh pabrik ke udara akan dibawa angin sehingga akan memperluas jangkauan pemaparannya (Kristanto,2004).

## 2.4 Logam Krom (Cr)

Krom memiliki nomor atom 24 dan massa atom relatifnya 51,9961 g/mol. Logam krom pertama kali ditemukan oleh Vauquelin (1797). Krom adalah logam yang berwarna putih, tak begitu liat (keras tapi rapuh), dan tak dapat ditempa. Logam krom memiliki titik leleh diatas 1800 °C. Logam krom larut dalam asam klorida encer atau pekat (Yudistira, 2012).

Dalam larutan-larutan air, krom membentuk tiga jenis ion yaitu :

#### 1. Ion krom (II) atau $\text{Cr}^{2+}$

Ion krom (II) memiliki bilangan oksidasi +2, bersifat agak tidak stabil karena merupakan zat pereduksi yang kuat, bahkan dapat menguraikan air perlahan-lahan dengan membentuk hidrogen. Ion ini membentuk larutan yang berwarna biru. Senyawa yang terbentuk dari ion logam  $\text{Cr}^{2+}$  akan bersifat basa.

#### 2. Ion krom (III) atau $\text{Cr}^{3+}$

Ion krom (III) memiliki bilangan oksidasi +3 dan bersifat stabil. Dalam larutan ion-ion berwarna hijau. Senyawa yang terbentuk dari ion logam  $\text{Cr}^{3+}$  bersifat amfoter.

### 3. Ion krom (VI) atau $\text{Cr}^{6+}$

Ion krom (VI) memiliki bilangan oksidasi +6, ion-ion kromat berwarna kuning, sedangkan dikromat berwarna jingga. Senyawa yang terbentuk dari ion krom (VI) akan bersifat asam.

Tingkat toksisitas krom (VI) sekitar 100 kali dibandingkan dengan krom (III) sehingga krom (VI) dapat mengakibatkan keracunan akut dan keracunan kronis sehingga krom (VI) harus direduksi menjadi krom (III) untuk menurunkan toksisitasnya (Ahmadnoor, 2012). Krom (VI) mudah larut dalam air dan membentuk divalent oxyanion yaitu chromate chrom ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ) dan dicromate ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) sedangkan krom (III) mudah diendapkan atau diabsorpsi oleh senyawa-senyawa organik dan anorganik pada pH netral atau alkali (Slamet, 1999).

#### 2.4.1 Krom dalam Air

Logam krom dalam air dapat ditemukan sebagai bentuk Cr (III) dan Cr (VI). Logam krom masuk ke dalam air dapat berasal dari pembuangan air limbah industri penyamakan kulit, pelapisan logam, tekstil, maupun industri cat. Keadaan oksidasi kromium yang paling stabil dilingkungan adalah Cr (III) dan Cr (VI). Kromium dalam bentuk heksavalen Cr (VI) sangat mudah larut dalam air, bersifat toksik dan karsinogen. Proses kimia didalam air yaitu proses pengkompleksan pada reaksi redoks. Reaksi ini dapat mengakibatkan terjadinya pengendapan atau sedimentasi logam kromium di dasar perairan. Proses kimiawi yang berlangsung mengakibatkan terjadinya peristiwa reduksi dari senyawa kromium heksavalen menjadi kromium trivalent ( $\text{Cr}^{3+}$ ) yang kurang beracun (Palar, 2004).

## 2.4.2 Dampak Krom Bagi Kesehatan

Menurut Surtikanti (2009), beberapa efek krom terhadap manusia yaitu : efek pada kulit, yaitu dermatitis berat ulkus kulit karena kontak dengan Cr (VI). Sedangkan efek pada ginjal yaitu bila terhirup Cr (VI) dapat mengakibatkan *microsis tubulus renalis* (gagal ginjal akut). Pemaparan akut krom dapat menyebabkan *microsis*. Bila 20% bagian tubuh tersiram oleh krom akan mengakibatkan kerusakan berat pada hati dan terjadi kegagalan ginjal akut.

## 2.5 TiO<sub>2</sub> yang Terimpregnasi ke dalam Zeolit ZSM-5

### 2.5.1 Titanium Dioksida (TiO<sub>2</sub>)

TiO<sub>2</sub> memiliki bentuk kristal berwarna putih, mempunyai berat molekul 79,886 g/mol, massa jenis 4,239 g/cc, titik leleh 1843°C tanpa adanya oksigen. Kristal TiO<sub>2</sub> bersifat asam yang tidak larut dalam air, asam klorida, asam sulfat encer dan alkohol. TiO<sub>2</sub> dapat berfungsi sebagai fotokatalis yaitu mempercepat reaksi yang diindikasikan oleh cahaya karena mempunyai struktur semikonduktor yaitu struktur elektronik yang dikarakteristik oleh adanya pita valensi terisi dan pita konduksi yang kosong kedua pita tersebut dipisahkan oleh energi celah pita (Band gap energi). TiO<sub>2</sub> jenis anatase sebesar 3,2 eV dan jenis rutile sebesar 3,0 eV, sehingga jenis anatase lebih fotoreaktif daripada jenis rutile (Hoffmann, 1997; Fujishima, 1999).

#### 1) Tipe-tipe Kristal TiO<sub>2</sub>

Struktur kristal TiO<sub>2</sub> terdiri dari tiga macam, yaitu rutil, anatase, dan brookite. Namun yang biasa digunakan untuk katalis fotodegradasi adalah rutil dan anatase. Kristal anatase mampu menunjukkan aktivitas katalis

photodegradasi yang lebih tinggi. Pita konduksi dan besarnya energi gap diantara keduanya akan berbeda bila dilingkungan atau penyusunan atom Ti dan O didalam kristal  $\text{TiO}_2$  berbeda, seperti pada struktur anatase ( $E_g=3,2$  eV) dan rutil ( $E_g= 3,0$  eV) (Tjahjanto dan Gunlazuardi, 2001).

## 2) Sifat- sifat $\text{TiO}_2$

$\text{TiO}_2$  merupakan padatan berwarna putih yang memiliki banyak keunggulan di bandingkan bahan semikonduktor yang lainnya.  $\text{TiO}_2$  mempunyai pita terlarang (Band gap) yang sesuai untuk proses fotokatalis sehingga memudahkan terjadinya eksitasi elektron ke pita konduksi dan pembentukan hole pada pita valensi saat diinduksikan cahaya UV.  $\text{TiO}_2$  juga memiliki aktifitas fotokatalis yang lebih tinggi dibandingkan dengan fotokatalis lain seperti : ZnO, Cd,  $\text{WO}_2$ , dan  $\text{SnO}_2$ , mampu menyerap sinar UV dengan baik, tahan terhadap photodegradasi, tidak beracun dan relatif murah.

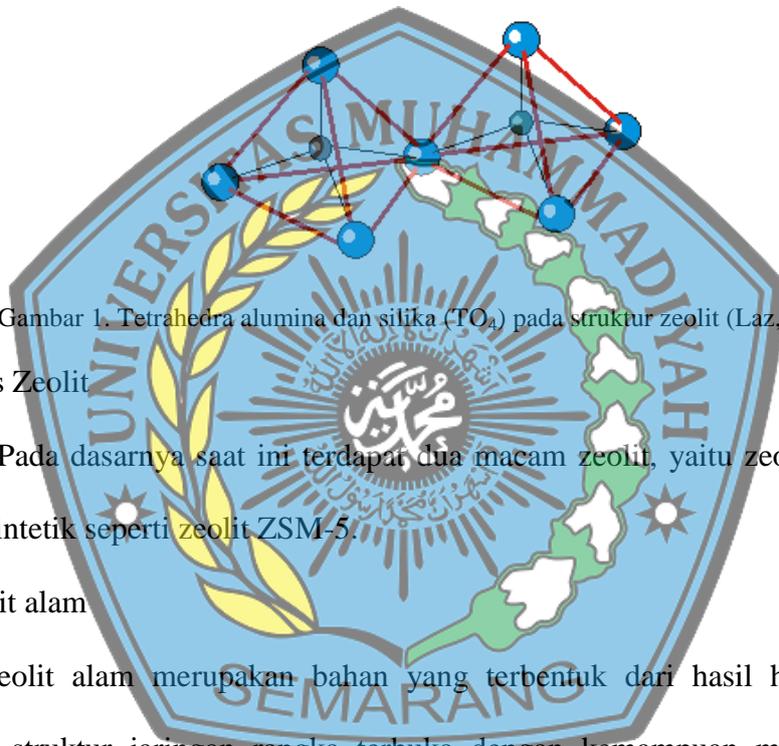
### 2.5.2 Zeolit

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 ( $\text{SiO}_2$ ) dan alumina ( $\text{AlO}_4$ ) 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 dkk., 2004).

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 dkk., 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*) adalah zeolit yang mempunyai pori sedang dengan unit sel orthombik yang ditentukan dari jumlah ring yang

membentuk selektifnya. ZSM-5 mempunyai pori-pori sekitar  $5,1 \times 5,5^\circ \text{A}$  dan  $5,4 \times 5,6^\circ \text{A}$ . Zeolit memiliki sifat kimia maupun fisika yang menarik, diantaranya sebagai penukar kation, sebagai katalis berbagai reaksi serta penyerap zat organik maupun anorganik. Zeolit dengan kadar Si tinggi dimana  $\text{Si}/\text{Al} = 10 - 100$  memiliki sifat permukaan tidak diperkirakan lebih awal, sangat higroskopis serta menyerap molekul non polar sehingga sangat baik digunakan untuk katalisator asam untuk hidrokarbon (Mukaromah dkk., 2015).



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

### 2.5.3 Zeolit ZSM-5 Terimpregnasi $\text{TiO}_2$

Kerja  $\text{TiO}_2$  dapat ditingkatkan dengan cara mengimpregnasikan  $\text{TiO}_2$  ke dalam media pendukung seperti Zeolit ZSM-5. Impregnasi adalah upaya yang dilakukan memaksimalkan kerja dari  $\text{TiO}_2$  yang dimanfaatkan sebagai katalis yakni dengan aktivasi dan memodifikasi zeolit dengan bahan pengemban logam aktif. Pemanfaatan zeolit sebagai pengemban antara lain karena strukturnya yang berpori dan tahan panas. Struktur yang berpori mengakibatkan luas permukaan zeolit besar sehingga lebih banyak logam katalis yang dapat diimbankan. Logam yang diimbankan pada padatan zeolit melalui impregnasi akan menjadikan logam oksida dalam zeolit sebagai katalis bersifat bifungsional (Sriatun, 2005).

#### 2.5.4 Fotodegradasi Larutan Cr (VI) Menggunakan TiO<sub>2</sub>-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 Cr (VI) dalam sampel air dan fotokatalis TiO<sub>2</sub>-ZSM-5. Fotodegradasi Cr (VI) dengan TiO<sub>2</sub>-ZSM-5 ini dilakukan dengan bantuan penyinaran (Gambar 4), dilakukan pengadukan dengan magnetic stirrer agar reaksi fotodegradasi berlangsung secara lebih merata (Prima, 2012).



Gambar 3. Reaktor Degradasi Krom dengan Zeolit ZSM-5 Terimpregnasi TiO<sub>2</sub> (Mukaromah dkk., 2010)

#### 2.6 Spektrofotometer

Spektrofotometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur absorbansi dengan cara melewatkan cahaya dengan panjang gelombang tertentu pada suhu obyek kaca atau kuarsa yang disebut kuvet. Sebagian dari cahaya tersebut akan diserap dan sisanya akan dilewatkan. Nilai absorbansi dari cahaya yang dilewatkan akan sebanding dengan konsentrasi larutan di dalam kuvet (Kurniyanti, 2012).

a. Bagian-bagian dari spektrofotometer

Ada beberapa bagian terpenting dari spektrofotometer yaitu :

1) Sumber cahaya

Cahaya yang digunakan memiliki dua macam yaitu lampu kawat wolfram (tungsten) dan lampu deuterium. Lampu tungsten memiliki panjang gelombang 350 – 2500 nm sedangkan lampu deuterium memiliki panjang gelombang 160 – 380 nm.

2) Monokromator

Monokromator merupakan alat yang digunakan untuk memperoleh sumber sinar yang monokromatis. Alatnya dapat berupa prisma ataupun grating.

3) Kuvet

Kuvet merupakan alat yang digunakan sebagai tempat sampel atau blangko yang akan dianalisis.

4) Detektor

Detektor berfungsi sebagai pemberi respon terhadap cahaya dari berbagai panjang gelombang (Khopkar, 2007).

b. Prinsip kerja spektrofotometer

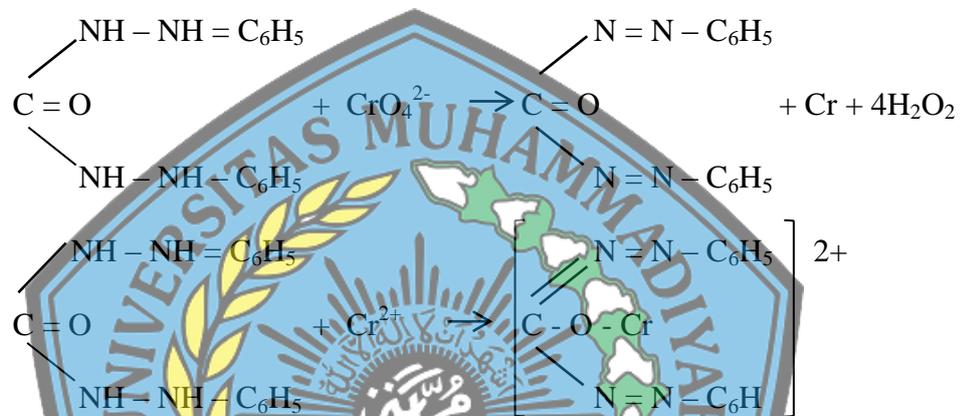
Prinsip kerja spektrofotometer yaitu bila ada cahaya jatuh pada medium homogen, sebagian dari sinar akan dipantulkan dan diserap pada medium tersebut dan sisanya akan diteruskan. Nilai yang dihasilkan dinyatakan dalam nilai absorbansi karena memiliki hubungan antara konsentrasi dari sampel (Novitasari, 2012).

## 2.7 Penetapan Kadar Krom (Cr)

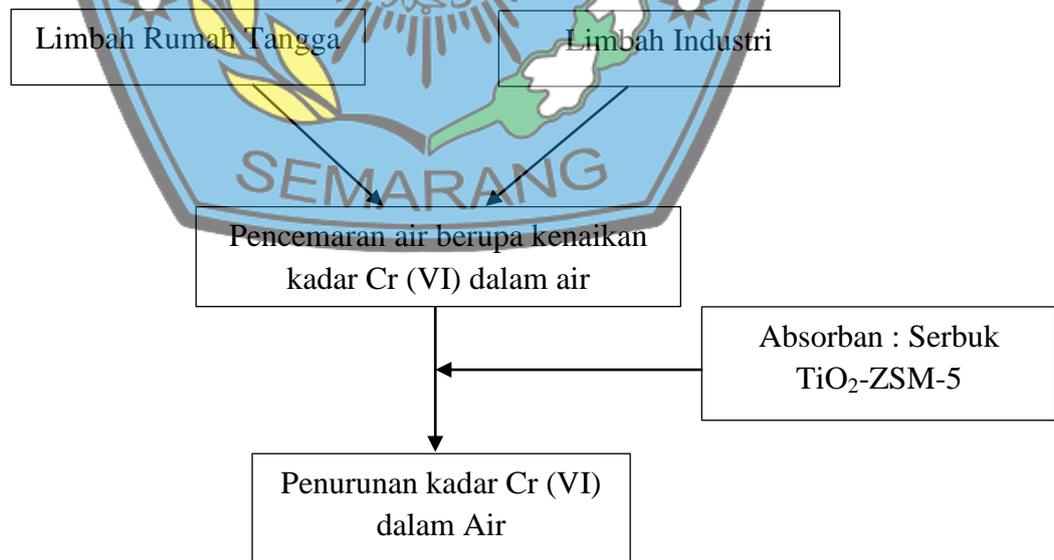
### a. Prinsip penetapan kadar krom (Cr)

Ion Cr dalam suasana asam bereaksi dengan difenilkarbazida menghasilkan senyawa berwarna merah ungu. Serapan diukur dengan menggunakan spektrofotometer pada  $\lambda$  540 nm

### b. Reaksi

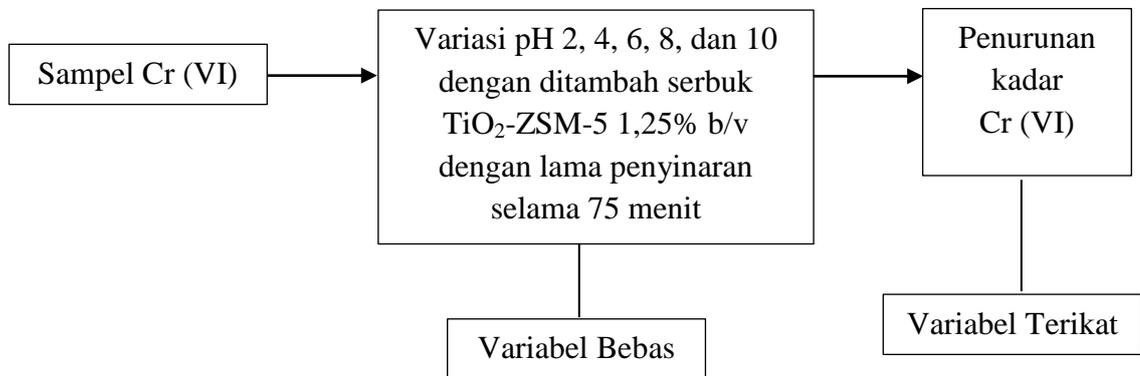


## 2.8 Kerangka Teori



Gambar 4. Kerangka Teori

## 2.9 Kerangka Konsep



Gambar 5. Kerangka Konsep

## 2.10 Hipotesis

Hipotesis pada penelitian ini adalah :

H<sub>a</sub> : Ada pengaruh variasi pH terhadap penurunan kadar ion Cr (VI) yang ditambah serbuk TiO<sub>2</sub>-ZSM-5 1,25% b/v dengan lama penyinaran selama 75 menit.

